УДК 539.3
UDC 539.3

НЕЛІНІЙНЕ ЗГИНАННЯ БУРИЛЬНИХ КОЛОН В ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОРОЖНИНАХ ВЕРТИКАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН

Андрусенко О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

NONLINEAR BENDING OF A DRILL STRING IN CYLINDRICAL CAVITY OF A VERTICAL BORE-HOLE

Andrusenko E.N., Ph.D., National Transport University, Kiev, Ukraine

НЕЛИНЕЙНОЕ ИЗГИБАНИЕ БУРИЛЬНЫХ КОЛОНН В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОЛОСТЯХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Андрусенко Е.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Одна з основних перешкод глибокого буріння пов'язане з можливістю появи статичних і динамічних позаштатних ситуацій [1 - 3], викликаних критичними станами квазістатичної рівноваги бурильної колони (БК), її згинальним випинанням, контактною взаємодією зі стінкою свердловини і її так званим "прихопленням". При цьому виникає дві проблеми дослідження механіки пружного згинання БК. Перша проблема полягає у визначенні критичного стану колони, яка формулюється як задача ейлеровой втрати стійкості довгого обертового трубчастого стрижня, преднапруженого змінною по довжині поздовжньої сили, викликаної силами гравітації і крутним моментом. Така задача сформульована і розв'язана на основі теорії прямолінійних балок в роботах [1, 4, 5]. У них показано, що вона є сингулярно збуреною, оскільки коефіцієнт перед старшою (четвертої) похідною в розв'язувальних рівняннях виявляється набагато менше коефіцієнтів перед іншими доданками. При цьому форма біфуркаційного випинання БК являє собою тривимірну спіраль зі змінним кроком.

Однак не менш суттєвий інтерес викликають питання дослідження процесу подальшого (закритичного) деформування колони, коли в результаті випинання вона вступає в контакт зі стінкою свердловини і продовжує змінювати свою форму під дією поздовжньої сили, що збільшуються , розподілених контактних сил і крутного моменту. Деякі окремі результати за цим напрямком із застосуванням спрощених методик отримані в роботах [5, 6]. При цьому, однак, зазначено, що моделювання цього процесу може бути виконано тільки за допомогою нелінійної теорії гнучких криволінійних стрижнів. Така постановка задачі використовується в даній роботі. У цьому випадку, як показано нижче, досить важливим виявляється питання правильного вибору системи відліку, в якій розглядається згинання колони. Застосування для цих цілей супутньої системи координат, одна з осей якої ортогональна поверхні свердловини, дозволило зменшити число шуканих змінних і виключити з розгляду невідому реакцію тиску БК на стінки свердловини. На основі такого підходу виконано аналіз закритичного деформування бурильних колон, супроводжуючого послідовне збільшення крутного моменту і сили тиску колони на дно свердловини.

Розв'язувальні рівняння згинання колони в порожнині свердловини. Приймемо, що при закритичному згинанні бурильної колони постійного радіуса r_1 вона по всій своїй довжині безвідривно контактує зі стінкою свердловини. Осьова лінія свердловини вертикальна, а стінка - кругова циліндрична поверхня радіуса r_2.

Будемо розглядати деформування колони як переміщення її криволінійної осі L по циліндричній поверхні D радіуса $a = r_2 - r_1$.

Введемо нерухому декартову систему координат $OXYZ$ і систему координатних ліній u, v на поверхні D, спрямованих уздовж твірних і в окружному напрямку, відповідно (рис. 1).

Положення кривої L на D можна визначити залежностями

$$X = X(s), \qquad Y = Y(s), \qquad Z = Z(s) \tag{1}$$

при обмеженні $X^2 + Y^2 = a^2$ або задати нерівностями (рис. 2)

$$u = u(s), \qquad v = v(s). \tag{2}$$

Тут s – натуральний параметр, вимірюваний довжиною лінії L від деякої початкової точки до поточної.

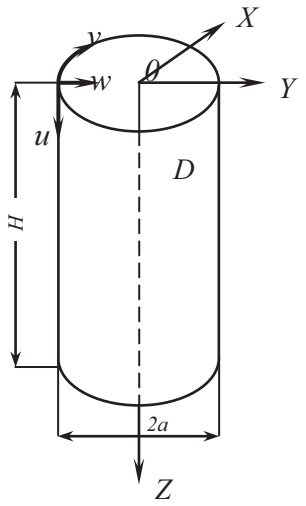


Рисунок 1 – Схема поверхні D, що обмежує переміщення осі бурильної колони

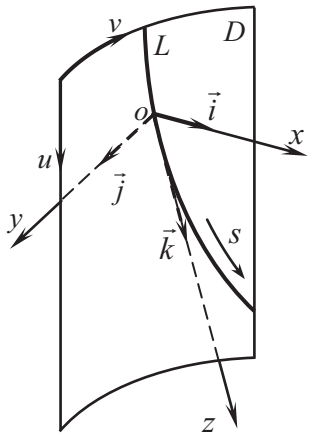


Рисунок 2 – Положення осьової лінії L бурильної колони на поверхні D

На кривій L введемо супутню систему координат $oxyz$ з ортами $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$. Вісь ox цієї системи спрямована уздовж внутрішньої нормалі до поверхні D, вісь oy – уздовж дотичної до кривої L, вісь oz – доповнює цю систему до правої трійки.

При моделюванні закритичного деформування БК вважаємо, що вона вже не обертається і відцентрові сили інерції дорівнюють нулю, вплив потоків промивної рідини на згинання колони можна не враховувати, однак прийнято, що в результаті руху цих потоків і легких потряхиваний колони при її малих рухах усуваються сили тертя і ними також можна знехтувати. Тоді деформування БК відбувається в пружною стадії, а напружено-деформований стан визначається головними векторами внутрішніх сил $\vec{F}(s)$, внутрішніх моментів $\vec{M}(s)$ і вектором $\vec{f}(s)$ зовнішніх розподілених сил, який складається з вектора $\vec{f}^{\,gr}(s)$ сил тяжкості і вектора $\vec{f}^{\,c}(s)$ контактних сил. Відповідно до теорії гнучких криволінійних стрижнів [6] ці сили і моменти підпорядковуються рівнянням рівноваги елемента БК

$$\frac{d\vec{F}}{ds} = -\vec{f}, \qquad \frac{d\vec{M}}{ds} = -\vec{k} \times \vec{F}. \tag{3}$$

При моделюванні деформування стержнів, вільних від дії додаткових зв'язків, рівняння (3) зазвичай формулюються в рухомий системі осей, напрямки яких збігаються з головними центральними осями інерції поперечних перерізів гнучкого стержня. У уже згадуваному випадку така необхідність відпадає, оскільки перетин БК – кільцеве і все його центральні осі є головними. У той же час в розглянутій задачі виникає інше ускладнення, обумовлене наявністю в'язі у вигляді жорсткої поверхні свердловини, що обмежує переміщення БК, і появою додаткових невідомих реакцій в'язі з цим - контактних сил $\vec{f}^{\,c}(s)$, що збільшують число шуканих функцій. Тому формулювання розв'язувальних рівнянь для даної системи можлива за допомогою двох підходів. У першому підході деформування стрижня задається рівняннями (1) в декартовій системі координат $OXYZ$ з введенням в ці рівняння функції шуканої реакції $f^c(s)$ і з використанням обмеження $X^2 + Y^2 = a^2$. Така постановка задачі відповідає методу рівнянь Лагранжа 1-го роду, який використовується в теорії диференціальних рівнянь і в теоретичної механіки, в якій реакція в'язі $f^c(s)$, звана невизначеним множником або множником Лагранжа, грає роль додаткової шуканої змінної.

При використанні другого підходу враховується, що кожна накладена на систему зв'язок обмежує її переміщення і зменшує число її ступенів свободи на число накладених в'язей. Тому якщо замість декартових координат точок системи використовувати її узагальнені координати, то можна скоротити число шуканих змінних задачі і число дозвільних рівнянь і виключити з розгляду реакцію $\vec{f}^{\,c}(s)$, яку, однак, можна потім легко підрахувати після рішення задачі. В даному випадку прийнято другий підхід. Для його реалізації використовуються змінні $u(s)$, $v(s)$, а самі рівняння формулюються в спеціальній системі відліку $oxyz$.

З урахуванням зазначеного додамо абсолютним похідним $d\vec{F}/ds$, $d\vec{M}/ds$ в рівняннях (3) форму [7]

$$\frac{d\vec{F}}{ds} = \frac{\tilde{d}\vec{F}}{ds} + \vec{\omega}\times\vec{F}, \qquad \frac{d\vec{M}}{ds} = \frac{\tilde{d}\vec{M}}{ds} + \vec{\omega}\times\vec{M}. \tag{4}$$

Тут $\tilde{d}\ldots/ds$ – локальна похідна, $\vec{\omega}$ – узагальнений вектор Дарбу, що представляє собою вектор кутової швидкості системи $oxyz$ при русі її початку уздовж кривої L з одиничною швидкістю. Вектор $\vec{\omega}$ визначається рівністю

$$\vec{\omega} = k_x\vec{i} + k_y\vec{j} + k_z\vec{k} \tag{5}$$

де k_x і k_y – кривини кривої L в площинах yoz, xoz, відповідно; k_z – її скрут.

Площина yoz дотикається поверхні D, тому величина k_x для кривої L є її геодезичною кривиною [8]. Аналітичне представлення цієї кривини залежить від форми проекції кривої L на площину yoz в даній точці і від метрики поверхні D, яка визначається в даному випадку рівністю

$$(ds)^2 = (du)^2 + a^2(dv)^2. \tag{6}$$

Через шукані функції $u(s)$, $v(s)$ кривина k_x для кривої L підраховується так [14]

$$k_x = -a(u''v' - v''u'). \tag{7}$$

Тут штрихом позначається процедура диференціювання по s.

Оскільки площина xoz проходить через нормаль $\vec{i}$ до поверхні D, кривина k_y кривої L дорівнює нормальної кривині поверхні D в напрямку кривої L. Вона обчислюється за формулою Ейлера [7]

$$k_y = k_1\cos^2\theta + k_2\sin^2\theta, \tag{8}$$

де $k_1 = 0$, $k_2 = 1/a$ – головні кривини поверхні D; θ – кут між дотичною до кривої L і головним напрямком k_1, відповідним кривині. Відповідно до формули (8) маємо

$$k_y = a(v')^2. \tag{9}$$

Скрут k_z для циліндричної поверхні D визначається рівністю [7]

$$k_z = u'v'. \tag{10}$$

В системі відліку $oxyz$ рівняння (3) набувають вигляду

$$\frac{\tilde{d}\vec{F}}{ds} = -\vec{\omega}\times\vec{F} - \vec{f}^{\,gr} - \vec{f}^{\,c}, \qquad \frac{\tilde{d}\vec{M}}{ds} = -\vec{\omega}\times\vec{M} - \vec{k}\times\vec{F}. \tag{11}$$

Вектори $\vec{f}^{\,gr}$, $\vec{f}^{\,c}$, які входять сюди, розкладаються в системі координат $oxyz$

$$f_x^{gr} = 0, \qquad f_y^{gr} = f^{gr} av', \qquad f_z^{gr} = f^{gr}\sqrt{1-(av')^2},$$
$$f_x^{c} = f^{c}, \qquad f_y^{c} = 0, \qquad f_z^{c} = 0.$$

Тут f^c – додаткова шукана змінна, величина f^{gr} розраховується за формулою

$$f^{gr} = g(\rho_t - \rho_l)F,$$

де $g = 9{,}81\,\text{м}/\text{с}^2$ – прискорення вільного падіння; ρ_t, ρ_l – густини матеріалу труби і промивної рідини, відповідно; F - площа поперечного перерізу труби БК.

Співвідношення (7), (9), (10) дозволяють сформулювати систему шести диференціальних рівнянь першого порядку щодо шести шуканих функцій u, v, v', k_x, F_y, F_z. Для їх запису зручно ввести позначення $q_1 = F_y$, $q_2 = F_z$, $q_3 = k_x$, $q_4 = v$, $q_5 = v'$, $q_6 = u$. Тоді маємо

$$\begin{aligned}
&\frac{dq_1}{ds} = 2EIq_3(q_5^2 - a^2q_5^4) - \left(M_z - EIq_5\sqrt{1-a^2q_5^2}\right)q_3q_5\sqrt{1-a^2q_5^2} + q_2q_3 - f^{gr}aq_5,\\
&\frac{dq_2}{ds} = -q_1q_3 - 2EIaq_5^3q_3\sqrt{1-a^2q_5^2} + a\left(M_z - EIq_5\sqrt{1-a^2q_5^2}\right)q_3q_5^2 - f^{gr}\sqrt{1-a^2q_5^2},\\
&\frac{dq_3}{ds} = -\frac{aM_z}{EI}q_5^2 + a\sqrt{1-a^2q_5^2}\cdot q_5^3 + \frac{1}{EI}q_1,\\
&\frac{dq_4}{ds} = q_5,\\
&\frac{dq_5}{ds} = \frac{1}{a}q_3\sqrt{1-a^2q_5^2},\\
&\frac{dq_6}{ds} = \sqrt{1-a^2q_5^2}.
\end{aligned} \tag{12}$$

Розв'язання цієї системи при заданих граничних умовах і величиною дає можливість за допомогою формул знайти інші функції, що визначають напружено-деформований стан колони, і потім по формулі

$$f^c = -k_yF_z + u'v'F_y - dF_x/ds \tag{13}$$

підрахувати силу контактного взаємодії БК зі стінкою свердловини.

Підкреслимо ще раз, що завдяки застосуванню супутньої системі відліку, загальне число розв'язувальних рівнянь системи (12), що включає рівняння рівноваги і геометричні рівняння, зменшений до шести, в той час як порядок розв'язувальних рівнянь загальної теорії криволінійних стрижнів дорівнює дванадцяти [7]. До того ж, якщо в розглянутій задачі не застосовувати систему $oxyz$, число рівнянь збільшилось би ще на одиницю в зв'язку з додаванням нової шуканої функції $\vec{f}^{\,c}(s)$.

Методика розв'язання системи нелінійних рівнянь. Для розв'язання сформульованої задачі використовуємо метод продовження розв'язку по параметру спільно з методом Ньютона [7]. Представимо систему (12) у векторній формі

$$\vec{q}' = \vec{f}(\vec{q}, s, \lambda), \tag{14}$$

де $\vec{q}(s)=\left[q_1(s),q_2(s),...,q_6(s)\right]^T$ – шестивимірний вектор стану; $\vec{f}(\ldots)$ – вектор-функція правих частин системи (12); s – натуральний параметр, вимірюваний довжиною осьової лінії БК; λ – параметр інтенсивності збурення (навантаження); штрихом позначена похідна по s. Відзначимо, що параметр λ, який вводиться, може бути як дійсним, так і формальним, що відображає будь-які кількісні характеристики.

На краях $s=0$ і $s=S$ інтервалу $0\le s\le S$ зміни змінної s задані по три незалежних крайових умови, представлених в векторній формі

$$\vec{\varphi}\left[\vec{q}(0),\lambda\right]=0, \tag{15}$$

$$\vec{\psi}\left[\vec{q}(S),\lambda\right]=0. \tag{16}$$

Рівняння (14), (15) складають нелінійну двоточкову крайову задачу, що залежить від параметра λ. Нехай при деякому початковому значенні $\lambda=\lambda^{(n)}$ відомо розв`язок $\vec{q}^{(n)}(s)$ поставленої задачі. Вибираючи цей розв`язок в якості опорного, дамо малий приріст $\delta\lambda^{(n)}$ параметру λ. Тоді відповідну йому варіацію $\delta\vec{q}^{(n)}(s)$ розв'язок $\vec{q}^{(n)}(s)$ можна знайти з лінійного рівняння

$$\frac{d\delta\vec{q}^{(n)}}{ds}=\frac{\partial\vec{f}}{\partial\vec{q}}\delta\vec{q}^{(n)}+\frac{\partial\vec{f}}{\partial\lambda}\delta\lambda^{(n)}, \tag{17}$$

отриманого лінеаризацією рівняння (20) в стані $\vec{q}^{(n)}$, $\lambda^{(n)}$.

Крайові рівняння для функції $\delta\vec{q}^{(n)}$ формуються лінеаризацією рівнянь (15), (16):

$$\frac{\partial\vec{\varphi}}{\partial\vec{q}}\delta\vec{q}^{(n)}(0)+\frac{\partial\vec{\varphi}}{\partial\lambda}\delta\lambda^{(n)}=0, \tag{18}$$

$$\frac{\partial\vec{\psi}}{\partial\vec{q}}\delta\vec{q}^{(n)}(S)+\frac{\partial\vec{\psi}}{\partial\lambda}\delta\lambda^{(n)}=0. \tag{19}$$

Тут матриці Якобі $\partial\vec{\varphi}/\partial\vec{q}$, $\partial\vec{\psi}/\partial\vec{q}$ і вектори $\partial\vec{\varphi}/\partial\lambda$, $\partial\vec{\psi}/\partial\lambda$ також обчислюються в стані $\vec{q}^{(n)}$, $\lambda^{(n)}$.

Для побудови $\delta\vec{q}^{(n)}(s)$ виберемо серед складових $\delta q_i^{(n)}(s)$ $(i=1,2,\ldots,6)$ такі три компоненти $\delta q_j^{(n)}(s)$, будь-які значення яких $\delta q_j^{(n)}(0)$ не порушать систему (18). Перенумерувати невідомі $\delta q_i^{(n)}$ $(i=1,2,\ldots,6)$ так, щоб індекс j приймав значення $j=1,2,3$, розв’язок задачі (17) - (19) представимо у вигляді

$$\delta\vec{q}^{(n)}(s)=\vec{y}_\lambda\delta\lambda^{(n)}+Y(s)\delta c^{(n)}, \tag{20}$$

де $\vec{y}_\lambda$ – розв’язо задачі Коші для системи

$$\frac{d\vec{y}_\lambda}{ds}=\frac{\partial\vec{f}}{\partial\vec{q}}\vec{y}_\lambda+\frac{\partial\vec{f}}{\partial\lambda} \tag{21}$$

при нульових початкових умовах; $Y(s)$ – матриця розміру 6×3 розв’язків системи

$$\frac{d\vec{y}}{ds}=\frac{\partial\vec{f}}{\partial\vec{q}}\vec{y} \tag{21}$$

з початковими умовами $y_j(0)=(\delta_1^j,\delta_2^j,\ldots,\delta_6^j)$ $(j=1,2,3)$ для незалежно варійованих умов і початковими умовами, які підбираються з рівнянь (18) для інших змінних $y_i(0)$ $(i=4,5,6)$. Тут δ_k^i – символ Кронекера. Вектор $\delta\vec{c}^{(n)}=\left[\delta c_1^{(n)},\delta c_2^{(n)},\delta c_3^{(n)}\right]^T$ підбирається так, щоб задовольнялося рівняння (19), тобто:

$$\frac{\partial\vec{\psi}}{\partial\vec{q}}Y(S)\delta c^{(n)}=-\frac{\partial\vec{\psi}}{\partial\vec{q}}\vec{y}_\lambda(S)\delta\lambda^{(n)}-\frac{\partial\vec{\psi}}{\partial\lambda}\delta\lambda^{(n)} \tag{23}$$

Стани, в яких

$$\left|\frac{\partial\vec{\psi}}{\partial\vec{q}}Y(S)\right|=0\,, \tag{24}$$

є біфуркаційними. В них система втрачає стійкість.

Оскільки вектор $\delta\vec{q}^{(n)}(s)$ знайдений з використанням линеаризированих рівнянь (17) – (19), розв’язок $\vec{q}^{(n+1)}(s)=\vec{q}^{(n)}(s)+\delta\vec{q}^{(n)}(s)$, $\lambda^{(n+1)}=\lambda^{(n)}+\delta\lambda^{(n)}$ задовольнятиме нелінійним крайовим рівнянням (18), (19) наближено з невязкую

$$\vec{r}_\varphi^{(n+1)}=\vec{\varphi}\left[\vec{q}^{(n+1)}(0),\lambda^{(n+1)}\right],\qquad \vec{r}_\psi^{(n+1)}=\vec{\psi}\left[\vec{q}^{(n+1)}(S),\lambda^{(n+1)}\right]. \tag{25}$$

Тому на наступному кроці варіювання параметра λ невязки $\vec{r}_\varphi^{(n+1)}$, $\vec{r}_\psi^{(n+1)}$, додаються в праві частини відповідних линеаризованих граничних умов (18), (19) з протилежними знаками.

Для поставленої задачі рівняння (17), що відповідають системі (12), мають вигляд

$$\begin{aligned}
\delta q_1' &= q_3\delta q_2+\left[3EIq_5^2(1-a^2q_5^2)-M_zq_5\sqrt{1-a^2q_5^2}+q_2\right]\delta q_3+\\
&+\left[6EIq_3q_5(1-2a^2q_5^2)-M_z\frac{q_3(1-2a^2q_5^2)}{\sqrt{1-a^2q_5^2}}-af^{gr}\right]\delta q_5+\left(-q_3q_5\sqrt{1-a^2q_5^2}\right)\delta M_z,\\
\delta q_2' &= -q_3\delta q_1+\left(-3EIaq_5^3\sqrt{1-a^2q_5^2}+M_zaq_5^2-q_1\right)\delta q_3+\\
&+\left[\frac{EIaq_3q_5^2}{\sqrt{1-a^2q_5^2}}(-9+12a^2q_5^2)+2M_zaq_3q_5+\frac{f^{gr}a^2q_5^2}{\sqrt{1-a^2q_5^2}}\right]\delta q_5+aq_3q_5^2\delta M_z,\\
\delta q_3' &= \frac{1}{EI}\delta q_1+\left[-\frac{2a}{EI}M_zq_5+aq_5^2\frac{(3-4a^2q_5^2)}{\sqrt{1-a^2q_5^2}}\right]\delta q_5-\frac{a}{EI}q_5^2\delta M_z,\\
\delta q_4' &= \delta q_5\,,\\
\delta q_5' &= \frac{1}{a}\sqrt{1-a^2q_5^2}\,\delta q_3-\frac{aq_3q_5}{\sqrt{1-a^2q_5^2}}\delta q_5\,,\\
\delta q_6' &= -\frac{a^2q_5}{\sqrt{1-a^2q_5^2}}\delta q_5\,.
\end{aligned} \tag{26}$$

Конкретні залежності для крайових рівнянь (18), (19), (11) вибираються в залежності від умов обпирання БК на краях $s=0$ и $s=S$. Вони виражаються через вертикальну силу тиску R долота на дно свердловини, крутний момент M_z, згинальний момент M_x і переміщення u і v. Кожна з цих величин може бути задана як провідний параметр λ. Інтегрування рівнянь (26) при побудові матриці $Y(s)$ і системи (18), а також обчисленні нев’язок (25) здійснюється методом Рунге-Кутта спільно з методом ортогоналізації по Годунову.

Результати чисельних досліджень. За допомогою запропонованої методики виконано комп'ютерне моделювання пружного закритичного деформування БК всередині циліндричної вертикальної свердловини глибиною H. Прийнято, що своїм нижнім кінцем БК довжиною S впирається в дно свердловини, тому на неї діє стискаюча сила реакції $F_z(S) = -R$. Величина R змінювалася і в міру її збільшення відбувалося закритичних деформування БК. До верхнього кінця БК прикладена сила $F_z(0) = G - R$, де G - сила тяжіння всієї БК, підрахована з урахуванням дії гидростатической яка викидає сили від промивної рідини.

У роботах [1, 8] показано, що критичний стан бурильних колон і форми їх втрати стійкості в значній мірі залежать від характеру зміни осьової сили F_z по висоті і супроводжуються, в основному, випинанням колони в її нижній частині, де ці сили в результаті дії стискаючої реакції R набувають від'ємних значень. Тому при моделюванні закритичної формозміни БК можна обмежитися розглядом її деякої нижньої ділянки і аналізувати рівноважні стани БК при різних значеннях R. Оскільки швидкість зміни функції F_z за s залежить від щільності ρ_t матеріалу труби БК, цікаво простежити за характером деформування БК при різних ρ_t. У практиці буріння зазвичай застосовують труби, виготовлені зі сталі, титану, алюмінію або композитних матеріалів, тому величина ρ_t змінюється в широких межах. В даних розрахунках приймалося $\rho_l = 1300$ кг/м^3, $\rho_t = 2500$, 4000, 5000 кг/м^3.

Розрахунки виконані при наступних значеннях вихідних даних: $H = 500$ м; $EI = 2{,}01 \cdot 10^7$ Н·м^2; $M_z = 1 \cdot 10^3, 1 \cdot 10^4$ Н·м; $F = 9{,}11 \cdot 10^{-3}$ м^2, $a = 0{,}05$ м.

Було прийнято, що у верхній точці $u(0) = 0$, $v(0) = 0$ і $k_x(0) = 0$, в нижній точці діє стискаюча сила R і колона може вільно повертатися. Моделювання здійснювалося шляхом поступового збільшення R до тих пір, поки величина $v'(0)$ приймала значення 0,01. Результати розрахунків наведені в таблиці.

Таблиця 1 - Значення параметрів напружено-деформованого стану бурильних колон в закритичних станах

№ варіанта	ρ_t, кг/м^3	M_z, Н·м	G, Н	$v(S)$, рад	$F_z(0)$, Н	R, Н
1	2500	$1 \cdot 10^3$	53621	12,67	2385	51245
2	4000	$1 \cdot 10^3$	120648	17,72	7242	113350
3	5000	$1 \cdot 10^3$	165333	20,16	10265	155080
4	5000	$1 \cdot 10^4$	165333	19,03	10409	154830

У ній для чотирьох варіантів вихідних даних ρ_t і M_z наведені значення кутового переміщення $v(s)$ нижнього кінця БК, осьової сили $F_z(0)$ і відповідного їм значення R. Їх можна порівняти з величиною G, рівною повній силі тяжіння, що діє на БК:

$$G = g(\rho_t - \rho_l)FH .$$

На рис. 3 наведені тривимірні зображення знайдених форм осьових ліній БК в закритичних станах. Номери 1 - 4 на цьому малюнку відповідають позиціям 1 - 4 в таблиці. Можна бачити, що в закритичних станах бурильна колона приймає спіральну форму, причому крок спіралі зменшується в міру наближення до нижнього кінця БК, а число витків спіралі (або кут $v(s)$) збільшується зі збільшенням R.

Вплив моменту M_z на закритичних деформування БК простежити за двома розглянутими прикладами (позиції 3 і 4 в таблиці) не представляється можливим, це питання вимагає спеціального дослідження.

Функції, що характеризують напружено-деформований стан колони, зі зміною значень характерних параметрів зазнають лише деякі кількісні зміни.

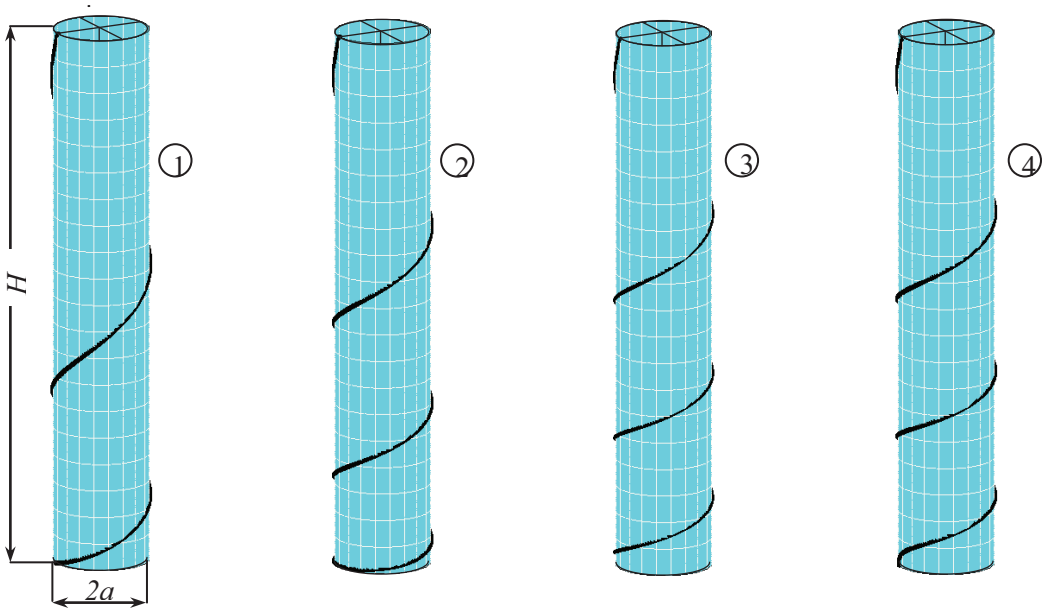


Рисунок 3 - Форми осьової лінії бурильних колон в закритичних станах

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що в своїй верхній частині, де БК розтягнута і її викривлення мале, колона знаходиться в майже безмоментному напруженому стані і її згинання відбувається, в основному, в зоні дії вертикальної стискаючої реакції R і моментів $M_x(S)$, $M_y(S)$, прилеглих до нижнього краю $s = S$.

Висновки.

1. У даній роботі поставлена задача про пружне закритичне згинання протяжних бурильних колон у циліндричних порожнинах вертикальних нафтових і газових свердловин.
2. Виконано комп'ютерне моделювання процесу пружного деформування бурильної колони в циліндричної порожнині під дією крутного моменту, розподілених осьових сил тяжіння, вертикальної стискаючої реакції взаємодії колони з дном свердловини і шуканих розподілених сил тиску стінки свердловини на колону. Досліджено її напружено-деформований стан.
3. Показано, що згинання колони відбувається за формою тривимірної спіралі зі змінним кроком. При цьому значення внутрішніх перерізують сил, згинальних моментів і сили контактної взаємодії БК з поверхнею свердловини порівняно невеликі і вони мають вигляд крайових ефектів з швидко зростаючими значеннями на нижньому кінці.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми 0115U002270 «Комп’ютерне прогнозування і запобігання аварійним режимам буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин на етапах їх проектування і проходки».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mitchell R.F., Miska S. Helical buckling of pipe with connectors and torque. SPE Drilling and Comletion. 2006. No. 21(2). P. 108 – 115.
2. Mitchell R.F., Samuel R. How good is the torque / drag model? SPE Drilling & Completion. 2009. P. 62 – 7. March.
3. Gulyayev V.I., Andrusenko E.N. Theoretical simulation of geometrical imperfections influence on drilling operations at drivage of curvilinear bore-holes. J. Petr. Sci. Eng. 2013. No. 112. P. 170 – 177.
4. Gulyayev V.I., Gaidaichuk V.V., Solovjov I.L., Gorbunovich I.V. The buckling of elongated rotating drill strings. J. Petr. Sci. Eng. 2009. No. 67. P. 140 – 148.
5. Gulyayev V.I., Khudoliy S.N., Andrusenko E.N. Sensitivity of resistance forces to localized geometrical imperfections in movement of drill strings in inclined bore-holes. Interact. Multiscale Mech. 2011. No. 4 (1). P. 1 – 16.
6. Gulyayev V.I., Gaidaichuk V.V., Andrusenko E.N., Shlyun N.V. Modeling the energy-saving regimes of curvilinear bore-hole drivage. J. of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. 2015. V. 137. No. 1. P. 011402-1 – 011402-8. February.

7. Gulyayev V.I., Gaidaichuk V.V., Andrusenko E.N., Shlyun N.V. Critical buckling of drill strings in curvilinear channels of directed bore-holes. J. of Petroleum Science and Engineering. 2015. V. 129. P. 168 – 177. March.

8. Гуляев В.И., Андрусенко Е.Н. Нелинейное изгибание бурильных колонн в вертикальных скважинах. Проблемы прочности. 2013. №3. С. 120 – 134.

REFERENCES

1. Mitchell R.F., Miska S. Helical buckling of pipe with connectors and torque. SPE Drilling and Comletion. 2006. No. 21(2). P. 108 – 115.

2. Mitchell R.F., Samuel R. How good is the torque / drag model? SPE Drilling & Completion. 2009. P. 62 – 7. March.

3. Gulyayev V.I., Andrusenko E.N. Theoretical simulation of geometrical imperfections influence on drilling operations at drivage of curvilinear bore-holes. J. Petr. Sci. Eng. 2013. No. 112. P. 170 – 177.

4. Gulyayev V.I., Gaidaichuk V.V., Solovjov I.L., Gorbunovich I.V. The buckling of elongated rotating drill strings. J. Petr. Sci. Eng. 2009. No. 67. P. 140 – 148.

5. Gulyayev V.I., Khudoliy S.N., Andrusenko E.N. Sensitivity of resistance forces to localized geometrical imperfections in movement of drill strings in inclined bore-holes. Interact. Multiscale Mech. 2011. No. 4 (1). P. 1 – 16.

6. Gulyayev V.I., Gaidaichuk V.V., Andrusenko E.N., Shlyun N.V. Modeling the energy-saving regimes of curvilinear bore-hole drivage. J. of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. 2015. V. 137. No. 1. P. 011402-1 – 011402-8. February.

7. Gulyayev V.I., Gaidaichuk V.V., Andrusenko E.N., Shlyun N.V. Critical buckling of drill strings in curvilinear channels of directed bore-holes. J. of Petroleum Science and Engineering. 2015. V. 129. P. 168 – 177. March. .

8. Gulyayev V.I., Andrusenko E.N. Non-linear bending of drill strings in vertical bore-holes. Strength of Materials. 2013. No. 3. P. 120 – 134.(Rus).

РЕФЕРАТ

Андрусенко О.М. Нелінійне згинання бурильних колон в циліндричних порожнинах верикальних свердловин / О.М. Андрусенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті розглянуто задачу про пружне нелінійне згинальне деформування бурильних колон в циліндричних порожнинах вертикальних нафтових і газових свердловин.

Об'єкт дослідження - явище пружного деформування бурильної колони в каналі вертикальної свердловини при виконанні технологічних операцій буріння.

Мета роботи полягає в постановці і розв’язанні нових задач будівельної механіки про нелінійне деформування бурильних колон у вертикальних свердловинах.

Методи дослідження – основні положення механічних систем зі в’язями, що обмежують їх переміщення, числовий метод Рунге-Кутти.

На основі теорії гнучких криволінійних стрижнів з використанням спеціально обраної системи відліку побудовані нелінійні звичайні диференціальні рівняння, що описують контактну взаємодію труби бурильної колони зі стінкою свердловини. Запропоновано методику чисельного розв’язання побудованих рівнянь. Обговорюються результати комп'ютерного моделювання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БУРИЛЬНА КОЛОНА, ВЕРТИКАЛЬНА СВЕРДЛОВИНА, ОБЕРТАННЯ, ТЕРТЯ, СТІЙКІСТЬ.

ABSTRACT

Andrusenko E.N. Nonlinear bending of a drill string in cylindrical cavity of a vertical bore-hole. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the paper, the problem about elastic nonlinear bending deforming of drill strings in the cylindrical cavities of vertical oil and gas bore-holes is considered.

The research object is the effect of elastic bending of a drill string in the channel of a vertical bore-hole during performing the drilling technological operation.

The paper target is the statement and solution of new problems of mechanics about nonlinear deforming of drill strings in vertical bore-holes.

The methods of investigation are based on principals of mechanics associated with limiting displacements and numerical Runge-Kutta algorithm.

On the basis of the theory of curvilinear flexible rods and use of a special reference frame, the nonlinear ordinary differential equations, deseribing contact interaction of the drill string tube and bore-hole wall, are constructed. New techniques for numerical solution of the constructed equations are proposed. The results of computer simulation are discussed.

KEYWORDS: DRILL STRING, VERTICAL BORE-HOLE, ROTATION, FRICTION, STABILITY.

РЕФЕРАТ

Андрусенко Е.Н. Нелинейное изгибание бурильных колонн в цилиндрических полостях верикальных скважин / Е.Н. Андрусенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрена задача об упругом нелинейном изгибном деформировании бурильных колонн в цилиндрических полостях вертикальных нефтяных и газових скважин.

Объект исследования - явление упругого деформирования бурильной колонны в канале вертикальной скважины при выполнении технологических операций бурения.

Цель работы заключается в постановке и решении новых задач строительной механики о нелинейном деформировании бурильных колонн в вертикальных скважинах.

Методы исследования – основные положения механических систем со связями, ограничивающих их перемещение; численный метод Рунге-Кутты.

На основе теории гибких криволинейных стержней с использованием специально выбранной системы отсчёта построены нелинейные обыкновенные дифференциальные уравнения, описывающие контактное взаимодействие трубы бурильной колонны со стенкой скважины. Предложена методика численного решения построенных уравнений. Обсуждаются результаты компьютерного моделирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БУРИЛЬНАЯ КОЛОННА, ВЕРТИКАЛЬНАЯ СКВАЖИНА, ВРАЩЕНИЕ, ТРЕНИЕ, УСТОЙЧИВОСТЬ.

АВТОРИ:

Андрусенко Олена Миколаївна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, e-mail: a.andrusenko@gmail.com, тел. +380672981387, Україна, 01010, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 511.

AUTHORS:

Andrusenko Elena Nikolaevna, Ph.D.,National Transport University, associate professor department of high mathematics, e-mail: a.andrusenko@gmail.com , tel. +380672981387, Ukraine, 01010, Kiev, Kikvidze str. 42, of. 511.

АВТОР:

Андрусенко Елена Николаевна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры высшей математики, e-mail: a.andrusenko@gmail.com, тел. +380672981387, Украина, 01010, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 511.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гайдайчук В.В., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

Лоза І.А., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gaidaichuk V.V., Engineering (Dr.), Professor, Kiev National University of Construction and Architecture, Head of Department of Theoretical Mechanics, Kiev, Ukraine.

Loza I.A., Physics and Mathematics (Dr.), Professor, National Transport University, Head of Department of Theoretical Mechanics, Kiev, Ukraine.

УДК 502.3
UDC 502.3

ТОЧНІСТЬ ОЦІНКИ ПРИ РОЗРАХУНКУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВУЛИЧНОМУ КАНЬЙОНІ

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Самойленко Є.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна

ACCURATE ASSESSMENT IN CALCULATING THE CONCENTRATION OF POLLUTANTS IN STREET CANYONS

Bakulich O.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Samoylenko E.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ПРИ РАСЧЕТЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЕЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УЛИЧНОМ КАНЬОНЕ

Бакулич Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Моделювання розсіювання забруднюючих речовин від автотранспорту є однією з найскладніших задач, оскільки транспортні потоки, які функціонують у вулично-дорожній мережі можна вважати нестаціонарними, лінійними, приземними джерелами холодних викидів[1]. При цьому, поля забруднення, які утворюються, мають значні просторові градієнти концентрації з сильною часовою мінливістю. Складність моделювання таких полів обумовлена не лише тим, що джерела викидів стохастичні, а й мінливістю метеорологічних полів, зокрема векторного поля вітру в шарі шорсткості вуличного каньйону, яка обумовлена специфічними особливостями підстильної поверхні [2].

При складанні прогнозу рівня забруднення у вуличних каньйонах неминуче виникають похибки різних типів: похибка задачі, яка обумовлена наближеним характером вибраної моделі, а саме неможливістю повністю врахувати всі фактори, що впливають на рівень забруднення (дана похибка вважається неусувною); похибка заокруглень та методична похибка, яка пов’язана зі способом вирішення відповідної задачі [3].

Метою статті є оцінка похибки, а саме степінь достовірності прогнозу рівня забруднення у вуличному каньйоні, яка обумовлена параметризацією вектору швидкості вітру.

Виклад основного матеріалу. Стан атмосферного повітря досліджується, як правило, шляхом проведення відповідних натурних спостережень та математичним моделюванням. Побудова математичних моделей базується на результатах теоретичного та експериментального дослідження закономірностей розповсюдження забруднюючих речовин. Існують різні підходи до вирішення задачі розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері та моделюванні полів забруднення, зокрема: аналітичне вирішення рівняння турбулентної дифузії, чисельне моделювання турбулентних течій, Гаусові моделі, Лагранжеві моделі, моделі міських каньйонів, статистичні моделі. Найбільш часто для розрахунку рівня забруднення атмосфери використовують гаусові моделі, зокрема від точкового джерела, які описуються нормальним розподілом концентрацій вздовж координатних осей [4]:

$$C(x,y,z)=\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2}+\frac{z^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \qquad (1)$$

де C – середня концентрація викиду в точці (x, y, z);
Q – потужність джерела викидів;
u – швидкість вітру, усереднена для шару перемішування;
σ_y, σ_z – відхилення розподілу концентрацій в горизонтальному і вертикальному напрямках;

Для лінійного джерела забруднення, що знаходиться вздовж осі *y*, розподіл концентрації характеризується лише змінами у вертикальній площині (x,z). Якщо враховувати мінливість напрямку вектору швидкості вітру відносно джерела викиду, то використовується його проекція u*sin*ψ.

До найбільш поширених моделей забруднення від лінійних джерел відносяться, зокрема, модель Caline-4, розробник Каліфорнійський департамент транспорту, в основі якої лежить Гаусова модель факелу. Дана модель оцінює концентрацію забруднюючих речовин в радіусі не більше 500м від автомагістралі. Клас стійкості приземного шару атмосфери визначаються за допомогою модифікованих кривих Паскуілла-Гіффорда. Незважаючи на широке використання даної моделі, результати моделювання можна розглядати лише як якісні оцінки, оскільки в моделі не враховано багато факторів, що впливають на розсіювання, а саме: особливості міської забудови, рельєф місцевості, метеорологічні характеристики тощо.

Розсіювання забруднення у вуличних каньйонах значно відрізняється від розсіювання на відкритих територіях, оскільки будівлі суттєво впливають на формування повітряних потоків, деформують їх, надаючи турбулентний характер течії. Ця особливість поведінки повітряних потоків у міських каньйонах призводить до виникнення великих градієнтів концентрації забруднюючих речовин вздовж вулиць. Особливо це характерно для підвітряної та навітряної сторони вулиць [5].

Одна з перших моделей забруднення вулиць - модель Street (W. Johnson та ін.[6]), де концентрація забруднюючих речовин оцінювалася за формулою:

$$C = \frac{Q}{u_b(W/2)} \cdot \frac{F}{1-F} \tag{2}$$

де F – рециркулююча частина забруднення в каньйоні;
Q – об’єм викидів;
W – ширина автомагістралі;
u_b – швидкість вітру над будівлями.

Дана модель є найпростішою, вона заснована на емпіричних даних отриманих на вулицях міста Сан-Хосе та Сент-Луїс (США) з врахуванням навітряного-підвітряного градієнту концентрацій.

В моделі CPBM (Canyon Plum-Box Model) за допомогою поєднання моделі факела (для оцінки прямого впливу забруднення) з box-моделлю (для визначення додаткового впливу забруднення, яке циркулює під впливом повітряних потоків), концентрація забруднюючих речовин у вуличному каньйоні розраховується, наступним чином:

$$C = \frac{K}{U+U_s} \cdot \frac{H-z}{H} \sum \frac{Q_i}{W} \tag{3}$$

де u – швидкість вітру над будівлями;
u_s – швидкість вітру, що виникає від руху автомобілів;
H, W – відповідно висота та ширина каньйону;
K – емпірична константа;
z – висота джерела забруднення;
Q_i – об’єм викидів від і-ої ділянки.

Модель OSPM (Operational street pollution model) використовує подібний підхід, що і модель Canyon Plum-Box Model, проте при оцінці забруднення вона враховує конфігурації міських каньйонів (довжину, висоту забудов) та механічну турбулентність, яка виникає внаслідок руху автомобілів. Недоліком OSPM є те, що вона не враховує деформацію загального вітрового потоку в залежності від конфігурації забудов та не дозволяє оцінити забруднення у віддалених від автомагістралі точках [7].

Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин здійснюється за наступною формулою:

$$C = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{1}{u_b} \sum \frac{Q_i}{h_0 + (\sigma_w / u_b) \cdot x_i} + \frac{Q_i}{Q_{wt} \cdot W} \tag{4}$$

де σ_w – дисперсія швидкості вітру;
σ_{wt} – дисперсія вітру, що виникає від руху автомобілів;
u_b – швидкість вітру над будівлями;
w – ширина автомагістралі;
h_0 – висота джерела викидів;
Q_i – об’єм викидів від і-ої ділянки автомагістралі;
x_i – відстань від і-ого джерела викидів.

Таким чином, як видно з представлених моделей, для оцінки рівня забруднення, необхідно мати уявлення про стан атмосфери, в першу чергу, мається на увазі вектору швидкості вітру. Мінливість якого, необхідно враховувати для якісної оцінки рівня забруднення повітря у вуличних каньйонах міста. У зв’язку з цим, був проведений статистичний аналіз квазінеперервних значень швидкості та напрямку вітру, з дискретністю 1 хв., протягом року в м. Києві (рис.1). Метеорологічна інформація зі складових вітру була отримана на метеостанції Київ Центральної геофізичної обсерваторії, де вимірювання проводиться за допомогою двох основних вітровимірювальних приладів: анемометра МАРК та анеморумбометра М-63 [8].

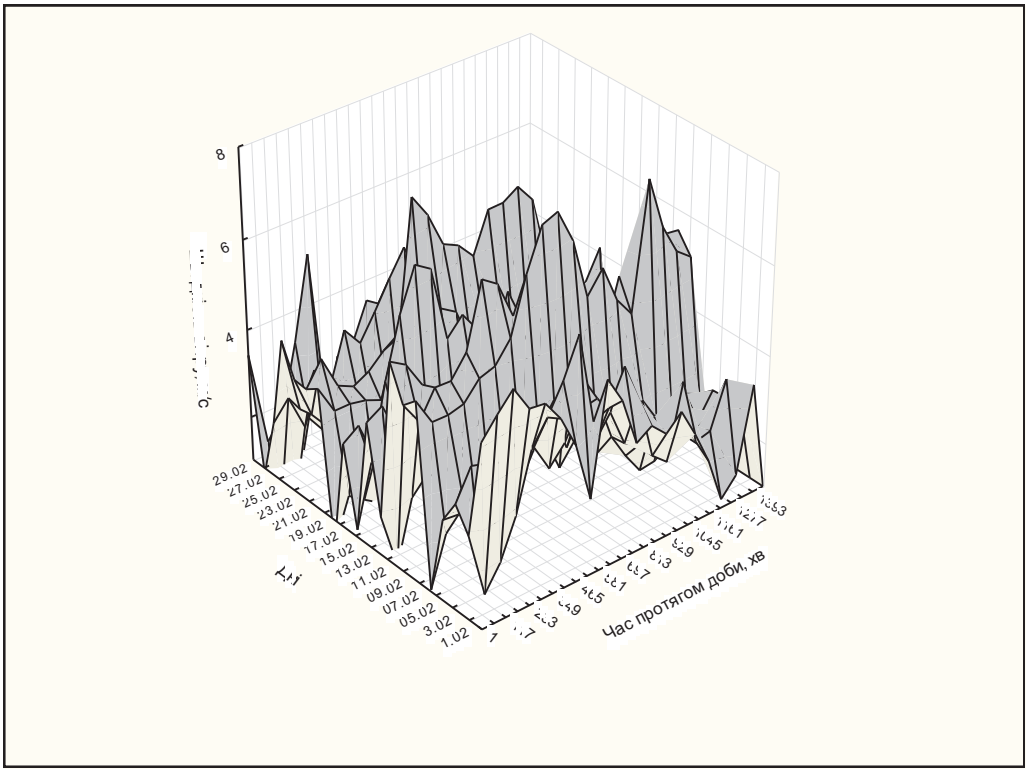


Рисунок 1 – Добовий хід швидкості вітру (лютий 2016р.)

Протягом року найбільша середньомісячна швидкість вітру (2,7-2,9 м/с) спостерігається у зимові місяці. Починаючи з травня вона поступово зменшується і у серпні набуває найменших значень. Швидкість вітру у денні години значно вища, оскільки за рахунок конвекції створюється значний вертикальний обмін. В нічні і ранкові години збільшується стійкість повітря у нижніх шарах тому швидкість вітру нижча. Протягом лютого середньодобові швидкості вітру становлять 1-5,7 м/с (рис.2). У нічні години коливання швидкості вітру менш значні, а в ранці і вдень дещо збільшується.

Найбільш повторювальні напрями вітру: західний – протягом 6 місяців; північний – протягом 4 місяців та південно-східний – протягом 2 місяців.

Щільність розподілу швидкості та напрямку вітру протягом доби, з незначними винятками, виявилися близькі до нормальних (рис.3,4).

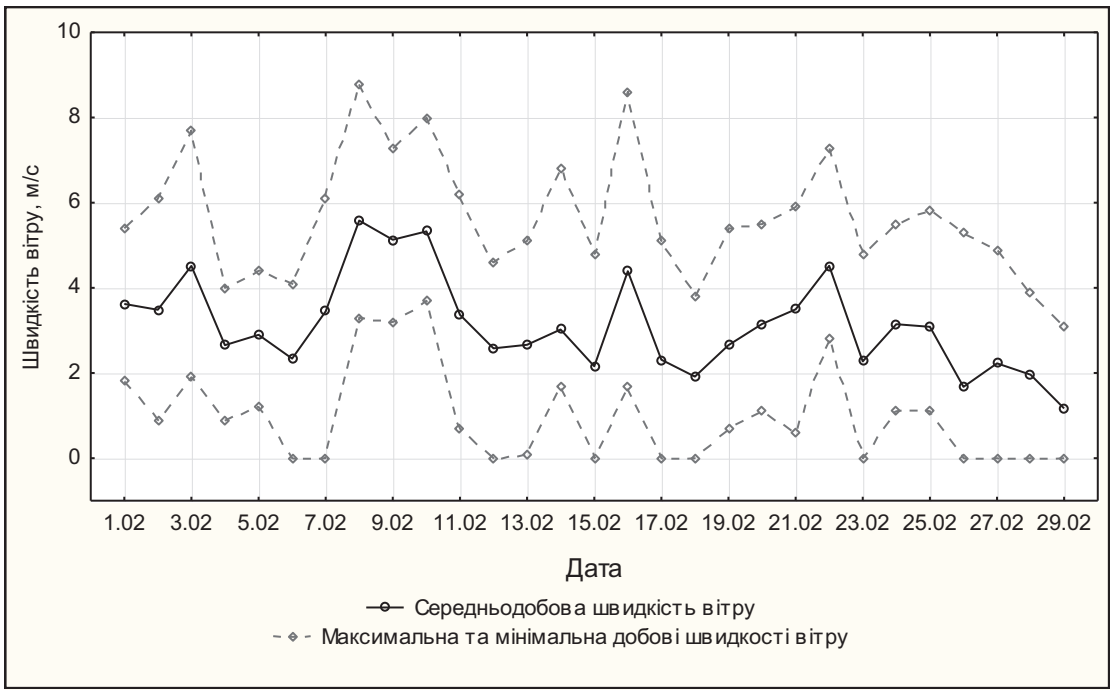


Рисунок 2 – Мінливість значень швидкості вітру протягом доби

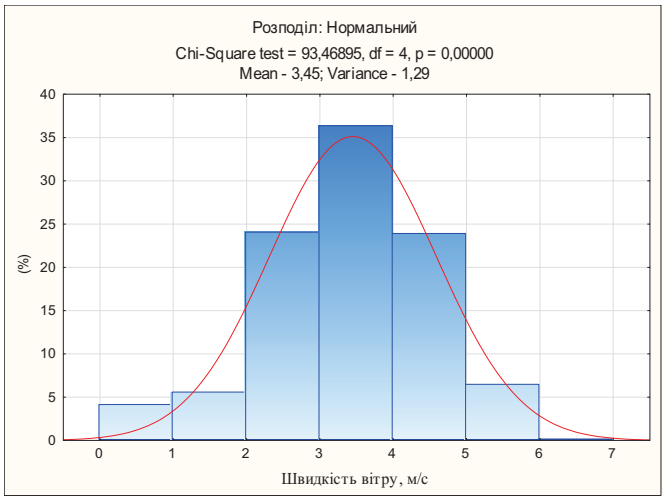


Рисунок 3 - Щільність добового розподілу швидкості вітру – 7.02.16

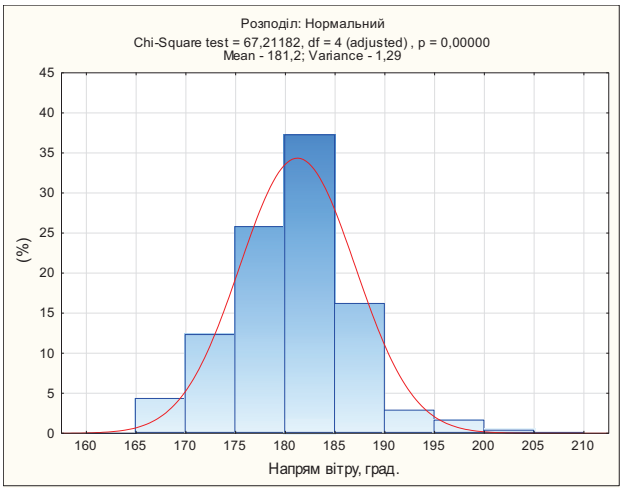


Рисунок 4 - Щільність добового розподілу напрямку вітру – 7.02.16

Оскільки вектор швидкості вітру є випадкова величина, а його зміна з плином часу – це випадковий процес, то використання відповідних середніх значень призводить до істотних похибок в розрахункових значеннях концентрації забруднюючої речовини. У такому разі необхідно оцінити точність з якою можливо провести відповідні розрахунки. Для цього використовувалася інтервальна оцінка вектору швидкості вітру за *t*- критерієм. Із заданою надійністю (0,95) були встановлені довірчі інтервали для швидкості та напрямку вітру з різним часовими періодами осереднення (рис. 5-7).

Як слідує з табл.1 на точність оцінювання швидкості вітру суттєво впливає тривалість періоду осереднення, що в свою чергу вплине і на точність оцінювання рівня забруднення.

Таким чином, при складанні прогнозу полів забруднення необхідно задавати відповідний часовий масштаб осереднення виходячи з доцільності точності прогнозу.

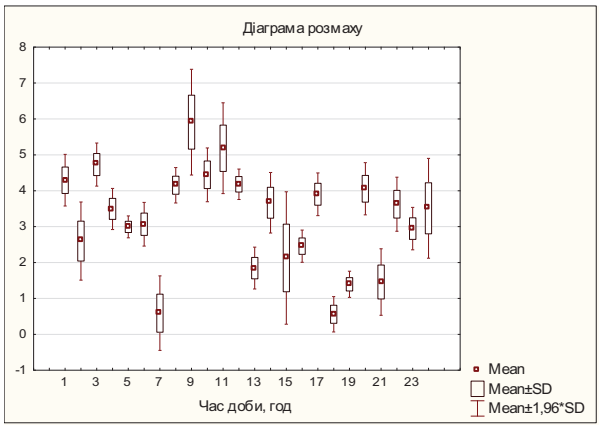


Рисунок 5 – бокс-діаграма середнього та інтервального значення швидкості вітру з часом осереднення 1 год. (1.02.16)

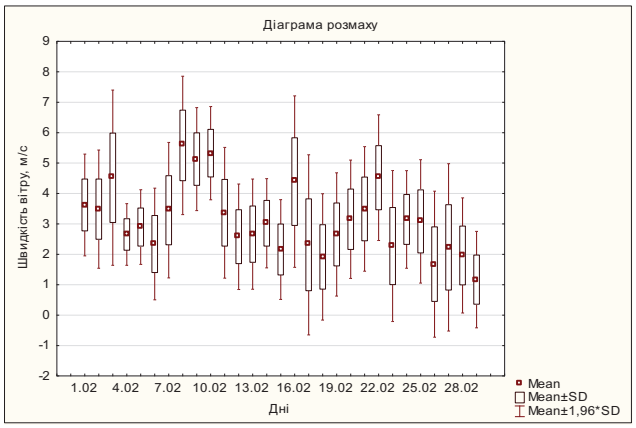


Рисунок 6 – бокс-діаграма середнього та інтервального значення швидкості вітру з часом осереднення 1доба (1.02.16)

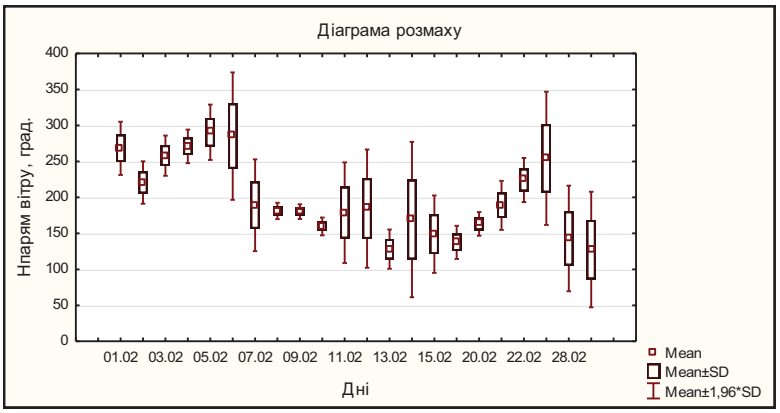


Рисунок 7 – бокс-діаграма середнього та інтервального значення швидкості вітру з часом осереднення 1доба

На основі інтервальних оцінок визначені відносні похибки відповідних величин (табл.1).

Таблиця 1 – Відносні похибки при визначенні напрямку та швидкості вітру з різним часовим осередненням

Час осереднення (τ)	Відносна похибка швидкості вітру, %	Відносна похибка напрямку вітру, %
Місяць	94,6	84,9
Доба	71,8	36,2
6 годин	54,7	29,6
3 години	46,9	24,9
1 година	33,7	15,8
30 хвилин	29,5	14,1

Висновки. Аналіз основних моделей, що використовуються для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря в місті, показав про доцільність моніторингу вектору швидкості вітру в межах вуличного каньйону. Статистичний аналіз мінливості вектору швидкості вітру протягом року, дозволив із заданою надійністю встановити довірчі інтервали для різних часових масштабів осереднення та визначити точність відповідних оцінок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тасейко О.В. Моделирование пространственного распределения загрязнителей от автотранспорта в условиях городской застройки / О.В. Тасейко, С.В. Михайлюта // География и природные ресурсы. – 2004. – Специальный выпуск. С. 180-185.

2. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М.Е. Бероянд - Л.: Гидрометеоиздат, 1975, 439 с.

3. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов / В.М. Вержбицкий. - М.: Высш. шк., 2002. — 840 с.

4. ОНД-86. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

5. Бакуліч О.О. Потенційна екологічна небезпека вуличних каньйонів міста / О.О. Бакуліч, Р.В. Олійник, Є.С. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ, 2014. – Вип.31.

6. Hertel, O. R., Berkowicz R. Modelling from traffic in a street canyon. Evaluation of data and model development. Roskilde, National Environmental Research Institute, 1989. — 77 p.

7. O. Hertel, R. Berkowicz, Operational street pollution model (OSPM) – evaluation of data and model development, Ministry of the Environment, National Environmental Research Institute: Roskilde, Denmark, 1989

8. Осадчий В.І. Клімат Києва / В.І. Осадчий, О.О. Косовець, В.М. Бабіченко – К.: К49 Ніка-Центр, 2010. – 320 с.

REFERENCES

1. Taseyko O.V., Mykhayliuta S.V. *Modelirovaniye prostranstvennogo raspredeleniya zagryazniteley ot avtotransporta v usloviyakh gorodskoy zastroyki* [Modeling the spatial distribution of pollutants from motor vehicles in urban conditions]. *Geographiya i prirodnyye resursy [Geography and natural resources]*, 2004, special issue, pp. 180-185. (Rus)

2. Berlyand M.E. *Sovremennyye problemy atmosphernoy difuzii i zagryazneniya atmosphery* [Modern problems of atmospheric diffusion and air pollution]. Leningrad, Gidrometeo Publ., 1975. 439 p. (Rus)

3. Verzhbitskiy V.M. *Osnovy chislennykh metodov* [Fundamentals of numerical methods]. Moskva, High school Publ., 2002. 840 p. (Rus)

4. OND-86. *Metodika rascheta kontsentratsii v atmosphernom vozdukhe vrednykh veshscestv soderzhashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy* [The methodology for calculating the concentration in the air of harmful substances contained in industrial emissions]. Leningrad, Gidrometeo Publ., 1987. (Rus)

5. Bakulich O.O., Oliynyk R.V., Samoylenko E.S. *Potentsiyna ekologichna nebezpeka vulychnykh kanyoniv mista* [Potential environmental hazards of street canyons]. Visnyk natsionalnogo transportnogo universytetu [Visnyk National Transport University]. – Kyiv, National Transport University Publ. 2014. – Vol. 31. (Ukr)

6. Hertel, O. R., Berkowicz R. Modelling from traffic in a street canyon. Evaluation of data and model development. Roskilde, National Environmental Research Institute, 1989. — 77 p.

7. O. Hertel, R. Berkowicz, Operational street pollution model (OSPM) – evaluation of data and model development, Ministry of the Environment, Roskilde, National Environmental Research Institute Publ., 1989.

8. Osadchyy V.I., Kosovets O.O., Babichenko V.M. *Klimat Kyyeva* [The climate of Kiev]. Kiev, K49 Nika Center Publ., 2010. 320 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Бакуліч О.О. Точність оцінки при розрахунку концентрації забруднюючих речовин у вуличному каньйоні / О.О. Бакуліч, Є.С. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Стаття присвячена визначенню точності оцінки при розрахунку концентрації забруднюючих речовин у вуличному каньйоні.

Об’єкт дослідження – вплив мінливості вектору швидкості вітру на рівень забруднення.

Мета роботи – оцінка похибки, а саме степінь достовірності прогнозу рівня забруднення у вуличному каньйоні, яка обумовлена параметризацією вектору швидкості вітру.

Методи дослідження: методи статистичного аналізу, методи математичного моделювання.

Стан атмосферного повітря досліджується, як правило, шляхом проведення відповідних натурних спостережень та математичним моделюванням. При складанні прогнозу рівня забруднення у вуличних каньйонах неминуче виникають похибки різних типів, зокрема, методичні похибки, що пов’язані зі способом вирішення відповідної задачі. Оскільки вектор швидкості вітру є випадковою величиною, то використання відповідних середніх значень призводить до істотних похибок в розрахункових значеннях концентрації забруднюючої речовини.

Аналіз основних моделей, що використовуються для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря в місті, показав про доцільність моніторингу вектору швидкості вітру в межах вуличного каньйону. Статистичний аналіз мінливості вектору швидкості вітру протягом року дозволив із заданою надійністю встановити довірчі інтервали для різних часових масштабів осереднення та визначити точність відповідних оцінок. Таким чином, при складанні прогнозу полів забруднення необхідно задавати відповідний часовий масштаб осереднення виходячи з доцільності точності прогнозу.

Результати даної роботи дозволять більш якісно управляти станом атмосферного повітря міста.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТОЧНІСТЬ ОЦІНКИ, ВУЛИЧНИЙ КАНЬЙОН, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ, ВЕКТОРНЕ ПОЛЕ ВІТРУ, ДОВІРЧИЙ ІНТЕРВАЛ, ВІДНОСНА ПОХИБКА.

ABSTRACT

Bakulich O.O., Samoylenko E.S. Accurate assessment in calculating the concentration of pollutants in street canyons. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article is devoted to the definition of accuracy assessment in calculating the concentration of pollutants in a street canyon.

The object of study - the impact of variability of vector wind velocity for contamination level.

Purpose of the study - error estimation, namely the reliability degree of the forecast level of pollution in a street canyon which is caused parameterization vector wind velocity.

Research methods: ehe methods of statistical analysis, mathematical modeling techniques.

State investigates air, usually through the relevant field observations and mathematical modeling. When forecasting the level of pollution in street canyons inevitably there are errors of various types, including methodological errors related to the way of resolving the problem. As the wind speed vector is a random variable, then use the corresponding mean values leads to significant errors in the calculated values of pollutant concentrations.

Analysis of the main models used to assess the level of air pollution in the city, showed the feasibility of monitoring wind velocity vector within the street canyon. Statistical analysis of the variability of the vector wind velocity during the year allowed the given reliability set confidence intervals for different time scales and averaging to determine the accuracy of the relevant assessments. Thus, the pollution forecasting fields must set the correct time scale based on the feasibility of averaging the accuracy of the forecast.

The results of this work will allow to better control the air quality of the city.

KEY WORDS: ACCURATE ASSESSMENT, STREET CANYON, POLLUTION, VECTOR FIELD OF WIND, CONFIDENCE INTERVALS, RELATIVE ERROR.

РЕФЕРАТ

Бакулич Е.А. Точность оценки при расчете концентрации загрезняющих веществ в уличном каньоне / Е.А. Бакулич, Е.С. Самойленко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Статья посвящена определению точности оценки при расчете концентрации загрязняющих веществ в уличном каньоне.

Объект исследования - влияние изменчивости вектора скорости ветра на уровень загрязнения.

Цель работы - оценка погрешности, а именно степень достоверности прогноза уровня загрязнения в уличном каньоне, которая обусловлена параметризацией вектора скорости ветра.

Методы исследования: методы статистического анализа, методы математического моделирования.

Состояние атмосферного воздуха исследуется, как правило, путем проведения соответствующих натурных наблюдений и математическим моделированием. При составлении прогноза уровня загрязнения в уличных каньонах неизбежно возникают ошибки различных типов, в частности, методические погрешности, связанные с способом решения соответствующей задачи. Поскольку вектор скорости ветра является случайной величиной, то использование соответствующих средних значений приводит к существенным погрешностям в расчетных значениях концентрации загрязняющего вещества.

Анализ моделей, используемых для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха в городе, показал целесообразность мониторинга вектора скорости ветра в пределах уличного каньона.

Статистический анализ изменчивости вектора скорости ветра в течение года позволил с заданной надежностью установить доверительные интервалы для различных временных масштабов осреднения и определить точность соответствующих оценок. Таким образом, при составлении прогноза полей загрязнения необходимо задавать соответствующий временной масштаб осреднения исходя из целесообразности точности прогноза.

Результаты данной работы позволят более качественно управлять состоянием атмосферного воздуха города.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ, УЛИЧНЫЙ КАНЬОН, УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ВЕКТОРНОЕ ПОЛЕ ВЕТРА, ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ, ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ.

АВТОРИ:

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, декан факультету менеджменту, логістики та туризму, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

Самойленко Є.С., Національний транспортний університет, аспірант, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

AUTHOR:

Bakulich O.O. Ph.D., (engineering), National Transport University, Dean of the Faculty of Management, logistics and tourism, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, tel. +380937451421, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str. 1.

Samoylenko E.S., National Transport University, postgraduate, e-mail: sirius27@ukr.net, tel. +380988088008, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str.1.

АВТОРЫ:

Бакулич Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, декан факультета менеджмента, логистики и туризма, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, аспирант, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Данчук В.Д., доктор фіз.-мат. наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри електроніки та обчислювальної техніки, Київ, Україна.

Олійник Р.В., кандидат фіз.-мат. наук, доцент, Київський Національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

REVIEWER:

Danchuk V.D, Ph.D, Professor, National Transport University, Head of Department of Electronics and Computer Science, Kyiv, Ukraine.

Oliynik R.V. Ph.D., assistant professor, National University named after T. Shevchenko, Kyiv, Ukraine.

УДК 629.113
UDC 629.113

КЛАСИФІКАЦІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Березняцький В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

CLASSIFICATION OF BUSINESS PROCESSES OF THE SERVICE STATION

Bereznyatsky B., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine.

КЛАССИФИКАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Березняцкий В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина.

Постановка проблеми.

Адам Сміт 200 років тому показав, що розподіл праці сприяє зростанню продуктивності, оскільки робочі зосереджені на одному процесі стають більш майстерними і краще виконують свою роботу. І це твердження залишалося догмою на протязі двох століть.

Проте такий підхід перешкоджає підвищенню продуктивності і якості праці. Чому? Відповідь на це питання можна знайти в мініатюрі Аркадія Райкіна «Хто пошив костюм?» із збірки "Люди і манекени".

« Я приходжу до директора, я кажу:

- Хто пошив костюм? Хто це зробив? Я нічого не буду робити, не буду кричати, я тільки хочу в очі йому подивитися.

Виходить сто чоловік. Я кажу:

- Хлопці, хто пошив костюм?

Вони кажуть:

- Ми!

Я кажу:

- Хто це «ми»?

Вони кажуть:

- У нас вузька спеціалізація. Один пришиває кишеню, один - проймочку, я особисто пришиваю ґудзики. До ґудзиків претензії є?

- Ні! Пришиті на смерть, не відірвеш! Хто пошив костюм? Хто замість штанів мені рукави пришив? Хто замість рукавів мені штани пришпандьорив? Хто це зробив?»

Очевидно, що треба оцінювати не окремі операції, а процес у цілому, тобто результат процесу.

Разом з тим, в наш час адептів метода Адама Сміта можна знайти практично в кожному автосервісному підприємстві. Таке становище, в тому числі, наслідок відсутності класифікації бізнес - процесів в підприємстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [1] до основних бізнес - процесів автосервісних підприємства віднесено тільки один процес: «обслуговувати клієнтів автосервісу». У подальшому його класифікація відбувається з урахуванням життєвого циклу продукту. Але це дуже узагальнене виділення бізнес - процесу, яке не враховує специфічні потреби споживачів на протязі життєвого циклу автомобіля.

Постановка завдання

Враховуючи специфіку кожного етапу життєвого циклу транспортного засобу визначити послуги, які будуть затребувані власниками автомобілів на цих етапах, і на цій основі розробити класифікацію бізнес - процесів автосервісного підприємства.

Виклад основного матеріалу

Офіційним документом, у якому дано визначення процесу це – Міжнародний стандарт менеджменту якості ISO 9000:2007 [2]. Він відмічає такі суттєві ознаки процесу : « Будь - яку роботу або сукупність робіт для яких використовують ресурси, щоб перетворити входи на виходи, можна розглядати як процес».

В той же час в літературі набув поширення термін «бізнес - процес» , але його наповнюють різним змістом.

У роботі [3] також приймається , що усі процеси – це бізнес - процеси і пропонується при їх класифікації враховувати їх відношення до добавленої вартості. Згідно цього критерію виділяються дві групи процесів.

Основні процеси, діяльність яких приносить прибуток для автосервісного підприємства, тобто додають цінність. І процеси, які додають до послуги вартість, - це допоміжні процеси.

Перші, наш погляд, і є власне бізнес - процесами. У роботі [4] одним із значень business є торгівля і отримання грошей.

До другої групи процесів автори відносять всі інші процеси, в тому числі і процеси адміністрування автосервісного підприємства. Але враховуючи їх специфіку, доцільно при аналізі діяльності автосервісного підприємства виділити їх в окрему групу процесів.

Таким чином в автосервісному підприємстві можна виділити такі три групи процесів (рис.1):

- Процеси адміністрування автосервісного підприємства;
- Бізнес - процеси (основні);
- Допоміжні процеси.

В групі бізнес - процесів , в свою чергу, враховуючи етапи життєвого циклу транспортного засобу можна виділити наступні процеси.

Першим бізнес - процесом, який в подальшому визначає діяльність автосервісного підприємства є «Продаж автомобілів». Перед продажем автомобіля здійснюється «Передпродажна підготовка». Враховуючи те, що в автосервісні підприємства поставляються автомобілі переважно базової комплектації виникає необхідність задовольнити потреби споживачів в «Дообладнанні автомобілів». Дообладнання автомобілів може здійснюватися як до продажу автомобіля, так і після його продажу.

Наступний період в життєвому циклі автомобіля – гарантійний період, під час якого , при необхідності, здійснюється відновлення роботоздатності автомобіля. Тому цей процес отримав назву «Гарантійний ремонт». Можна вважати, що разом з гарантійним ремонтом реалізується «Регламентне обслуговування». Інакше власник автомобіля втрачає право на гарантійний ремонт.

В подальшому, після закінчення гарантійного періоду, здійснюються комерційні ремонти, обслуговування. Доречно цій діяльності, цьому процесу дати назву «Післягарантійний ремонт». Одночасно в цей період, при потребі, відбувається відновлення автомобіля після дорожньо - транспортних пригод або, в інших випадках, відбувається відновлення геометрії кузова. Цей ремонт специфічний тому його треба виділити окремо. Назва цього процесу кореспондується з його діяльністю : «Відновлювальний ремонт».

При збільшенні пробігу автомобіля, для деяких із них періодично виконується «Перевірка технічного стану транспортних засобів».

Кінцева стадія життєвого циклу автомобіля « Утилізація».

Окремий бізнес - процес - «Продаж складових частин». Він присутній на протязі всього життєвого циклу автомобіля.

Ще один специфічний процес – це процес «Навчання і підготовки персоналу». При певних обставинах цей процес може приносити цінність, то його також можна віднести до основних процесів.

До допоміжних процесів відносяться процеси технічного і матеріального забезпечення основних процесів і процесів адміністрування автосервісного підприємства.

Для класифікації групи процесів адміністрування в якості критерію можна використати види діяльності, які необхідні для функціонування підприємства.

До них відносяться процеси:

- процес стратегічного планування і розвитку;
- процес маркетингу і логістики;
- процес управлінського обліку;
- процес фінансового менеджменту;
- процес юридичного забезпечення і кадрової роботи.

Загальна схема бізнес – процесів авто сервісного підприємства наведена на рис. 1

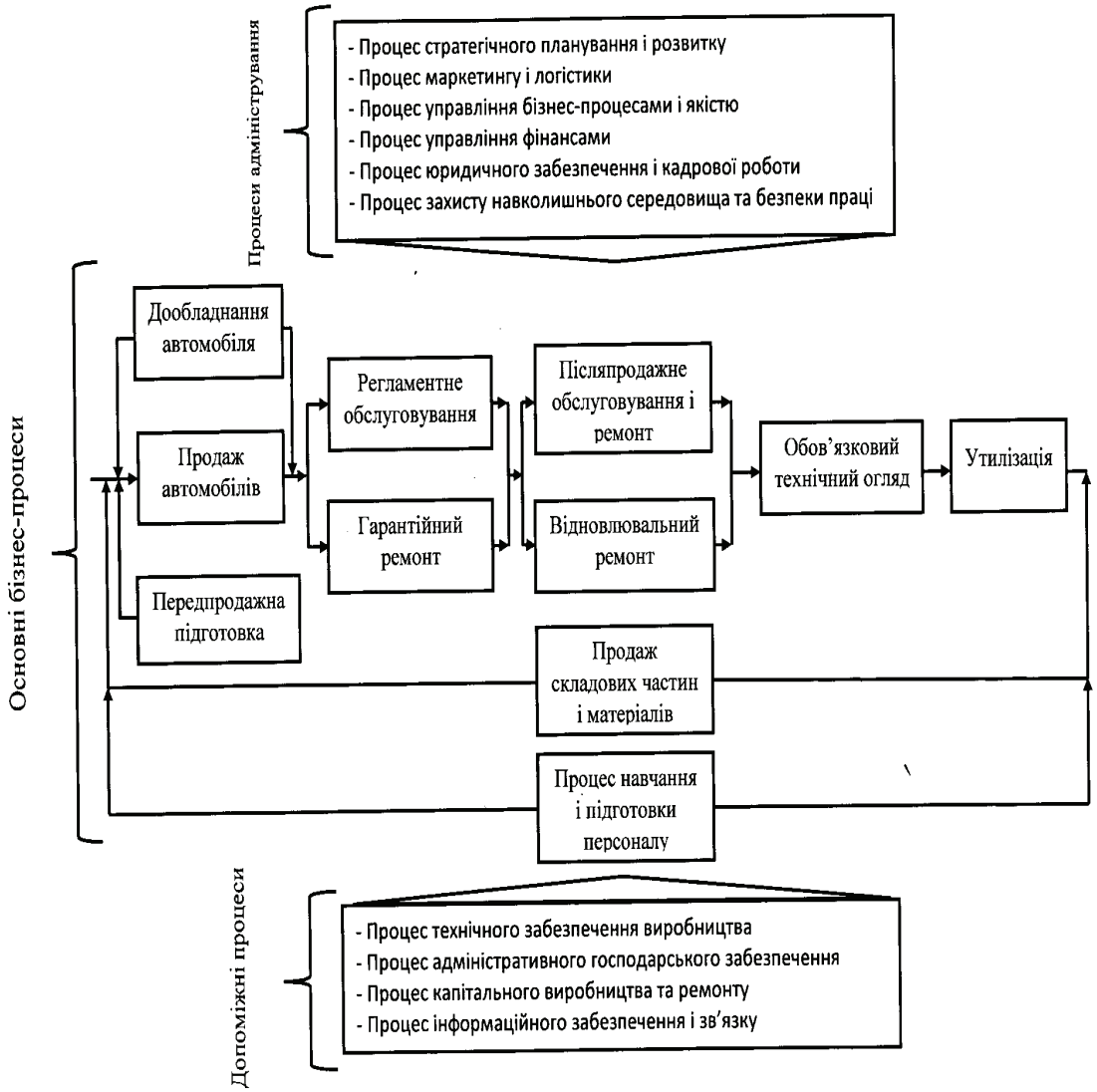


Рисунок 1 – Структура процесів автосервісного підприємства

Висновки.

Врахування специфіки кожного етапу життєвого циклу транспортного засобу дозволило виділити і класифікувати основні бізнес - процеси автосервісного підприємства .

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Моделювання бізнес - процесів підприємства автосервісу. – К.: Кафедра, 2014. – 329 с.:іл.

2. ДСТУ ISO 9000:2007. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. (ISO 9000:2005, IDT)

3. Репін В.В.,Єліферов В.Г. Процесний підхід до управління. Моделювання бізнес – процесів.- М.: РІА «Стандарти і якість»,2004. – 408 с.:іл.

4. Словник активного засвоєння лексики англійської мови. – М.: Рос. яз.,1988 – 710 с.

REFERENCES

1. Andrusenko S.I., Bugaichuk O.S. Modeling of business – processes Enterprise Car. K.: The Department, 2014.- 329 p.: il .. (Ukr)

2. DSTU ISO 9000:2007. Quality management systems — Fundamentals and vocabulary (ISO 9000:2005, IDT) (Ukr)

3. Repin V.V., Yeliferov V.G. The process approach for management. Modeling business – protsesiv. – M.: RIA "Standards and quality", 2004.-408 p., il ..(Rus)

4. Dictionary active learning vocabulary of the English language.-M.: Rus.lang.,1988 – 710 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Березняцький В.В. Класифікація бізнес - процесів автосервісних підприємств. / В.В.Березняцький // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково - технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті запропоновано підхід до класифікації бізнес - процесів автосервісних підприємств.

Об’єктом дослідження є процес надання послуг з технічного обслуговування та ремонту автомобілів в автосервісних підприємствах.

Мета роботи - виділення і класифікація бізнес – процесів автосервісного підприємства.

Перехід від функціонального управління підприємством до процесного дозволяє значно підвищити ефективність виробництва. Свідчення цьому успіхи лідерів світового бізнесу. Проте, в автосервісних підприємствах превалює функціональний підхід. Стримує запровадження процесного управління в тому числі і відсутність способів виділення бізнес – процесів.

Враховуючи специфіку кожного етапу життєвого циклу транспортного засобу визначено послуги, які будуть затребувані власниками автомобілів на цих етапах, і, на цій основі, розроблено систему бізнес - процесів автосервісного підприємства.

Розглянутий в статті метод може бути використаний при впровадженні процесного підходу при управлінні автосервісними підприємствами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОЦЕС, БІЗНЕС – ПРОЦЕС, ПРОЦЕСНИЙ ПІДХІД, УПРАВЛІННЯ, АВТОСЕРВІС, АВТОМОБІЛЬ, ЖИТТЕВИЙ ЦИКЛ.

ABSTRACT

Bereznyatsky V.V. Classification of business - processes service station. Visnyk of National Transport University. Series «Technical science». Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2017. – Vol. 1 (37).

The paper proposes an approach for classification of business - processes service station.

Object of the study is the provision of services for the maintenance and repair of vehicles in the service station. Purpose of the study is selection and classification of business – processes

The transition from functional business management to process management can significantly improve production efficiency. The successes of global business leaders is evidenced this. However, functional approach in the service station is still prevalent. Implementing businesses processes management is restrained the lack method to choose the business processes.

Given the specific of each stage of the life cycle of the vehicle identified services that will be demanded of car owners in these stages and, on this basis, developed a system of business - processes of the service station.

The method that is Discussed in the article can be used in the implementation of the process approach in the management of the service station.

KEYWORDS: PROCESS, BUSINESS - PROCESS, PROCESS APPROACH, MANAGEMENT, AUTOSERVICE, VEHICLE, LIFE CYCLE.

РЕФЕРАТ

Березняцкий В.В. Классификация бизнес-процессов автосервисных предприятий. / В.В. Березняцкий // Вестник Национального транспортного университету. Серия «Технические науки». Научно – технический сборник. – К.: НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложен подход к классификации бизнес - процессов автосервисных предприятий. Объектом исследования является процесс предоставления услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей в автосервисных предприятиях.

Цель работы - выделение и классификация бизнес - процессов

Переход от функционального управления предприятием к процессному позволяет значительно повысить эффективность производства. Свидетельство этому успехи лидеров мирового бизнеса. Однако, в автосервисных предприятиях все еще превалирует функциональный подход. Сдерживает внедрение процессного управления отсутствие способов выделения бизнес - процессов.

Учитывая специфику каждого этапа жизненного цикла транспортного средства определены услуги, которые будут востребованы владельцами автомобилей на этих этапах, и, на этой основе, разработана система бизнес - процессов автосервисного предприятия.

Рассмотрен в статье метод может быть использован при внедрении процессного подхода при управлении автосервисных предприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРОЦЕСС, БИЗНЕС – ПРОЦЕСС, ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОСЕРВИС, АВТОМОБИЛЬ, ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ.

АВТОРИ:

Березняцький Вячеслав Васильович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: bereznyatskiy@ ukr.net, тел. +380930637242, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 410.

AUTHOR:

Bereznyatsky Viacheslav.V., Ph.D., National Transport University, associate professor department of maitenance and service, e-mail: bereznyatskiy@ ukr.net, тел. +380930637242 Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 410.

АВТОРЫ:

Березняцкий Вячеслав Васильевич, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, e-mail: bereznyatskiy@ ukr.net, тел. +380930637242, Украина, 01010, м. Киев, вул. Суворова 1, к. 410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Бандура О.В., головний фахівець Української автомобільної корпорації

REVIEWER:

Sakhno V. P., Ph.D., Engineering (Dr), professor, National Transport University, professor, head of department of automobile, Kyiv, Ukraine.

Bandura A.V., lord high fixer of service of the Ukrainian Motor Corporation. Kyiv, Ukraine.

УДК 621.315.592
UDC 621.315.592

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ НА ПОСТІЙНОМУ СТРУМІ ПОЛІТИПІВ КРИСТАЛІВ $TlInS_2$

Боровий М.О., доктор фізико-математичних наук, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
Гололобов Ю.П., доктор фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Ісаєнко Г.Л., кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Надточій А.Б., кандидат фізико-математичних наук, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
Ніколаєнко А.В., Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

THE CONDUCTIVITY ON DC CRYSTALS $TlInS_2$ POLYTYPES

Borovoy N.A., doctor of sciences, associate professor, Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine
Gololobov Yu.P., doctor of sciences, professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Isaienko G.L., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Nadtochii A.B., PhD., Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine
Nikolaienko A.V., Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ ПОЛИТИПОВ КРИСТАЛЛОВ $TlInS_2$

Боровой Н.А., доктор физико-математических наук, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
Гололобов Ю.П., доктор физико-математических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Исаенко Г.Л., кандидат физико-математических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Надточий А.Б., кандидат физико-математических наук, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
Николаенко А.В., Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

Постановка проблеми.

В інтервалі температур T = 170 – 300 K виявлено аномальна поведінка фізичних властивостей кристалів $TlInS_2$, що свідчать про існування температурних фазових переходів [1]. Особливістю структурних перетворень в $TlInS_2$ є формування модульованих просторових структур, які можуть бути як співрозмірними, так і неспіврозмірними [2]. Незважаючи на численні дослідження, існуючі дані про механізми і температури переходів з парафази до неспіврозмірної фази (НФ) і, відповідно, з НФ до співрозмірної фази (СФ), досить суперечливі [3]. Такі розбіжності можуть бути зумовленими політипією кристалів $TlInS_2$, яка обумовлена їх шаруватою структурою, у якій паралельні шари укладаються вздовж напрямку [001]. Зокрема, було встановлено, що у спектрах рентгенівської дифракції кристалів політипу 2*C,* на відміну від кристалів політипу *C,* (для *C*-політипу параметр комірки $c = 1{,}516$ нм) не спостерігаються характерні для НФ модуляційні сателіти [4]. На основі рентгеноструктурних даних було висловлено припущення, що кристали 2*C*-політипу мають вищу концентрацію дефектів пакування вздовж осі *OZ* у порівнянні з *C*-політипом, завдяки чому в них пригнічується утворення довгоперіодичних модуляцій в цьому напрямку [5]. Наскільки відомо авторам, у літературі відсутні експериментальні дані про електропровідність кристалів $TlInS_2$ 2*C*-політипу, які дозволили б визначити механізми переносу заряду та роль підсистеми дефектів в таких процесах у порівнянні з кристалами *C*-політипу. Тому в даній роботі представлено результати

дослідження електропровідності на постійному струмі *C*- та *2C*-політипів кристалів $TlInS_2$ в області температур T =100 К – 300 К.

Для вимірювання електропровідності використовувалися монокристалічні зразки $TlInS_2$ *C*- та *2C*-політипів. Типовий розмір зразків складав 5 х 7 х 1 мм^3. Поверхня 5 х 7 мм^2 була паралельна площинам ($00l$). Досліджувалася питома електропровідність вздовж шарів ($\sigma_\perp$). Для забезпечення омічних контактів використовувалася індій-галієва паста, яка наносилася на попередньо очищені грані площею 7 х 1 мм^2. Зразок розміщувався у камері кріостата CS204AEX1-AL. Електрична напруга формувалася 12-и бітним цифро-аналоговим перетворювачем та через буферний підсилювач подавалася на зразок. Електричний струм, що проходив через зразок, за допомогою перетворювача "струм-напруга" перетворювався на напругу, яка вимірювалася за допомогою 16-бітного аналого-цифрового перетворювача та у цифровому вигляді передавалася до комп’ютера. Діапазон зміни напруги на зразку: від – 10 В до + 10 В. Діапазон виміру струму залежав від опору перетворювача "струм-напруга" і для опору 30 МОм максимальний струм складав близько 35 нА, а мінімальний визначався вхідним струмом мікросхеми перетворювача (2 пА). Керування температурою кріостата здійснювалося за допомогою контролера “Lake Shore 331S” через цифровий порт RS232 комп’ютера. Точність підтримування температури складала 0,1 К. Швидкість зміни температури 1 К/хв. Вимірювання виконувалися в режимі охолодження з кроком по температурі 2 К. При кожній температурі визначалася вольт-амперна характеристика зразка $I(U)$, на якій виділялася лінійна ділянка, що відповідала омічному опору. Напруги на цій ділянці не перевищували 0,2 В. Для визначення опору зразка $R = U / I$ використовувалася напруга 0,1 В.

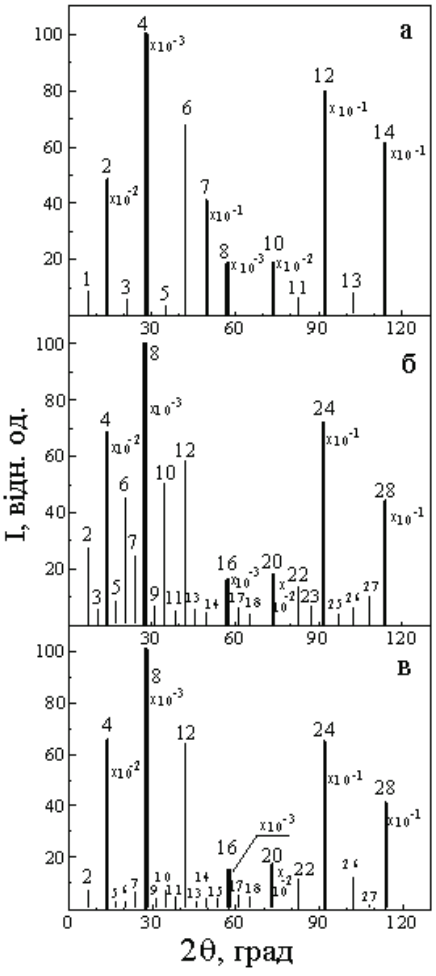


Рисунок 1 – Штрихдіаграми зразків монокристалів $TlInS_2$: а – політип С; б – політип 2С; в – політип 2С при повороті на кут 45^0 відносно осі, що перпендикулярна до відбиваючої площини кристала. Цифри над лініями відповідають значенням l структурних рефлексів типу (00l)

Аналіз рентгенівських дифрактограм різних зливків $TlInS_2$ дозволив виділити зразки двох політипів, які істотно відрізнялися за кількостю рефлексів типу (00*l*) (див. Рис.1). Як видно, для другого політипу в діапазоні кутів 2θ=(0÷120)° спостерігається вдвічі більша кількість структурних ліній типу (00*l*), ніж для першого. Отже, для таких політипних кристалів величина параметру *c* відрізняється вдвічі, тому позначимо їх для подальшого: перший як «*C*-політип», а другий – «2*C*-політип». Величину параметру *c* та належність зразків до відповідного політипу можна визначити за допомогою формули:

$$c = \frac{ml\lambda}{2\sin\beta\sin\theta}, \qquad (1)$$

де *m* – порядок відбивання; *l* – мілерівський індекс плоскої атомної сітки; λ – довжина хвилі джерела випромінювання; а β – кут між площиною ab та віссю C; θ – кут ковзання.

Експериментально визначені значення кутів θ наведено у таблиці 1. Ідентифікація структурних ліній була проведена з урахуванням результатів [6], згідно з якими для реальних кристалів $TlInS_2$, завдяки частковому порушенню порядку пакування шарів, спостерігаються малоінтенсивні рефлекси типу (00*l*) з непарними значеннями *l*. Розглянемо отримані експериментальні результати по вимірюванню провідності. На рис. 2 представлено типові температурні залежності провідності $\sigma_\perp$ для політипу *C* (крива 1) та політипу 2*C* (крива 2).

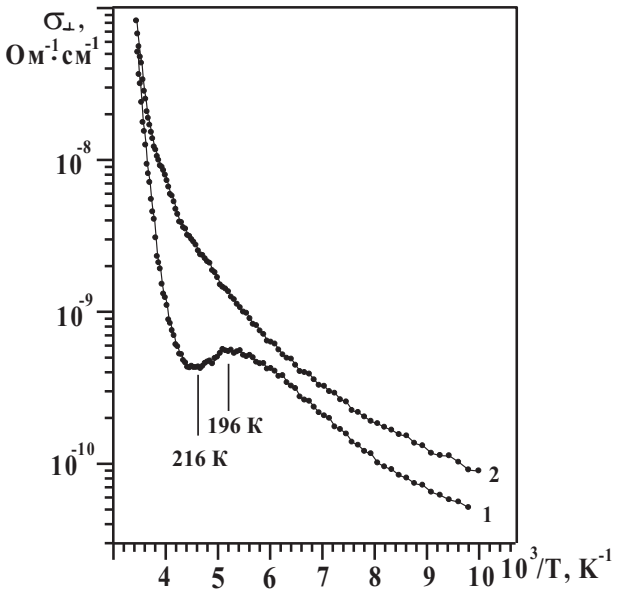


Рисунок 2 – Залежність електропровідності кристалів $TlInS_2$ від температури: 1 – C-політип; 2 – 2C-політип

У випадку політипу *C* при охолодженні зразків в області температур T=255 К–290 К спостерігається експоненційна ділянка залежності $\sigma_\perp(T)$ з енергією активації носіїв струму 0,65 еВ. При подальшому зменшенні температури енергія активації монотонно зменшується і при температурах T_i=214 К – 217 К вона дорівнює нулю (горизонтальна ділянка на кривій 1). Важливо відзначити, що саме при цих температурах, як показано в [4], починається активне формування НФ в усьому об'ємі кристалу. Подальше охолодження супроводжується зростанням провідності з енергією активації E= –0,06 еВ і при T_c = 195 К – 200 К залежність $\sigma_\perp(T)$ знову виходить на горизонтальну ділянку. Вказані температури T_c відповідають фазовому переходу з НФ до СФ [3]. Таким чином, зростання провідності зразків *C*-політипу спостерігається саме в області існування НФ. Про подібне збільшення провідності кристалів $TlInS_2$ повідомлялося раніше [7], але відповідна температурна область складала T=226 К – 260 К, що відповідає стану кристалу $TlInS_2$ у парафазі. Охолодження зразків від T = 196 К супроводжується зменшенням провідності, при цьому енергія активації носіїв струму монотонно зростає до 0,04 еВ при $T \approx 160$ К. Далі вниз по температурі помітних змін енергії

активації не відбувається аж до T ≈ 120 K. Оскільки раніше повідомлялося про можливість у кристалах $TlInS_2$ стрибкової провідності зі змінною довжиною стрибка [8], спробуємо проаналізувати залежність $\sigma_{\perp}(T)$ в діапазоні T = 100 K – 200 K з точки зору реалізації такого механізму провідності.

Таблиця 1 – Кутове положення та відносні інтенсивності структурних ліній двох політипів кристалів TlInS

N	C-$TlInS_2$			2C-$TlInS_2$			Теорет.
	l	2θ, °	I, відн. од	*l*	2θ, °	I, відн. од	2θ, °
1.	1	6.93	8.9×10^{-5}	2	6.91	31.1×10^{-5}	6.876
2.				3	10.34	6.4×10^{-5}	10.322
3.	2	13.80	0.05	4	13.79	0.07	13.778
4.				5	17.25	9.1×10^{-5}	17.246
5.	3	20.77	2.3×10^{-5}	6	20.71	4.6×10^{-4}	20.730
6.				7	24.23	2.6×10^{-4}	24.233
7.	4	27.77	1	8	27.76	1	27.760
8.				9	31.32	7.1×10^{-5}	31.314
9.	5	34.99	1.3×10^{-4}	10	34.92	5.1×10^{-4}	34.898
10.				11	38.55	1.3×10^{-5}	38.519
11.	6	42.20	6.8×10^{-4}	12	42.20	5.9×10^{-4}	42.180
12.				13	45.92	1.7×10^{-5}	45.886
13.	7	49.65	0.004	14	49.68	5.1×10^{-5}	49.644
14.				15			53.460
15.	8	57.33	0.2	16	57.37	0.2	57.341
16.				17	61.19	1.1×10^{-5}	61.296
17.	9	67	0.7×10^{-5}	18	65.43	3.7×10^{-5}	65.333
18.				19			69.463
19.	10	73.67	0.02	20	73.70	0.02	73.700
20.				21			78.057
21.	11	82.80	2.8×10^{-5}	22	82.55	1.4×10^{-4}	82.553
22.				23	87.22	2.4×10^{-5}	87.209
23.	12	92.01	0.008	24	92.06	0.07	92.053
24.				25	96.92	0.7×10^{-5}	97.120
25.	13	102.43	3.3×10^{-4}	26	102.59	0.7×10^{-5}	102.454
26.				27	108.12	1.1×10^{-5}	108.118
27.	14	114.13	0.007	28	114.18	0.005	114.197

Як відомо, стрибкова провідність зі змінною довжиною стрибка відбувається тоді, коли біля рівня Фермі в забороненій зоні існує область з кінцевою густиною локалізованих станів $N(E_F)$. Для такого типу провідності залежність питомої електропровідності від температури має вигляд [9].

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-BT^{-1/4}), \tag{2}$$

де

$$B = 2\left(\frac{\alpha^3}{kN(E_F)}\right)^{1/4}, \tag{3}$$

α - стала спаду хвильової функції електрона, $\psi \propto \exp(-\alpha r)$, k - стала Больцмана. Стала спаду є оберненою до радіусу локалізації електрона $a = 1/\alpha$. Приймається, що густина локалізованих станів біля рівня Фермі $N(E_F)$ залишається сталою в інтервалі енергій порядку kT. На рис. 3 експериментальні значення провідності $\ln(\sigma_\perp)$ зразків *C*-політипу представлені залежно від $T^{-1/4}$ в області температур 100 К – 200 К (крива 1). Як видно, в інтервалі температур 120 К – 160 К спостерігається лінійна ділянка такої залежності, що свідчить саме про стрибкову провідність зі змінною довжиною стрибка. За кутом нахилу відповідної прямої визначено $B = (68 \pm 3)\ K^{-1/4}$. Тоді з рівняння (3) було оцінено густину станів біля рівня Фермі. Приймаючи радіус локалізації $a = 1{,}4$ нм [7], отримано $N(E_F) = 3{,}7 \cdot 10^{18}$ еВ$^{-1}$• см$^{-3}$. Таке значення густини станів добре корелює з результатами [10], отриманими при вимірюваннях на змінному струмі. При подальшому охолодженні від Т = 120 К до Т = 100 К енергія активації зменшується і при Т = 100 К складає 0,01 еВ – 0,02 еВ.

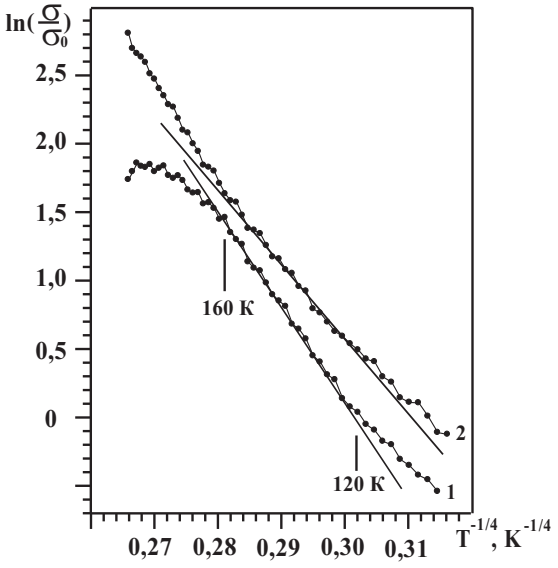


Рисунок 3 – Відносна електропровідність кристалів $TlInS_2$ як функція $T^{1/4}$: 1 – C-політип; 2 – 2C-політип

Розглянемо залежність питомої електропровідності від температури для зразків 2*C*-політипу $TlInS_2$ (рис. 3, крива 2). На відміну від зразків *C*-політипу, тут при охолодженні можна виділити три експоненційні ділянки: 1) Т = 255 К – 290 К, енергія активації Е = 0,52 еВ; 2) Т = 235 К – 250 К, Е = 0,21 еВ; 3) Т = 170 К – 230 К, Е = 0,09 еВ. Важливо відзначити, що в області температур Т =190 К – 220 К, в якій для політипу *C* спостерігалася складна форма залежності $\sigma_\perp(T)$, питома провідність зразків 2*C*-політипу монотонно спадає, а будь-які аномалії не спостерігаються. Цей результат добре узгоджується з раніш встановленими фактом того, що в зразках 2*C*-політипу в області температур існування НФ та СФ відсутні модуляційні рентгенівські сателіти, характерні для цих фаз [4]. Отже, на основі як рентгеноструктурних даних, так і отриманих в даній роботі результатів по електропровідності, можна стверджувати, що в 2*C*-політипі $TlInS_2$ довгоперіодичні модульовані структури в області температур Т =220 К – 190 К відсутні.

Для зразків 2*C*-політипу також було перевірено можливість існування стрибкової провідності зі змінною довжиною стрибка. На рис. 3 наведено експериментальну залежність провідності від температури в координатах $\ln(\sigma_\perp)$ та $T^{-1/4}$ (крива 2). Очевидно, і для цього політипу спостерігається лінійна ділянка (інтервал температур T = 126 K – 162 K). Величина нахилу прямої виявилася дещо меншою, а ніж для *C*-політипу, а саме $B = (56 \pm 3)\ K^{-1/4}$. Оцінка за формулою (3) дає $N(E_F) = 6{,}9 \cdot 10^{18}$ еВ$^{-1}$• см$^{-3}$. При подальшому охолодженні до T = 100 K енергія активації, як і для *C*-політипу, зменшується до 0,01 еВ – 0,02 еВ.

Висновки.

Таким чином, в кристалах $TlInS_2$ *C*- та *2C*-політипів в області температур T = 120 K – 160 K реалізується стрибкова провідність зі змінною довжиною стрибка, зумовлена наявністю локалізованих станів біля рівня Фермі. Висока густина таких станів ($\propto 10^{18}$ еВ$^{-1}$• см$^{-3}$) свідчить про значну концентрацію дефектів структури в політипах $TlInS_2$ і за будовою енергетичних зон наближає ці кристали до аморфних напівпровідників. Дефектами можуть виступати катіонні та аніонні вакансії, розірвані атомні зв'язки, комплекси точкових дефектів, дефекти упаковки. Порівнюючи *C*- та *2C*-політипи, необхідно відзначити, що вища густина $N(E_F)$ у *2C*-політипі свідчить і про більшу концентрацію дефектів у таких кристалах, зокрема, дефектів упакування вздовж напрямку [00*l*]. Тоді, відсутність хвиль статичних зміщень в цьому напрямку в кристалах *2C*-політипу може бути зумовлена демпфуючою дією дефектів упакування шарів, що узгоджується з даними рентгеноструктурних досліджень [4].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Panich. Phase transitions and Incommensurability in the layered semiconductor $TlInS_2$ - an NMR study / Panich, D. Mogilyansky, R. Sardarly // J. Phys. C. – 2012. – V.24. – P. 135901–135905.

2. Kashida S. X-ray study of the incommensurate phase of $TlInS_2$ / S. Kashida, Y. Kobayashi // J. Phys. C. – 1999. – V. 11. – P. 1027-1035.

3. Panich. Electronic properties and phase transitions in low-dimentional semiconductors / Panich // J. Phys. C. – 2008. – V. 20. – P. 293202-293242.

4. Salnik A. The incommensurate phase transformation in $TlInS_2$ ferroelectric / A. Salnik, Yu. Gololobov, N. Borovoi // Ferroelectrics. – 2015. V. 484. – P. 62-68.

5. Боровий М.О. Виникнення та трансформація нерозмірно модульованої структури в політипах напівпровідників $TlInS_2$ / М.О. Боровий, Ю.П. Гололобов, Г.Л. Ісаєнко, А.В. Ніколаєнко // Вісник Національного транспортного університету. – 2016. – №1(34). – С. 60-69.

6. Шелег, А.У. Политипизм и фазовые переходы в кристалах $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ / А.У. Шелег, О.Б. Плющ, В.А. Алиев // Кристаллография. – 1999. – Т.44, № 5. – С. 873-877.

7. Mustafaeva S. N. Investigation of dc hopping cunduction in $TlGaS_2$ and $TlInS_2$ single crystal / S.N. Mustafaeva and M.M. Asadov A // Physics of the Solid State. – V. 40(4). – P. 561–563.

8. Sardarly R. M. Relaxor properties and the mechanism of conduction in $TlInS_2$ crystals exposed to gamma irradiation / R.M. Sardarly, O.A. Samedov // Physics of the Solid State. – 2005. – V. 47(9). – P. 1729–1733.

9. Mott N. E. Electron processes in non-crystalline materials / N. E. Mott and E. A. Davis // Oxford: Claredon Press. – 1979.

10. Mustafaeva S. N. Effect of gamma irradiation on the dielectric properties and electrical conductivity of the $TlInS_2$ single crystal / S.N. Mustafaeva and M.M. Asadov A // Physics of the Solid State. – 2009. – V. 51(11). – P. 2269–2273.

REFERENCES

1. Panich. Phase transitions and Incommensurability in the layered semiconductor $TlInS_2$ - an NMR study / Panich, D. Mogilyansky, R. Sardarly // J. Phys. C. – 2012. – V.24. – P. 135901–135905.

2. Kashida S. X-ray study of the incommensurate phase of $TlInS_2$ / S. Kashida, Y. Kobayashi // J. Phys. C. – 1999. – V. 11. – P. 1027-1035.

3. Panich. Electronic properties and phase transitions in low-dimentional semiconductors / Panich // J. Phys. C. – 2008. – V. 20. – P. 293202-293242.

4. Salnik A. The incommensurate phase transformation in $TlInS_2$ ferroelectric / A. Salnik, Yu. Gololobov, N. Borovoy // Ferroelectrics. – 2015. V. 484. – P. 62-68.

5. Borovoy N.A., Gololobov Yu.P., Isaienko G.L., Nikolaienko A.V. The appearance and transformation of an incommensurate modulated structure in the polytypes of semiconductors $TlInS_2$ / N.A. Borovoy, Yu.P. Gololobov, G.L. Isaienko, A.V. Nikolaienko // Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University. – 2016. – №1(34). – P. 60-69. (Ukr)

6. Sheleg, A.U. Polytypism and phase transitions in kristalah $TlInS_2$ and $TlGaSe_2$ / A.U. Sheleg, O.B. Plysh, V.A. Aliyev // Crystallography. – 1999. – V.44, № 5. – P. 873-877. (Rus)

7. Mustafaeva S. N. Investigation of dc hopping cunduction in $TlGaS_2$ and $TlInS_2$ single crystal / S.N. Mustafaeva and M.M. Asadov A // Physics of the Solid State. – V. 40(4). – P. 561–563.

8. Sardarly R. M. Relaxor properties and the mechanism of conduction in $TlInS_2$ crystals exposed to gamma irradiation / R.M. Sardarly, O.A. Samedov // Physics of the Solid State. – 2005. – V. 47(9). – P. 1729–1733.

9. Mott N. E. Electron processes in non-crystalline materials / N. E. Mott and E. A. Davis // Oxford: Claredon Press. – 1979.

10. Mustafaeva S. N. Effect of gamma irradiation on the dielectric properties and electrical conductivity of the $TlInS_2$ single crystal / S.N. Mustafaeva and M.M. Asadov A // Physics of the Solid State. – 2009. – V. 51(11). – P. 2269–2273.

РЕФЕРАТ

Боровий М.О. Електропровідність на постійному струмі політипів кристалів $TlInS_2$ М.О. Боровий, Ю.П. Гололобов, Г.Л. Ісаєнко, А.Б. Надточій, А.В. Ніколаєнко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Досліджено вплив температури на питому електропровідність політипів кристалів $TlInS_2$.

Об’єкт дослідження – політипи кристалів $TlInS_2$.

Мета роботи – експериментальні дослідження температурних залежностей питомої електропровідності на постійному струмі С- та 2С-політипів кристалів $TlInS_2$.

Метод дослідження – питома електропровідність кристалів $TlInS_2$ визначалася з використанням їх вольт-амперних характеристик.

Експериментально досліджено температурні залежності питомої електропровідності на постійному струмі С- та 2С-політипів кристалів $TlInS_2$ при охолодженні в області температур 100 К – 300 К. Виявлено, що температурні залежності для таких політипів демонструють суттєві відмінності. У зразках С-політипу спостерігається зростання провідності при охолодженні в температурній області існування НФ, тоді як в зразках 2С-політипу в усьому температурному інтервалі провідність монотонно спадає. Для обох політипів визначено енергії активації провідності на експоненційних ділянках температурних залежностей питомої електропровідності. Показано, що в області температур 120 К – 160 К для С- та 2С-політипів спостерігається стрибкова провідність зі змінною довжиною стрибка. Визначено густину локалізованих станів біля рівня Фермі, яка для 2С-політипу є майже у 2 рази є вищою, ніж у С-політипу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПИТОМА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ, МОДУЛЬОВАНІ СТРУКТУРИ, СТРИБКОВА ПРОВІДНІСТЬ, ЛОКАЛІЗОВАНІ СТАНИ.

ABSTRACT

Borovoy N.A., Gololobov Yu.P., Isaienko G.L., Nadtochii A.B., Nikolaienko A.V. The conductivity on DC crystals $TlInS_2$ polytypes. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

It was investigated the influence of temperature on conductivity of crystals $TlInS_2$ polytypies.

Object of the study - polytypes of $TlInS_2$ crystals.

Purpose of the study is to investigate experimental conductivity temperature dependences on the direct current of C- and 2C- polytypes of $TlInS_2$ crystals.

Method of the study - $TlInS_2$ crystals conductivity was determined with the use of their volt-ampere descriptions

The temperature dependence of electrical conductivity on DC for C- and 2C-polytypes of $TlInS_2$ crystals was experimentally investigated in temperature range T = 100–300 K. It was revealed that temperature dependences for such polytypes demonstrate significant differences. The increasing of the conductivity during the cooling in the temperature interval of the incommensurate phase existence was observed for C-polytype, meanwhile for 2C-polytype the conductivity monotonically decreases. For both polytypes there were determined the activation energies of conductivity in exponential areas of temperature dependences of electrical conductivity. It was shown that in temperature range T = 120–160 K for C- and 2C-polytype observed the hopping conductivity with a variable jump length. It was determined the density of localized states near the Fermi level, which for 2C-polytype was almost twice higher. The main types of defects which provide the appearance of localized states in the band gap were considered. There were qualitatively considered the possible reasons of absence of the modulated structures and the mechanism of conductivity growth in region of the incommensurate phase existence in 2C-polytype crystals.

KEY WORDS: ELECTRICAL CONDUCTIVITY, MODULATED STRUCTURES, HOPPING CONDUCTIVITY, LOCALIZED STATES

РЕФЕРАТ

Боровой Н.А. Электропроводимость на постоянном токе политипов кристаллов $TlInS_2$ / Н.А. Боровой, Ю.П. Гололобов, Г.Л. Исаенко, А.Б.Надточий, А.В. Николаенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Исследовано влияние температуры на удельную электропроводимость политипов кристаллов $TlInS_2$.

Объект исследования – политипы кристаллов $TlInS_2$.

Цель работы - экспериментальные исследования температурных зависимостей удельной электропроводимости на постоянном токе С- и 2С- политипов кристаллов $TlInS_2$.

Метод исследования - удельная электропроводимость кристаллов $TlInS_2$ определялась с использованием их вольт-амперных характеристик.

Экспериментально исследованы температурные зависимости удельной электропроводимости на постоянном токе С- и 2С-политипов кристаллов $TlInS_2$ при охлаждении в области температур Т=100-300 К. Обнаружено, что температурные зависимости для таких политипов демонстрируют существенные отличия. В образцах С-политипа наблюдается рост проводимости при охлаждении в температурной области существования НФ, тогда как в образцах 2С-политипа во всем температурном интервале проводимость монотонно спадает. Для обоих политипов определены энергии активации проводимости на экспоненциальных участках температурных зависимостей удельной электропроводимости. Показано, что в области температур Т=120-160 К для С- и 2С-политипов наблюдается прыжковая проводимость с переменной длиной прыжка. Определена плотность локализованных состояний около уровня Ферме, которая для 2С-политипа почти в 2 раза выше, чем для С-политипа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТЬ, МОДУЛИРОВАННЫЕ СТРУКТУРЫ, ПРЫЖКОВАЯ ПРОВОДИМОСТЬ, ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ СОСТОЯНИЯ.

АВТОРИ:

Боровий Микола Олександрович, доктор фізико-математичних наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри загальної фізики, e-mail: borovoy@univ.kiev.ua, тел. +380445262288, Україна, 03680, м. Київ, просп. Акад. Глушкова 2, корпус №1, к. 225.

Гололобов Юрій Павлович, доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри фізики, e-mail: "Yuriy Gololobov" <gololo@ukr.net>, тел. +380442846709, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42, к. 406.

Ісаєнко Галина Леонідівна, кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри фізики, e-mail: gl_isayenko@ukr.net, тел. +380442846709, +380973387759, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42, к. 410.

Надточій Андрій Борисович, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, старший науковий

співробітник кафедри загальної фізики, тел. +380445262288, Україна, 03680, м. Київ, просп. Акад. Глушкова 2, корпус №1, к. 225.

Ніколаєнко А.В., Київський національний університет імені Тараса Шевченка, інженер кафедри загальної фізики, e-mail: alina.salnik@gmail.com, тел. +380969512897, Україна, 03680, м. Київ, просп. Акад. Глушкова 2, корпус №1, к. 225.

AUTHOR:

Borovoy Mikola O., doctor of sciences, associate professor, Kyiv Taras Shevchenko National University, head department of general physics, e-mail: borovoy@univ.kiev.ua, tel. +380445262288, Ukraine, 03680, Kyiv, Acad. Glushkova Prosp.2, build. 1, of. 225.

Gololobov Yurii P., doctor of sciences, professor, National Transport University, head department of physics, Kyiv, e-mail: "Yuriy Gololobov" <gololo@ukr.net>, tel. +380442846709, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of. 406.

Isaienko Galina L., Ph. D., National Transport University, associate professor department of physics, e-mail: gl_isayenko@ukr.net, tel. +380442846709, +380973387759, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of. 410

Nadtochii Andrii B., PhD., Taras Shevchenko Kyiv National University, postgraduate, department of general physics, tel. +380969512897, Ukraine, 03680, Kyiv, Acad. Glushkova Prosp.2, build. 1, of. 225.

Nikolaienko Alina V., Taras Shevchenko Kyiv National University, postgraduate, department of general physics, e-mail: alina.salnik@gmail.com, tel. +380969512897, Ukraine, 03680, Kyiv, Acad. Glushkova Prosp.2, build. 1, of. 225.

АВТОРЫ:

Боровой Николай Александрович, доктор физико-математических наук, доцент, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, заведующий кафедры общей физики, e-mail: borovoy@univ.kiev.ua, тел. +380445262288, Украина, 03680, г. Киев, просп. Акад. Глушкова 2, корпус №1, к. 225.

Гололобов Юрий Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедры физики, e-mail: "Yuriy Gololobov" <gololo@ukr.net>, тел. +380442846709, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе, 42, к. 406.

Исаенко Галина Леонидовна, кандидат физико-математических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры физики, e-mail: gl_isayenko@ukr.net, тел. +380442846709, +380973387759, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе, 42, к. 410.

Надточий Андрей Борисович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, старший научный сотрудник кафедры общей физики, тел. +380445262288, Украина, 03680, г. Киев, просп. Акад. Глушкова 2, корпус №1, к. 225.

Николаенко Алина Владимировна, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, инженер кафедры общей физики, e-mail: alina.salnik@gmail.com, тел. +380969512897, Украина, 03680, г. Киев, просп. Акад. Глушкова 2, корпус №1, к. 225.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гуляєв В.І., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри математики, Київ, Україна.

Ільін П.П., кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, доцент кафедри фізики, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gulyayev V.I., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head department of mathematics, Kyiv, Ukraine.

Iliyn P. P., Ph. D., associate professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, associate professor department of physics, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.13
UDC 656.13

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ, ОТРИМУВАНИХ УТИЛІЗАЦІЄЮ ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В ДВИГУНАХ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Бугрик О.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

PROSPECTS OF USE OF BIODIESEL FUELS DERIVED WASTE MANAGEMENT FOOD INDUSTRY IN THE ENGINES OF WHEELED VEHICLES

Bugryk O.V., National transport university, Kyiv, Ukraine

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ, ПОЛУЧАЕМЫХ УТИЛИЗАЦИЕЙ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕНОСТИ В ДВИГАТЕЛЯХ КОЛЁСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Бугрик А.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Процес розвитку конструкцій двигунів внутрішнього згорання повинен бути підпорядкований сучасним законодавчим вимогам охорони навколишнього середовища. Ці вимоги стосуються не тільки самих двигунів, а також використовуємих палив. Тому сучасна спрямованість на використання для живлення ДВЗ палив, які отримують з поновлюваних джерел та утилізацією відходів харчової промисловості, зумовлена зростанням дефіциту традиційних моторних палив з сировини природного походження.

Постає питання про достатність сировинної бази для отримування необхідного обсягу палива для забезпечення потреб транспорту.

На сьогодні є два основні напрями розширення сировинної бази:

- цілеспрямоване вирощування технічних культур, з яких отримують сировину для виробництва біопалива;
- раціональна утилізація (повторне використання з користю) відходів виробництв, побутових відходів і стічних вод та інше.

Перший напрям прийнятний лише у тому разі, якщо це не є перепоною у вирощуванні продуктів харчування. В усьому світі вирощування технічних культур на родючих землях вважають аморальним.

Другий напрям, більш привабливий з низки причин, а саме:

1) запобігає забрудненню довкілля,
2) розширює сировинну базу для виробництва моторних палив,
3) зменшує собівартість біопалив,
4) підвищує енергетичну ефективність використання біопалив.

На даний час Україна має досить добре освоєну, перспективну сировинну базу для виробництва біодизельних палив, тому особливо гостро постане питання про розширення використання біопалив коли виникне дефіцит енергоносіїв необхідних для виробництва продуктів харчування.

Відповідно до ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне. Технічні вимоги» [1] на сьогоднішній день в Україні обмежено об’ємний вміст біодизельного компонента у дизельному паливі до 7%. Проте за температури довкілля нижче ніж мінус 20 ºС не рекомендовано використання в дизельному паливі метилових/ етилових естерів жирних кислот.

В табл..1 наведено основні фізико-хімічні показники дизельного палива відповідно до ДСТУ 7688:2015

Таблиця 1 – Основні фізико-хімічні показники дизельного палива

Фізико-хімічні властивості	Значення для марок		
	Л	З	Арк
Густина при 15ºС, кг/м^3	820-845	800-845	800-840
Кінематична в’язкість при 40ºС, мм^2/с	2.00-4.50	1.50-4.00	1.50-4.00
Цетанове число, не менше	51	49	48

Будь-яке паливо нафтового походження є сумішшю вуглеводнів різних груп, до складу якої входять, в різних пропорціях, парафінові, нафтенові, ароматичні та інші вуглеводні [2]. Такий підхід при виготовленні штатних композитних палив забезпечує його необхідні фізико-хімічні характеристики (густину, кінематичну в’язкість, цетанове число, нижчу теплоту згорання та інше). Аналогічного підходу необхідно дотримуватись і при виготовленні біопалив, що дозволить суттєво розширити сировинну базу для виробництва біодизельного палива з тваринних жирів, жирів свійської птиці та олій хімічно-модифікованих рослин, які підлягають утилізації.

Біодизельні палива, отримані із рослинних олій та тваринних жирів мають в своєму складі незначну кількість сірки та поліциклічних ароматичних вуглеводнів, крім того у випадку потрапляння в природний грунт чи воду вони практично повністю. розкладаються [3].

В табл. 2 наведено основні фізико-хімічні характеристики метилових естерів жирних кислот, найбільш розповсюджених в нашій кліматичній зоні олійних культур і жирів свійської птиці.

Таблиця 2 – Основні фізико-хімічні властивості метилових естерів

Фізико-хімічні властивості	Дизельне паливо, зимове/літнє	Метилові естери			
		ріпакової олії	соняшникової олії	соєвої олії	жирів свійської птиці
Густина при 20ºС, кг/м^3	825/830	877	894	884	871
Кінематична в’язкість при 20ºС, мм^2/с	4/5,6	9,8	20,1	4,1	12,4
Цетанове число	51/49	51	49	46	49

Аналіз фізико-хімічних властивостей метилових естерів вказує на те, що не всі вони можуть бути використані як компонент композитних біодизельних палив через суттєві відмінності їх кінематичної в’язкості (v) та цетанового числа (ЦЧ).

Найбільшу енергетичну та економічну рентабельність мають біодизельні палива, отримані з утилізованих відходів харчової промисловості, відходи птахопереробних підприємств, нехарчових жирів та олій тваринного і рослинного походження, хімічно модифікованих та інше. Їх енергетична рентабельність вище ніж у штатного дизельного палива [4].

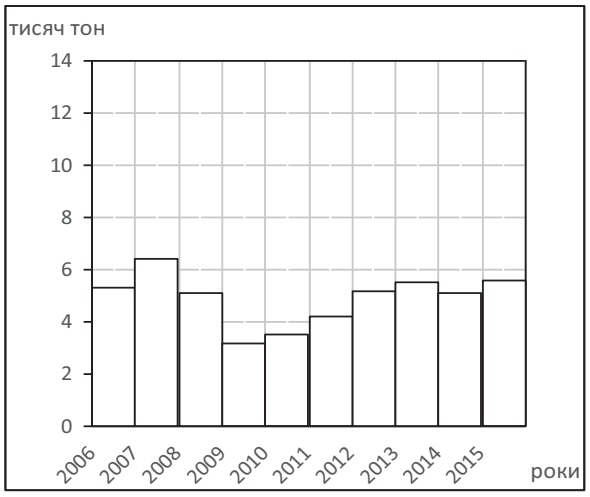


Рисунок 1 – Обсяги відходів жирів, олій та їх сумішей тваринного чи рослинного походження, нехарчових хімічно-модифікованих; в Україні у 2006-2015 роках.

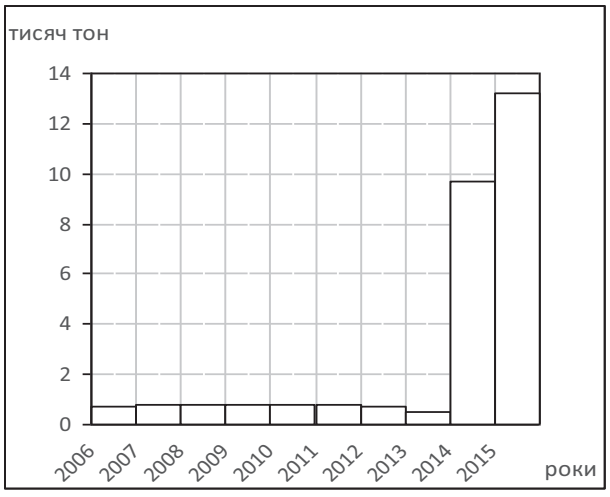


Рисунок 2 – Обсяги відходів жиру свійської птиці в Україні в 2006-2015 роках.

На рис. 1 і 2 показана динаміка виробництва деяких видів промислової продукції в Україні, зокрема:

- нехарчових жирів та олій тваринного чи рослинного походження, хімічно-модифікованих; сумішей жирів та олій тваринного чи рослинного походження,
- жирів свійської птиці, які підлягають утилізації, але можуть бути сировиною для отримування біопалив.

Найбільш типовим прикладом отримання біодизельного палива з утилізованих відходів харчової промисловості є метиловий естер курячого жиру (МЕКЖ).

Для порівняння в таблиці 3 наведено орієнтовний хімічний склад жирних кислот (ЖК) курячого жиру та ріпакової олії.

Таблиця 3 – Орієнтовний склад жирних кислот курячого жиру та ріпакової олії [2,5]

Жирні кислоти	Формула складу	Вміст, % (за масою) ЖК курячого жиру	Вміст, % (за масою) ЖК ріпакової олії
Пальмітинова	$C_{16}H_{32}O_2$	19,82	4,8
Стеаринова	$C_{18}H_{36}O_2$	6,09	1,7
Олеїнова	$C_{18}H_{34}O_2$	37,62	43,7
Лінолієва	$C_{18}H_{32}O_2$	31,59	20,9
Ліноленова	$C_{18}H_{30}O_2$	1,45	8,5
Ейкозенова	$C_{20}H_{38}O_2$	0,37	4,8
Ерукова	$C_{22}H_{42}O_2$	-	15,6
Пальмітоленова	$C_{16}H_{30}O_2$	3,06	-

Проте, якщо проаналізувати світовий досвід використання дизельних та біодизельних палив на сучасних дизелях, наприклад США та західноєвропейські норми, то побачимо що вони суттєво відрізняються від українських стандартів.

- за вимогами американських норм на штатне дизельне паливо EPA, кінематична в’язкість ν при температурі 40ºС складає 1,6..2,0 мм²/с

- за вимогами західноєвропейських норм на біодизельне паливо «Ekodiesel (EDL) ONM Standart», кінематична в’язкість ν при температурі 40ºС складає 1,9..2,7 мм²/с.

Наприклад, в Польші в 2000 році [6] реалізовувались на ринку 3 види палива:

ON-стандартне дизельне паливо,

ONM-міське дизельне паливо,

EDL- екодизель.

Незначний об’ємний вміст метилових естерів в сумішевих біодизельних паливах можна пояснити суттєвими відмінностями фізико-хімічних властивостей метилових естерів, які виготовляють із насіння різних культур.

Одним із основних недоліків більшості біодизельних палив є те, що енергія, яка виділяється при згорянні біопалив, не набагато більша за енергію, що витрачають на його виробництво. З точки зору енергетичної та економічної доцільності, на сучасному етапі розвитку технології виробництва біодизельних палив, і існуючої сировинної бази більш доцільно використовувати біопалива як добавки до штатного палива.

Отримані з утилізованих рослинних олій та тваринних жирів біопалива мають енергетичну та економічну рентабельність значно вищу, ніж рентабельність штатних палив, що отримують з нафти.

Залежності зміни ефективного коефіцієнтів корисної дії двигуна за навантажувальними характеристиками дизеля при частоті обертання колінчастого вала n = 1500 хв$^{-1}$ наведені на рис. 4:

η_e - ефективний коефіцієнт корисної дії дизеля (1 - при живленні штатним паливом, 2 - при живленні біодизельним паливом)

$\eta_з = \eta_В \times \eta_e$ - загальний коефіцієнт корисної дії двигуна з урахуванням витрат на виробництво палив (3 – суміші штатного і біопалива, виготовленого з утилізованої сировини; 4 – штатного дизельного палива 5 – суміші штатного і біопалива, виготовленого з спеціально вирощених технічних культур).

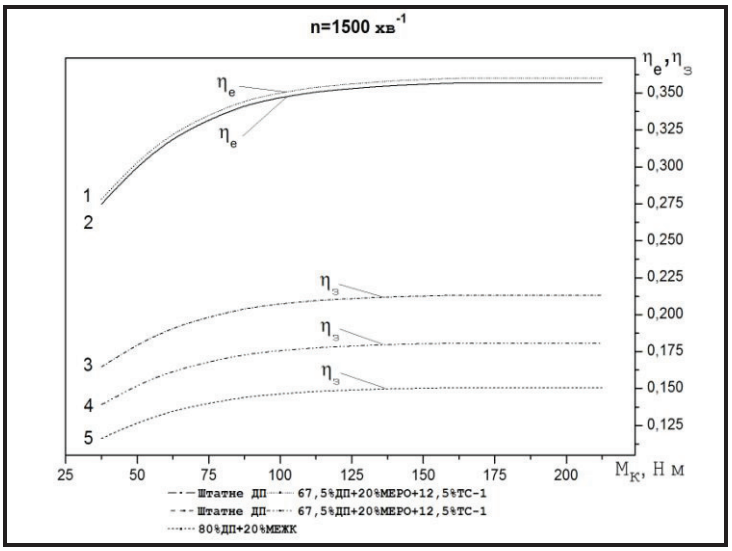


Рисунок 4 – Залежність зміни η_e та $\eta_з$ від навантаження двигуна VAG ASV 1.9 Tdi

Розраховані коефіцієнти енергетичної ефективності для:

- штатного дизельного палива [4]:

$\eta_В = 0{,}506$;

- біодизельного палива, отриманого з технічних культур:

$\eta_В = 0{,}065$;

- біодизельного палива, отриманого з утилізованих рослинних олій і тваринних жирів:

$\eta_В = 0{,}934$;

- суміші штатного і біодизельного палива у співвідношенні 80% до 20%:

$\eta_В = 0{,}418$;

- суміші штатного і біодизельного палива, отриманого з утилізованих рослинних олій у співвідношенні 80% до 20%:

$\eta_В = 0{,}592$.

Тому організаціям від яких залежать фізико-хімічні показники палив, які потрапляють на ринок, необхідно орієнтуватися на норми США та західноєвропейські норми при виготовленні палив.

Розрахунковими дослідженнями встановлено, що роботу двигуна при живленні сумішевим біодизельним паливом з використанням метилових естерів жирних кислот, отриманих з утилізованих олив і жирів, характеризує найвищий загальний коефіцієнт корисної дії двигуна з урахуванням витрат на виробництво [7].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне Євро. Технічні умови

2. Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: _авлов _авловськ и комбинированных двигателей. Уч. Для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А.Иващенко, В.И. Ивин и _ав.; Под _авл. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. – 4-е _ав., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1983 г. – 372 с.

3. ДСТУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги.

4. Забарний Г.М. «Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України» / Г.М. Забарний, С.О. Кудря, Г.Г. Кондратюк, Г.О. Четверик // – К: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2006 р. – 226 с.

5. Муштрук М., _авловсь Ю, _авловсь В, «Дизельне паливо з жирних відходів птахопереробних підприємств» -К.,Техніка і технологія АПК, №10(49) жовтень 2013, с. 34-36.

6. Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С., Применение альтернативних топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.:МАДИ(ТУ), 2000. – 311 с.

7. Говорун А.Г. Улучшение энергетических и экологических показателей работы _авловс путем применения трех _авловський_ смесевых биодизельных топлив / А.Г. Говорун, М.В. _авловський // Вісник Севастопольського технічного університету. – 2011. – № 121. – с. 158 – 161.

REFERENCES:

1. DSTU 7688:2015 Fuel diesel Evro. Specifications. (Ukr)

2. Vyrubov D.N. Internal combustion engines: The theory of piston engines and combined. Ouch. for high schools in "Internal Combustion Engines" / D.N. Vyrubov, N.A. Ivaschenko, V.I. Ivin et al .; Ed. A.S. Orlin and M.G. Kruglov. – 4th ed., Rev. and add. – M .: Mechanical Engineering, 1983 – 372 p. (Rus)

3. DSTU 6081:2009 Motor fuel. Methyl esters of fatty acids of oils and fats for diesel engines. Specifications. (Ukr)

4. Zabarnuy G.M. Thermodynamic efficiency and resources of liquid biofuel Ukraine / G.M. Zabarnuy, S.O. Kudrya, G.G. Kondratiuk, G.A. Chetverik // – K: Institute of Renewable Energy National Academy of Sciences of Ukraine, 2006 – 226 p. (Ukr)

5. Mushtruk M. Sukhenko Yu, Sukhenko B, "Diesel Fuel type h fatty vidhodiv ptahopererobnih of companies" -K., Tehnika i tehnologiya APK, №10 (49) Zhovten 2013, p. 34-36.

6. Lotko V., Lukanin V. N., Khachiyan A. S., The use of alternative fuels in internal combustion engines. – Moscow:MADI(TU), 2000. – 311 p.

7. Govorun A.G/ Improving the energy and environmental performance of diesel engines through the use of three-component mixed biodiesel fuels / A.G. Govorun, M.V. Pavlovsky // Proceedings of the Sevastopol Technical University. – 2011. – № 121. – p. 158 – 161. (Rus)

РЕФЕРАТ

Бугрик О.В. Перспективи використання біодизельних палив, отримуваних утилізацією відходів харчової промисловості в двигунах колісних транспортних засобів. / О.В. Бугрик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – _Вип.. 1 (37).

В статті розглянуто напрям поліпшення екологічних показників автомобілів з сучасними дизелями, що перебувають в експлуатації, системним поетапним переходом з живлення дизелів штатним паливом на живлення альтернативними видами палив.

Об’єкт досліджень – вплив сумішевих біодизельних палив на паливно-економічні, екологічні та енергетичні показники автомобіля з дизелем.

Метою досліджень є розширення паливної бази автомобільного транспорту при використанні альтернативних видів палива.

Методи дослідження – експериментально-розрахункові.

Оптимізація фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив є одним із ефективних шляхів зниження токсичності відпрацьованих газів та поліпшення паливної економічності. Це досягається як забезпеченням необхідних фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив, так і звуженням їх меж зміни, тобто адаптацією цих палив до дизелів, що перебувають в експлуатації.

Таким чином, оптимізація фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив дає можливість покращити ефективність його використання в сучасних дизелях, а також зменшити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Результати статті можуть бути використанні як рекомендації при підготовці та застосуванні сумішевих біодизельних палив для автомобільного транспорту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДИЗЕЛЬ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, БІОДИЗЕЛЬНІ ПАЛИВА, МЕТИЛОВИЙ ЕСТЕР КУРЯЧОГО ЖИРУ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

SUMMARY

Buhryk O.V. Prospects of use of biodiesel fuels derived waste management food industry in the engines of wheeled vehicles. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The tendency of improving the environmental performance of cars with modern diesel engines in use, systemic gradual transition from regular supply of diesel fuel to power alternative fuel types are examined in the article.

The object of research - the impact of mixed biodiesel fuels for fuel-economic, environmental and energy performance car with a diesel engine.

The purpose of research is to expand the fuel base of motor transport using alternative fuels.

Research methods are experimental-calculated.

Optimization of the physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels is one of the effective ways to reduce exhaust emissions and improve fuel economy. This is achieved by providing both the necessary physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels, and narrowing their boundaries change, i.e. adaptation of fuels to diesel engines in use.

Therefore, optimization of physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels makes it possible to improve the efficiency of its use in modern diesel engines and reduce emissions of harmful substances from exhaust gases.

The results of the article can be used as guidelines in the preparation and usage of mixed biodiesel fuels for road transport.

KEY WORDS: DIESEL, ALTERNATIVE FUEL, BIODIESEL, METHYL CHICKEN FAT, FUEL ECONOMY, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE.

РЕФЕРАТ

Бугрик А.В. Перспективы использования биодизельных топлив, получаемых утилизизацией отходов пищевой промышленности. / А.В. Бугрик // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены направление улучшения экологических показателей автомобилей с современными дизелями, находящихся в эксплуатации, системным поэтапным переходом с питания дизелей штатным топливом на питание альтернативными видами топлива.

Объект исследований - влияние смесевых биодизельных топлив на топливно-экономические, экологические и энергетические показатели автомобиля с дизелем.

Целью исследований является расширение топливной базы автомобильного транспорта при использовании альтернативних видов топлива.

Методы исследования – расчетно-экспериментальные.

Оптимизация физико-химических свойств смесевых биодизельных топлив является одним из эффективных путей снижения токсичности отработавших газов и улучшения топливной экономичности. Это достигается как обеспечением необходимых физико-химических свойств смесевых биодизельных топлив, так и сужением их границ изменения, то есть адаптацией этих топлив к дизелям, находящихся в эксплуатации.

Таким образом, оптимизация физико-химических свойств смесевых биодизельных топлив дает возможность улучшить эффективность его использования в современных дизелях, а также уменьшить выбросы вредных веществ с отработавшими газами.

Результаты статьи могут быть использованы в качестве рекомендаций при подготовке и применении смесевых биодизельных топлив для автомобильного транспорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДИЗЕЛЬ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА, БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, МЕТИЛОВЫЙ ЕФИР КУРИНОГО ЖИРА, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

АВТОРИ:

Бугрик Олексій Вікторович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигунів та теплотехніки», e-mail: bugrik_a@mail.ru, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

AUTHORS:

Bugryk Oleksiy V., National Transport University, postgraduate department of engines and heating, email: bugrik_a@mail.ru, tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

АВТОРЫ:

Бугрик Алексей Викторович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: bugrik_a@mail.ru, тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», Київ, Україна.

Новікова А.М., доктор економічних наук, заступник директора ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», Київ, Україна.

REVIEWER:

Sahno V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of motor vehicles, Kyiv, Ukraine.

Novikova A.M. Ph.D Economics (Dr.), Deputy Director DP "DERZHAUTOTRANSNDIPROJECT", Kyiv, Ukraine.

УДК 539.3
UDC 539.3

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМ ГЛИБОКОГО БУРІННЯ

Ващіліна О.В., кандидат фізико-математичних наук. Національний транспортний університет, Київ, Україна

TECHNICAL ASPECTS OF THE PROBLEMS OF DEEP DRILLING

Vashchilina O.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМ ГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ

Ващилина Е.В., кандидат физико-математических наук. Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми

Проблеми енергетики, що найбільш гостро постають у XXI столітті, викликані вичерпуванням нафтових та газових ресурсів і ускладненням умов їх видобутку. У результаті тривалого нераціонального видобутку й споживання вуглеводнів за допомогою дешевих технологій, що не вимагають великих капіталовкладень, час «легких» нафти та газу закінчився у двадцятому столітті [1]. У зв'язку із цим зараз перспективними стають поклади, розташовані в сланцевих породах на глибинах порядку до 10000 м. Наприклад, у США вивчається можливість видобутку палива із глибини 30000 футів (9150 м) і ставиться мета розробки похилих і горизонтальних прибережних свердловин з віддаленням до 15 км від бурильної платформи [2].

Беручи до уваги, що у зв'язку зі збільшенням глибини й дальності проходки свердловин їх вартість уже перевищує 60 млн. доларів США [3] і аварійною є кожна третя свердловина, а надійних методик теоретичного моделювання їх функціонування до цього часу не розроблено, можна зробити висновок, наскільки важливою є проблема теоретичного прогнозування критичних станів бурильних колон (БК) і яка ціна помилки таких прогнозів.

Основними споживачами енергії у світі є [4, 5]: промисловість, транспорт, сільськогосподарський сектор, житловий сектор і сектор комерційних та суспільних послуг. Причому найбільш енергоємним є транспорт, потім промисловість і житловий сектор.

Вибір цими споживачами раціонального виду палива визначається такими шістьома основними факторами: 1) теплотворна здатність палива й енергетичної сировини; 2) легкість видобутку; 3) легкість транспортування; 4) легкість добування й використання енергії; 5) пов'язаний з ними ризик для здоров'я й життя робочого персоналу; 6) наявність відходів і можливість забруднення ними навколишнього середовища. Враховуючи ці фактори, можна припустити, що найбільш привабливими джерелами енергії в найближчі десятиліття залишатимуться нафта й газ.

Важливою обставиною, що сприяють ускладненню ситуації в нафто- і газо- промислових галузях, є те, що у звичайних умовах, зазвичай, лише 40% вуглеводних палив, які заповнюють тріщини й пори підземних резервуарів, можуть бути видобуті при застосуванні традиційної технології добування. Один зі способів збільшення обсягів, що відбираються з підземних резервуарів палива пов'язаний із проходкою криволінійних свердловин, що пронизують нафтоносні й газоносні шари уздовж їх ламінованої структури й тому покриваючих більші зони забору палива [6]. Оскільки при застосуванні такої технології зменшується загальне число прохідних колодязів і дебіт криволінійних свердловин виявляється на порядок вище дебіту вертикальних свердловин, найближчим часом буріння свердловин складної конфігурації стане основним у більшості країн світу. Удосконалюванню технологій криволінійного буріння сприяють також потреби видобутку вуглеводнів зі сланцевих порід.

Відповідно до вимог економіки, геологічним умовам залягання родовища й технологічним можливостями нафтогазових компаній у цей час бурять вертикальні, похило спрямовані, горизонтальні й багатосторонні нафтові й газові свердловини різної глибини. Однак практичне впровадження технології буріння більш глибоких свердловин різної просторової орієнтації пов'язане з необхідністю теоретичного моделювання механічних явищ, що протікають у конструкціях бурильного устаткування, з метою попередження критичних режимів їх функціонування. При цьому одним з найбільш важливих аспектів даного напрямку є теоретичне моделювання квазістатичної й динамічної поведінки колон глибокого буріння. Це завдання, однак, суттєво ускладнюється тією обставиною, що згідно з умовами геометричної подібності бурильна колона еквівалентна людській волосині, і в той же час при функціонуванні вона піддається дії інтенсивних навантажень та великої кількості різних факторів, що ускладнюють методики їх теоретичного моделювання.

Провідне значення в технології буріння нафтових і газових свердловин займає роторний спосіб, при якому різання породи здійснюється долотом, закріпленим на нижньому кінці бурильної колони, підвішеної в свердловині за верхній кінець. При цьому обертання долота здійснюється за рахунок обертання всієї бурильної колони в результаті дії на її верхній кінець приводного крутного моменту.

Бурильна колона збирається із труб довжиною 12-15 м за допомогою нарізних з‘єднань. Ефективність буріння й якості проходки визначається, в основному, його режимом й компоновкою низу бурильної колони (КНБК) з опорно-центруючими елементами. Створення високих осьових навантажень, що забезпечують стабілізацію й керованість траєкторії стовбура свердловини, тісно пов'язане із застосуванням багатоопорних КНБК, кількість центруючих елементів у яких, зазвичай, не перевищує п'яти.

До складу конструкції низу бурильної колони зазвичай входять також обтяжувачі, калібратори й інші елементи.

Для видалення зі свердловини часток породи, подрібненої в результаті її різання долотом, за допомогою спеціальної насосної системи всередину колони подається промивна рідина, яка, піднімаючись потім в зовнішньому просторі між колоною і стінкою свердловини, захоплює за собою і забирає ці частинки. Промивна рідина грає також і інші важливі функціональні ролі. Відомо, що скельні породи в надрах Землі зазнають значного тривимірного напруження, викликаного всебічним стисненням силами тяжіння вищерозташованих масивів. Завдяки суцільності гірської породи, ці напруження врівноважують одне одного за типом гідростатичних сил у рідині. Однак порушення суцільності породи при бурінні свердловини призводить до перерозподілу цих напружень в околі свердловини, порушення рівноваги і обвалення породи. Якщо ж свердловину заповнити рідиною з питомою вагою, рівною питомій вазі породи, то її гідростатичний тиск на стінки врівноважить дисбаланс сил в породі, і вона збереже свою стійкість (за термінологією бурильників). При цьому важливо дотримуватися балансу між усередненою щільністю рідини і породи (особливо для глибоких свердловин). Крім того промивна рідина відіграє важливу роль у формуванні умов фрикційної взаємодії між колоною і стінкою свердловини. І нарешті, промивна рідина служить для охолодження бурового інструменту. Буріння таких свердловин відбувається на межі сучасних технологічних можливостей при граничних значеннях швидкостей, гідростатичних тисків і температур, а також параметрів міцності й зношування матеріалів бурильних колон під істотним впливом ефектів інтенсивних коливань і нестійкості всієї системи. Цілком природно, що ці процеси найчастіше супроводжуються позаштатними й аварійними ситуаціями, до яких можна віднести

- Біфуркаційне випинання (buckling) вертикальних колон по типу стиснуто-розтягнутих, закручених трубчастих стрижнів з внутрішніми потоками рідини;

- Резонансні (згинні) коливання колон;

- Самозбурення торсіонних автоколивань з швидкими і повільними рухами (slip-stick vibration) низу колони, викликане нелінійними силами тертя (різання) між долотом і зруйнованою породою;

- Нелінійні прямі і зворотні коливання кружляння (whirling vibrations) долота і низу колони, самозбурені в результаті фрикційного і кінематичного (неголономного) перекочування долота по поверхні дна свердловини;

- Свердловинах бурильних колон (dead lock states) переважно в похилих з геометричними недосконалостями, обумовлені різким зростанням сил контактного тертя між колоною і стінкою свердловини;

- Біфуркаційне випинання (buckling) колон у свердловинах з криволінійними траєкторіями, що супроводжується погіршенням провідності приводного моменту різання та осьової сили на долото, підвищенням зносу труби колони, збільшенням енергоспоживання системою, збільшення інтенсивностей полів напружень і дефоромацій в колонах і підвищенням ймовірності їх руйнування.

Дослідження цих ефектів здійснюється із застосуванням рівнянь поперечних коливань, колони, попередньо напруженої осьовою силою T та крутним моментом M_z

$$EI\frac{\partial^4 u}{\partial z^4}-\frac{\partial}{\partial z}\left(T\frac{\partial u}{\partial z}\right)-\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left(M_z\frac{\partial v}{\partial z}\right)-\left(\rho_c F_c+\rho_p F_p\right)\omega^2 u-$$
$$-2\left(\rho_c F_c+\rho_p F_p\right)\omega\frac{\partial v}{\partial t}+V^2\rho_p F_p\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+2V\rho_p F_p\frac{\partial^2 u}{\partial z\partial t}+\left(\rho_c F_c+\rho_p F_p\right)\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=0,$$

$$EI\frac{\partial^4 v}{\partial z^4}-\frac{\partial}{\partial z}\left(T\frac{\partial v}{\partial z}\right)+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left(M_z\frac{\partial u}{\partial z}\right)-\left(\rho_c F_c+\rho_p F_p\right)\omega^2 v+$$
$$+2\left(\rho_c F_c+\rho_p F_p\right)\omega\frac{\partial u}{\partial t}+V^2\rho_p F_p\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}+2V\rho_p F_p\frac{\partial^2 v}{\partial z\partial t}+\left(\rho_c F_c+\rho_p F_p\right)\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}=0.$$

Тут $u(z,t)$, $v(z,t)$ - функції поперечних переміщень колони; z - поздовжня координата; t - час, ω - кутова швидкість обертанні колони; V - швидкість течії промивної рідини, ρ - густина; F - площа поперечного перерізу каналу труби.

Розв‘язування цієї системи здійснюється методом початкових параметрів. Показано, що вони мають вигляд спіральних вейвлетів, зосереджених у нижній частині колони.

Зазначимо, що в частинному випадку, коли $v=0$ і $\omega=0$, а поздовжня сила T і крутний момент M_z не змінюються вздовж координати z, ця система має аналітичний розв’язок для критичних значень зовнішніх збурень $T_{кр}$ та $M_{кр}$:

$$M_z^{кр}=\pm 2\sqrt{EI}\cdot\sqrt{\pi^2\frac{EI}{L^2}+T_{кр}}\ .$$

Особливість цього розв’язку полягає в тому, що колона може втрачати стійкість навіть при дії розтягуючої сили $T_{кр}$. Цей ефект зумовлений дією крутного моменту $M_z^{кр}$. Однак, найбільш цікаве полягає у тому, що форма втрати стійкості, яка реалізується при цьому, має вигляд спіралі.

Виникнення зазначених позаштатних ситуацій обумовлене, в основному, трьома факторами. По-перше, це велика довжина колони. За умовами геометричної подоби вона подібна людській волосині. Тому, явища, що відбуваються на одному кінці колони можуть впливати, слабко впливати, або взагалі не впливати на явища, що відбуваються на її іншому кінці. У математиці рівняння, що описують такі явища, називаються сингулярно збуреними. Вони характеризуються погано збіжними розв'язками, форми яких мають сингулярності у вигляді крайових ефектів, або внутрішніх гармонійних сплесків (вейвлетів), а також містити нерегулярності типу розривів або зламів.

Другий фактор пов'язаний з особливим характером фрикційних ефектів, що проявляються в протяжних криволінійних свердловинах. Справа в тому, що сила тертя в них залежить від сили притискання контактуючих тіл. Але на криволінійних ділянках сила притискання колони до стінки свердловини визначається осьовою силою натягу колони. Однак при протяганні колони в свердловині необхідна для цього осьова сила зростає зі збільшенням сил тертя, а сили тертя зростають зі збільшенням осьової сили і т.д. У цьому випадку в механіці говорять, що сили тертя мають

мультиплікативну (тобто перемножуються), а не адитивну (тобто не складаються) природу, як це буває при ковзанні тіла по шорсткуватій плоскій поверхні.

І третій фактор полягає в тому, що завдання математичного моделювання механічних явищ, що супроводжують процеси буріння, є багатопараметричниими, оскільки залежать від великого числа геометричних і механічних величин. Тому досить важливим виявляється питання про розгляд реалізації цих механічних явищ при конкретних приватних значеннях визначальних величин й встановленні загальних закономірностей їх протікання. Практичне застосування методів комп'ютерного моделювання позаштатних ситуацій, що виникають при бурінні глибоких свердловин, може сприяти їхньому запобіганню.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kerr R.A. Bumpy road ahead for world's oil. // Science, 18 Nov.2005, Vol. 310.– P. 1106–1108.
2. Jonggeun Choe, Jerome J.Schubert, Hans C. Juvkam-Wold. Well-control analyses on extended-reach and multilateral trajectories - SPE Drilling & Completion. – June 2005. – P. 101–108.
3. Iyoho A.W., Meize R.A., Millheim K.K., Crumrine M.J. Lessons from integrated analysis of GOM drilling performance // SPE Drilling & Completion. – March 2005. – P. 6–16.
4. Editorial. Avoiding an oil crunch // Science. – 1999. – V.286, № 5437. – P. 47.
5. Leonardo Maugeri. Oil: never cry wolf- why the petroleum age is far from over - Science. – May 2004. – V.304.– P. 1114–1115.
6. Мислюк М.А. Буріння свердловин. Т.3, Вертикальне та скероване буріння / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчич, Р.С. Яремійчук – Київ.:"Інтерпрес ЛТД". – 2004. – 294с.
7. Barakat Elie R., Miska Stefan, Takach N. The effect of hydraulic vibrations on initiation of buckling and axial force transfer for helically buckled pipes at simulated horizontal wellbore conditions – SPE Drilling Conference, 20-22 February 2007, Amsterdam, Netherlands.
8. Chang, K.W., Howes F.A. Nonlinear Singular Perturbation Phenomena – Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 1984.
9. Cunha, J.C. Buckling of tubulars inside wellbores: a review on recent theoretical and experimental works – SPE Drilling and Comletion. – 2004. – V. 19, № 1. – P. 13 – 19.
10. Dawson, R., Paslay P.R. Drill pipe buckling in inclined holes. – J Pet Technol. – 1984. – V.36(10). – P.1734–1738.
11. Mitchell, R.F. Tubing buckling − The state of art – SPE Drilling & Completion. – 2008. – 23 (4) . – P.361−370.

REFERENCES

1. Kerr R.A. Bumpy road ahead for world's oil. Science, 18 Nov.2005, Vol. 310.– P. 1106–1108.
2. Jonggeun Choe, Jerome J.Schubert, Hans C. Juvkam-Wold. Well-control analyses on extended-reach and multilateral trajectories - SPE Drilling & Completion. – June 2005. – P. 101–108.
3. Iyoho A.W., Meize R.A., Millheim K.K., Crumrine M.J. Lessons from integrated analysis of GOM drilling performance - SPE Drilling & Completion. – March 2005. – P. 6–16.
4. Editorial. Avoiding an oil crunch // Science. – 1999. – V.286, № 5437. – P. 47.
5. Leonardo Maugeri. Oil: never cry wolf- why the petroleum age is far from over - Science. – May 2004. – V.304.– P. 1114–1115.
6. Myslyuk M.A., Rybchich I. Yo., Yaremiychuk R.S. Borewell Drilling – Vertical and Directed Drilling. V.3– Kyiv, Interpress LTD. – 2004. P – 294c. (Ukr)
7. Barakat Elie R., Miska Stefan, Takach N. The effect of hydraulic vibrations on initiation of buckling and axial force transfer for helically buckled pipes at simulated horizontal wellbore conditions – SPE Drilling Conference, 20-22 February 2007, Amsterdam, Netherlands.
8. Chang, K.W., Howes F.A. Nonlinear Singular Perturbation Phenomena – Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 1984.
9. Cunha, J.C. Buckling of tubulars inside wellbores: a review on recent theoretical and experimental works – SPE Drilling and Comletion. – 2004. – V. 19, № 1. – P. 13 – 19.

10. Dawson, R., Paslay P.R. Drill pipe buckling in inclined holes. – J Pet Technol. – 1984. – V.36(10). – P.1734–1738.

11. Mitchell, R.F. Tubing buckling − The state of art – SPE Drilling & Completion. – 2008. – 23 (4) . – P.361−370.

РЕФЕРАТ

Ващіліна О.В. Технічні аспекти проблем глибокого буріння / О.В. Ващіліна // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Обговорюються основні технічні труднощі, що виникають при бурінні глибоких вертикальних і похило-спрямованих нафтових і газових свердловин. Показано, що вони обумовлені багатопараметричною залежністю технологічних режимів буріння від геометричних характеристик траєкторії свердловини, механічних властивостей скельних порід та бурильної колони, а також від силових і швидкісних параметрів процесу буріння.

Об'єктом дослідження є геометричні, кінематичні та силові характеристики, що виникають при бурінні глибоких вертикальних і криволінійних свердловин.

Мета роботи полягає в аналізі можливого впливу характеристик технологічних процесів буріння на ефекти виникнення їх позаштатних режимів.

Виконано аналіз основних технічних аспектів, які супроводжують проходку глибоких нафтових і газових свердловин. Відзначено, що їх буріння здійснюється на межі сучасних технологічних можливостей при граничних значеннях швидкостей, гідростатичних тисків і температур, а також параметрів міцності і зносу матеріалів бурильних колон під істотним впливом ефектів інтенсивних коливань і нестійкості всієї системи. Зазначено, що ці процеси часто супроводжуються позаштатними і аварійними ситуаціями, що приводять до втрати свердловини і бурильного інструменту. Відзначено основні чинники, що призводять до труднощів моделювання даних ефектів. Це велика довжина колони і фрикційні сили, що генеруються

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГЛИБОКА СВЕРДЛОВИНА, БУРІННЯ, ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ, РЕЖИМИ..

ABSTRACT

Vashchilina O.V. Technical aspects of the problems of deep drilling. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The basical technical difficulties arising in drilling deep vertical and inclined oil and gas bore wells are discusses.

It is shown that they are conditioned by the drilling multiparametric dependence of the drilling technological regimes on geometric characteristics of the well trajectory, mechanical properties of the rock media and drill string, as well as force and velocity parameters of the drivage process.

The investigation object are the geometric, kinematic and force characteristics, appearing in that drilling of deep vertical and inclined bore wells.

Investigation target is to analyze the possible influence of the technological drilling regimes on the effects of their emergency situation generation.

The investigation methods are the algorithms of numerical computer simulation.

The analysis of basic technical aspects accompanying drivage of deep oil and gas bore wells is performed. It is noted their drilling is realized within the capability of modern technological possibilities at limit values of velocities, hydrostatic pressures and temperatures, as well as parameters of strength and wear of drill strings materials under essential influence of the intensive effects of vibration and instability of the whole system. It is noted that, as a rule, these processes are accompanied by emergency situation and failures, leading to the loss of the bore well and the drilling instrument. The basic factors. The major factors associated with the difficulties of simulation of these effects are presented. They are the large length of the drill string and the friction forces generated.

KEYWORDS: DEEP BORE WELLS, DRILLING, TECHNICAL PARAMETERS, EMERGENCY REGIMES.

РЕФЕРАТ

Ващилина Е.В. Технические аспекты проблем глубокого бурения / Е.В. Ващилина // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Обсуждаются основне технические трудности, возникающие при бурении глубоких вертикальных и наклонно-направленных нефтяных и газовых скважин. Показано, что они обусловлены многопараметричной зависимостью технологических режимов бурения от геометрических характеристик траектории скважины, механических свойств скальных пород и бурильной колонны, а также от силовых и скоростных параметров процесса бурения.

Объектом исследования являются геометрические, кинематические и силовые характеристики, возникающие при бурении глубоких вертикальных и криволинейных скважин.

Цель работы заключается в анализе возможного влияния характеристик технологических процессов бурения на эффекты возникновения их нештатных режимов.

Выполнен анализ основных технических аспектов, сопровождающих проходку глубоких нефтяных и газовых скважин. Отмечено, что их бурение осуществляется на пределе современных технологических возможностей при предельных значениях скоростей, гидростатических давлений и температур, а также параметров прочности и износа материалов бурильных колонн под существенным влиянием эффектов интенсивных колебаний и неустойчивости всей системы. Указано, что эти процессы зачастую сопровождаются нештатными и аварийными ситуациями, приводящими к утрате скважины и бурильного инструмента. Отмечены основные факторы, приводящие к трудностям моделирования данных эффектов. Это большая длина колонны и генерируемые фрикционные силы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГЛУБОКАЯ СКВАЖИНА, БУРЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, РЕЖИМЫ.

АВТОРИ:

Ващіліна Олена Валеріївна, кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, e-mail: vashchilina@ukr.net, тел. +380504132332, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

AUTHOR:

Vashchilina Olena.V., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor, e-mail: vashchilina@ukr.net, тел. +380504132332, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1.

АВТОРЫ:

Ващилина Елена Валериевна, кандидат физико-математических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры высшей математики, e-mail: vashchilina@ukr.net, тел. +380504132332, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гуляєв В.І., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри вищої математики, Київ, Україна.

Гайдайчук В.В., доктор технічних наук, професор, Національний університет будівництва та архітектури, професор кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gulyayev V.I., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of Mathematics, Kyiv, Ukraine.

Gaydaychyk V.V., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National University of Building and Architecture, Kyiv, professor, department of Theoretical Mechanics, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.025.4
UDC 656.025.4

УПРАВЛІННЯ АНАЛІТИЧНИМИ ПРОЕКТАМИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ІЗ УРАХУВАННЯМ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ ПРОЦЕСІВ

Воркут Т.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Білоног О.Є., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Цимбал Н.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Третиниченко Ю.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

MANAGEMENT FOR ANALYTIC PREGECTS OF ORGANIZATION DEVELOPMENT TAKING INTO ACCOUNT THE VARIABILITY OF PROCESSE

Vorkut T.A., Ph.D., Engineering (Dr.)., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Bilonog. O.E., Ph.D., Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Tsymbal N.N., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Tretynychenko Y.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

УПРАВЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИМИ ПРОЕКТАМИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ С УЧЕТОМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОВ

Воркут Т.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Белоног О.Е, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Цымбал Н.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Третиниченко Ю.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

В сучасних умовах за одну з основних тенденцій, яка простежується в розвитку теорії і практики проектного управління, виступає розширення сфери останнього – від “просто робити речі правильно – правильно управляти проектом” до “правильно робити ті речі, які є правильними, – проекти, якими мають правильно управляти, самі мають бути правильними”.

За цих обставин для організації доцільно розглядати за проект сам процес прийняття рішення щодо умов розв’язання проблеми, забезпечуючи, таким чином, тісний зв'язок між стратегічними цілями організації і проектами щодо їх реалізації [1].При цьому, розпочинаючи з проблеми, яку необхідно розв’язати, організація розробляє аналітичний проект. В межах останнього, маючи на меті гарантувати, що є зрозумілими причини виникнення проблеми, ідентифікуються, виходячи з обмеженості ресурсів, найбільш значущі з цих причин, і оцінюються можливі варіанти їх усунення. Вихід аналітичного проекту – рекомендації по розв’язанню проблеми, для реалізації яких в подальшому мають бути здійснені відповідні заходи, в тому числі і як проекти – проекти виконання або впровадження.

Вигода від такого підходу, з одного боку, в тому, що детальний аналіз варіантів дій приведе до вибору, який не буде довільним, а з іншого – зосереджуючись на цілі, в більшій ступені, ніж на діях, спрямованих на її досягнення, команда проекту має контекст для прийняття правильних рішень в процесі реалізації проекту [1]. Таким чином, актуальними є різні аспекти наукового завдання щодо підвищення ефективності процесів вибору проектів, як засобів вирішення проблем, до реалізації.

Огляд робіт. В системному аналізі проблема розглядається як ситуація, яка характеризується відмінністю між бажаним і існуючим станом деякої системи [2], в плануванні – як розрив між необхідним станом об’єкта планування і можливостями його досягнення при тих, які склалися, тенденціях розвитку[3]. Загальним для наведених, а також інших визначень поняття «проблема», які представлені в науковій літературі, зокрема зі стратегічного управління, є, по-перше, наявність невідповідності бажаного і очікуваного стану деякої системи(об’єкта), і, по-друге, необхідність усунення цієї невідповідності обумовлена деякими причинами.

Проблемна ситуація об’єктивна – її існування визначається об’єктивними властивостями і законами розвитку системи, і не залежать від того чи знаходить вона яке-небудь відображення в свідомості суб’єктів. Проте об’єктивність проблемної ситуації не виключає можливості існування суб’єктивних причин її виникнення, розвитку або створення[4]. В тому випадку, коли будь-який суб’єкт знає можливі наслідки розвитку деякої проблемної ситуації і зацікавлений в збереженні якісної визначеності, життєздатності і цілісності системи, ця проблемна ситуація усвідомлюється і формулюється ним у формі проблеми – усвідомленого відхилення очікуваного стану системи (або тієї її частини, з якоюьпов’язані інтереси суб’єкта) від бажаного цим суб’єктом.

Проблема суб’єктивна – вона визначається інтересами суб’єкта і істотно залежить від адекватності його уявлень про властивості проблемної ситуації і закониьрозвитку реальної дійсності [4]. Проблемна ситуація виявляється у вигляді явищ, які спостерігаються, і на підставі яких суб’єкт формує своє уявлення про неї – формулює проблему, яка вирішується через реалізацію відповідних заходів, в тому числі і проектних. Стосовно кожної проблемної ситуації різні суб’єкти можуть сформулювати різні проблеми. Як наголошується в [5] це може бути наслідком того, що: а) різні суб’єкти розглядають різні аспекти проблемної ситуації; б) формулювання проблеми детермінується уявленнями суб’єктів про бажаний стан системи або які-небудь її частини, які для різних суб’єктів у зв’язку з їх приналежністю, наприклад, до різних рівнів управління чи соціальних груп, можуть істотно різнитися; в) формулювання проблем залежить від побудованих кожним конкретним суб’єктом прогнозів розвитку реальної ситуації, які через причини різного характеру (методичного, технічного тощо) можуть істотно різнитися. Не є виключеною можливість того, що проблема буде сформульована суб’єктом за відсутності проблемної ситуації (наприклад, через таку причину як помилкові прогнози) і, навпаки, початковий період розвитку проблемної ситуації може виявитися непоміченим (наприклад, через незначущість проявів).

В даній роботі проблеми і аналітичні проекти розглядаються в контексті реалізації організаційної стратегії і, відповідно, формування стратегічного портфеля. Проблема – це відмінності між цільовими (нормованими) і поточними (існуючими) значеннями показників, які, будучи кількісними індикаторами, дозволять вимірювати ступінь досягнення стратегічних цілей організації. За методологічну основу формування зазначених показників в роботі прийнята концепція збалансованої системи показників (ЗСП) Р.С. Каплана і Д.П. Нортона. Відповідно до даної концепції формування системи цілей організації і розроблення ЗСП здійснюється на наступних рівнях: корпоративні або загальноорганізаційні цілі; цілі стратегічних бізнес-одиниць; цілі окремих відділів, груп тощо. ЗСП охоплює різні аспекти (сфери) діяльності організації. При цьому дана збалансованість реалізується у взаємозв’язку таких сфер як відношення з клієнтами, організація внутрішніх бізнес-процесів, фінансові результати, а також навчання і розвиток персоналу [6]. З кожною ціллю пов'язується один або кілька показників, так званих, ключових показників діяльності (КПД) [7]. При цьому вводиться поняття цільового значення КПД – як чисельного значення КПД, досягнення якого означає досягнення успіху за відповідним аспектом діяльності на заданому проміжку часу.

Розглядаючи проект або програму в рамках аналітичного проекту як засіб вирішення проблеми – досягнення цільових значень КПД, в загальному випадку, необхідно виходити не з поточних значень відповідних показників, а з тих значень, яких вони, як очікується, набудуть, якщо вищезгадуваний проект або програма не будуть реалізовані. Це вимагає аналізу, так званої, ситуації “без проекту”[8], що, за даних умов, передбачає прогноз зміни значень КПД у встановленому періоді часу. Прогноз розвитку ситуації “без проекту” знаходить відображення у відповідному значенні показника – прогнозоване “без проекту”.

Таким чином, рекомендації на виході аналітичних проектів і проекти реалізації (впровадження) даних рекомендацій ґрунтуються на прогнозованих “без проекту” значеннях КПД. Їх відмінність від цільових значень буде сприйматися як проблема, на яку необхідно відреагувати.

Разом із тим, приймаючи управлінські рішення на основі чисельних значень КПД, необхідно, розглядаючи алгоритм визначення останніх, брати до уваги ідею концепції Демінга-Шухарта– результати будь-якого процесу характеризуються варіабельністю, тобто мають місце випадкові коливання. Визначаючи наявність варіабельності можна дійти висновку щодо неефективності управлінських рішень, які виходили з порівняння обмежено малої кількості точок, які було довільно виокремлено як характеристики процесу. Таким чином, вимагає уточнення такий аспект підвищення ефективності процесів відбору проектів до реалізації, як засобів вирішення проблем, як коректний вибір даних в умовах визначення чисельних значень КПД, в розумінні слідування концепції Демінга-Шухарта.

Мета статті –розробити, в рамках методології корпоративного управління проектами, методику ідентифікації проектів із урахуванням умов варіабельності процесів, на вдосконалення яких дані проекти спрямовуються.

Основна частина. Як відомо, відповідно до концепції Демінга-Шухарта, представленої в роботах як власне цих науковців, так і їх послідовників, система, якщо вона знаходиться в стабільному, статистично керованому, стані, поводить себе так, що її результати можна передбачити з певною точністю до тих пір, поки не буде виведена із цього стану через “втручання” невипадкових (особливих або неприродних) причин. Передбачуваність, яка вирізняє статистично керовану систему, є передумовою до забезпечення ефективного управління. Невипадкові причини втручання роблять систему непередбачуваною, що, відповідно, вимагає виявлення і подолання джерел такої непередбачуваності із метою повернення системи до статистично керованого стану. В умовах накопичення інформації система, як наголошує ряд дослідників, може й сама виступити як емпірична модель “себе”.

Як зазначається в роботах, які розвивають концепцію Демінга-Шухарта, більшість проблем в промисловості виникає через неясну структуру факторів, які впливають на процес. Можемо додати, що в сфері послуг, очевидно, також. Для того, щоб зробити зазначену структуру більш прозорою, можемо представити проблему, як пов’язані причинно-наслідковими відносинами ієрархічно впорядковані групи факторів, які несприятливо впливають на показники роботи систем. Відповідно, можна очікувати, що за обмеженості ресурсів за пріоритетні напрями до використання останніх мають виступати ті заходи, які спрямовані на подолання тих проблем і/або окремих структурних елементів проблем, які, як покажуть отримані при аналізі дані, виявляться найбільш значущими – за кількістю випадків появи або за рівнем витрат щодо проблем даного виду тощо.

За методи, які дозволяють ефективно структурувати проблеми, на сьогодні розглядають діаграми типу “причини – наслідки(результати)”. За різновид таких діаграм виступає дерево проблем, тобто діаграма, на якій проблеми розташовуються в ієрархічному порядку “наслідки – причини” зверху до низу з відображенням причинно-наслідкових зв’язків у формі стрілок. Таку діаграму, за багатьох випадків, рекомендується створювати працівникам певної структури спільно, в межах колективного заходу, наприклад, тренінгу-семінару. Процес її створення може бути як відкритим, коли, наприклад, визначені проблеми не вводяться до обговорення, так і спрямованим на певну важливу проблему, яка ідентифікована на основі попереднього аналізу наявної корпоративної інформації.

Спочатку кожна проблема стисло формується. Потім обираються дві, пов’язані одна з одною, проблеми, і, коли одна проблема є причиною виникнення іншої, то вона спускається на рівень нижче, коли ж вона є наслідком – розташовується вище, а якщо одна проблема не є ні причиною, ні наслідком стосовно іншої, тоді обидві проблеми розташовуються на одному рівні. Коли дерево проблем, таким чином, “засновано”, то інші проблеми вводяться до нього в той же спосіб. Остаточно вибудоване дерево проблем має давати повну уяву про існуючу проблемну ситуацію. Його корені – причини основної проблеми, яку, в свою чергу, символізує стовбур. Наслідки проблеми представлені у вигляді крони. Заходи, що пропонуються в межах аналітичного проекту, слід розглядати за засіб усунення причин проблеми.

За інший різновид діаграми“причини – наслідки(результати)” виступає діаграма, запропонована К. Ісікавою, так званий,“скелет риби”. Побудова даної діаграми передбачає наступне: обрати результат, який слід дослідити, і представити його в кінці горизонтальної стрілки; навести всі фактори, які впливають на результат, який розглядається; структурувати дані фактори, з виокремленням головних, а також операцій і підрозділів, які з цим пов’язані (таким чином утворюються гілки за межами горизонтальної стрілки); намалювати гілки другого порядку для різних факторів другого порядку або різних дій другого порядку, продовжуючи цей процес доти, доки всі змінні не будуть введені до діаграми; перевірити діаграму щоб впевнитись в тому, що всі відомі джерела варіації до неї введено. Умови побудови діаграми такого типу також потребують колективних зусиль.

Ефективність діаграм “причини – наслідки(результати)”, незалежно від методу їх побудови, полягає, насамперед, в тому, що сам процес їх створення змушує думати і створює нову інформацію, “поступово прояснюючи” наявну структуру факторів.

Діаграми “причини – наслідки (результати)”, зокрема діаграма типу “дерево проблем”, можуть бути використані для оцінювання значущості причин (факторів) із точки зору сили їх впливу на ситуації – наслідки, тобто сили причинно-наслідкових зв’язків. Для порівняння ступеню впливу різних причин в ряді досліджень пропонується розрахувати відносний коефіцієнт впливу, який

використовується для співставлення причин одного рангу з використанням методу експертного опитування. При оцінюванні значущості проблем також простежується використання методу аналізу ієрархій.

При цьому, як в контексті виявлення проблем, так і, особливо, оцінювання їх значущості слід вказати на обмеженість, часто суб’єктивність, діаграм “причини – наслідки(результати)”, яка пов’язана з якістю залучуваних експертів, а також умовами власне залучення останніх – можливість залучення їх в достатній кількості у контрольні періоди часу (проблема достовірності отриманих результатів), ефективність їх роботи тощо. Це, до речі, стосується і методу аналізу ієрархій. Звідси науковий інтерес до виявлення методів, які, забезпечуючи підвищення об’єктивності процесів оцінювання щодо важливості проблем, водночас, дозволили б зменшити витрати, пов’язані з реалізацією відповідних процесів.

За метод, умови застосування якого відповідають вищезазначеним вимогам, можна розглядати діаграми Парето, які можуть використовуватися як самостійний інструментарій при визначенні проблем, які мають найбільший потенціал для покращення, так і доповнюючий – тобто, використовуваний сумісно з діаграмами типу “причини – наслідки(результати)”, як правило, на основі останніх.

Застосування діаграм Парето в розглядуваному контексті передбачає, що за кожною проблемою збираються вихідні дані, представлені, наприклад, через кількість випадків появи проблем певного виду. Відповідно до принципу Парето, знов таки в контексті матеріалу статті, – 20% проблем зумовлює 80% “збоїв” в процесах – ідентифікована мала кількість проблем має вирішуватися, в першу чергу, і має пріоритет на використання ресурсів, які завжди є обмеженими. Разом із тим, застосування діаграм Парето може бути ефективним лише за умов, що процеси, за даними роботи яких ці діаграми вибудовуються, знаходяться в стані статистичної керованості.

Методика ідентифікації проектів із урахуванням умов варіабельності процесів, на вдосконалення яких дані проекти спрямовуються, представлена на рис.1.

Для того, щоб діаграма Парето, побудована, наприклад, за кількістю появ локальних проблем певного виду, була ефективною як інструмент виявлення значущості останніх, порядок розподілу даних проблем за видами має зберігатися, тобто бути стабільним.

В роботі [9] представлена структура, у вигляді діаграми виду “причини – наслідки (результати)”, наступної проблеми:“відхилення часу завезення(вивезення) вантажів в пункти доставки від встановленого графіками роботи автотранспортних засобів (АТЗ)”.

Проведений потижневий аналіз частоти появи причин невиконання графіків роботи АТЗ за умовами роботи, які прийнято за однорідні, і побудовані на його основі діаграми Парето показали, з урахуванням введення категорії “інші причині”, що для кожної причини розташування в порядку значущості було різним**.** Тобто, процес не знаходився в статистично керованому стані і перш ніж його покращувати треба зробити його статистично керованим (стабілізувати). За таких умов діаграма Парето покаже проблеми тижня, проте не допоможе виявити причини некерованості варіації. Управлінські заходи, ідентифіковані за отриманою таким чином значущістю проблем, завжди будуть такими, що “запізнюються”.

Діаграма Парето, побудована за літній сезон (вимоги до однорідності даних за процесом), тобто за три місяці, за усередненими тижневими даними, виявилася такою, що немає явно виражених причин. Це свідчить про те, що отримані результати не можуть бути використані для обґрунтування до розроблення і реалізації заходів (в тому числі, проектних), які спрямовані на подолання певних, відносно значущих за діаграмою Парето, проблем. Починати, за даних умов, слід із виявлення і подолання особливих, за концепцією Демінга-Шухарта, причин статистично некерованої варіації.

За засіб підвищення ефективності (результативності) діаграм Парето може виступати паралельне використання кумулятивної прямої, яка показує накопиченим підсумком відсотки, які припадають на проблеми певного виду. Кумулятивне представлення дозволяє виявити, чи є в точці, яка відповідає 80%, види проблем, які домінують, чи всі, майже всі види опинились в цій групі. Тобто, чи працює принцип Парето – а саме, джерелом 80%небажаних подій (в нашому випадку – відхилень в графіку роботи АТЗ), є 20% видів проблем. Якщо всі, майже всі, види“ввійшли”до 80%, то слід займатися всіма проблемами, а не “першими” найбільш значущими. Вдосконалення будь-якого статистично некерованого процесу буде, апріорі, неефективним, або, принаймні, менш ефективним, ніж це потенційно могло б бути, якби процес знаходився в статистично керованому стані.

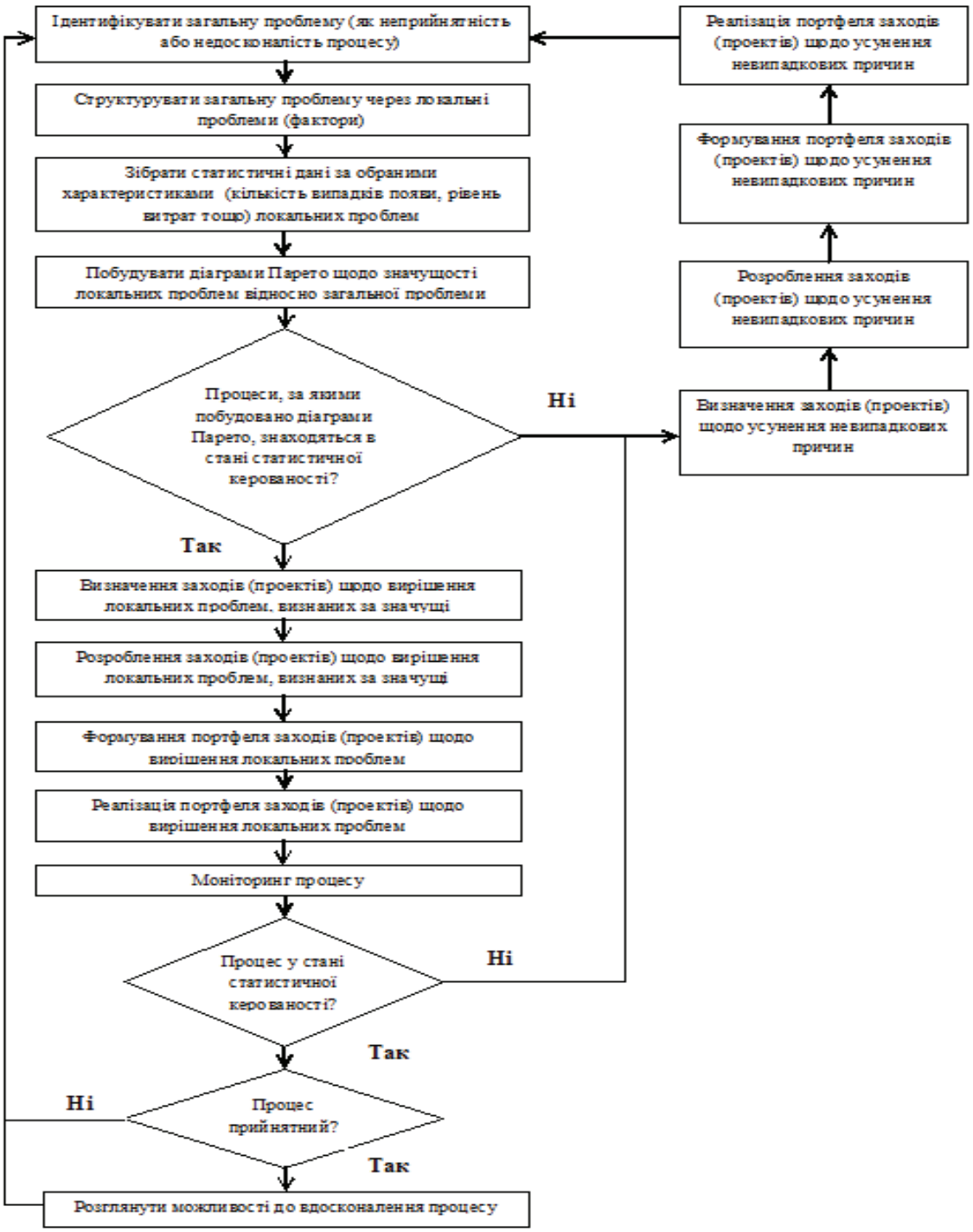


Рисунок 1 – До ідентифікації проектів із урахуванням умов варіабельності процесів

Висновок. Запропоновано, в рамках методології корпоративного управління проектами, методику ідентифікації проектів як засобів вирішення проблем, із урахуванням умов варіабельності процесів, на вдосконалення яких дані проекти спрямовуються.

Розглядаючи напрями подальших досліджень, можна зауважити, що умови ефективної реалізації концепції Демінга-Шухарта, зокрема побудови такої її складової як картиШухарта, вимагають того, щоб спосіб розподілу даних за підгрупами відповідав структурі цих даних. Зазвичай, це означає, що до кожної підгрупи слід включати дані з деякої “малої” області – простору, часу, партії продукції тощо, тобто прагнути до того, щоб в межах підгрупи дані були б якомога більш однорідними. В контексті проведення відповідних досліджень в сфері вантажних автомобільних перевезень, управління якими передбачає велике різноманіття характеристик групування, потребує вирішення “проблема однорідності”, зокрема через ідентифікацію і систематизацію характеристик групування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Грашина М.Н. Основы управления проектамы / М.Н. Грашина, В.Р. Дункан // - СПБ.: Питер, 2006. - 208с.

2. Разумов О.С. Системные знания: концепция, методология, практика/ О.С. Разумов, В.А. Благодатских // - М.: Финансы статистика, 2003, - 400с.

3. Стеченко Д.М. Управління регіональним розвитком / Д.М. Стеченко// - К.: Вища шк., 2000. - 223 с.

4.Конверський А.С. Логіка/ А.С. Конверський// - К.: Ін Юре, 1998. - 332 с.

5. Иванов, В.В. Муниципальный менеджмент: справочное пособие / В.В.Иванов, А.Н. Коробова. – М.: Инфра-М, 2002. – 718 с.

6. Нивен Пол Р. Діагностика сбалансированной системы показателей: пер. с англ.. / Пол Р. Нивен//-Днепропетровск : Баланс Бизнес. Букс, 2006. – 256 с.

7.Ципес Г.Л. Проекты и управление проектами в современной компании. Учебное пособие // Г.Л. Ципес, А.С. Товб – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. - 480с.

8. Gittinger J.P. Economic Analysis of Agricultural Projects. 2nd edition, / J. P. Gittinger //Baltimore and London: Johns.Hopkins University Press, 1982, - 505p.

9.Білоног О. Є. Управління проектами розвитку термінальних систем доставки вантажів автомобільним транспортом: автореф. дис. … канд. техн. наук / О. Є. Білоног // К.: НТУ, 2011, - 224 с.

REFERENCES

1. Hrashyna M. Principles of project management / M.N.Hrashyna, V.R.Duncan // - St. Petersburg .: Peter, 2006. - 208p. (Rus)

2. Razumov O.S. Systemick nowledge: Concept, Methodology, Practice / O.S.Razumov, V.A.Blagodatskikh // - M .: Finance Statistics, 2003 - 400p. (Rus)

3. Stechenko D.M. Managing regional development / D.M.Stechenko // - K .: High School, 2000. - 223 p. (Ukr)

4. Konverskyy A.S.Logic / A.S.Konverskyy // - K .: Institute Jure, 1998. - 332 p. (Ukr)

5. Ivanov, V. V. Municipal management: reference book / V. V. Ivanov, A. N. Korobov. – M.: Infra-M, 2002. – 718 p. (Rus)

6. Diagnostics Paul R. Niven balanced scorecard: translating from English.. / Paul R. Niven// - Dnepropetrovsk : Balance Business. Books, 2006. – 256 p. (Ukr)

7. Tsypes G.L. Projects and project Management in Modern companies. Tutorial // G.L. Tsypes, A.S. Tovb - M .: JSC "Olympus-Business", 2009. - 480p.(Rus).

8. Gittinger J.P. Economic Analysis of Agricultural Projects. 2nd edition, / J. P. Gittinger // Baltimore and London: Johns. Hopkins University Press, 1982, - 505p.

9.Bilonog AE Project management of terminal delivery of goods by road, abstracts of theses ... Ph.D., Engineering / OE Bilonog // K .: NTU, 2011 - 224 p. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Воркут Т.А. Управління аналітичними проектами організаційного розвитку із урахуванням варіабельності процесів. / Т.А. Воркут, О.Є. Білоног, Н.М. Цимбал, Ю.О, Третиниченко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті запропоновано, в рамках методології корпоративного управління проектами, методику ідентифікації проектів як засобів вирішення проблем, із урахуванням умов варіабельності процесів на вдосконалення яких дані проекти спрямовуються.

Об'єкт дослідження - аналітичні проекти організаційного розвитку.

Мета роботи – реалізації організаційної стратегії і, відповідно, формування стратегічного портфеля та уточнення такого аспекту підвищення ефективності процесів відбору проектів до реалізації, як засобів вирішення проблем, як коректний вибір даних в умовах визначення чисельних значень КПД.

Метод дослідження – використано методи наукової ідентифікації та зіставно-порівняльного аналізу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОЕКТ;ПРОДУКТ; СТРАТЕГІЯ; СИСТЕМА ПОСТАЧАНЬ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ; БІЗНЕС-МОДЕЛЬ; РЕЗУЛЬТАТ.

ABSTRACT

Vorkut T.A., Bilonog O.E., Tsymbal N.N., Tretynychenko Y.A. Management for analytic project of organization development taking into account the variability of processes. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article suggested methodologies within corporate project management methodology for identifying projects as a means of solving problems with the conditions of variability of processes to improve these projects are directed.

Object of the study - analysis of organizational development projects.

Purpose of the study - implementation of organizational strategy and, consequently, the formation of a strategic portfolio and clarify this aspect of improving the efficiency of the processes of project selection to implementation, as a means of solving problems like these correct choice in terms of determining the numerical values of the KPI.

The method of the study - scientific methods used to identify and contrastive comparative analysis.

KEYWORDS: PROJECT; PRODUCT; STRATEG; SUPPLY CHAIN TRANSPORT; BUSINESS MODEL; RESULT.

РЕФЕРАТ

Воркут Т.А. Управление аналитическими проектами организационного развития с учетом вариабельности процессов / Т.А. Воркут, О.Е. Белоног, Н.Н. Цымбал, Ю.А, Третиниченко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложен в рамках методологии корпоративного управления проектами, методика идентификации проектов как средств решения проблем, с учетом условий вариабельности процессов на совершенствование которых данные проекты направляются.

Объект исследования - аналитические проекты организационного развития.

Цель работы - реализации организационной стратегии и, соответственно, формирование стратегического портфеля и уточнения такого аспекта повышения эффективности процессов отбора проектов к реализации, как средств решения проблем, как корректный выбор данных в условиях определения численных значений КПД.

Метод исследования - использованы методы научной идентификации и сопоставимо-сравнительного анализа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРОЕКТ; ПРОДУКТ; СТРАТЕГИЯ; СИСТЕМА ПОСТАВОК ТРАНСПОРТНИХ УСЛУГ; БИЗНЕС-МОДЕЛЬ; РЕЗУЛЬТАТ.

АВТОРИ:

Воркут Тетяна Анатоліївна, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua,

Білоног Оксана Євгенівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, тел. 044 254 43 26,Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 439.

Цимбал Наталія Миколаївна, Національний транспортний університет, аспірант, асистент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, тел. 044 254 43 26, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 439.

Третиниченко Юрій Олександрович, Національний транспортний університет, аспірант, асистент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, тел. 044 254 43 26,Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 439.

AUTHOR:

Vorkut Tetiana A., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Head of Transport Law and Logistics Department, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 433a.

Bilonog Oksana E., Ph.D., Ph.D., associate professor, National Transport Universityassociate professor, department of Transport Law and Logistics, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, tel. 044 254 43 26, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorovastr. 1, office 433a.

Tsymbal Natalia M., National Transport University, assistant department of Transport Law and Logistics, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, tel. 044 254 43 26, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorovastr. 1, office 433a.

Tretynychenko Yuriy A., National Transport University, assistant department of Transport Law and Logistics, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, tel. 044 254 43 26, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorovastr. 1, office 433a.

АВТОРЫ:

Воркут Татьяна Анатольевна, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, заведующая кафедрой транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua,тел. 044 254 43 26, Украина, 01010, г. Киев, ул.Суворова, 1, к.433а.

Белоног Оксана Евгеньевна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, тел. 044254 43 26 Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 439.

Цымбал Наталья Николаевна, Национальный транспортный университет, аспирант, асистент кафедры транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, тел. 044254 43 26 Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 439.

Третиниченко Юрий Александрович, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@mail.ntu.edu.ua, тел. 044 254 43 26, Украина, 01010, г.Киев, ул.Суворова, 1, к.439.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, академік транспортної академії України , Вінницький національний технічний університет, Завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Київ, Україна.

Хрутьба В.О., доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, завідуюча кафедрою екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWER:

Bilichenko V.V., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Vinnytsia National Technical University, Head of Ecology and Life Safety Department, Kyiv, Ukraine.

Hrutba V.A., Ph.D., Engineering (Dr.), associate professor, National Transport University, Head of Ecology and Life Safety Department, Kyiv, Ukraine.

УДК 539.3
UDC 539.3

ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ ПРОЦЕСІВ ГЛИБОКОГО БУРІННЯ

Глазунов С.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE PROBLEMS OF MODELING OF EMERGENCY SITUATION IN DEEP BORE-HOLE DRILLING PROCESSES

Glazunov S.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРОЦЕССОВ ГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ

Глазунов С.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Позаштатні явища, що супроводжують процеси глибокого буріння

В даний час всі ми є свідками того, які суперечки виникають в політиці, бізнесі і промисловості в зв'язку з проблемами видобутку і перерозподілу нафто-газових ресурсів [1-4]. Додаткову гостроту в цю атмосферу внесла сланцева революція, що вибухнула в останні роки, внаслідок створення нових технологій гідророзриву й надглибокого та наддалекого криволінійного буріння [5-6]. Вже нерідкі випадки проходки вертикальних свердловин глибиною понад 10 км, а рекордне віддалення від бурильної установки горизонтальної свердловини перевищило 13,5 км.

У підвішеному стані на бурильну колону діють розподілені сили тяжіння. Вони створюють в ній растягуючу осьову силу, яка досягає максимуму в точці підвісу і спадає до нуля на її нижньому кінці. В процесі буріння, коли колона впирається нижнім кінцем у дно свердловини, на неї діє стискуюча сила вертикальної реакції, тому вся колона знаходиться в розтягнуто-стисненому напруженому стані [7].

Для надання колоні обертального руху до її верхнього кінця прикладається крутний момент. Для неглибоких свердловин можна вважати, що в стаціонарному стані цей момент дорівнює моменту різання, прикладеного до долота, і тоді крутний момент в самій колоні залишається сталим вздовж її довжини. Однак, якщо свердловина глибока, то для обчислення приводного крутного моменту в точці підвісу необхідно до моменту різання додати розподілені моменти сил тертя між стінками свердловини і колони. Тоді внутрішній крутний момент в колоні стане змінним. І він виявляється істотно змінним при поздовжніх і крутних коливаннях колони, коли долото входить та виходить з контакту з породою на дні свердловини, а процес різання стає переривчастим.

На значення моменту різання (крутного моменту) істотно впливає значення кутової швидкості. Оскільки з її зміною момент змінюється нелінійно, в бурильній колоні можливо самозбудження торсіонних коливань, що призводять до аварійних ситуацій.

Важливим фактором, що впливає на квазістатичну та динамічну поведінку бурильної колони, є її обертання. Для колон з геометричними недосконалостями і з дисбалансами мас воно призводить до появи відцентрових сил інерції, які суттєво впливають на стійкість прямолінійної форми БК. У випадках порушення згинних коливань, обертання є джерелом виникнення гіроскопічних (коріолісових) сил інерції. Ці сили пов'язують різні види рухів (обертальні й лінійні) і призводять до порушення синфазності коливань.

Дуже складні ефекти в бурильних колонах породжуються зовнішніми і внутрішніми потоками промивної рідини. По-перше, з їх рухом пов'язані додаткові сили тертя, що впливають на динаміку БК. По-друге, при згинних коливаннях БК внутрішні потоки (по аналогії з обертальним рухом) також породжують відцентрові і гіроскопічні сили інерції, які дестабілізують прямолінійну форму колони і змінюють спектр її власних згинних коливань. Особливості дії цих сил детально вивчені в теорії трубопроводів. Їх прояв у БК досліджено недостатньо.

Зауважимо, що на практиці всі перераховані сили та впливи можуть мати місце одночасно з різними поєднаннями їх інтенсивностей й призводити, в залежності від довжини БК, до різних неприпустимих режимів.

Тому при видобутку палива з великих глибин підвищення ефективності буріння вертикальних свердловин роторним способом тісно пов'язане з проблемами виявлення критичних режимів функціонування бурильних колон та з розробкою заходів щодо зниження їх негативного впливу на бурильний процес. До таких явищ, що негативно впливають на технологічний процес буріння, відносяться:

- спіралеподібна втрата стійкості прямолінійної форми БК в нижній її частині по типу наддовгого стиснуто-розтягнутого, закрученого стрижня, що обертається;
- збудження поздовжніх коливань БК під дією різних збурень технологічного характеру;
- збудження резонансних згинних коливань БК, зумовлених геометричними недосконалостями і дисбалансом усієї системи та окремих її частин;
- параметричне самозбудження крутильних коливань БК з залипаннями (slip-stick vibration), спричиненими нелінійними силами тертя зривної взаємодії між ріжучим інструментом (долотом) і породою, що обробляється;
- самозбурення коливань кружляння (whirling motion) долота, пов'язаних з його перекочування навколо осі системи в умовах фрикційної або неголономної взаємодії долота з поверхнею дна свердловини;
- прихоплення бурильної колони (втрата її рухомості) в протяжній криволінійній свердловині з геометричними недосконалостями (dead lock states) в результаті різкого зростання сил контактної і фрикційної взаємодії;
- біфуркаційне випинання (buckling) бурильної колони в каналі криволінійної свердловини з зонами локалізації випучин, що не підлягають прогнозуванню.

Зазначені явища можуть призводити до аварійних ситуацій, що супроводжується обривом труби БК, прихватом ріжучого інструменту в зоні різання породи і затиранням ділянок БК в породу, розгвинчування труб БК, відхиленням осі свердловини від вертикалі і її незапланованим викривленням, а також втратою стійкості стінок свердловини і їх обвалом.

Встановлення параметрів процесу буріння, за яких реалізуються критичні стани, може бути здійснено методами математичного моделювання. Однак спроби практичного проведення математичних експериментів щодо прогнозування критичних станів БК пов'язані зі значними обчислювальними труднощами. В першу чергу вони обумовлені особливостями співвідношень між геометричними параметрами БК.

Так, оскільки для довгої колони її діаметр становить 10-5 частину її довжини, вона виявляється геометрично подібної до людського волосся з мізерно малими згинною та крутильною жорсткостями. У зв'язку з цим для їх теоретичного дослідження часто застосовують механічні моделі струн або абсолютно гнучких ниток. В англомовній літературі колони так і називають: "drill string" - "бурильна струна". У той же час, щоб правильно описати крайові і локальні ефекти згинного деформування БК, треба розраховувати їх згідно із теорією балок, тому використання цієї теорії на довжинах в кілька кілометрів призводить до появи так званої "обчислювальної жорсткості", яка супроводжується значним погіршенням збіжності обчислювальних алгоритмів. В математиці рівняння, що моделюють такі ефекти, називаються сингулярно збуреними [7].

Інше ускладнення задачі моделювання квазістатичної та динамічної поведінки БК пов'язане зі складною комбінацією сил і впливів, що впливають на її квазістатіку й динаміку. Тому розглянуті завдання є істотно багатопараметричними. У загальній постановці такі завдання є нерозв'язними. У зв'язку з цим одним з найбільш раціональних підходів до їх вирішення є розділення згинних, поздовжніх й крутильних рухів колони, їх окремий розгляд й встановлення найбільш загальних закономірностей процесів протікання з виявленням їх критичних станів [8].

Математичні аспекти проблем механіки колон глибокого буріння

Проблеми математичного моделювання статичних та динамічних механічних явищ і критичних станів, що виникають в колонах глибокого буріння, пов'язані зі значними теоретичними труднощами. По-перше, ці труднощі обумовлені складною природою статичних і динамічних дій на бурильну колону і складністю механічних процесів, згенерованих ними. По-друге, істотний(й

визначальний) вплив на специфіку процесів, постановки задач та методики їх розв'язання надає фактор великої довжини бурильної колони, що призводить до практичної втрати нею згинної жорсткості. Тому для них методики інтегрування розв'язуючих рівнянь згину БК на великих відрізках інтегрування виявляються такими, що важко реалізуються. Найбільш помітно ці труднощі проявляються при спробі розв'язання задач про біфуркаційне випучування БК та про їх вільні коливання. У зв'язку з цим завдання про згиннну стійкость БК формулюються у двох постановках.

Перша постановка базується на формулюванні задачі Штурма-Ліувілля на великому інтервалі довжини колони, у якій дуже помітним виявляється явище так званої "обчислювальної жорсткості". Воно спричинене тим, що розв'язуючі функції поперечних переміщень $u(x)$, $v(x)$ нетривіальних розв'язків дуже швидко змінюються з великими похідними на малому відрізку, що прилягає до нижнього краю БК, і мають малі значення з малими похідними на решті її частини. Особливі складнощі при вивченні системи рівнянь, що визначає функції $u(x)$, $v(x)$, пов'язані з тим, що точки початку швидких змін розв'язуючих функцій заздалегідь невідомі. У нашому випадку ефекти "обчислювальної жорсткості" викликані високим порядком диференціальних рівнянь і неявно присутніми малими коефіцієнтами при старших похідних. Малість цих коефіцієнтів проявляється при масштабуванні довжини інтегрування рівнянь рівноваги і коливань до одиничного відрізку. Тоді складові з четвертими похідними потрібно ділити на L^4, і їх роль у загальному балансі внутрішніх сил і моментів істотно знижується. Завдяки цьому, розв'язок набуває ділянки швидких (типу прикордоншару) і повільних (регулярних) змін. Якщо цей розв'язок комбінується у вигляді суперпозиції частинних розв'язків, зростаючих і спадаючих за експоненціальним законом, то на великих інтервалах інтегрування значення розв'язків першої групи спрямовуються до нескінченності, а розв'язки другої групи - до нуля, і задача побудови необхідних розв'язків вихідних рівнянь стає нездійсненною навіть для двоточкових крайових задач. Як зазначено вище, у математиці такі системи називаються сингулярно збуреними [8].

Внаслідок зазначених труднощів питання дослідження згинної стійкості і власних коливань БК великої довжини виявилися практично недослідженими. У даній книзі для їх розв'язування запропонована методика, що базується на застосуванні методу початкових параметрів спільно з процедурою ортогоналізації по Годунову (для вертикальних свердловин) і метод кінцевих різниць з дуже малим кроком (для криволінійних свердловин).

Використана при дослідженні стійкості БК постановка задачі Штурма-Ліувілля дозволяє встановити початок процесу зародження її біфуркаційного згинання. При його здійсненні колона випучує і вступає в контактну взаємодія зі стінкою свердловини. На цій стадії реалізується другий етап втрати стійкості БК, на якому розглядається її закритичний стан і вивчається закритична рівновага елементів БК при заданій (зазвичай, регулярній спіральній) геометрії її деформування. Постановки задач, засновані на зазначеному підході, широко застосовуються в зарубіжній літературі. Вони базуються на використанні теорії гнучких криволінійних стрижнів і, зазвичай, пов'язані з рядом спрощених припущень про характер закритичної поведінки БК, що істотно знижує цінність отриманих на їх основі результатів.

У даній роботі розглядається початковий етап біфуркаційного випучення бурильних колон (перша постановка), для аналізу якого формулюються відповідні задачі Штурма-Ліувілля на всій довжині БК у вертикальній свердловині. Особлива увага приділяється розрахунку стійкості БК на основі сингулярно збурених рівнянь з так званим інтегровним розрахунковим схемам, що призводить для багатоопорних колон до багатоточкових крайових задач. Показано, що, зазвичай, втрата стійкості колон реалізується у формі спіральних вейвлетів.

Із ще більшими обчислювальними труднощами пов'язані задачі про вільні коливання БК у вертикальних свердловинах. Методами дисперсійного аналізу встановлено, що на відміну від коливань звичайних стрижнів нескінченної довжини, що допускають розв'язки у вигляді стоячих плоских хвиль, коливання нескінченних закручених труб, що обертаються, з потоками рідини можуть відбуватися тільки по формах біжучих спіральних хвиль (хвилі із круговою або циліндричною поляризацією). При цьому кожній довжині біжучої хвилі відповідає чотири значення фазової швидкості, різні для лівої й правої спіралі й залежні від напрямку руху хвилі. Ця обставина свідчить про те, що вільні згинні коливання БК великої (хоча й скінченної) довжини можуть бути реалізовані тільки по просторових формах.

У зв'язку з великою довжиною бурильної колони особливу форму можуть також набувати збурені в ній торсіонні автоколивання. Вони обумовлені суттєво нелінійною залежністю (із точками екстремуму) моменту різання долотом породи від його кутової швидкості й зароджуються через біфуркації зародження циклу. У математиці А. Пуанкаре був одним з перших, хто звернув увагу на біфуркаційну природу автоколивальних процесів. А. Андронов розглянув можливість виникнення цих ефектів у механічних коливальних системах з нелінійним тертям. Пізніше Хопф дав математичне обґрунтування цієї теорії. Тому ефекти самозбурення коливань у системах з нелінійним тертям одержали назви біфуркацій Пуанкаре-Андронова-Хопфа.

У прикладній математиці й фізиці розрізняють два види автоколивань – томсонівське й релаксаційне. Томсонівскі автоколивання протікають по формах, близьких до гармонічних, релаксаційні автоколивання описуються періодичними або майже періодичними ламаними функціями з майже розривними похідними (швидкостями). Як показав аналіз, торсіонні автоколивання бурильних колон є релаксаційними. У зв'язку із цим їх моделювання спряжене зі значно більшими обчислювальними труднощами. Запропоновано три моделі протікання торсіонних автоколивань у бурильних колонах: хвильова, коливальна модель із розподіленими параметрами й коливальна модель із одним ступенем свободи. Обчислення показали, що хоча у хвильовій моделі розв'язки мають квантований характер, в інтегральному розумінні розв'язки у всіх випадках практично збіглися. Однак для випадку автоколивань у протяжних похилих свердловинах з істотними впливами сил тертя більш точною виявилася модель із розподіленими параметрами.

Очевидно, тільки в практиці буріння спостерігається особливий вид механічних коливань, які називаються коливаннями «кружляння» (whirling). При їхньому самозбудженні долото відхиляється від свого центрованого стану й починає перекочуватися, у загальному випадку з ковзанням і крученням, навколо осьової лінії системи. У цих випадках в'язі, що накладаються на рух долота, можуть бути неголономними. У зв'язку із цим кружляння долота може бути стійким і нестійким, відбуватися в напрямках прямого й зворотного обертання, або центр долота може рухатися по самих незвичайних траєкторіях. Для опису цих видів коливань слід застосовувати методи неголономної механіки й геометрії.

З особливими технічними й теоретичними труднощами спряжене буріння криволінійних свердловин великої протяжності. При їх проходці колона може перебувати в досить жорстких умовах, викликаних дією контактних і фрикційних сил. У процесі буріння або виконання спуско-підйомних операцій (наприклад, для заміни долота) ці сили досягають досить великих значень, особливо в місцях геометричних нерегулярностей осьової лінії свердловини у формах зламів (dog legs) і гармонічних або спіральних вейвлетів. Часто вони є основною причиною порушення технології буріння й призводять до прихвату БК. Для моделювання цих ефектів необхідно застосовувати теорію гнучких криволінійних стрижнів, методи диференціальної геометрії й обчислювальної математики. При цьому особливий інтерес представляє питання про з’єднання двох ділянок свердловини з різними кривизнами. Для цієї операції виявляється нераціональним метод мінімальної кривизни, що використовуваний на практиці і базується на моделюванні колони абсолютною гнучкою ниткою (soft string drag (torque model), а слід з’єднувати ділянки сведловини шляхом введення малих ділянок у формі спіралі Кореню (клотоїди) або кубічної параболи. Для моделювання цього ефекту доцільно застосовувати модель криволінійного стрижня (stiff string drag (torque model).

Щоб продемонструвати труднощі, пов’язані з розрахунком таких систем, наведемо рівняння пружної рівноівги бурильної колони у каналі криволінійної свердловини. Вони включають три рівняння рівноваги силової групи

$$\frac{dF_u}{ds} = r \cdot F_v - k_R \cos\chi \cdot F_w - f_u^{gr} - f_u^c,$$

$$\frac{dF_v}{ds} = k_R \sin\chi \cdot F_w - r \cdot F_u - - f_v^{gr} - f_v^c,$$

$$\frac{dF_w}{ds} = k_R \cos\chi \cdot F_u - k_R \sin\chi \cdot F_v - f_w^{gr} - f_u^{fr}$$

і три рівняння моментної групи:

$$\frac{dk_R}{ds}\sin\chi + k_R \cos\chi \cdot (r - k_T) = \frac{A - C}{A} k_R \cos\chi \cdot r + \frac{F_v}{A},$$

$$\frac{dk_R}{ds}\cos\chi + k_R \sin\chi\cdot(r-k_T) = \frac{C-A}{A}k_R\sin\chi\cdot r + \frac{F_u}{A},$$

$$\frac{dr}{ds} = -\frac{m_w^{fr}}{C}.$$

Тут F_u, F_v, F_w - компоненти вектора внутрішніх сил; k_R - значення головної кривизни; r - кручення; E, G - модулі пружності матеріалу колони при розтягу й зсуві; I, I_o - осьвий та полярний моменти інерції поперечного перерізу труби бурильної колони.

Для розв’язування цієї системи рівнянь використовується метод початкових параметрів [8].

І, нарешті, дуже цікавим з погляду механіки й математики є питання про Ейлерове (біфуркаційне) випучування БК у каналі криволінійної свердловини. Насамперед воно повиннно розглядатися на основі постановки задачі Штурма-Ліувілля для криволінійного пружного стрижня. У цьому випадку вона розпадається на дві самостійні задачі. Спочатку потрібно за допомогою моделі stiff string drag (torque model побудувати функції осьової сили й крутного моменту в колоні, а потім, використовуючи їх як коефіцієнти, сформулювати рівняння на власні значення для колони по всій її довжині. Оскільки поставлена задача також є сингулярно зобуреною, реалізовані на основі її розв'язку форми випучування мають вигляд локалізованих гармонічних вейвлетів, місця розташування яких заздалегідь невідомі. У зв'язку з цим для розв'язку задачі слід застосовувати інтегральний (глобальний) підхід і локалізовані випучини шукати по всій довжині БК. Крім того у зв'язку з тим, що переміщення випученої колони, обмежені стінками каналу свердловини, для формулювання задачі доводиться враховувати нелінійний в'язі. Виключення рівнянь в'язей здійснюється за допомогою методів диференціальної геометрії, теорії каналових поверхонь і шляхом використання спеціального рухомого тріедра. Розв'язок поставленої задачі дозволяє знайти не тільки критичні навантаження для колони в криволінійному каналі свердловини, але й також вказати місце локалізації зони її випучування.

Перераховані математичні особливості поставлених задач роблять їх досить трудомісткими, але в той же час й привабливими для науковця.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kerr R.A. Bumpy road ahead for world’s oil. – Science, 18 Nov.2005, Vol. 310.– P. 1106–1108.
2. Leonardo Maugeri. Oil: never cry wolf- why the petroleum age is far from over – Science. – May 2004. – V.304.– P. 1114–1115.
3. Jonggeun Choe, Jerome J.Schubert, Hans C. Juvkam-Wold. Well-control analyses on extended-reach and multilateral trajectories – SPE Drilling & Completion. – June 2005. – P. 101–108.
4. Iyoho A.W., Meize R.A., Millheim K.K., Crumrine M.J. Lessons from integrated analysis of GOM drilling performance – SPE Drilling & Completion. – March 2005. – P. 6–16.
5. Editorial. Avoiding an oil crunch – Science. – 1999. – V.286, № 5437. – P. 47.
6. Мислюк М.А., Рибчич І.Й., Яремійчук Р.С. Буріння свердловин. – Вертикальне та скероване буріння, Т.3– Київ.:“Інтерпрес ЛТД”. – 2004. – 294с.
7. Чанг К, Хауэс Ф. Нелинейные сингулярно возмущенные краевые задачи – М., Мир. – 1988. – 247 с.
8. V.I. Gulyayev, E.N. Andrusenko, N.V. Shlyun. Theoretical modelling of post – buckling contact interaction of a drill string with inclined bore-hole surface – Structural Engeneering and Mechanics. − 2014. −Vol. 49, No 4. − P. 427−448.

REFERENCES

1. Kerr R.A. Bumpy road ahead for world’s oil. – Science, 18 Nov.2005, Vol. 310.– P. 1106–1108.
2. Leonardo Maugeri. Oil: never cry wolf- why the petroleum age is far from over – Science. – May 2004. – V.304.– P. 1114–1115.
3. Jonggeun Choe, Jerome J.Schubert, Hans C. Juvkam-Wold. Well-control analyses on extended-reach and multilateral trajectories – SPE Drilling & Completion. – June 2005. – P. 101–108.
4. Iyoho A.W., Meize R.A., Millheim K.K., Crumrine M.J. Lessons from integrated analysis of GOM drilling performance – SPE Drilling & Completion. – March 2005. – P. 6–16.
5. Editorial. Avoiding an oil crunch – Science. – 1999. – V.286, № 5437. – P. 47.

6. Myslyuk M.A., Rybchich I. Yo., Yaremiychuk R.S. Borewell Drilling – Vertical and Directed Drilling. V.3– Kyiv, Interpress LTD. – 2004. P – 294c. (Ukr)

7. Chang K.W., Howes F. Nonlinear Singular Perturbation Phenomena. – Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 1984. (Rus)

8. V.I. Gulyayev, E.N. Andrusenko, N.V. Shlyun. Theoretical modelling of post – buckling contact interaction of a drill string with inclined bore-hole surface – Structural Engeneering and Mechanics. − 2014. −Vol. 49, No 4. − P. 427−448.

РЕФЕРАТ

Глазунов С.М. Задачі моделювання нештатних ситуацій процесів глибокого буріння / С.М. Глазунов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті наведено аналіз найбільш типових позаштатних ситуацій, що виникають при бурінні глибоких вертикальних та криволінійних свердловин, і методів їх комп'ютерного моделювання. Обговорюються математичні методи, що застосовуються для постановки задач статики та динаміки протяжних бурильних колон.

Об'єктом дослідження є видовжена бурильна колона в порожнині вертикальної або криволінійної свердловини.

Мета роботи полягає у встановленні найбільш несприятливих позаштатних (статичних та динамічних) ситуацій, що супроводжують процес буріння, і аналізі методів їх моделювання.

Методи дослідження - чисельні методи математичної фізики розв’язування рівнянь у частинних похідних.

Наведено найбільш несприятливі ситуації, що виникають при виконанні спуско-підйомних операцій і процесу буріння. Розглянуто теоретичні підходи до завдань їх моделювання. Показано, що за допомогою комп'ютерного моделювання можна прогнозувати аварійні режими буріння і запобігати їм. Результати досліджень можуть бути впроваджені в практику проектування і проведення технологічних режимів буріння.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СВЕРДЛОВИНА, БУРИЛЬНА КОЛОНА, ПОЗАШТАТНА СИТУАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ABSTRACT

Glazunov S.M. The problems of modeling of emergency situation in deep bore-hole drilling processes. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The analysis of the most typical emergency situations occurring in drilling of deep vertical and curvelinear bore-holes and methods of their computer simulation is performed the mathematic algorithms used for statement of the problems on statics and dynamics of extended drill strings are discussed.

The research object is an extended drill string in a cavity of vertical or curvelinear bore-hole.

The analysis target consist in establishment of the most unfavourable emergency (static and dynamic) situations accompanying the drilling processes and in analysis of their simulation approaches.

The investigation methods represent the numerical algorithms of mathematic physics for solving equations with partial derivatives.

The examples of the most unfavourable situations, appearing in fulfillment of tripping operations and drilling, are demonstrated. The theoretical approaches to the simulation problem are considered. It is shown that it is possible to predict and to prevent the failure regimes with the use of elaborated methods of their modelling.

The investigation results can be inculcated into the design and drilling practices.

KEY WORDS: BOREWELL, DRILL STRING, EMERGENCY SITUATIONS, COMPUTER SIMULATION

РЕФЕРАТ

Глазунов С.Н. Задачи моделирования нештатных ситуаций процессов глубокого бурения / С.Н. Глазунов // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье приведен анализ наиболее типичных нештатных ситуаций, возникающих при бурении глубоких вертикальных и криволинейных скважин, и методов их компьютерного моделирования. Обсуждаются математические методы, применяемые для постановки задач статики и динамики протяженных бурильных колонн.

Объектом исследования является протяженная бурильная колонна в полости вертикальной или криволинейной скважины.

Цель работы заключается в установлении наиболее неблагоприятных нештатных (статических и динамических) ситуаций, сопутствующих процессу бурения, и анализе методов их моделирования.

Методы исследования – численные методы математической физики решения уравнений с частными производными.

Приведены наиболее неблагоприятные ситуации, возникающие при выполнении спуско-подъемных операций и процесса бурения. Рассмотрены теоретические подходы к задачам их моделирования. Показано, что с помощью компьютерного моделирования можно прогнозировать аварийные режимы бурения и предотвращать их. Результаты исследований могут быть внедрены в практику проектирования и проведения технологических режимов бурения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СКВАЖИНА, БУРИЛЬАЯ КОЛОННА, НЕШТАТНАЯ СИТУАЦИЯ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

АВТОРИ:

Глазунов Сергій Миколайович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри вищої математики, e-mail: sglazonov@smartenergy.com., тел. +380442847109, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

AUTHOR:

Glazunov Sergiy. M., National Transport University, postgraduate student, e-mail: sglazonov@smartenergy.com, тел. +380442847109, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1.

АВТОРЫ:

Глазунов Сергей Николаевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры высшей математики, e-mail: sglazonov@smartenergy.com., тел. +380442847109, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Лоза І. А., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри теоретичної та прикладної механіки, Київ, Україна.

Лебедєва І.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент, Київський Національний університет імені Тараса Шевченка, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Loza I.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of Theoretical and Applied Mechanics, Kyiv, Ukraine.

Lebedeva I.V., Ph.D., Physics and Mathematics, associate professor, Taras Shevcheko National University of Kyiv, associate professor, department of Theoretical and Applied Mechanics, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.13
UDC 656.13

УДОСКОНАЛЕННЯ ГАЗОВОЇ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ ПРИ РОБОТІ НА СТИСНЕНОМУ ПРИРОДНОМУ ГАЗІ

Говорун А.Г., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Симоненко Р.В., кандидат технічних наук, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна
Колобов К.С., ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна
Шиманський С.І., Національний транспортний університет, Київ, Україна

IMPROVEMENT OF GAS ENGINES DIESEL EQUIPMENT CAR HANDLING COMPRESSED NATURAL GAS

Hovorun A.H., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Symonenko R.V., Ph.D., SE "State Road Transport Research Institute", Kyiv, Ukraine
Kolobov K.S., SE " State Road Transport Research Institute", Kyiv, Ukraine
Shymanskyi S.I., National Transport University, Kyiv, Ukraine

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА СЖАТОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Говорун А.Г., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Симоненко Р.В., кандидат технических наук, ГП «ГосавтотрансНИИпроект», Киев, Украина
Колобов К.С., ГП «ГосавтотрансНИИпроект», Киев, Украина
Шиманский С.И., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Стиснений природний газ (СПГ), біогаз та їх суміш є привабливими та широко використовуваними паливами для автомобільних двигунів з іскровим запалюванням переобладнаних для роботи на СПГ. Як правило на таких автомобілях використовуються двопаливні системи живлення.

На рисунку 1 показана схема системи живлення автомобіля ВАЗ – 2101, яка складається з паливного бака 1, паливного насоса 2, електромагнітного бензинового клапана 3, двигуна 4, паливного фільтра 5, карбюратора – змішувача 6, дозуючого пристрою 7, триступеневого газового редуктора 8, манометра 9, електромагнітного газового клапана 10, магістрального вентиля 11, газового балона 12, заправного пристрою 13, перемикача виду палива «газ – бензин»14, котушки запалювання 15.

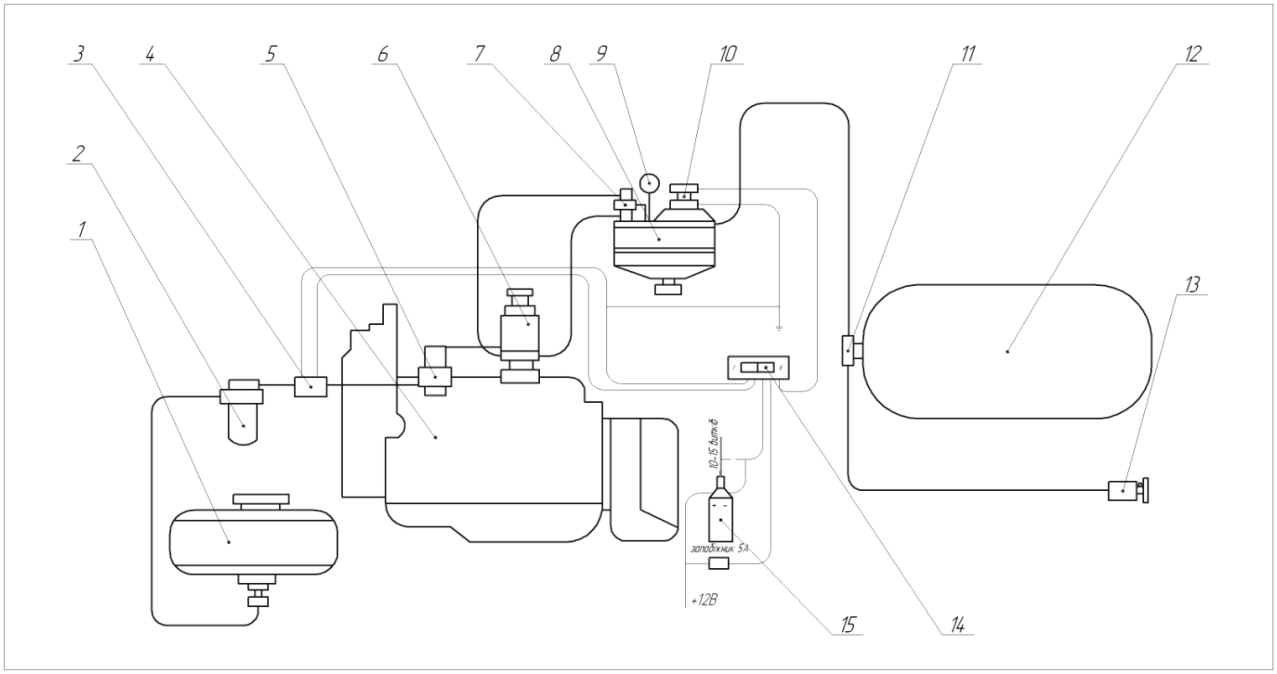


Рисунок 1 – Схема двопаливної системи живлення автомобіля ВАЗ – 2101

Ключовим пристроєм газової системи живлення є газовий редуктор. В розглянутій схемі газової системи живлення був встановлений триступеневий універсальний газовий редуктор моделі АТ 04 фірми Tomasetto (Італія), ним можна користуватися при роботі двигуна на СПГ. Одним із недоліків таких редукторів є то, що не передбачено економайзер примусового холостого ходу, який дозволив відключати подачу газоповітряної суміші в режимах примусового холостого ходу, залишаючи при часткових навантаженнях економічний склад газоповітряної суміші.

При роботі автомобіля в несталих режимах руху на СПГ буде мати місце збагачення газоповітряної суміші. Це підтверджується рівнянням Бернулі – законом збереження енергії руху потоку рідини чи газу.

$$p + \rho g h + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = const \qquad (1)$$

де p – тиск газу (повітря)

ρ – густина газу (повітря)

g – прискорення сили ваги

v – швидкість газу (повітря)

Сума потенціальної енергії тиску, потенціальної енергії сили ваги та кінетичної енергії тиску (повітря, газ) є величини постійні [1].

Для усталених режимів роботи двигуна інжекційний спосіб приготування газоповітряної горючої суміші можна вважати майже досконалими завдяки тому, що повітря і паливо подається в двигун в однакових агрегатних станах, проте в умовах несталих режимах через різну інерційність горючих газів і повітря порушується співвідношення горючих газів і повітря, що надходять в циліндри двигуна. Найбільш характерними такими режимами є:

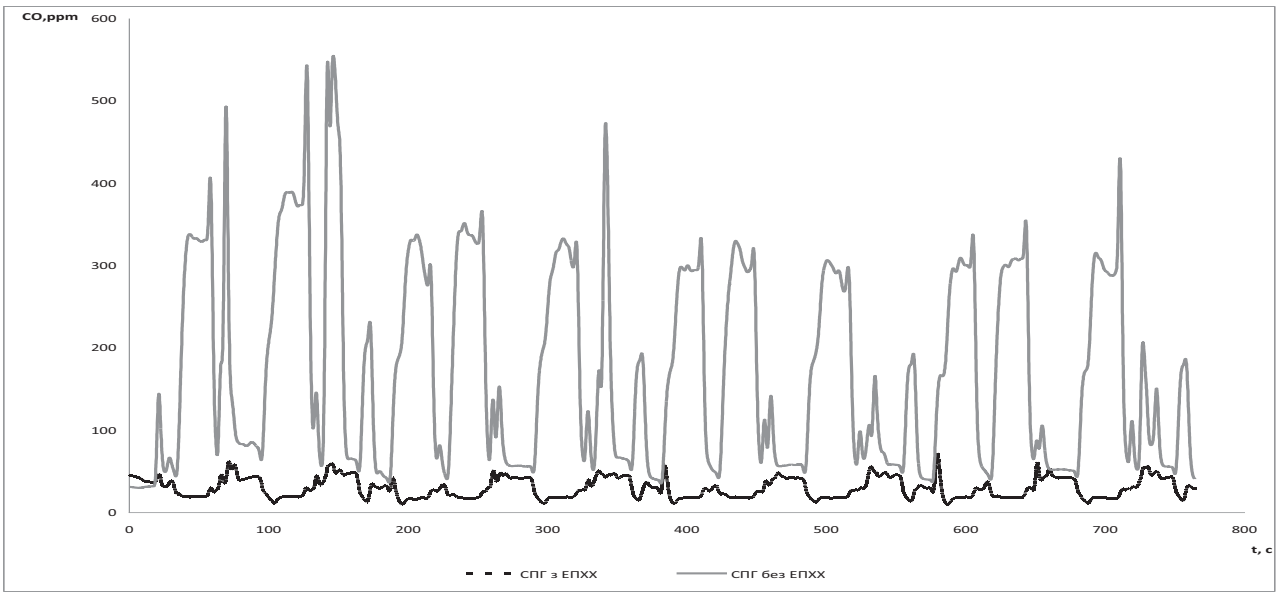
-режим розгону

-режим сповільнення (режим примусового холостого ходу)

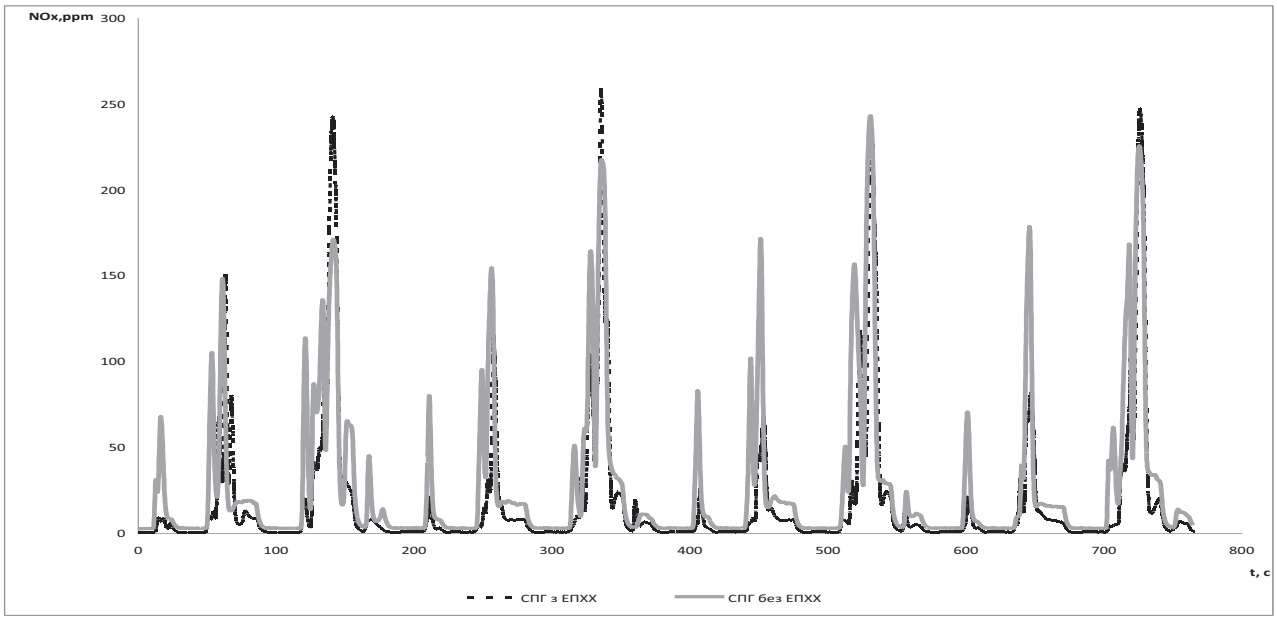
Розглянемо на прикладі режиму сповільнення (примусового холостого ходу) вплив несталих режимів роботи газового двигуна на його екологічні показники. Для цього в систему живлення був встановлений механічний перемикач режимів роботи газової системи холостого ходу та економайзерна система, який механічно відключає подачу газу в двигун із головної дозуючої системи і системи холостого ходу газового редуктора при гальмуванні автомобіля двигуном.

На рисунку 2 а, б показано залежності концентрацій оксиду вуглецю CO і оксидів азоту NOx в розбавлених відпрацьованих газах під час руху автомобіля ВАЗ – 2101 за Європейським міським їздовим циклом при роботі на СПГ з економайзером примусового холостого ходу та без нього.

В таблиці 1 наведені результати випробувань щодо масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобіля під час руху за Європейським міським їздовим циклом при роботі на СПГ (економайзером примусового холостого ходу та без нього).



а)



б)

Рисунок 2 – Залежності концентрацій оксиду вуглецю CO та оксидів азоту NOx в розбавлених відпрацьованих газах автомобіля ВАЗ – 2101 під час руху за Європейським міським їздовим циклом при роботі на СПГ (економайзером примусового холостого ходу та без нього)

Таблиця 1 – Результати випробувань автомобіля ВАЗ – 2101

Паливо	Викиди шкідливих речовин, мг/км			Витрата палива, МДж/100км
	CO	CmHn	NOx	
А – 92	4922	2585	1373	345,8
СПГ без ЕПХХ	5982	1565	1325	345,2
СПГ з ЕПХХ	961	1401	940	341,2

Аналіз результатів викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами показує, що при роботі двигуна на СПГ в умовах несталих режимах екологічні його показники погіршуються по відношенню до його роботи на бензині, однак при роботі двигуна на газі з економайзером примусового холостого ходу, ситуація різко змінюється в позитивну сторону – викиди шкідливих речовин різко знижуються и стають менше чим при роботі на бензині, при цьому витрата палива в МДж/100км зменшується на 17,6%.

Таким чином дослідження проведені на автомобілі ВАЗ – 2101 переобладнаному для роботи на СПГ в умовах несталих режимах руху при відсутності економайзера примусового холостого ходу збільшується витрата палива на 8,2%, викиди оксиду вуглецю CO з відпрацьованими газами зростають в 5 – 6 раз, а оксиди азоту зростають у 1,9 – 2 рази, вуглеводи не метанового ряду залишаються незмінними.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Михельсон, В.А. Физика : В 2 т. : Учеб. пособие для ВТУЗов и высш. сельхоз. учеб. завед. / В.А. Михельсон. – Изд. 9-е, перераб. и доп. – М. ; Л. : Гос. объедин. науч.–техн. изд-во НКТП СССР, Ред. техн.-теорет. лит., 1938. - Т. 2 : Электричество. Оптика. Строение атома. – 366 с. : ил., табл. – Прил.: с. 361-366.

REFERENCES

1. Mihelson V.A. Physics: In 2 t:. Proc. aid for technical colleges and higher. farming. Proc. Head. / V.A. Mihelson. - Ed. 9th, Revised. and ext. - M.; AL: Gos. combined. scientific and engineering. publ NKTP USSR, Ed. tehn.-theor. lit., 1938. - T. 2:. Electricity. Optics. The structure of the atom. - 366 s. : Il, pl.. - App .: p. 361-366. (Rus)

РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. Удосконалення газової паливної апаратури двигуна автомобіля при роботі на стисненому природному газі / А.Г. Говорун, Р.В. Симоненко, К.С. Колобов, С.І. Шиманський //

Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті запропоновано удосконалення газової паливної апаратури двигуна автомобіля при роботі на стисненому природному газі

Об’єкт дослідження – автомобіль ВАЗ – 2101 переобладнаний для роботи на стисненому природному газі.

Мета роботи – зменшенні викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Метод дослідження – удосконалення газової паливної апаратури.

Ключовим пристроєм газової системи живлення є газовий редуктор. Одним із недоліків таких редукторів є то, що не передбачено економайзер примусового холостого ходу, який дозволив відключати подачу газоповітряної суміші в режимах, примусового холостого ходу, залишаючи при часткових навантаженнях економічний склад газоповітряної суміші. При застосуванні газового редуктора з економайзером примусового холостого ходу дає відчутні переваги за екологічними показниками в несталих швидкісних та навантажувальних режимах.

Результати статті можуть бути упроваджені в автомобільних двигунах без зворотнього зв’язку за вмістом кисню у відпрацьованих газах.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – зменшення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТИСНЕНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ЕКОНОМАЙЗЕРНА СИСТЕМА, ГАЗОВИЙ РЕДУКТОР, ГАЗОВА СИСТЕМА.

ABSTRACT

Hovorun A.H., Symonenko R.V., Kolobov K.S., Shymanskyi S.I. Improving gas fuel equipment of the vehicle engine when operating on compressed natural gas. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article suggested the improvement of gas fuel equipment of the vehicle engine when operating on compressed natural gas.

The object of study - VAZ - 2101 converted length work on compressed natural gas.

The purpose of work - reducing the emissions of harmful substances in exhaust gases.

The research method - improving gas fuel equipment.

The key device of the gas supply system is gas reducer. One of the drawbacks of gear that is not unpredictable economizer forced idling, which allowed to disconnect the supply of the gas mixture in a mode of compulsory idling, partial load leaving the economic structure of the gas mixture. When using a gas motor with economizer forced idling provides tangible benefits for environmental performance in speed and load transient modes.

Results items may be implemented in automotive engines without feedback on the oxygen content in the exhaust gases.

Projected assumptions about the development of the object of study - reduction of emissions of harmful substances in exhaust gases.

KEYWORDS: COMPRESSED NATURAL GAS, EKONOMAYZERNA SYSTEM, GAS REGULATORS, GAS SYSTEM.

РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. Совершенствование газовой топливной аппаратуры двигателя автомобиля при работе на сжатом природном газе / А.Г. Говорун, Р.В. Симоненко, К.С. Колобов, С.И. Шиманский // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложено усовершенствование газовой топливной аппаратуры двигателя автомобиля при работе на сжатом природном газе.

Объект исследования – автомобиль ВАЗ - 2101 переоборудован дли работы на сжатом природном газе.

Цель работы – уменьшение выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Метод исследования – совершенствование газовой топливной аппаратуры.

Ключевым устройством газовой системы питания является газовый редуктор. Одним из недостатков таких редукторов является то, не предусмотрено экономайзер принудительного холостого хода, который позволил отключать подачу газовоздушной смеси в режимах, принудительного холостого хода, оставляя при частичных нагрузках экономический состав

газовоздушной смеси. При применении газового редуктора с экономайзером принудительного холостого хода дает ощутимые преимущества по экологическим показателям в неустойчивых скоростных и нагрузочных режимах.

Результаты статьи могут быть внедрены в автомобильных двигателях без обратной связи по содержанию кислорода в отработавших газах.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - уменьшение выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЖАТЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, ЕКОНОМАЙЗЕРНА СИСТЕМА, ГАЗОВЫЙ РЕДУКТОР, ГАЗОВАЯ СИСТЕМА.

АВТОРИ:

Говорун Анатолій Григорович, Національний транспортний університет, кандидат технічних наук, професор кафедри «Двигунів та теплотехніки», тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Симоненко Роман Вікторович, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», кандидат технічних наук, в.о. заступника завідувача лабараторії дослідження використання палив та екології, тел. +38 044 201-08-87, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги 57, к. 808

Колобов Костянтин Сергійович, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», аспірант, завідувач сектора випробування транспортних засобів, двигунів і моторних палив, тел. +38 044 201-08-63, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги 57, к. 7

Шиманський Сергій Іванович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигунів та теплотехніки», e-mail: Serg516@ukr.net, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

AUTHORS:

Hovorun Anatolii H., National Transport University, Ph.D., professor of "Motors and heat engineering", tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, m. Kyiv, vul. Suvorov 1, k. 303a.

Symonenko Roman V., SE "State Road Transport Research Institute", Ph.D., Acting Deputy head of research labaratoriyi fuel use and ecology, tel. +38 044 201-08-87, Ukraine, 03113, m. Kyiv, pr. Peremogy, 57, k. 808

Kolobov Kostiantyn S., SE "State Road Transport Research Institute", graduate student, Head of the testing of vehicles, engines and motor fuels, tel. +38 044 201-08-63, Ukraine, 03113, m. Kyiv, pr. Peremogy, 57, k. 7

Shumanskyi Serhii I., National Transport University, postgraduate department of engines and heating, email: Serg516@ukr.net, tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

АВТОРЫ:

Говорун Анатолий Григорьевич, Национальный транспортный университет, кандидат технических наук, профессор кафедры «Двигателей и теплотехники», тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г.. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Симоненко Роман Викторович, ГП «ГосавтотрансНИИпроект», кандидат технических наук, и.о. заместителя заведующего лабаратории исследования использования топлив и экологии, тел. +38 044 201-08-87, Украина, 03113, г.. Киев, пр. Победы 57, к. 808

Колобов Константин Сергеевич, ГП «ГосавтотрансНИИпроект», аспирант, заведующий сектором испытания транспортных средств, двигателей и моторных топлив, тел. +38 044 201-08-63, Украина, 03113, г.. Киев, пр. Победы 57, к. 7

Шиманський Сергей Иванович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: Serg516@ukr.net, тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», Київ, Україна.

Новікова А.М., доктор економічних наук, заступник директора ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», Київ, Україна.

REVIEWER:

Sahno V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of motor vehicles, Kyiv, Ukraine.

Novikova A.M. Ph.D Economics (Dr.), Deputy Director SE "State Road Transport Research Institute", Kyiv, Ukraine.

УДК 659. 083
UDC 659.083

ФАКТОРИ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Годованюк П.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

FACTORS DETERMINING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF VEHICLES

Godovanyuk P.D., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Годованюк П.Д., кандидат технических наук, Национальний транспортный университет, Киев, Украина

Автомобільна галузь вийшла на високий рівень в порівнянні з минулими роками. Спостерігається зріст виробництва автомобілів в світі. В даний час в нашій країні постійно збільшується кількість автомобілів.

Постановка проблеми Зростання автомобільного парку і збільшення конкуренції на автомобільному ринку, а також збільшення числа іноземних автоскладальних виробництв, що випускають свою продукцію на території України призвели до того, що гостро затребуваними стають випробування, присвячені сервісу автомобілів.

Справний технічний стан означає, повна відповідність рухомого складу нормам, обумовленим правилами технічної експлуатації, і характеризує його працездатність.

Працездатність автомобіля оцінюється сукупністю експлуатаційно-технічних якостей: динамічністю, стійкістю, економічністю, надійністю, довговічністю, керованістю і т.д., які для кожного автомобіля виражаються конкретними показниками. Щоб працездатність автомобіля в процесі експлуатації перебувала на необхідному рівні, значення цих показників тривалий час повинні мало змінитися в порівнянні з їхніми первісними величинами.

Однак технічний стан автомобіля, як і всякої іншої машини, у процесі тривалої експлуатації не залишається незмінними. Воно погіршується внаслідок зношування деталей і механізмів, раптових поломок і несправностей, що виникають у шляху, що приводить у результаті до погіршення експлуатаційно-технічних якостей автомобіля або до його виходу з ладу.

Зміна зазначених якостей автомобіля в міру збільшення пробігу може відбуватися також у результаті недотримання правил технічної експлуатації, наприклад неправильного технічного обслуговування автомобіля.

Мета роботи. Основним засобом зменшення інтенсивності зношування деталей і механізмів і запобігання несправностей автомобіля, тобто підтримки його в належному технічному стані, є своєчасне й високоякісне виконання технічного обслуговування.

Основна частина. До основних факторів, які визначають ефективність експлуатації автотранспортних засобів, відносяться перш за все, надійність, екологічна безпека, паливна економічність і інші властивості, так як забезпечення їх високого рівня визначає конкурентоспроможності на світовому ринку.

Але яка б не була надійна конструкція автомобіля, його вузлів, агрегатів, він потребує технічного обслуговування і ремонту. Якщо своєчасно не проводити технічне обслуговування автомобіля, це може призвести до відказів, поломок та ін. Також фактором несвоєчасного технічного обслуговування автомобіля являється підвищений знос деталей, вузлів та агрегатів, що в свою чергу впливає на паливну економічність і також на шкідливість викидів двигуном автомобіля.

Виконання робіт по ТО і Р автотранспортним засобам, що належать громадянам, на всіх СТОА проводилися в відповідності з розробленою та затвердженою нормативно - технічної і технологічної документацією. Основними документами були перш за все відповідно про Міністерство транспорту України, затвердженого Указом Президента України від 27 грудня 1995 року №1186/95,затверджено

Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту від 30.03.98 р.

Це Положення визначає порядок проведення технічного обслуговування і ремонту дорожніх транспортних засобів і розповсюджується на юридичних та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності, які здійснюють експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів (за винятком тролейбусів, мопедів і мотоциклів) незалежно від форм власності.

Мета технічного обслуговування і ремонту – підтримування дорожніх транспортних засобів у технічно справному стані та належному зовнішньому вигляді, забезпечення надійності, економічності, безпеки руху та екологічної безпеки.

У цьому Положенні наведені нижче терміни,які вживаються в такому значенні: дорожній транспортний засіб (ДТЗ) – транспортний засіб,призначений для експлуатації переважно на автомобільних дорогах загального користування усіх категорій і сконструйований згідно з їхніми нормами; технічне обслуговування (ТО) – комплекс операцій чи операція щодо підтримки роботоздатності або справності виробу під час використання за призначенням, зберігання та транспортування; система технічного обслуговування та ремонту техніки – сукупність взаємопов'язаних засобів, документації технічного обслуговування і ремонту та виконавців, які потрібні для підтримування і відновлення якості виробів, що входять у цю систему; періодичність технічного обслуговування (ремонту) – інтервал часу чи напрацювання між даним видом технічного обслуговування (ремонту) і наступним таким же видом або іншим більшої складності; напрацювання - тривалість або обсяг роботи виробу. Напрацювання може бути як неперервною величиною (тривалість роботи в годинах, кілометрах пробігу і т.ін.), так і цілочисельною величиною (число робочих циклів, пусків і т.ін.); підготовка до продажу – комплекс операцій чи операція щодо виявлення та усунення усіх несправностей, які виникли в процесі транспортування і зберігання ДТЗ та підготовки їх до використання; сезонне технічне обслуговування – технічне обслуговування,яке виконується для підготовки виробу до використання в осінньо-зимових чи весняно-літніх умовах; трудомісткість технічного обслуговування (ремонту) – трудовитрати на проведення одного технічного обслуговування (ремонту) даного виду; фірмове обслуговування – метод виконання технічного обслуговування підприємством-виробником; технічний стан – сукупність схильних до зміни в процесі виробництва чи експлуатації якостей виробу, яка характеризується в певний момент часу ознаками, встановленими технічною документацією на цей виріб; справний стан (справність) – стан виробу, який відповідає усім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації; ремонт - комплекс операцій щодо відновлення справності або роботоздатності виробів та відновлення ресурсів виробів чи їх складових частин; роботоздатний стан (роботоздатність) – стан виробу, в якому значення усіх параметрів, які характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації; поточний ремонт (ПР) – ремонт, який виконується для забезпечення або відновлення роботоздатності виробу і полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин (може виконуватись заявочно або за результатами діагностування агрегатним,знеособленим та іншими методами); капітальний ремонт (КР) – ремонт, який виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь-яких частин, у тому числі базових; ресурс - сумарне напрацювання виробу з початку його експлуатації чи поновлення експлуатації після ремонту певного виду до переходу в граничний стан; граничний стан - стан виробу, коли його подальше застосування за призначенням недопустиме чи недоцільне або відновлення його справного чи роботоздатного стану неможливе чи недоцільне.

«Система технічного обслуговування і ремонту техніки. Терміни та визначення»; прейскуранти і доповнення до них на види послуг, що надаються і запасні частини для автомобілів всіх моделей; каталоги деталей і номенклатурні зошити запасних частин до вітчизняних легкових автомобілів всіх моделей; технічна документація, технологічні процеси за видами робіт які проводяться при обслуговуванні. Рекомендації по ремонту легкових автомобілів різних моделей; комплект стандартів підприємства по комплексній системі управління якістю послуг; Положення про гарантійне обслуговування легкових автомобілів; Правила з охорони праці на автомобільному транспорті, державні стандарти з охорони праці, охорона навколишнього середовища, стандарти на вироби, матеріали та окремі види робіт з діагностики, ТО і Р, метрології, застосування спеціального інструменту, пристосувань, обладнання.

З тих пір автомобільний парк повністю змінився, а з ним і сьогоднішній автосервіс.

На автотранспорті і в автосервісі фактично ліквідована монополія державних підприємств. У результаті акціонування і приватизації цей сектор в основному вийшов зі сфери державного

підприємництва і є зараз величезним «полігоном», на якому відпрацьовуються форми і методи ефективного розвитку малого і середнього підприємництва. Реальним фактором, що стимулює розвиток автосервісу, стала конкуренція як всередині автотранспортної галузі, так і з іншими підприємствами сервісу.

Обслуговування сучасного автомобіля, а тим більше автомобіля іноземного виробництва в умовах вітчизняного автосервісу пов'язано з окремими труднощами; потрібно складне дороге обладнання, прилади і пристосування, а також визначена кваліфікація обслуговуючого персоналу; якісні запасні частини і матеріали, своєчасне їх постачання.

З урахуванням ситуації, що склалася, сформувалася необхідність в науково-обґрунтованих методах, визначення періодичності проведення технічного обслуговування автомобілів іноземного виробництва, в умовах вітчизняного автосервісу з урахуванням специфіки експлуатації автомобілів в Україні

Досить висока вартість автомобілів робить дорогим кожну годину їх простою. Отже, автомобіль необхідно утримувати таким чином, щоб термін його служби в процесі експлуатації був максимальним, а це можливо при вдосконаленні технічної експлуатації автомобілів.

Періодичність проведення технічного обслуговування, перелік операцій впливу на автомобіль іноземного виробництва при проведенні ТО в умовах вітчизняного автосервісу встановлюються заводом-виробником, які часто не співпадають реальним умовам експлуатації автомобіля (рис.1).

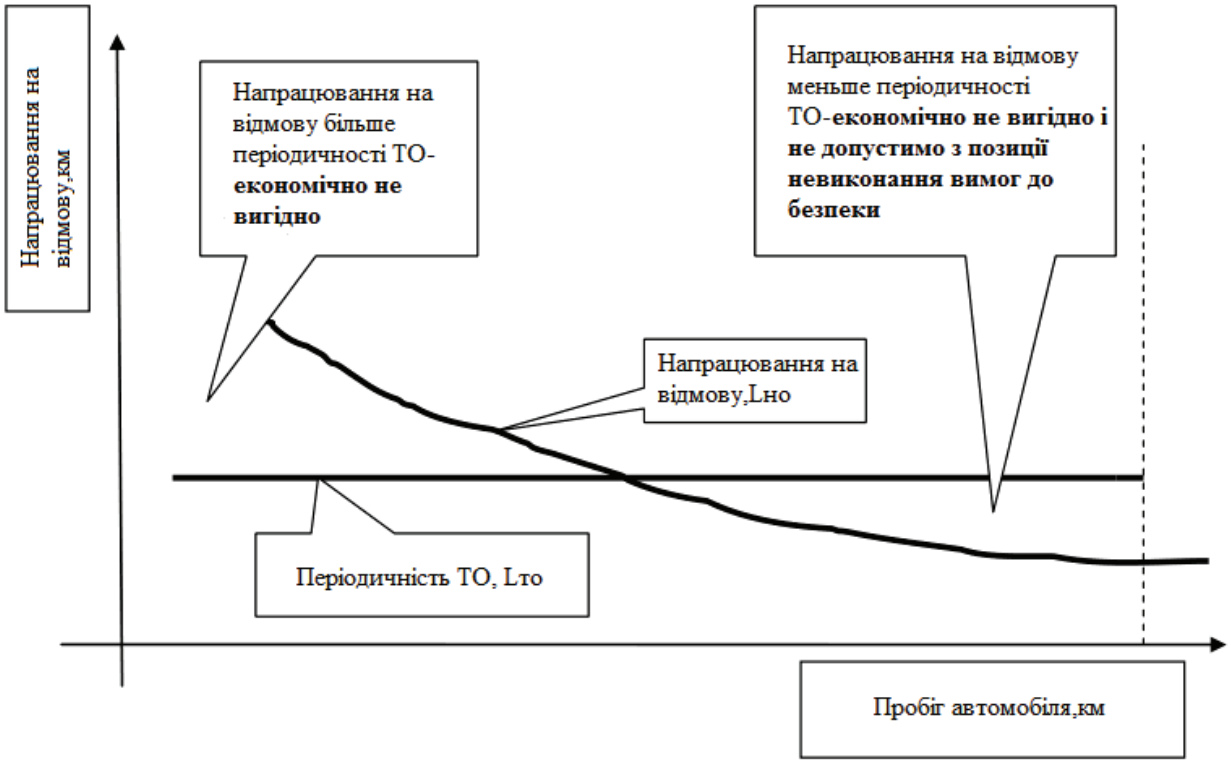


Рисунок 1 – Подання системи ТО згідно Положення про технічне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту

Слабо враховуються наші кліматичні умови, якості палива, стан дорожнього покриття і т.д., що безпосередньо впливає на технічний стан автомобіля в цілому, його негативний вплив на навколишнє середовище та безпека дорожнього руху.

Висновок. Ефективним вирішенням задачі оптимізації періодичності ТО автомобілів може бути такий підхід, коли весь життєвий цикл автомобіля ділиться на певну кількість інтервалів, в кожному з яких призначається оптимальна періодичність обслуговування (рис.2).

Всю сукупність відмов і поломок легкового автомобіля вітчизняного виробництва можна представити, як групу з шести основних (залежних і не залежних від моменту проведення ТО) підпотоків.

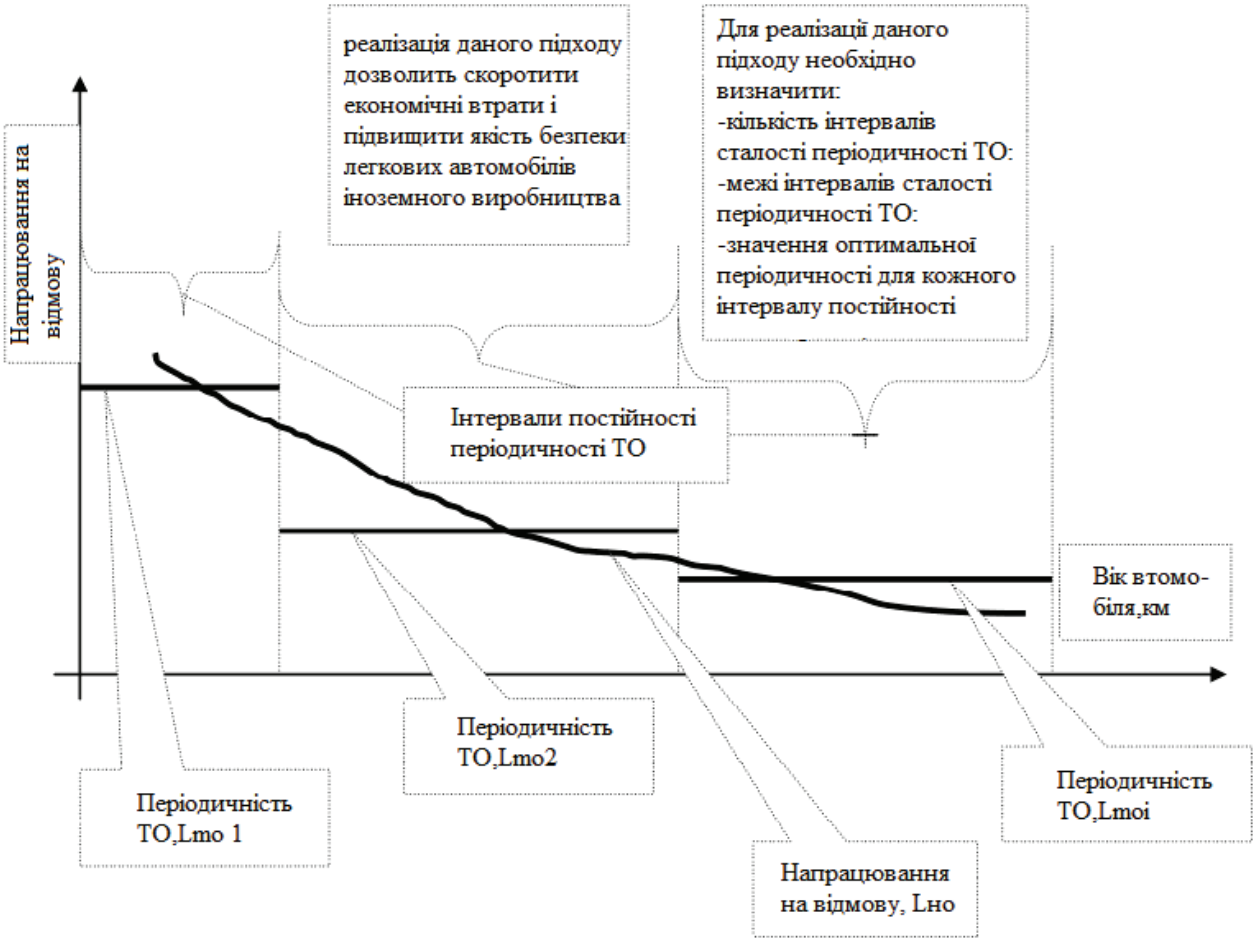


Рисунок 2 – Схематичне представлення рішення задачі оптимізації періодичності ТО

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрусенко С.І. Процесна модель управління підприємством автосервісу для використання в системах управління якістю/ С.І.Андрусенко, О.С**.** Бугайчук**,** П.Д. Годованюк, В.О. Ярусевич //' Управління проектами**,** системний аналіз і логістика Науковий журнал. – К: НТУ, 2009. – Вип. 6.

2. Андрусенко С.И. Что такое система качества / С.И.Андрусенко // Автосервис – апрель – 2003. – с. 70–71; июнь – 2003 – с. 30–32.

3. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія. Підручник / О.А. Лудченко // К.: Вища шк., 2007. – 527 с.

4. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Організація, планування і управління. Підручник: 2-ге вид., перероб. / О.А. Лудченко // К.: Логос, 2014. — 464 с.

5. Марков О.Д. Станции технического обслуживания автомобилей. / О.Д. Марков // К.: Кондор, 2008. – 536 с.

6. Марков О.Д. Обслуговування клієнтів автосервісу: Навчальний посібник / О.Д. Марков, Н.В. Веретельникова // К.: Каравела, 2015.

7. «Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів (ДТЗ)» // [Електронне джерело]. Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua

8. Ринок послуг автосервісу України 2011 році/2011/Україна/автосервіс // [Електронне джерело]. Режим доступу: http://autoshkola.net/articles/article-16/

REFERENCES

1. Andrusenko S.I., Buhaichuk O.S., Hodovanyuk P.D., Yarusevych V.O. Protsesna model upravlinnia pidpryiemstvom avtoservisu dlia vykorystannia v systemakh upravlinnia iakistiu. Upravlinnia proektamy,systemnyi analiz i logistyka.Naukovyi zhurnal. Kyiv. NTU 2009. Vypusk 6. (Ukr)

2. Andrusenko S.I. Chto takoe Sistema kachestva .Avtoservis – April 2003 – p .70–71; June. –2003. – p. 32. (Rus)

3. Ludchenko O.A. Tekhnichna ekspluatatsiia i obsluhovuvannia avtomobiliv: Tekhnolohiia. Pidruchnyk.Kyiv. Vyshcha shkola.2007. 527 p. (Ukr)

4. Ludchenko O.A. Tekhnichna ekspluatatsiia i obsluhovuvannia avtomobiliv: Orhanizatsiia, planuvannia i upravlinnia. Pidruchnyk: 2-he vyd., pererob. Kyiv.: Lohos. 2014. 464 p. (Ukr)

5. Markov O.D. Stantsii tekhnscheskoho obsluzhivaniia avtomobilei. Kyiv :Kondor.2008. 536 p.

6. Markov O.D., Veretelnikova H.B. Obsluhovuvannia kliientiv avtoservisu:Navchalnyi posibnyk. Kyiv. Karavela. 2015.

7. «Polozhennia pro tekhnichne obsluhovuvannia i remont dorozhnikh transportnykh zasobiv (DTZ)». http://zakon.rada.gov.ua

8. Rynok posluh avtoservisu Ukrainy 2011. Ukraine.Avtoservis: http://autoshkola.net/articles/article-16/

РЕФЕРАТ

Годованюк П.Д. Фактори, які визначають ефективність експлуатації автотранспортних засобів / П.Д. Годованюк // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті описано, що працездатність автомобіля оцінюється сукупністю експлуатаційно-технічних якостей: динамічністю, стійкістю, економічністю, надійністю, довговічністю, керованістю й т.д., які для кожного автомобіля виражаються конкретними показниками. Щоб працездатність автомобіля в процесі експлуатації перебувала на необхідному рівні, значення цих показників тривалий час повинні мало змінитися в порівнянні з їхніми первісними величинами.

В статті викладені основні напрямки вдосконалення ремонту та технічного обслуговування автотранспортних засобів на сучасному етапі.

Однак технічний стан автомобіля, як і всякої іншої машини, у процесі тривалої експлуатації не залишається незмінними. Воно погіршується внаслідок зношування деталей і механізмів, тому основним засобом зменшення інтенсивності зношування деталей і механізмів і запобігання несправностей автомобіля, тобто підтримки його в належному технічному стані, є своєчасне й високоякісне виконання технічного обслуговування.

Технічне обслуговування автотранспортних засобів, що належать громадянам, на всіх СТОА проводилися в відповідності з розробленою та затвердженою нормативно - технічної і технологічної документацією згідно Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту від 30.03.98р.

Метою технічного обслуговування і ремонту дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту є підтримування їх у належному технічному справному стані та належному зовнішньому вигляді, забезпечення надійності, економічності, безпеки руху та екологічної безпеки.

Показано на рисунку 2 підхід до вирішення задачі оптимізації періодичності технічного обслуговування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ, АВТОТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ВИТРАТИ.

ABSTRACT

Godovanyuk P.D. Factors that determine the effectiveness of the operation of vehicles. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article describes that vehicle performance is evaluated a set of operational and technical skills, dynamism, stability, efficiency, reliability, durability, handling, etc., which are expressed for each vehicle specific parameters. For performance car was in service at the required level, the values of these parameters for a long time have little changed compared with their initial values.

The article outlines the main directions of improving repair and maintenance of road-building equipment today.

However, the technical condition of the car, like any other machine in the long-term operation remains unchanged. It is getting worse due to wear of parts and mechanisms, as the primary means of reducing the wear rate of parts and mechanisms and prevent malfunctions of the car, ie support it in good condition, is timely and high-quality maintenance.

Maintenance of vehicles belonging to citizens at all MRV conducted in accordance with developed and approved normative - technical and technological documentation under the Regulation on maintenance and repair of motor road vehicles transport by 30.03.98.

The purpose of maintenance and repair of road vehicles is keeping them in proper technical order and good appearance, reliability, efficiency, safety and environmental safety.

Shown in Figure 2 approach to solving the problem of optimizing the frequency of maintenance.

KEYWORDS: MAINTENANCE, TECHNICAL OPERATION, VEHICLES, OPTIMIZATION COSTS

РЕФЕРАТ

Годованюк П.Д. Факторы, которые определяют эффективность эксплуатации автотранспортных средств / П.Д. Годованюк // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье описано, что работоспособность автомобиля оценивается совокупностью эксплуатационно-технических качеств: динамичностью, устойчивостью, экономичностью, надежностью, долговечностью, управляемостью и т.д., которые для каждого автомобиля выражаются конкретными показателями. Чтобы работоспособность автомобиля в процессе эксплуатации находилась на требуемом уровне, значение этих показателей длительное время должны мало измениться по сравнению с их первоначальными величинами.

В статье изложены основные направления совершенствования ремонту и техническому обслуживанию дорожно-строительной техники на современном этапе.

Однако техническое состояние автомобиля, как и всякой другой машины, в процессе длительной эксплуатации не остается неизменными. Оно ухудшается вследствие изнашивания деталей и механизмов, поэтому основным средством уменьшения интенсивности изнашивания деталей и механизмов и предотвращения неисправностей автомобиля, то есть поддержания его в надлежащем техническом состоянии, является своевременное и качественное выполнение технического обслуживания.

Техническое обслуживание автотранспортных средств, принадлежащих гражданам на всех СТОА, проводились в соответствии с разработанной и утвержденной нормативно – технической и технологической документацией в соответствии с Положением о техническом обслуживании и ремонте дорожных транспортных средств автомобильного транспорта от 30.03.98 г.

Целью технического обслуживания и ремонта транспортных средств автомобильного транспорта является поддержание их в надлежащем техническом исправном состоянии и надлежащем внешнем виде, обеспечение надежности, экономичности, безопасности движения и экологической безопасности.

Показано на рисунке 2 подход к решению задачи оптимизации периодичности технического обслуживания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ, АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОПТИМИЗАЦИЯ, РАСХОДЫ

АВТОР:

Годованюк Петро Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент, Національного транспортного університету, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 410.

AUTHOR:

Godovanyuk Peter D., Ph.D., associate professor, National Transport University, assistant professor of technical operation of automobiles and autoservice, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 410.

АВТОР:

Годованюк Петр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Левківський О.П. доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Сухенко Ю.Г. доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування, завідувач кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК НУБіП України, Київ, Україна.

REVIEWER:

Levkovsky A.P., Ph.D., Engineering (Dr.), Professor, National Transport University, head of manufacturing, repair and materials science, Kyiv, Ukraine.

Sukhenko J.G., Ph.D., Engineering (Dr.), Professor, National University of Life and Environmental Sciences, head of process equipment and processing of agricultural products NULES Ukraine, Kyiv,Ukraine.

УДК 629.113
UDC 629.113

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ У ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ

Грищук О.К., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Кравчук П.М., кандидат технічних наук, ДП “ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ”, Київ, Україна
Оверченко Ю.М., ДП “ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ”, Київ, Україна

WITH REFERENCE TO THE REEQUIPMENT OF WHEELED VEHICLE INTO E-VEHICLE

Gryshchuk O.K., Candidate of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Kravchuk P.M., Candidate of Science, SE «STATE ROAD TRANSPORT RESEARCH INSTITUTE», Kyiv, Ukraine
Overchenko Y.M., SE «STATE ROAD TRANSPORT RESEARCH INSTITUTE», Kyiv, Ukraine

О ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ

Грищук О.К., кандидат технических наук, Национальный транспортний университет, Киев, Украина
Кравчук П.М., кандидат технических наук, ГП “ГОСАВТОТРАНСНИИПРОЭКТ”, Киев, Украина
Оверченко Ю.М., ГП “ГОСАВТОТРАНСНИИПРОЭКТ”, Киев, Украина

Постановка проблеми.

На сьогоднішній день все гостріше постає питання використання електромобілів (ЕМ) в Україні. Провідні автовиробники вже випускають серійні ЕМ, але їх вартість для пересічного українського споживача є практично недосяжною.

Найголовнішим фактором, який робить ЕМ більш вигідним вже нині, є екологічна безпечність, що має місце завдяки практично відсутності шкідливих викидів до зовнішнього середовища у місцях використання [1, 2].

В країнах, які стимулюють напрямок розвитку ЕМ, ухвалюються державні загальнонаціональні програми з підтримки розвитку електротранспорту. Надаються пільги підприємствам з виробництва ЕМ і їх власникам. Власники ЕМ можуть бути як приватні особи, так і підприємства спеціалізованого призначення для окремих виробництв.

Як стати власником ЕМ колісного транспортного засобу (КТЗ) категорії M_1 та N_1 в Україні? Купувати у іноземного виробника за ціну, яка перевищує майже удвічі вартість такого ж автомобіля з бензиновим або дизельним двигуном? Чи можливо є інші варіанти, більш бюджетні та доступні?

Одним із таких варіантів, який практикується в Україні, є переобладнання КТЗ шляхом заміни бензинового або дизельного двигуна на електричний, який приводиться в дію від енергії, що запасена в акумуляторних батареях (АКБ).

Метою роботи є розгляд основних розповсюджених схем переобладнання КТЗ на ЕМ та вимоги, яких потрібно дотримуватись для безпечного використання та експлуатації даного КТЗ.

Об’єктом дослідження є КТЗ категорії M_1, N_1, який переобладнаний у ЕМ.

Основна частина

Для переобладнання звичайного КТС шляхом заміни штатного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) на електричний двигун (ЕД) потрібно, визначитися з КТЗ, що переобладнується. Тобто, від технічних характеристик КТЗ залежить багато факторів, які можуть впливати на подальшу роботу та експлуатацію ЕМ.

Враховуючи такий важливий фактор, як шлях пробігу КТС, що залежить від збереженої в АКБ енергії та характеристик ЕД, що переобладнується, бажано використовувати КТС з невеликою споря-

дженою масою, тоді необхідна енергія, що витрачається для руху, буде значно меншою і відстань пробігу КТС буде більшою.

На сьогоднішній день, для переобладнання використовують КТС категорії М1, N1 з малим об'ємом двигуна та з невеликою спорядженою масою, наприклад, як ЗАЗ сімейства "Таврія" тощо. На цих КТЗ встановлюються ДВЗ з механічною коробкою переміни передач (КПП).

Для КТЗ, який переобладнується, штатний ДВЗ та його системи: охолодження, подачі палива, випуску відпрацьованих газів демонтуються.

Для подальшого переобладнання КТЗ необхідно визначитись з ЕД та його потужністю.

Для ЕМ застосовуються декілька типів ЕД: асинхронні двигуни перемінного струму, синхронні двигуни перемінного стуму, колекторні двигуни постійного струму та сучасні типи двигунів перемінного струму з вентильним керуванням та ін. [4, 5]

Розрізняють наступні сучасні види ЕД (рис. 1).

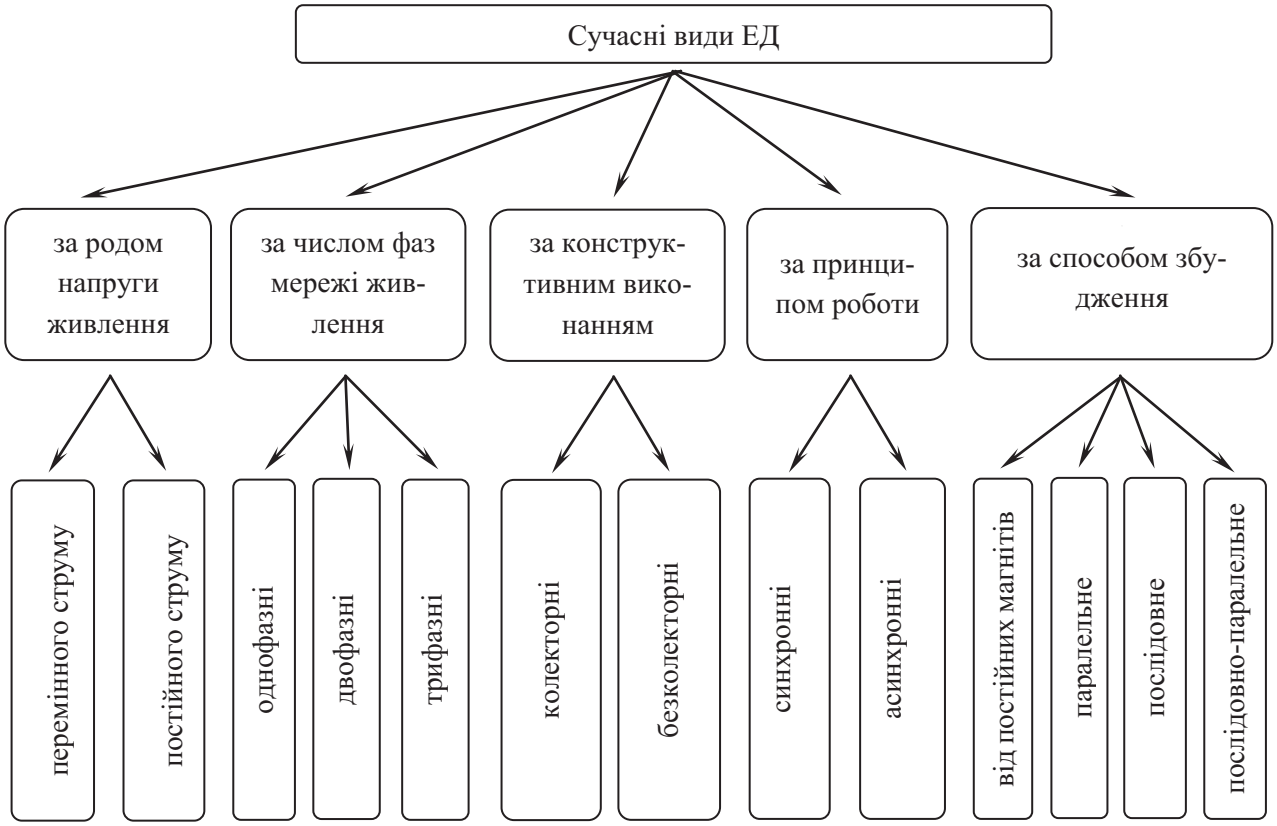


Рисунок 1 – Структурна схема електричних двигунів

Найбільше розповсюдження для ЕМ в Україні отримали двигуни постійного стуму з послідовним збудженням, але також, застосовуються двигуни постійного стуму з паралельним збудженням, які дозволяють реалізувати режим рекуперації енергії при гальмуванні, тобто повернення енергії гальмування у тягову батарею.

На сьогоднішній день розробляються ЕД з вентильним керуванням. Вони характеризуються потужним електронним пристроєм керування на основі мікропроцесорних систем. Перспективою використання ЕМ з таким ЕД є компактність та висока питома потужність на одиницю ваги, але їх застосування стримує велика вартість.

Також, при виборі ЕД, за характеристиками ваги, крутного моменту та частоти обертання валу потрібно намагатись не перевищити характеристик штатного ДВЗ, який застосовувався на КТЗ.

Для визначення потужності ЕД , що необхідна для руху КТЗ, існує залежність [3]:

$$N = g \cdot F_{mp} \cdot M_a \cdot V_{\max} + C_x \cdot S \cdot V^2 + g \cdot m \cdot \sin\alpha, \quad (1)$$

де: g – прискорення сили тяжіння;

F_{mp} – тертя кочення по асфальту;

M_a – повна маса КТЗ;

$V_{\max}$ – максимальна швидкість руху КТЗ;

C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору;

S – лобова площа кузова;

α – кут поздовжнього нахилу площини дороги до горизонту.

Виходячи із рівняння (1), потужність двигуна, яка необхідна для руху КТЗ залежить від швидкості руху, вагових та габаритних характеристик КТЗ. Але при розрахунку також необхідно враховувати вихідний коефіцієнт корисної дії (ККД) вузлів ЕМ (двигун, редуктор головної передачі, контролер з втратами на проводах та контакторах тощо).

Для переобладнання КТЗ необхідно визначити місце розташування ЕД в трансмісії ЕМ. Для цього може бути розглянуто декілька варіантів, наприклад, ЕД підключається безпосередньо до ведучого колеса; ЕД підключається до осьового диференціалу ведучого моста; ЕД підключається до первинного валу КПП. [4]

Кожен із варіантів розташування ЕД в трансмісії ЕМ має свої недоліки та переваги.

Варіант, коли ЕД підключається до первинного валу КПП при переобладнанні КТЗ, використовується найчастіше.

Враховуючи зазначене, цей варіант розглянемо детальніше.

ЕД з’єднується через план-шайбу (перехідну плиту) зі штатною КПП КТЗ із збереженням орієнтації та співвісності валів. Використання КПП дає змогу ефективніше керувати автомобілем при різних режимах руху. Зчеплення можна і не застосовувати. Для керування роботою ЕД повинен бути встановлено відповідний регулятор напруги та командоконтролер керування регулятором (електронна педаль).

У підкапотному або(та) у багажному відсіках ЕМ необхідно обладнати місця для встановлення та закріплення тягових АКБ (блоків батарей). Означені відсіки повинні мати систему вентиляції для забезпечення відведення назовні газів (за наявності – в залежності від типу АКБ, що застосовуються), що можуть виділятись час заряджання АКБ.

Розмаїття та характеристики АКБ дають змогу власнику самому вирішувати, які саме використовувати АКБ (табл. 1), але необхідно пам’ятати, що від кількості застосованих АКБ будуть зростати і навантаги на осі ЕМ, а їх перевищувати не допустимо. Але також необхідно враховувати стійкість АКБ до перезаряджань та максимального розряду – від цих показників залежить їх термін використання [4].

Таблиця 1 - Найпоширеніші види джерел (характеристики АКБ)

Джерело струму	Енергетична потужність Вт·год/кг	Термін служби (циклів зарядки-розрядки)
Свинцево-кислотні акумулятори	30	300
Нікель-кадмієві акумулятори	40-60	1500
Нікель-металогідридні акумулятори	75	500
Іонно-літієві акумулятори	100	500
Полімерно-літієві акумулятори	175	150
Літій-фосфатні акумулятори	65	2000
Нікель-марганцеві акумулятори	60-120	500
Нікель-хлоридні акумулятори	85	Більше 1000
Суперконденсатори	10	Необмежено
Цинк-повітряні паливні батареї	220	Необмежено

Електромережа ЕД повинна бути захищена встановленням електромагнітного контактора, розрахованого на відповідну силу струму, який має запобігати несанкціонованому керуванню регулятором напруги.

ЕМ обов’язково повинен бути обладнаний контрольною системою (індикатором) появи електричного потенціалу на корпусі.

Датчики режимів роботи двигуна та тягових АКБ необхідно сумістити з покажчиками на панелі приладів ЕМ.

Для поновлення енергії АКБ повинен застосовуватись зарядний пристрій, розрахований на відповідні до характеристик та сумарної кількості АКБ силу струму та напругу.

На сьогоднішній день в багатьох КТЗ, які переобладнуються в ЕМ, в гальмівній системі повинен бути застосований промислового виробництва вакуумний насос з електричним проводом, який розрахований на живлення від бортової електромережі КТЗ та за характеристиками й продуктивністю відповідає штатному вакуумному насосу автомобіля, що застосовувався виробником до переобладнання КТЗ. Принципова схема, схема з’єднань, а також складники гідравлічного приводу гальмівних механізмів (окрім вакуумного насоса) переобладнаного автомобіля повинні відповідати штатній (заводській) конструкції автомобіля до переобладнання і виконані двоконтурною системою згідно з Правилами ЕЭК ООН 13-10. [6]

Повна маса переобладнаного КТЗ на ЕМ, а також навантаження на осі при повній масі, не повинні перевищувати показників, зазначених заводом-виробником. Враховуючи цей фактор, гальмівна система ЕМ та рульове керування за конструкцією і характеристиками повинні залишатись без змін і відповідати вимогам виробника КТЗ.

Висновки. Розглянуто оптимальний варіант для мінімізації затрат на виготовлення ЕМ при переобладнанні КТЗ. Розглянуто типи та характеристики АКБ для ЕМ, які більш придатні для внутрішньо міського використання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАННЯ

1. Щетина В.А., Морговский Ю.Я., Богомазов В.А. Электромобиль : Техника и экономика; Под общ. ред. Щетинина В.А. – Л.: Машиностроение, 1987. – 253 с.

2. Коваленко О.Л. Электронные системы автомобилей: учебное пособие / О.Л. Коваленко // Архангельск.: ИПЦ САФУ, 2013. – С. 80.

3. Ставров О.А. Перспективы создания эффективного электромобиля. - М.: Наука, 1984 – С. 87.

4. Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005 – С. 240.

5. Лихачёв В.Л. Электродвигатели асинхронные М.: Солон –Р, 2002. – 180 с.

6. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в отношении торможения: Правила ЕЭК ООН № 13-Н (с изменениями и дополнениями) . Издательства ООН, 1995.

REFERENCES

1. Shchetina V.A., Morgovskii IU.IA., Bogomazov V.A. E-vehicle: Technique and Economy. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1987. 253 p. (Rus)

2. Kovalenko O.L. Electronic systems of vehicles: a tutorial. Arkhangelsk, CPI NArFU, 2013. P. 80. (Rus)

3. Stavrov O.A. Prospects for an efficient electric vehicle. Moscow, Science Publ., 1984. P. 87. (Rus)

4. Sosnin D.A., Iakovlev V.F. Latest automotive electronic systems. Moscow, Solon-Press Publ., 2005. P. 240. (Rus)

5. Likhachev V.L. Asynchronous electric motors. Moscow, Solon-P Publ., 2002. 180 p. (Rus)

6. Uniform provisions the official concerning the approval of passenger cars with regard to braking: Rules UNECE No.13-H (with changes and additions). UN Publ., 1995. (Rus)

РЕФЕРАТ

Грищук О.К. Щодо можливості переобладнання колісного транспортного засобу у електромобіль / О.К. Грищук, П.М. Кравчук, Ю.М. Оверченко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті описано основні конструктивні схеми електромобілів для переобладнання та їх доцільність використання.

Об’єкт дослідження – є автомобіль категорії M_1, який переобладнаний у ЕМ.

Мета роботи – є розгляд основних розповсюджених схем переобладнання КТЗ на ЕМ.

На сьогоднішній день все гостріше постає питання використання електромобілів (ЕМ) в Україні. Провідні автовиробники вже випускають серійні ЕМ, але їх кошторис для пересічного українського споживача є практично недосяжною.

Тоді, виходячи із практики встановлення ЕД на автомобілі, який практикується в Україні, є переобладнання КТЗ, шляхом заміни бензинового або дизельного двигуна на електричний, який приводиться в дію від енергії, що запасена в акумуляторних батареях (АКБ).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ЕКОЛОГІЯ, ПЕРЕОБЛАДНАННЯ, СХЕМА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ.

ABSTRACT

Gryschuk O.K., Kravchuk P.M., Overchenko Y.M. With reference to the reequipment of wheeled vehicle into e-vehicle. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article is about main design charts of e-vehicle for the reequipment and their usage relevance.

Object of research is an automobile of catagory M1, which was reequiped into e-vehicle.

Aim of article is viewing of main overspread charts of reequipment of wheeled vehicle into e-vehicle.

Nowadays there is a question about the usage of e-vehicle in Ukraine. Leading automobile manufacturers produce stock e-vehicles, but their estimate is reachless thing for common Ukrainian consumers.

As a result of setup of electric engine on automobile, which is used in Ukraine, is the reequipment of wheeled vehicle with the replacement petrol or diesel engine into electric which works because of accumulatory battery energy.

KEYWORDS: ELECTRIC ENGINE, E-VEHICLE, ECOLOGY, REEQUIPMENT, CHART OF E-VEHICLE.

РЕФЕРАТ

Грищук А.К. О возможности переоборудования колесного транспортного средства в электромобиль / А.К. Грищук, П.Н. Кравчук, Ю.Н. Оверченко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье описаны основные конструктивные схемы электромобилей при переоборудования и их целесообразность использования.

Объект исследования – есть колесное транспортное средство категории M_1,N_1 которые переоборудованные в электромобиль.

Цель работы – В статье рассмотрены основные распространенные схемы переоборудования автомобиля на электромобиль.

На сегодняшний день более остро стоит вопрос использования электромобилей в Украине. Ведущие автопроизводители уже выпускают серийные электромобили, но их стоимость для рядового украинского потребителя остается практически недостижимой.

Главным фактором, который делает электромобиль более выгодным уже сейчас, является экологическая безопасность и, практически, отсутствие вредных выбросов во внешнюю среду в местах использования.

Как стать владельцем переоборудованного колесного транспортного средства категории M_1, N_1 в электромобиль в Украине? Покупать у иностранного производителя по цене, превышающей почти вдвое стоимость такого же автомобиля с бензиновым или дизельным двигателем? Возможно есть другие варианты, более бюджетные и доступные?

Одним из таких вариантов, который практикуется в Украине, является переоборудование автомобиля(ей) путем замены бензинового или дизельного двигателя на электрический, который приводится в действие от энергии, запасенная в аккумуляторных батареях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ, ЕЛЕКТРОМОБИЛЬ, ЕКОЛОГИЯ, ПЕРЕОБОРУДЫВАНИЕ, СХЕМА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ.

АВТОРИ:

Грищук Олександр Казимирович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, проректор з навчальної роботи, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, кім. 328.

Кравчук Павло Миколайович, ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», науковий співробітник лабораторії випробувань та діагностики дорожніх транспортних засобів, e-mail: pkravchuk@insat.org.ua, тел. (044) 201-08-19, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги, 57, кім. 204.

Оверченко Юрій Миколайович, ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», провідний інженер відділу конструкторський розробок та науково-технічних експертиз, e-mail: yoverchenko@insat.org.ua, тел. (044) 456-34-04, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги, 57, кім. 805.

AUTHORS:

Gryshchuk O.K., candidate of technical science, professor, National Transport University, prorektor of education work, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 326.

Kravchuk P.N., SE «STATE ROAD TRANSPORT RESEARCH INSTITUTE», candidate of science, research associate road vehicles test laboratory, e-mail: pkravchuk@insat.org.ua, tel. (044) 201-08-19, Ukraine, 03113, Kyiv, Pobedy av., 57, of. 204.

Overchenko Y.M., SE «STATE ROAD TRANSPORT RESEARCH INSTITUTE», lead engineer Vehicle Construction and Conversion Department, e-mail: yoverchenko@insat.org.ua, Ukraine, 03113, Kyiv, Pobedy av., 57, of. 805.

АВТОРЫ:

Грищук Александр Казимирович, кандидат технических наук, професор, Национальный транспортный университет, проректор по учебной работе, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, ком. 328.

Кравчук Павел Николаевич, ГП «ГОСАВТОТРАНСНИИПРОЭКТ», кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории испытаний и диагностики дорожных транспортных средств, email: pkravchuk@insat.org.ua, тел. (044) 201-08-19, Украина, 03113, г. Киев, пр. Победы, 57, ком. 204.

Оверченко Юрий Николаевич, ГП «ГОСАВТОТРАНСНИИПРОЭКТ», ведущий инженер отдела конструкторских разработок та научно-технических экспертиз, e-mail: yoverchenko@insat.org.ua, тел. (044) 456-34-04, Украина, 03113, г. Киев, пр. Победы, 57, ком. 805.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, Україна

Рудзінський В.В. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів і механіки технічних систем, Житомирський державний технологічний університет, Україна

REVIEWERS:

Sahno V. P., Doctor of technical Sciences, Professor, Head of Department cars, National Transport University, Ukraine

Rudzinsky V.V., Doctor of technical Sciences, Professor, Head of Department car mechanics and engineering systems, Zhytomyr State Technological University, Ukraine

УДК 539.3
UDC 539.3

ДЕЯКІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ТЕРМОПРУЖНОГО ДЕФОРМУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ДОРОГИ

Гуляєв В.І., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Мозговий В.В., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Гайдайчук В.В., доктор технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна
Заєць Ю.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Шевчук Л.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

SOME REGULARITIES OF THERMO-ELASTIC DEFORMING OF THE ASPHALT ROAD OVERLAY

Gulyayev V.I., Doctor of Science (Technology), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Mozghovyi V.V., Doctor of science (Technology), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Gaidaichuk V.V., Doctor of Science (Technology), Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
Zaiets Yu.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Shevchuk L. V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕРМОУПРОГОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ДОРОГИ

Гуляев В.И., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Мозговой В.В., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Гайдайчук В.В., доктор технических наук, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина
Заец Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Шевчук Л. В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

На теперішній час основні проблеми забезпечення якості автомобільних доріг значною мірою пов’язані з недосконалою і застарілою базою нормативних документів їх проектування, будівництва та експлуатації. Ці обставини ускладнюють комплексне вирішення питань раціонального забезпечення відповідними ресурсами всього життєвого циклу дорожніх покриттів з урахуванням виникаючих під час їх експлуатації реальних термомеханічних процесів.

Оскільки діючі нормативні документи спираються на застарілу наукову базу, недостатньо повне врахування в ній термомеханічних властивостей матеріалів дорожнього та їх зміну у процесі експлуатації суттєво впливає на передчасне вичерпання міцності і довговічності покриття, а також знижує рівень необхідних ресурсів для відновлення його експлуатаційних характеристик.

Як свідчить практика [1,2], підвищення якості доріг виявляється можливим за допомогою вирішення ряду наукових задач, спрямованих на обґрунтування раціональних рішень з вибору дорожнього покриття. Існуюче методичне забезпечення та нормативні документи із визначення раціональних конструкцій дорожнього покриття, в основному, орієнтовані на використання узагальнюючої інформації про їх роль в системі експлуатації автомобільної дороги і, як правило, не відтворюють вимог до їх обґрунтування. Тому для повного вирішення проблеми, пов’язаної з обґрунтуванням конструкцій дорожнього покриття, слід вирішити такі задачі:

− створити математичні моделі з розрахунку критеріїв обґрунтування варіантів конструкцій дорожнього покриття;

− створити алгоритми визначення відношень між критеріями обґрунтування конструкцій дорожнього покриття при умові їх довгострокової експлуатації та змінних кліматичних умовах;

− розробити методичні основи та алгоритми з обґрунтування конструкцій дорожнього покриття в умовах їх довгострокової експлуатації та невизначеності впливу на цей процес зовнішніх факторів.

Оскільки розв’язання поставлених задач дозволяє здійснити аналіз фізичних процесів утворення тріщин, що є основним чинником передчасного руйнування дорожнього покриття, планується дослідити термомеханічні процеси при дії транспортного і кліматичного факторів, що спричиняють утворення тріщин в дорожньому покритті. Це дасть можливість створити наукові основи підвищення довговічності дорожнього покриття за рахунок раціональних технологічних рішень, застосування ефективних матеріалів і конструкцій та на основі цього розробити теоретичні положення, щодо управління ресурсним забезпеченням для підвищення довговічності дорожнього покриття протягом його життєвого циклу. Для цього передбачена розробка методів визначення розрахункових термомеханічних характеристик матеріалів покриття з застосуванням алгоритмів комп’ютерного моделювання термомеханічних процесів, що протікають в ньому при робочому і граничному станах за можливих значних градієнтах та неоднорідності їх температурних полів й створенням комп’ютерних програм для проведення чисельних досліджень термомеханічних процесів у дорожньому покритті.

Аналіз досліджень і публікацій.

Основна особливість задач аналізу термопружного напружено-деформованого стану дорожнього обшиву є їх баготопараметрічність. Перш за все конструкції дорожніх покриттів являються істотно неоднорідними. В механіці суцільних середовищ розрізняють шарувато-неоднорідні середовища, в яких середовище складається з декількох пружних шарів з відмінними термомеханічними характеристиками, і градієнтно-неоднорідні середовища [3, 4], властивості яких змінюються за просторовими змінними неперервним способом.

Оскільки в дорожньому будівництві, в основному, застосовуються шарувато-неоднорідні дорожні покриття, то при математичному моделюванні механічних процесів, що протікають при їх експлуатації, доводиться мати справу з властивою їм специфікою розподілу полів деформацій і напружень. Справа в тому, що функції деформацій і напружень (а іноді і переміщень), які виникають в них, як правило, виявляються розривними і їх важко описувати простими аналітичними і чисельними засобами. З цією особливістю пов'язане і істотне ускладнення механічних явищ, що спостерігаються в них. Оскільки при експлуатації покриття дороги піддаються не тільки дії інтенсивних швидко змінних (розривних) за просторовими і часовими змінними навантажень, але також і постійно тепловим збуренням, що еволюціонує, з істотними градієнтами, проектування їхніх конструкцій має проводитися на основі вибору оптимальних (раціональних) характеристик матеріалів, що використовуються, їх термо-механічних властивостей, геометричних параметрів проектованих шарів і порядку їхнього чергування. Цей вибір може бути зроблений за допомогою комп'ютерного моделювання термо-напруженого стану дорожнього покриття та його еволюції за часом.

Мета даної роботи полягає в розробці методики дослідження термопружних напружень в шарувато-неоднорідних дорожніх покриттях.

Основна частина.

Виділений для розрахунку термопружного напружено-деформованого стану поперечний переріз конструкції дороги включає чотири шари дорожнього покриття і масив прилеглого ґрунту. Загальна схема конструкції і її фрагментів представлена на рис.1.

Геометрія системи визначається параметрами $L_1 = 24{,}5$ м, $L_2 = 23{,}5$ м, $L_3 = 11{,}5$ м, $L_4 = 7{,}5$ м, $H = 0{,}55$ м, $H_1 = 0{,}5$ м, $H_2 = 2$ м.

Види матеріалів фрагментів конструкції, їхні товщини h_1, h_2, h_3, h_4, і значення термо-механічних параметрів наведені у таблиці 1. В ній позначено: E − модуль пружності; ν − коефіцієнт Пуассона; ρ − густина; α_T − коефіцієнт теплового лінійного розширення; λ − коефіцієнт теплопровідності; $c_{об}$ − питома об’ємна теплоємність.

Вважалося, що конструкція доріг піддається термічній дії в результаті денної зміни температури повітря. Було прийнято, що при цьому температура на її верхній поверхні змінюється за заданим законом. Розрахунки еволюції поля температури в масиві конструкції проведені методом скінченних елементів. При цьому було враховано, що уздовж поздовжньої осі Oy дороги деформації

$\varepsilon_y = 0$ і весь масив знаходиться в стані плоского деформованого стану. Ця обставина дозволила виділити перетинами $y = 0$ і $y = \Delta y$ поперечний шар масиву товщиною Δy і апроксимувати систему тривимірними скінченними елементами з розміром Δy вздовж координати y. Скінченно-елементна модель системи з виділеним її пошаровим фрагментом 1-4 і ґрунтовим масивом 5 показана на рис. 2. Збоку кожного фрагмента вказано число скінченних елементів дискретної моделі. При цьому загальне число скінченних елементів склало 29868.

Таблиця 1 – Фізичні та термомеханічні значення параметрів матеріалів конструкції дорожнього одягу

Номер i шару	Матеріал	h_i (м)	E_i (Па)	ρ кг/м^3	ν	α_T С$^{-1}$	λ Вт/(м·К)	$c_{об}$ Дж/(м^3·К)
1	Асфальтобетон дрібнозернистий	0,05	$5 \cdot 10^9$	2400	0,2	$2{,}46 \cdot 10^{-5}$	1,0	$3{,}77 \cdot 10^6$
2	Асфальтобетон пористий круглозернистий	0,1	$1{,}4 \cdot 10^9$	2390	0,25	$1{,}92 \cdot 10^{-5}$	0,7	$2{,}63 \cdot 10^6$
3	Щебінь	0,2	$0{,}4 \cdot 10^9$	2300	0,3	$1{,}8 \cdot 10^{-5}$	0,5	$1{,}81 \cdot 10^6$
4	Пісок	0,2	$0{,}1 \cdot 10^9$	2050	0,3	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$	1,5	$4{,}83 \cdot 10^6$
5	Грунт	2,5	$0{,}1 \cdot 10^9$	1960	0,35	$0{,}31 \cdot 10^{-5}$	1,05	$3{,}23 \cdot 10^6$

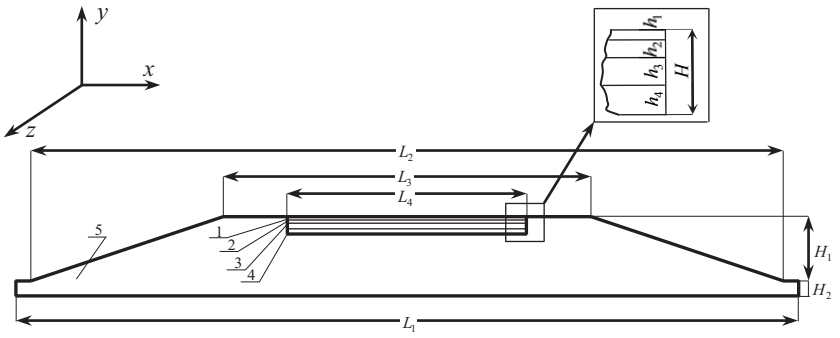


Рисунок 1 - Схема поперечного перерізу конструкції дорожнього покриття

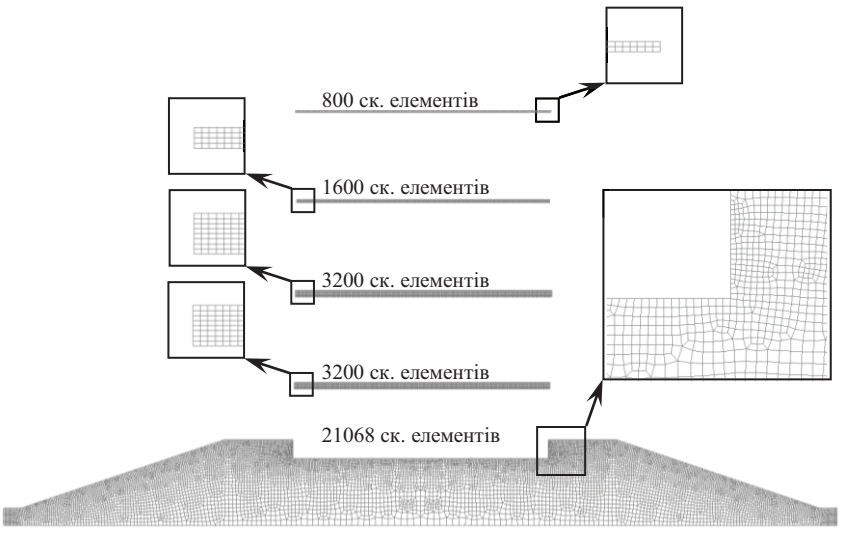


Рисунок 2 - Скінченно-елементна модель перерізу дороги

Досліджуються процеси еволюції поля температури в масиві покриття дороги при добовій зміні температури навколишнього середовища. З урахуванням натурних спостережень прийнято, що в результаті атмосферних температурних варіацій температура T на поверхні покриття та придорожнього ґрунту в денний час змінюється за законом синусоїди від деякого початкового значення T_0 (вранці) до її максимуму $T_{\max}$ (опівдні) і до вечора знову падає до вихідного значення

T_0. В нічний час, навпаки, температура зменшується від T_0 (ввечері) до $T_{\min}$ (опівночі) і потім знову зростає до T_0 (в ранковий час). Схема зміни $T(t)$ протягом 24 годин ($0 \le t \le 86400$ с) показана на рис.3.

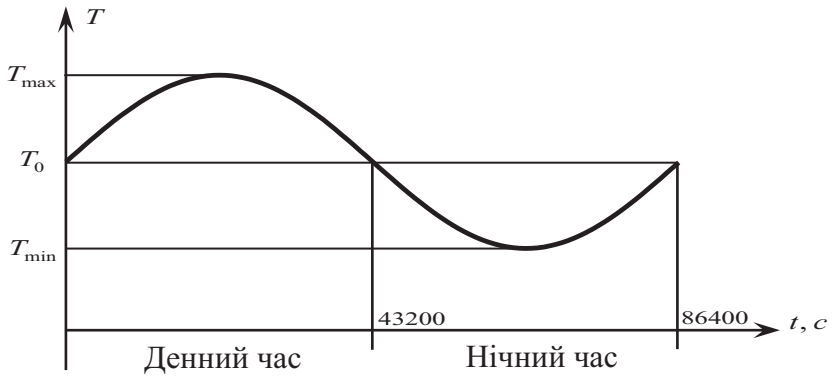


Рисунок 3 - Графік зміни за часом t температури на поверхні покриття

Задача про термопружне деформування дорожнього покриття розв'язується в лінійній постановці. Це дозволяє аналізувати тільки прирости деформацій і напружень, викликані приростами температури. Тому будемо вважати, що в початковому стані температура всього масиву (як і T_0), деформації та напруження дорівнюють нулю і будемо аналізувати процес термопружного деформування при зміні температури $T(t)$ на поверхні за законом (рис. 3)

$$T(t) = (T_{\max} - T_0)\sin(\pi t / 43200). \tag{1}$$

Тоді еволюція поля температури на границях кожного шару покриття і масиву ґрунту визначається рівнянням нестаціонарної теплопровідності [5]

$$\nabla^2 T - \frac{1}{a}\frac{\partial T}{\partial t} = 0. \tag{2}$$

Тут $a = \lambda_q / c_{об}$ – коефіцієнт температуропровідності, λ_q – коефіцієнт теплопровідності, $c_{об}$ – питома об'ємна теплоємність, доданок $\nabla^2 T$ – еквівалентний виразу $\partial T / \partial x^2 + \partial T / \partial y^2 + \partial T / \partial z^2$.

Вважаємо, що при термопружному деформуванні всього масиву силами інерції можна знехтувати і процес буде квазістатичним. Тоді поле пружних переміщень $\mathbf{u}(x, y, z)$ описується векторним рівнянням [5, 6, 7]

$$\mu\nabla^2\mathbf{u} + (x + \mu)grad\, div\,\mathbf{u} - (3\lambda + 2\mu)\alpha_T grad(T) = 0 \tag{3}$$

де λ і μ – ізотермічні параметри Ляме.

Граничні умови для функції $T(x, y, z, t)$ на вільній поверхні задаються у формі (1), на умовних кінцях виділеної області прийнято, що теплові потоки в напрямку нормалі відсутні, тому похідна від T за нормаллю $\mathbf{n}$ дорівнює нулю,

$$\partial T / \partial n = 0. \tag{4}$$

При формулюванні граничних умов для функції $\mathbf{u}(x, y, z)$ вважалося, що на верхній поверхні середовище вільне від нормальних і дотичних напружень, а на бічних і нижній поверхнях умовних розрізів переміщення по нормалі і дотичній напруження дорівнюють нулю. На поверхнях контакту шарів покриття між собою і з ґрунтовим масивом були прийняті умови сполучення функцій T і відповідних функцій переміщень і деформацій.

Прийнята постановка задачі про термопружне деформування виділеного багатошарового масиву дозволила використовувати алгоритм її вирішення, при якому спочатку розв’язується задача нестаціонарної теплопровідності для рівняння (2) на всьому діапазоні часу t, рівному 12 годин (43200 с). Потім в потрібні для нас моменти часу t_i з використанням побудованих полів температури $T(x,y,z,t_i)$, за допомогою рівнянь (3) визначалися поля переміщень, деформацій і напружень.

Розв’язання цих рівнянь здійснюється шляхом переходу до скінченно-елементних моделей [8]

$$\begin{aligned} &[K_T]\{T\}-[A]\{\dot{T}\}=\{T_f(t)\},\\ &[K_u]\{u\}=[L]\{T(t_i)\}. \end{aligned} \tag{5}$$

Тут $[K_T]$ – матриця коефіцієнтів скінченно-елементної моделі рівняння теплопровідності, $[A]$ – матриця коефіцієнтів моделі при похідній $\dot{T}$, $\{T_f(t)\}$ – вектор заданих значень температури T на поверхні покриття, $[K_u]$ – матриця жорсткості для скінченно-елементної моделі пружного масиву, $[L]$ – матриця, яка відображає вплив температури на переміщення елементів масиву.

Після підрахунку значень компонент вектора переміщень $\{u\}$ у вузлах скінченно-елементної моделі обчислювалися компоненти тензорів деформацій ε_{jk} і напружень σ_{jk}. Вони визначалися за допомогою рівностей [7]

$$\begin{aligned} &\varepsilon_{jk}=\frac{1}{2}\left(u_{j,k}+u_{k,j}\right),\\ &\sigma_{jk}=2\mu\varepsilon_{jk}+[\lambda\varepsilon_{ll}-(3\lambda+2\mu)\alpha_T\cdot T]\delta_{jk}, \end{aligned} \tag{6}$$

дискретизованих в кожному вузлі моделі.

У цих рівностях індекси j,k,l пробігають значення 1, 2, 3; при цьому напрямки x_1,x_2,x_3 відповідають напрямам x,y,z; $u_{j,k}=\partial u_j/\partial x_k$; $\varepsilon_{ll}=\varepsilon_{11}+\varepsilon_{22}+\varepsilon_{33}$; δ_{jk} – символ Кронекера, що дорівнює 0 при $j\neq k$ і рівний 1 при $j=k$.

Попередній розгляд геометричної схеми дорожнього покриття (рис. 1), термо-механічних параметрів властивостей його фрагментів (табл. 1) і форми функції теплового збурення (рис. 3) змушують зробити припущення, що поставлена задача про термонапружений стан проста і термопружні ефекти, які супроводжують еволюцію поля температур в даному шаруватому масиві, є елементарними. Однак такий спрощений висновок є поверхневим і абсолютно не відповідає дійсності. Є два фактори, які роблять явище, що розглядається, нетривіальним і вельми привабливим, а проблему його моделювання досить трудомісткою. По-перше, середовище, в якому еволюціонує температурне поле, шарувато-неоднорідне і, по-друге, проблема його моделювання при обраних значеннях термо-механічних характеристик і розмірів виділеної для розгляду області відноситься до класу сингулярно збурених [9, 10, 11]. Відзначимо, що задача теплопровідності є сингулярно збуреною, якщо коефіцієнт $1/a$ перед похідною $\partial T/\partial t$ в рівнянні (2) малий, а розмір області в напрямку поширення теплового потоку досить великий. Тоді при зовнішньому тепловому збуренні тепловий потік не встигає проникнути від граничної поверхні вглиб тіла і поле температури отримує помітну зміну лише в приграничній зоні, набуваючи форму так званого крайового ефекту. У цьому випадку функція температури $T(x,y,z,t)$ не тільки досягає помітні прирости в крайовій області, а й характеризується також високими значеннями її градієнтів, тобто похідних за просторовими змінними. Такий ефект супроводжується утворенням великих перепадів значень функції переміщень і деформацій пружного тіла, а також нормальних і дотичних напружень. Відомо, що тільки у випадку, коли в однорідному пружному тілі, вільному від в'язей, поле температури $T(x,y,z)$ постійне або навіть змінюється лінійно за просторовими змінними x,y,z, то всі напруження в ньому дорівнюють нулю. У всіх інших випадках у ньому формуються ненульові напруження і вони зростають з ускладненням температурних полів. Другий фактор пов'язаний з тим, що інтенсивності термопружних напружень ще більше збільшуються, якщо неоднорідними є також характеристики пружності середовища, тим більше, якщо вони шарувато неоднорідні. Тоді поле напружень стає розривним і набуває яскраво виражені екстремуми. Очевидно, що всі ці явища є деструктивними для

тіл і середовищ, що розглядаються, а задачі теоретичного (комп'ютерного) моделювання цих явищ відрізняються великою складністю і поганою обчислювальною збіжністю. У зв'язку з цим чисельне дослідження термопружного напруженого стану таких систем доводиться проводити на малих скінченно-елементних решітках і додатково тестувати результати обчислень.

За розробленою методикою було проведено комп'ютерне моделювання конструкції дорожнього покриття, представленого на рис. 1, при значеннях параметрів, наведених у таблиці 1, на основі скінченно-елементної моделі, показаної на рис. 2. Було прийнято, що протягом дня температура на верхній поверхні покриття змінювалася за законом (1) при $T_0 = 0$, $T_{\max} = 12^\circ$ C (див.графік на рис. 3). На рис. 4 показано поле розподілу температури в поперечному перерізі конструкції дороги в момент часу $t = 6$ годин, коли температура на поверхні покриття досягає максимуму. Значення температури в кожній точці перерізу можуть бути визначені за шкалою кольорової палітри, яка наведена праворуч. Для наочності температурне поле представлено на окремих фрагментах системи (рис. 5). Можна помітити, що максимальні значення температури локалізуються в крайовій зоні, прилеглій до верхньої поверхні покриття.

Рисунок 4 - Поле температури

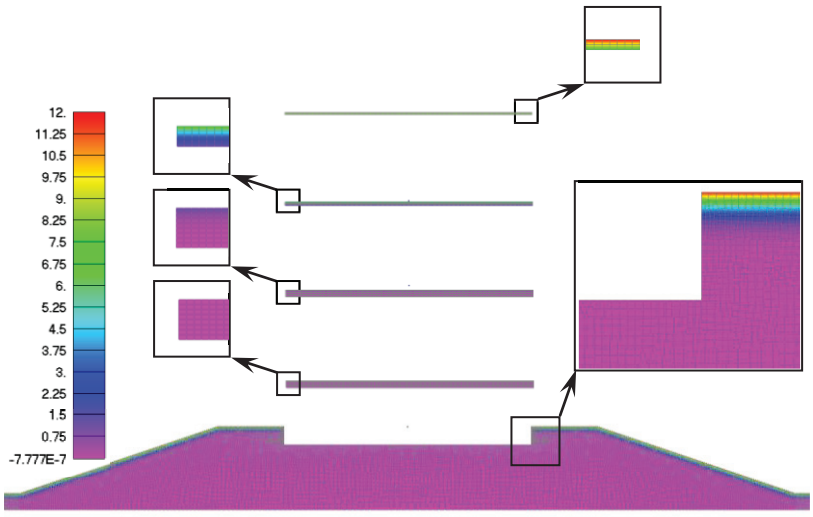


Рисунок 5 - Поля температури у фрагментах дороги

Для більшої наочності представимо в детальній формі графік зміни температури вздовж центральної вертикалі покриття. На рис. 6а подана схема шарів покриття, що знаходиться у відповідності з координатною віссю Oy, яка напрямлена вертикально. На цій осі побудована функція для моментів часу $t = 6$ год (рис. 6б), $t = 12$ год (рис. 6в) та $t = 18$ год (рис. 6г). Можна побачити, що поле температури має помітні значення лише на границях першого і половини другу шарів. При цьому наступні (більш низькі) шари і ґрунт виявилися непрогрітими. На рис. 6б видно також істотний градієнт функції $T(y)$ в приграничній зоні, яка знаходиться у відповідності з теорією сингулярно збурених рівнянь параболічного типу [10, 11].

Генерування температурного поля у вигляді крайового ефекту і шарувата неоднорідність дорожнього покриття обумовлюють формування в ньому полів напружень досить складної структури. Для їх побудови спочатку з використанням знайденої функції температури розв’язується система рівнянь (3) на тій же самій скінченно-елементній решітці і потім за допомогою формул (4) обчислюються деформації і напруження в усіх її вузлах.

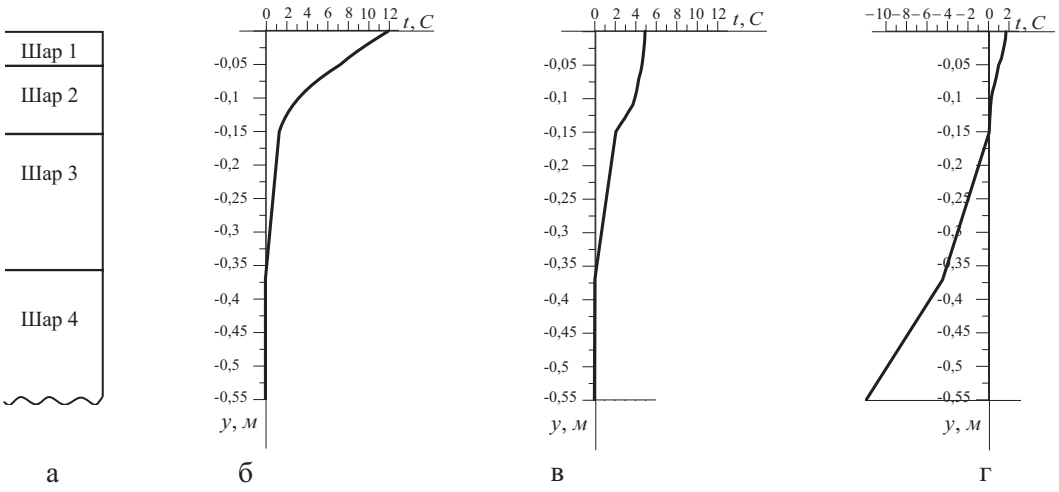


Рисунок 6 - Схема розподілу температури по глибині у виділеному центральному скінченно-елементному стовпчику (стовпцю)

На рис. 7 представлена схема поперечного перерізу покриття в деформованому стані. Відповідний йому напружений стан конструкції має особливу специфіку. Вона обумовлена не тільки неоднорідністю температурного поля і характеристик пружності системи, але і її конструкцією. Так, для прийнятої розрахункової схеми конструкції дороги пружні переміщення уздовж її поздовжньої осі дорівнюють нулю. Тому можна записати

$$u_z = u_3 = 0\,, \qquad \varepsilon_{zz} = \varepsilon_{33} = 0\,. \tag{7}$$

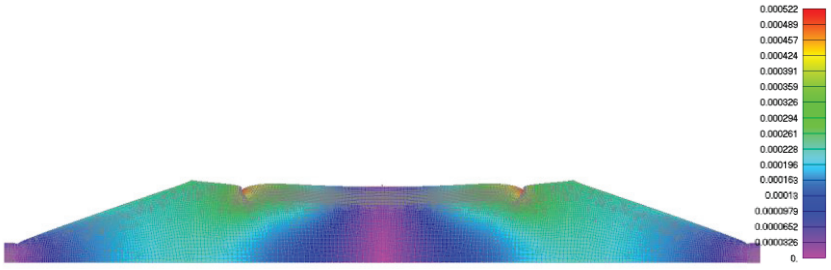


Рисунок 7 - Схема перерізу дороги в термодеформованому стані

Оскільки вся виділена для розрахунку конструкція дороги являє собою шарувату структуру і на її верхній поверхні нормальні напруження дорівнюють нулю, то можна вважати, що і в усьому її масиві

$$\sigma_{yy} = \sigma_{22} \approx 0\,. \tag{8}$$

тоді маємо

$$\sigma_{yy} = 2\mu\varepsilon_{yy} + \left[\lambda(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy})\right] - (3\lambda + 2\mu)\alpha_T T = 0\,. \tag{9}$$

Звідси можна ε_{yy} виразити через ε_{xx}

$$\varepsilon_{yy} = \left[-\lambda\varepsilon_{xx} + (3\lambda + 2\mu)\alpha_T T\right]/(\lambda + 2\mu) \tag{10}$$

і напруження σ_{xx} і σ_{zz} представити в формі

$$\sigma_{xx} = 2\mu\varepsilon_{xx} + \lambda(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}) - (3\lambda + 2\mu)\alpha_T T = \frac{4\mu(\lambda+\mu)}{\lambda+2\mu}\varepsilon_{xx} - \frac{2\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}\alpha_T T,$$
$$\sigma_{zz} = \lambda(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}) - (3\lambda + 2\mu)\alpha_T T = \frac{2\lambda\mu}{\lambda+2\mu}\varepsilon_{xx} - \frac{2\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}\alpha_T T. \quad (11)$$

Оскільки в отриманих виразах функції σ_{xx} і σ_{yy} виражені тільки через деформацію ε_{xx} і температуру T, причому складові, що містять T, однакові, можна напруження σ_{zz} виразити через σ_{xx} і T

$$\sigma_{zz} = \sigma_{xx} - 2\mu\varepsilon_{xx}. \quad (12)$$

Ця рівність дозволяє встановити важливі закономірності розподілу полів напружень в шаруватих дорожніх покриттях. По-перше, як вже зазначено вище, можна вважати, що нормальні напруження σ_{yy} на площадках $y = const$ малі і тоді приймемо, що

$$\sigma_{yy} = 0. \quad (13)$$

По-друге, враховуючи, що модуль пружності ґрунту E_5 помітно менший модулів пружності $E_i (i = 1 \div 4)$ кожного з шарів покриття, то ґрунтове середовище на бічних границях покриття слабо перешкоджає вільному тепловому розширенню в бічному напрямку і шари майже вільно розширюються. Тому приймемо, що при додатній T деформація ε_{xx} також додання і в рівності (11) для ε_{xx} ця величина набуває порівняно невеликі за модулем від’ємні (стискаючі) значення за рахунок другого доданка.

У цьому випадку за допомогою рівності (12) можна встановити третю характерну особливість розподілу полів термопружних напружень в даній структурі. Так як в правій частині цієї рівності величина σ_{xx} порівняно мала і від’ємна і від неї віднімається немала величина (другий член з додатним ε_{xx}), то σ_{zz} приймає від’ємне і найбільше за модулем значення.

Результати проведеного скінченно-елементного моделювання підтвердили ці висновки. Оскільки під дією теплового збурення встигають прогріватися тільки шари конструкції, прилеглі до її вільної поверхні, то термопружні переміщення також мають помітні переміщення лише в приграничній зоні (рис. 7), хоча їх значення залишаються досить малими і лише трохи перевищують 0,5 мм.

Сформульовані вище докази про особливості формування полів напружень σ_{xx} і σ_{zz} також відповідають даним чисельного аналізу (рис. 8 і 9, відповідно). Перш за все зазначимо, що стискаючі напруження σ_{xx} досягають пікових значень в границях першого шару, де найбільшими є і модуль пружності E (див. табл. 1), і значення температури T. У границях другого шару напруження σ_{xx} набули істотно менших значень, причому вони виявилися знакозмінними. Цей ефект обумовлений тим, що перший шар, завдяки підвищеній температурі, отримав більш істотні переміщення u_x і захопив за собою другий шар, який при цьому виявився частково розтягнутим. Інші шари покриття виявилися практично ненапруженими.

Маючи в своєму розпорядженні графік функції σ_{xx} на рис. 8, можна за допомогою формули (12) легко оцінити вид напружень σ_{zz} (рис. 9). Вони помітно перевищують напруження σ_{xx} і їх концентрація в границях першого шару є очевидною. Дотичні напруження σ_{xy} в даній системі формуються завдяки згенерованому градієнту температурного поля в крайовій зоні. У центральному стовпці конструкції вони дорівнюють нулю в силу симетрії системи відносно цього перерізу і досягають найбільших значень приблизно у вертикальному перерізі, який віддалений на чверть ширини покриття від центру (див. рис. 10). Причому максимальне значення цієї функції досягається на границі першого і другого шарів, де максимальним є градієнт $T(x, y)$.

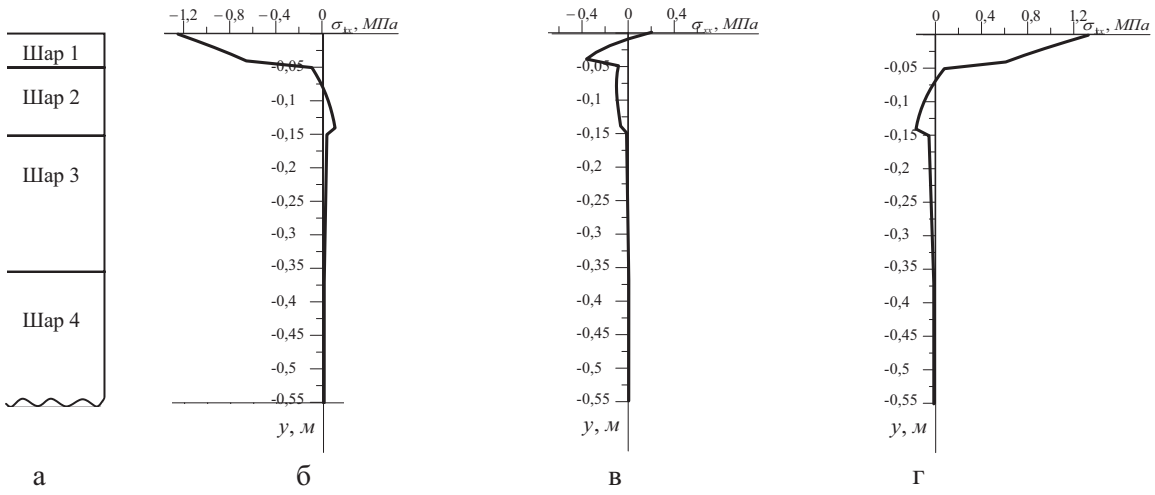


Рисунок 8 - Схема розподілу термопружних напружень σ_{xx} у виділеному центральному скінченно-елементному стовпці

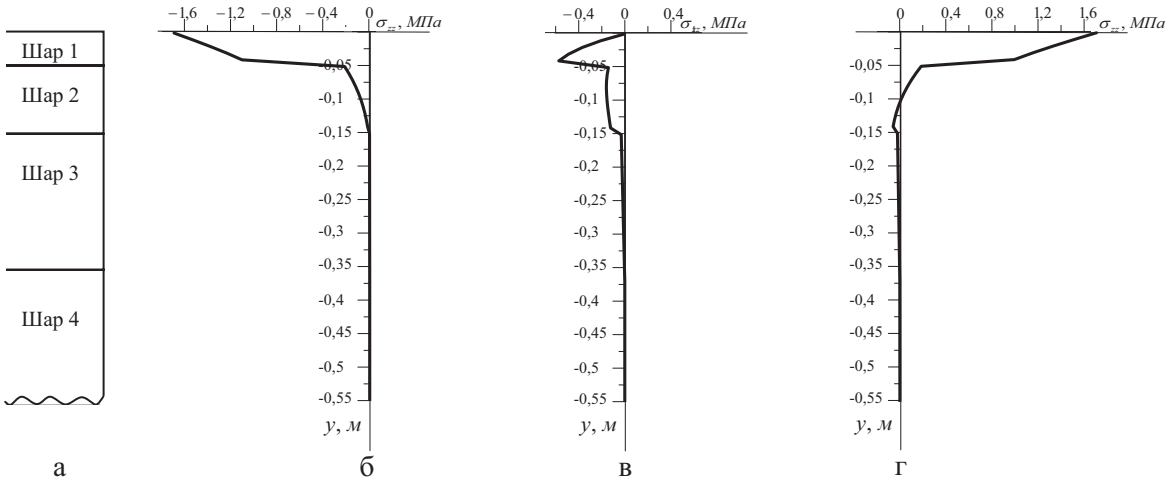


Рисунок 9 - Схема розподілу термопружних напружень σ_{zz} у виділеному центральному скінченно-елементному стовпці

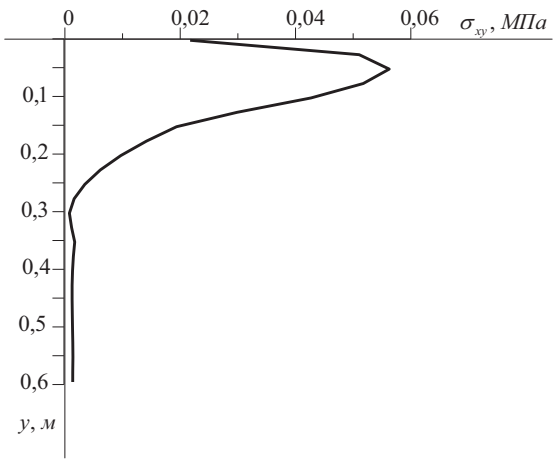


Рисунок 10 - Схема розподілу термопружних напружень σ_{xy} у виділеному центральному скінченно-елементному стовпці

Відзначимо також, що напруження σ_{xx} і σ_{xy} зростають зі збільшенням ширини дороги L_4 і зменшуються з її зменшенням. Тому якщо ширина дороги велика і є доцільність зменшення термопружних напружень, то вони можуть бути знижені за рахунок роздільного шва, який зроблений уздовж роздільної лінії дороги.

Зазначені властивості розподілу полів температури і напружень в масиві дорожнього покриття встановлені для випадку додатних збільшень значень температури на вільній поверхні системи. При цьому напруження σ_{xx} і σ_{zz} виявилися, в основному, стискаючими, що можна розцінювати як сприятливий фактор, оскільки матеріали покриття, здебільшого, мають порівняно високі характеристики при їх стисканні, і вони гірше чинять опір зусиллям зсуву і, особливо, розтягу. У зв'язку з тим, що розглянута задача вивчається в лінійній постановці, то можна очікувати, що при від’ємних значеннях температури, що збурюється, всі шукані функції збережуть свої форми і тільки змінять знак. Тому можна зробити висновок, що зимовий час є найбільш сприятливим для міцності дорожнього покриття, оскільки напруження σ_{zz} в верхньому шарі є розтягнутими і мають найбільші значення.

На завершення відзначимо основні закономірності формування полів термопружних напружень. До найпомітнішого явища можна віднести утворення крайового ефекту у функції розподілу температури $T(x,y,z,t)$. У зв'язку з цим суміщення гладкої неоднорідності температурного поля і шаруватої неоднорідності термомеханічних властивостей фрагментів покриття приводить до концентрацій напружень, які є розривними функціями і змінюють свої знаки при еволюції температурного поля. Вони також значною мірою залежать від наявності обмежень, що перешкоджають вільному термопружному розширенню-звуженню окремих фрагментів системи. Тому можна стверджувати, що вибором коефіцієнтів теплопровідності і температурного лінійного розширення, а також параметрів пружності можна керувати характером розподілу полів температури і напружень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Radovsky B. Ways to reduce low-temperature cracking of asphalt pavements / B. Radovsky, V. Mozgovoj // 4-th Eurobitum Symposium. Summaries and papers. Madrid, 4-9 oct. – 1989. Vol. 1. – P. 571-575.

2. Мозговой В.В. Повышение гидроизоляционной способности асфальтобетонного покрытия / В.В. Мозговой // Проблемы механики и строительства транспортных сооружений: Труды II Международной научно-практической конференции. - Алматы. – 2015. – 54-60 с.

3. Заєць Ю.О. Екранування розривних хвиль шаром пружного середовища / Ю.О. Заєць // Вісник НТУ. − 2010. − Вип.21. − С.366 – 371.

4. Механика горных выработок при действии гравитационных и динамических нагрузок: монография / [В. И. Гуляев, П. З. Кошель, Ю. А. Заец и др.]. – Ивано-Франковск : Изд-во Прикарпат. нац. ун-та им. В. Стефаника, 2014. – 438 с.

5. Коваленко А.Д. Основы термоупругости / А.Д. Коваленко. − Киев: Наукова Думка, 1970. − 239 с.

6. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости / В. Новацкий. − М.: Мир, 1970. − 256 с.

7. Новацкий В. Теория упругости / В. Новацкий. − М.: Мир, 1975 − 872 с.

8. Гуляєв В.І. Скінченноелементний аналіз стійкості коливань лопатей ВЕУ при складному обертанні / В.І. Гуляєв, В.В. Гайдайчук, В.П. Носенко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2013. – №1. – С. 8 – 13.

9. Чанг Н. Нелинейные сингулярно возмущенные краевые задачи / Н. Чанк, Ф. Хауэс. − М.: Мир, 1988. − 247 с.

10. Shishkin G.I. Method of splitting for singularly perturbed parabolic equations / G.I. Shishkin // East-West J.Numer. Math. − 1993. − V.1, № 2. − P.147 – 163.

11. Шишкин Г.И. Аппроксимация решений сингулярно возмущенных краевых задач с параболическим пограничным слоем / Г.И. Шишкин // Журнал вычислительной математики и математической физики. − 1989. − Т.29, № 7. − С.963 – 977.

REFERENCES

1. Radovsky B., Mozgovoj V. Ways to reduce low-temperature cracking of asphalt pavements // 4-th Eurobitum Symposium. Summaries and papers. Madrid, 4-9 oct. 1989. Vol. 1. – P. 571-575.

2. Mozhovoy V.V. Povyishenie gidroizolyatsionnoy sposobnosti asfaltobetonnogo pokryitiya // Problemyi mehaniki i stroitelstva transportnyih sooruzheniy: Trudyi II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Almatyi. 2015. – P. 54-60.

3. Zayets' Yu.O. Ekranuvannya rozryvnykh khvyl' sharom pruzhnoho seredovyshcha. // Visnyk NTU, 2010. No.21. − P.366 – 371.

4. Gulyayev, V. I., Lugovoi, P. Z., Zaets Yu. A. Mechanics of rock systems under action of gravity and dynamic loads. Ivano-Frankivsk: GVUZ, 2014. 438 P.

5. Kovalenko A.D. Osnovyi termouprugosti. Kyiv: Naukova Dumka, 1970. − 239 P.

6. Novatskiy V. Dinamicheskie zadachi termouprugosti. Moskva: Mir, 1970. − 256 P.

7. Novatskiy V. Teoriya uprugosti. Moskva: Mir, 1975 − 872 P.

8. Gulyaev V.I., Gaydaychuk V.V., Nosenko V.P. Skinchennoelementniy analiz stiykosti kolivan lopatey VEU pri skladnomu obertanni // Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy, – 2013. – No1. p. 8 – 13.

9. Chang N., Haues F. Nelineynyie singulyarno vozmuschennyie kraevyie zadachi.Moskva: Mir, 1988. − 247 P.

10. Shishkin G.I. Method of splitting for singularly perturbed parabolic equations // East-West J.Numer. Math, 1993. Vol.1, No. 2. − p.147 – 163.

11. Shishkin G.I. Approksimatsiya resheniy singulyarno vozmuschennyih kraevyih zadach s parabolicheskim pogranichnyim sloem // Zhurnal vyichislitelnoy matematiki i matematicheskoy fiziki, 1989. − Vol.29, No. 7. − p. 963 – 977.

РЕФЕРАТ

Гуляєв В.І. Деякі закономірності термопружного деформування асфальтобетонного покриття дороги / В.І. Гуляєв, В.В. Мозговий, В.В. Гайдайчук, Ю.О. Заєць, Л.В. Шевчук // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В роботі розглянуто задачу комп’ютерного моделювання нестаціонарних полів температури і напружень в шарувато-неоднорідних асфальтобетонних покриттях доріг.

Об’єкт дослідження – процеси і ресурси, що впливають на міцність і довговічність покриття шаруватого напівпростору протягом життєвого циклу.

Мета даної роботи полягає в розробці методики дослідження термопружних напружень в шарувато-неоднорідних дорожніх покриттях.

Метод дослідження. Використовується скінченно-елементний метод розрахунку полів температури та напружень в шарувато-неоднорідних пружних середовищах.

Розглянута задача про термопружне деформування шарувато-неоднорідного напівпростору, що моделює асфальтобетонне покриття автомобільної дороги. Побудовані скінченно-елементні моделі явищ поширення тепла і формування викликаних ним полів напружень. Показано, що сформульоване рівняння теплопровідності є сингулярно збуреним. В зв’язку з цим поля температури, спричинені еволюцією зовнішнього теплового збурення, мають вид крайових ефектів, утворених в прикрайовій зоні системи. Виявлено, що максимальні напруження, породжені таким температурним полем, орієнтовані, в основному, у напрямі вздовж осьової лінії автомобільної дороги.

Результати статті можуть бути упровадженні в практику проектування і будівництва асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, АСФАЛЬТОБЕТОННЕ ПОКРИТТЯ ПОЛЕ ТЕМПЕРАТУР, ТЕРМОПРУЖНЕ ДЕФОРМУВАННЯ, ШАРУВАТО-НЕОДНОРІДНИЙ НАПІВПРОСТІР.

ABSTRACT

Gulyayev V.I., Mozgovoy V.V., Gaidaichuk V.V., Zaiets Yu. O., Shevchuk L. V. Some regularities of thermo-elastic deforming of the asphalt road overlay. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the paper, the problem of computer simulation of nonstationary fields of temperature and stresses in layered nonhomogeneous asphalt road overlays is considered.

The research object is processes and resources, which influence on the strength and durability of the layered semispace overlay during its life cycle.

The research target is to elaborate techniques for analysis of thermo-elastic stresses in layered nonhomogeneous road overlays.

The method of investigation. The finite element method is used for calculation of the temperature and stress fields in the layered nonhomogeneous elastic media.

The problem on thermo-elastic deforming of layered nonhomogeneous semispace, modeling the asphalt overlay of the automobile road is considered. The finite element models of the phenomena of the temperature propagation and stress fields formulation are created. It is shown that the deduced equations of thermo-conductivity are singularly perturbed. For this reason, the temperature fields, generated be evolution of the external heat perturbation, have the form of boundary effects, formed in the boundary zone of the system. It is established that the maximal stresses, conditioned by the similar temperature fields, are principally oriented in the directions of the automobile road axis line.

The investigation results can be inculcated into the practice of design and building of the automobile road asphalt overlays.

KEY WORDS. AUTOMOBILE ROAD, ASPHALT OVERLAY, TEMPERATURE FIELD, THERMO-ELASTIC DEFORMING, LAYERED NONHOMOGENEOUS SEMISPACE.

РЕФЕРАТ

Гуляев В.И. Некоторые закономерности термоупрогого деформирования асфальтобетонного покрытия дороги. / В.И. Гуляев, В.В Мозговой, В.В. Гайдайчук, Ю.А. Заец, Л.В. Шевчук // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В работе рассмотрена задача компьютерного моделирования нестационарных полей температуры и напряжений в слоисто-неоднородных асфальтобетонных покрытиях дорог.

Объект исследования - процессы и ресурсы, влияющие на прочность и долговечность покрытия слоистого полупространства в течение жизненного цикла.

Цель данной работы заключается в разработке методики исследования термоупругих напряжений в слоисто-неоднородных дорожных покрытиях.

Метод исследования. Используется конечно-элементный метод расчета полей температуры и напряжений в слоисто-неоднородных упругих средах.

Рассмотрена задача о термоупругом деформировании слоисто-неоднородного полупространства, моделирующего асфальтобетонное покрытие автомобильной дороги. Построены конечно-элементные модели явлений распространений тепла и формирования вызванных им полей напряжений. Показано, что сформулированное уравнение теплопроводности является сингулярно возмущенным. В связи с этим поля температуры, вызванные эволюцией внешнего теплового возмущения, имеют вид краевых эффектов, сформированных в прикраевой зоне системы. Выявлено, что максимальные напряжения, вызванные таким температурным полем, ориентированы, в основном, в направлении вдоль осевой линии автомобильной дороги.

Результаты статьи могут быть внедрены в практику проектирования и строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ, АСФАЛЬТОБЕТОННОЕ ПОКРЫТИЕ ПОЛЕ ТЕМПЕРАТУР, ТЕРМОУПРУГОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ, СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВО.

АВТОРИ:

Гуляєв Валерій Іванович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри вищої математики, e-mail: valery@gulyayev.com.ua, тел. +380442847109, Україна, 01010, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42.

Мозговий Володимир Васильович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідуюч кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: mozgovyy@gmail.com, тел. +380505062564, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42.

Гайдайчук Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри теоретичної механіки, e-mail: viktor_gaydaychuk@bigmir.net, тел. +380442415572, Україна, 03037, м.Київ, проспект Повітрофлотський, 31.

Заєць Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри вищої математики, e-mail: yzaets@gmail.com, тел. +380979712351, Україна, 01010, м.Київ, вул. Кіквідзе, 42.

Шевчук Людмила Володимирівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри вищої математики, e-mail: Ludmilashevchuk25@gmail.com, тел. +380667153633, Україна, 01010, м. Київ, вул. Кіквідзе 42.

AUTHOR:

Guliaiev V. I., Doctor of Science (Technology), professor, National Transport University, head of department high mathematics, e-mail: valery@gulyayev.com.ua, tel. +380442847109, Ukraine, 01010, Kyiv, Kikvidze str., 42.

Mozgovyy V. V., Doctor of Science (Technology), professor, National Transport University, head of department road construction materials and chemistry, e-mail: mozgovyy@gmail.com, tel. +380505062564, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str., 42, of. 109.

Gaidaichuk V.V., Doctor of Science (Technology), professor, Kyiv National University of Structures and Architecture, head of department of theoretical mechanics, e-mail: viktor_gaydaychuk@bigmir.net, tel. +380442415572, Ukraine, 03037, Kyiv, Povitroflotsky Avenue, 31.

Zaiets Yu. O., Ph. D., National Transport University, assistant department of high mathematics, e-mail: yzaets@gmail.com, tel. +380979712351, Ukraine, 01010, Kyiv, Kikvidze str. 42.

Shevchuk L. V., Ph. D., National Transport University, assistant department of high mathematics, e-mail: Ludmilashevchuk25@gmail.com, tel. +380667153633, Ukraine, 01010, Kyiv, Kikvidze str. 42.

АВТОРЫ:

Гуляев Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой высшей математики, e-mail: valery@gulyayev.com.ua, тел. +380442847109, Украина, 01010, г. Киев, ул. Киквидзе, 42.

Мозговой Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой дорожно-строительных материалов и химии, e - mail: mozgoviy@gmail.com, тел . +380442859528, Украина, 01010, г. Киев, ул. Киквидзе, 42.

Гайдайчук Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, заведующий кафедрой теоретической механики, e-mail: viktor_gaydaychuk@bigmir.net, тел. +380442415572, Украина, 03037, г. Киев, проспект Воздухофлотский, 31.

Заец Юлия Александровна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры высшей математики, e-mail: yzaets@gmail.com, тел. +380979712351, Украина, 01010, г. Киев, ул. Киквидзе, 42.

Шевчук Людмила Владимировна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры высшей математики, e-mail: Ludmilashevchuk25@gmail.com, тел. +380667153633, Украина, 01010, г. Киев, ул. Киквидзе 42.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Лоза І.А., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

Киричук О.А., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, професор кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Loza I.A., Ph.D., Physics and Mathematics (Dr), professor, National Transport University, head of department of theoretical mechanics, Kyiv, Ukraine.

Kuruchyk O.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National University of construction and architecture, professor, department of theoretical mechanics, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.13/73.31.41
UDC 656.13/73.31.41

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ ЗАЗ-1102 ПРИ РОБОТІ В РЕЖИМІ ПРОГРІВУ В ДОРОЖНІХ УМОВАХ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Тріфонов Д.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Сирота О.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

A STUDY OF FUEL EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE CAR ZAZ-1102 WHEN WORKING IN THE MODE OF WARM-UP ON THE ROAD

Gutarevich, Y.F., Doctor of Technical Science, National transport University, Kiev, Ukraine
Trifonov D.M., National transport University, Kiev, Ukraine
Syrota A.V., Candidate of Science (Engineering), National transport University, Kiev, Ukraine

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ ЗАЗ-1102 ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ ПРОГРЕВА В ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Трифонов Д.М., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Сирота А.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ.

Автомобільний транспорт є найбільш масовим видом транспорту. У розвинених Європейських державах на частку автомобільного транспорту припадає 85 – 90 % всіх перевезень та споживання понад 60 % палив нафтового походження. Збільшення кількості автомобілів на дорогах країни веде до забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами, які містяться у відпрацьованих газах.

Забезпечення ефективної експлуатації автомобіля, що відповідає сучасним вимогам до паливної економічності та екологічної безпеки, неможливо без урахування умов експлуатації. До умов експлуатації відносяться дорожні, транспортні і природно-кліматичні фактори. За даними ряду досліджень [1-5] найбільший вплив на паливну економічність та екологічну безпеку автомобіля чинять природно-кліматичні фактори. Ці фактори характеризуються температурою навколишнього повітря, вологістю, тиском і деякими іншими параметрами. При експлуатації автомобілів в умовах низьких температур має місце погіршення їх паливної економічності. Основними причинами зростання витрат палива є неповнота згоряння, пов'язана з погіршенням випаровування і розпилювання палива та збільшенням часу прогріву холодного двигуна.

Полегшення пуску холодного двигуна та підтримання теплового режиму силової установки в умовах низьких температур може забезпечуватися: зберіганням теплоти від попередньої роботи двигуна; застосуванням різних систем передпускового підігріву; використанням відповідних палив і олив; спеціальних пристроїв для прискореного прогріву двигуна; систем теплоізоляції і підігріву акумуляторних батарей.

Останнім часом для збереження теплоти на борту автомобіля з метою її використання в процесі прискореного прогріву холодного двигуна все частіше застосовують системи акумулювання теплової енергії. До переваг теплових акумуляторів можна віднести їх повну незалежність від будь-яких джерел енергії [5,7].

Відповідно до Держстандарту, територія України знаходиться в зоні помірного кліматичного пояса. Тобто, на території держави складається помірно-континентальний тип клімату. Частину року (близько 4 – 6 місяців) автомобілі експлуатуються при температурах повітря від +5°С и нижче [6].

У зв'язку з цим, вирішення завдань, які пов'язані з експлуатацією автомобілів в умовах низьких температур навколишнього повітря, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вплив природно-кліматичних факторів на паливну економічність автомобілів, емісію шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) і надійність автомобілів в цілому досліджували багато авторів.

Природно-кліматичних фактори в різні періоди року визначаються температурою, вологістю повітря, атмосферним тиском, кількістю опадів, силою і напрямом повітря, тривалістю снігового покриву та ін. Низькі температури навколишнього повітря справляють істотний вплив на температурний режим насамперед силової установки і через його зміну на витрату палива. Аналіз впливу природно-кліматичних факторів на витрату палива та емісію шкідливих речовин з ВГ автомобілями наведено в роботах [7-12].

Як встановлено в роботах [9,13], витрата палива при зниженні температури навколишнього повітря може збільшуватися на 10...30% і більше. При цьому збільшення витрат палива пов'язане з підвищенням в'язкості палива, погіршенням його здатності до розпилення та випаровування і, як наслідок, погіршення сумішоутворення та ефективності згоряння паливоповітряної суміші.

Викиди монооксиду вуглецю (CO) і вуглеводнів (C_mH_n) з ВГ при експлуатації автомобіля із двигуном з іскровим запалюванням в умовах низьких температурах навколишнього повітря за різними даними збільшуються в 6 - 10 разів, а в режимах пуску і прогріву холодний двигун викидає до 70…80% сумарного викиду продуктів неповного згоряння CO і C_mH_n.

Таким чином, експлуатація автомобіля в умовах низьких температур навколишнього повітря призводить до погіршення теплового стану двигуна, що чинить значний вплив на збільшення витрат палива і, як наслідок, збільшення емісії шкідливих речовин з ВГ. Одним з можливих шляхів поліпшення паливної економічності двигунів з іскровим запалюванням та зменшення емісії шкідливих речовин з ВГ в режимах пуску холодного двигуна та його прогріву, є забезпечення підігріву повітря, яке надходить в двигун та стабілізації його температури на рівні +35...+45°С в подальшому за рахунок застосування системи акумулювання теплової енергії ВГ.

Постановка завдання.

Метою експериментальних досліджень є визначення впливу температури повітря на впуску на паливну економічність та емісію шкідливих речовин з ВГ двигуна автомобіля при його прогріві в дорожніх умовах.

Об’єктом експериментальних досліджень є автомобіль ЗАЗ-1102, на якому встановлено карбюраторний, чотиритактний, чотирициліндровий рядний двигун МеМЗ-245.

Дорожні випробування автомобіля проведені в м Києві на горизонтальній ділянці дороги по маршруту з інтенсивним рухом автомобілів з системою підігріву повітря, що надходить у двигун та без неї.

Під час випробувань оцінювали концентрації шкідливих речовин у ВГ - монооксиду вуглецю CO, двооксиду вуглецю CO_2, вуглеводнів C_mH_n газоаналізатором МЕТА, витрату палива витратоміром палива ONO SOKKI DF-311, температури повітря перед карбюратором, оливи в системі мащення, охолодної рідини за допомогою електронних термометрів з виносними датчиками WSD-10. Крім того, вимірювали час та пройдену автомобілем відстань.

Пуск та прогрів двигуна здійснювавли при температурі навколишнього повітря мінус 10°С, початковій температурі оливи в системі мащення – мінус 9,6°С. Закінчення прогріву визначали досягненням температури оливи в системі мащення двигуна +60°С.

Для забезпечення підігріву повітря на впуску використовували тепловий акумулятор фазового переходу [5]. Випробування проводили на бензині марки А-95 при однакових атмосферних умовах.

Результати досліджень.

Виходячи з результатів дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 при температурі навколишнього повітря t_0 = мінус 10°С, без використання системи підігріву повітря на впуску (рух автомобіля почався відразу після пуску двигуна), шлях прогріву карбюраторного двигуна МеМЗ-245 до температури оливи у системі мащення $t_м$ = +60°С становить 7000 м (Рис. 1). Час прогріву склав – 840 секунд, при цьому було витрачено – 0,75 літрів бензину (Рис. 2).

Використання теплового акумулятора для підігріву повітря дозволило збільшити середню температуру повітря на впуску з 0°С до +10...+15°С (Рис. 2).

При використанні системи підігріву повітря на впуску, при тих же умовах навколишнього середовища, результати дорожніх випробувань показали – шлях прогріву двигуна скоротився на 400 метрів (5,7%), час прогріву зменшився на 60 секунд (7,2%), витрата палива зменшилася на 0,21 л (27,9%)

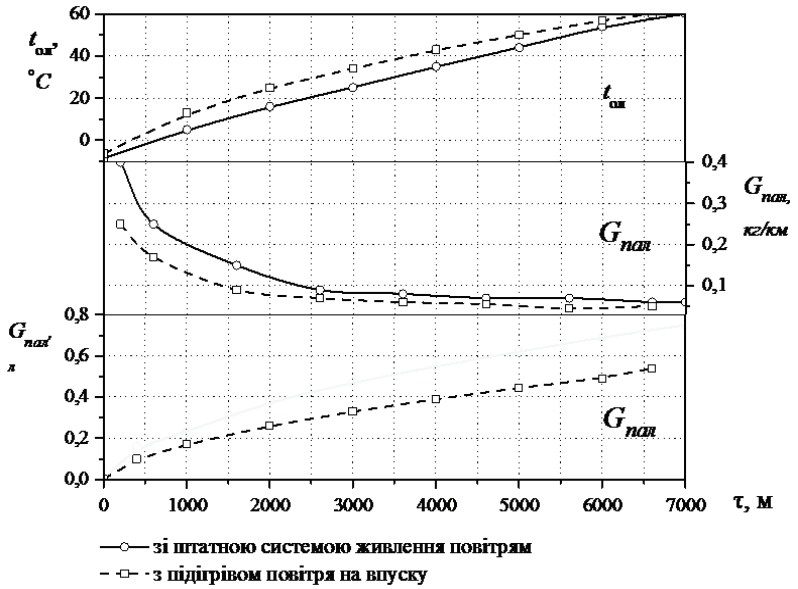


Рисунок 1 – Зміна показників роботи двигуна в режимі прогріву в дорожніх умовах в залежності від пройденого автомобілем шляху

Результати вимірювань щодо концентрації шкідливих речовин з ВГ холодного двигуна при його прогріві в дорожніх умовах обробляли за допомогою програми OriginPro. Середньоквадратичні величини концентрацій описуються поліномом четвертого порядку від часу прогріву (рис.3).

Аналіз отриманих даних щодо, концентрації шкідливих речовин показав наступне.

Концентрація монооксиду вуглецю у ВГ, без підігріву повітря на впуску стабілізувалася на рівні 4% на 480 секунді і тільки на 840 секунді після пуску досягла рівня 1,35%, з підігрівом повітря на рівні 1…1,5% на 390 секунді. Концентрація двооксиду вуглецю у ВГ, як з підігрівом повітря на впуску, так і зі штатною системою практично зрівнялися на рівні 9...10% через 330 секунд після пуску холодного двигуна (рис.3).

Концентрація вуглеводнів у ВГ в ході прогріву двигуна з підігрівом повітря на впуску була значно меншою, стабілізація відбулася після 240 секунди і до закінчення прогріву становила близько 500…600 млн$^{-1}$, тоді як при роботі зі штатною системою стабілізація спостерігається після 480 секунди на рівні 900 млн$^{-1}$ і до закінчення прогріву становила близько 600 млн$^{-1}$.

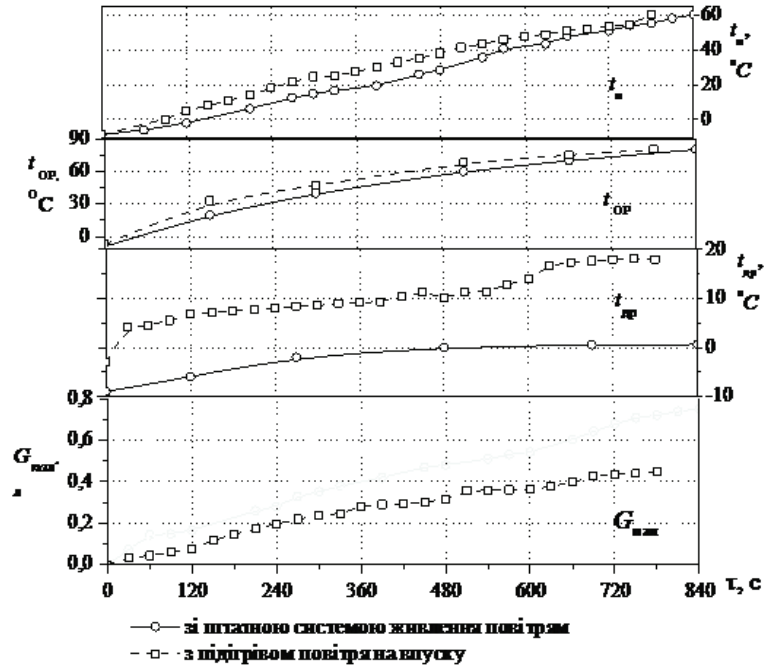
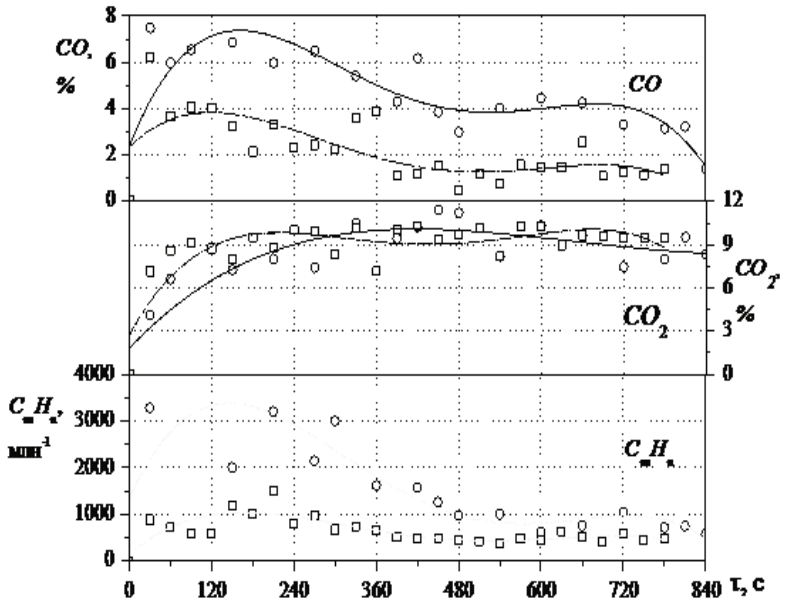


Рисунок 2 – Зміна показників роботи двигуна в режимі прогріву в дорожніх умовах в залежності від часу прогріву

Концентрації шкідливих речовин з ВГ двигуна не характеризують повністю шкідливий вплив автомобіля на довкілля, так, як кількість шкідливих речовин, що надходить в атмосферу, залежить від кількості продуктів згоряння, що утворюються в циліндрах двигуна та часу прогріву.

Розрахунок масових викидів шкідливих речовин показав, що при використанні підігріву повітря на впуску їх кількість зменшується в порівнянні зі штатною системою (рис. 4).

Аналіз залежності сумарної зведеної токсичності ВГ від пройденого шляху під час прогріву двигуна в дорожніх умовах, показав, що використання підігріву повітря на вході в карбюратор дозволяє зменшити середню сумарну токсичність ВГ на 14,3%.



експериментальні значення:
○ зі штатною системою живлення повітрям
□ з підігрівом повітря на впуску

апроксимація значень:
—— зі штатною системою живлення повітрям
– – – з підігрівом повітря на впуску

Рисунок 3 – Концентрації шкідливих речовин у ВГ двигуна в режимі прогріву в дорожніх умовах

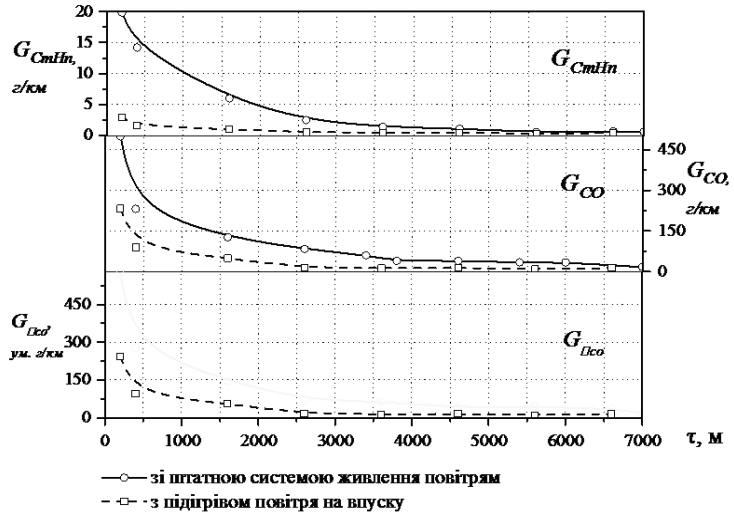


Рисунок 4 – Питомі викиди шкідливих речовин та сумарної зведеної токсичності ВГ при прогріві двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 в дорожніх умовах

Висновки.

За результатами досліджень можна зробити висновок про ефективність системи з підігріву повітря на впуску, що можна пояснити поліпшенням протікання робочого процесу в камері згоряння двигуна з іскровим запалюванням в умовах низької температури навколишнього повітря.

Експериментальні дослідження, які були проведені з метою визначення впливу температури повітря на впуску на паливну економічність та емісію шкідливих речовин у ВГ карбюраторного двигуна з іскровим запалюванням МЕМЗ-245 автомобіля ЗАЗ-1102 при його прогріві в дорожніх умовах, дозволяють зробити наступні висновки:

1. Час прогріву двигуна до температури оливи в системі мащення двигуна +60°С скоротився на 7,2%, при цьому економія палива склала близько 27,9%,;

2. Сумарні масові викиді шкідливих речовин з ВГ з підігрівом повітря на впуску в порівнянні зі штатною системою зменшились в середньому на 15,3%.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Roberts A. Internal Combustion Engine Cold-Start Efficiency: A review of the Problem, Causes and Potential Solutions / A. Roberts, R. Brooks, P. Shipway // Energy Conversion and Management. – 2014. – Vol. 82. – P. 327–350.

2. Баженов С.П. Основы эксплуатации автомобилей и тракторов: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / С.П. Баженов, Б.Н. Казьмин, С.В. Носов; под ред. С.П. Баженова. — М.: Издательский центр «Академия», 2014. — 384 с. — (Сер. Бакалавриат).

3. Laurikko, Juhani, Nils-Olof Nylund a Kai Sipilä. Automotive exhaust emissions at low ambient temperature. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 1987, 38 s: il. Tutkimuksia forskningrapporter

4. Шарипов А. Улучшение экологических показателей автомобильного двигателя с искровым зажиганием в период прогрева после холодного пуска: диссертация кандидата технических наук: 05.04.02 / - Москва, 2012 - 136 с.: ил.

http://www.dslib.net/teplo-dvigateli/uluchshenie-jekologicheskih-pokazatelej-avtomobilnogo-dvigatelja-s-iskrovym.html

5. Тріфонов Д.М. Використання теплового акумулятора фазового переходу для забезпечення пуску холодного двигуна та його прогрівання за рахунок поліпшення сумішоутворення / Тріфонов Д.М., Вербовський В.С., Грицук І.В. // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – ПолтНТУ, 2015. Вип. 3 (45). − С. 18-27.

http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/45_2015/5.pdf

6. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. ГОСТ 16350-80. – М., 1981. – 140 с.

http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/gost_16350-80.pdf

7. «Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник» / Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. та ін. - К.: Арістей, 2006. - 292 с.

8. Покровский А.Н. Эксплуатация автомобилей с карбюраторными двигателями в условиях низких температур / Покровский А.Н., Букин А.А., Гаврилов Д.Ф. М.: Автотрансиздат, 1961. - 112 с.

9. Семёнов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур — М.: Транспорт, 1993. - 190 с.

http://www.tnu.in.ua/study/refs/d196/file1484473.html

10. Castiglione T. A Novel Cooling System Control Strategy for Internal Combustion Engines / T. Castiglione, F. Pizzonia, S. Bova // SAE Int. J. Mater. Manf. – 2016. – Vol. 9(2). – P. 294-302

11. Bielaczyc P. Cold Start Emissions of Spark-Ignition Engines at Low Ambient Temperatures as an Air Quality Risk / P. Bielaczyc, A. Szczotka, J. Woodburn // Archives of Environmental Protection. – 2014. – Vol. 40. – Pages 87–100

12. Matthew S. Reiter The problem of cold starts: A closer look at mobile source emissions levels / Matthew S. Reiter, Kara M. Kockelman // Transportation Research Part D: Transport and Environment – 2016. – Vol. 43. – P. 123-132

http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.012

13. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 2. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта: учебное пособие. - М.: ИД «ФОРУМ», ИНФРА-М, 2008. - 256с.: ил. — (Профессиональное образование).

REFERENCES

1. Roberts A. Internal Combustion Engine Cold-Start Efficiency: A review of the Problem, Causes and Potential Solutions / A. Roberts, R. Brooks, P. Shipway // Energy Conversion and Management. – 2014. – Vol. 82. – P. 327–350.

2. Bazhenov, S. P. Fundamentals of operating trucks and tractors: proc. a manual for students. institutions higher. Professor of education / S. P. Bazhenov, B. N. Kazmin, V. S. Nosov; ed. by S. P. Bazhenova. — M.: Publishing center "Academy", 2014. — 384 p. — (Ser. Bachelor's degree). (Rus)

3. Laurikko, Juhani, Nils-Olof Nylund a Kai Sipilä. Automotive exhaust emissions at low ambient temperature. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 1987, 38 s: il. Tutkimuksia forskningrapporter

4. Sharipov A. improving the environmental performance of the automobile engine with spark ignition in the warm-up period after a cold start-up: thesis of candidate of technical Sciences: 05.04.02 / - Moscow, 2012 - 136 p. (Rus)

http://www.dslib.net/teplo-dvigateli/uluchshenie-jekologicheskih-pokazatelej-avtomobilnogo-dvigatelja-s-iskrovym.html

5. Trifonov D. M. the Use of the heat accumulator phase transition to ensure a cold start of the engine and its warming by improving mixture formation / D. M. Trifonov, V. S. Verbovskiy, Gritsuk I. V. // Collection of scientific works. Series: engineering and construction. – Poltntu, 2015. Vol. 3 (45). − S. 18-27. (Rus)

http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/45_2015/5.pdf

6. The climate of the USSR. Zoning and statistical parameters of climatic factors for technical purposes. GOST 16350-80. – M., 1981. – 140 p. (Rus)

http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/gost_16350-80.pdf

7. "Ecology and road transport: a tutorial" / Gutarevich Y. F., zerkalov D. V., Govorun A. G., et al. - Kyiv: Aristey, 2006. - 292 p. (Ukr)

8. Pokrovsky A. N. Operation of vehicles with petrol engines in conditions of low temperatures / Pokrovskiy A. N., Bukin, A. A., Gavrilov D. F. M.: Autotransmit, 1961. - 112 p. (Rus)

9. Semenov N. V. Operation of vehicles at low temperatures — M.: Transport, 1993. - 190 p. (Rus)

http://www.tnu.in.ua/study/refs/d196/file1484473.html

10. Castiglione T. A Novel Cooling System Control Strategy for Internal Combustion Engines / T. Castiglione, F. Pizzonia, S. Bova // SAE Int. J. Mater. Manf. – 2016. – Vol. 9(2). – P. 294-302

11. Bielaczyc P. Cold Start Emissions of Spark-Ignition Engines at Low Ambient Temperatures as an Air Quality Risk / P. Bielaczyc, A. Szczotka, J. Woodburn // Archives of Environmental Protection. – 2014. – Vol. 40. – Pages 87–100

12. Matthew S. Reiter The problem of cold starts: A closer look at mobile source emissions levels / Matthew S. Reiter, Kara M. Kockelman // Transportation Research Part D: Transport and Environment – 2016. – Vol. 43. – P. 123-132

http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.012

13. Turevski I. S. maintenance vehicles. Book 2. Organization of storage, maintenance and repair of road transport: a tutorial. - Moscow: publishing house "FORUM": INFRA-M, 2008. - 256c. — (Professional education). (Rus)

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Дослідження паливної економічності та екологічних показників автомобіля ЗАЗ-1102 при роботі в режимі прогріву в дорожніх умовах / Ю.Ф. Гутаревич, Д.М. Тріфонов, О.В. Сирота // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті розглянуто питання, пов'язане з підвищенням ефективності згоряння паливоповітряної суміші в умовах низьких температур навколишнього середовища, застосуванням системи підігріву впускного повітря і забезпеченням стабілізації його температури.

Метою експериментальних досліджень є визначення впливу температури повітря на впуску на паливну економічність та емісію шкідливих речовин з ВГ двигуна автомобіля при його прогріві в дорожніх умовах.

Об’єктом експериментальних досліджень є автомобіль ЗАЗ-1102, на якому встановлено карбюраторний, чотиритактний, чотирициліндровий рядний двигун МеМЗ-245.

Для забезпечення підігріву повітря на впуску використовували тепловий акумулятор фазового переходу.

Метод дослідження – проведення експериментальних випробувань.

З метою зниження тривалості теплової підготовки двигуна з іскровим запалюванням до прийняття навантаження в період його прогріву, в умовах низьких температур, запропоновано

застосовувати підігрів повітря, яке надходить у двигун. Це дозволяє підвищити ефективність використання енергії палива, що спалюється й знизити емісію токсичних речовин у відпрацьованих газах при прогріві.

Результати статті можуть бути використані для подальших досліджень, пов'язаних із поліпшенням паливної економічності силових установок та підвищення їх екологічної безпеки в умовах низької температури навколишнього повітря.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ДОРОЖНІ УМОВИ, ПРОГРІВ ДВИГУНА, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕМІСІЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН.

ABSTRACT

Gutarevich Y.F., Trifonov D.M., Sirota A.V. A Study of fuel efficiency and environmental performance of the car ZAZ-1102 when working in warm-up mode on the road. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article considers the issue of improving the efficiency of combustion of the fuel / air mixture at low ambient temperatures, the use of heated inlet air and ensure the stabilization of its temperature.

The purpose of the experimental research is determination of influence of temperature of intake air on fuel efficiency and emissions of harmful substances from the EXHAUST gas of the car engine when it is warming up on the road.

The object of experimental research is the car ZAZ-1102, which has a carbureted, four-stroke, four-cylinder in-line engine MeMZ-245.

To provide heated intake air used heat accumulator phase transition.

Research method – experimental test.

With the aim of reducing the duration of thermal preparation of the engine with spark ignition to accept the load during its warm-up in low temperatures, it is proposed to use heated air entering the engine. This improves the energy efficiency of fuel combusted and reduce the emission of toxic substances in exhaust gases during warm-up.

The results of this paper can be used for further research related to the improvement of fuel efficiency of power plants and increasing their ecological safety in conditions of low ambient air temperature.

KEY WORDS: EXPERIMENTAL STUDY, ROAD CONDITIONS, WARMING UP OF THE ENGINE, FUEL EFFICIENCY, EMISSION OF HARMFUL SUBSTANCES.

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Исследование топливной экономичности и экологических показателей автомобиля ЗАЗ-1102 при работе в режиме прогрева в дорожных условиях / Ю.Ф. Гутаревич, Д.М. Трифонов, А.В. Сирота // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрен вопрос, связанный с повышением эффективности сгорания топливовоздушной смеси в условиях низких температур окружающей среды, применением системы подогрева впускного воздуха и обеспечением стабилизации его температуры.

Целью экспериментальных исследований является определение влияния температуры воздуха на впуске на топливную экономичность и эмиссию вредных веществ с ОГ двигателя автомобиля при его прогреве в дорожных условиях.

Объектом экспериментальных исследований является автомобиль ЗАЗ-1102, на котором установлен карбюраторный, четырехтактный, четырехцилиндровый рядный двигатель МеМЗ-245.

Для обеспечения подогрева воздуха на впуске использовали тепловой аккумулятор фазового перехода.

Метод исследования – проведение экспериментальных испытаний.

С целью снижения продолжительности тепловой подготовки двигателя с искровым зажиганием к принятию нагрузки в условиях низких температур, предложено применять подогрев воздуха, поступающего в двигатель. Это позволяет повысить эффективность использования энергии сжигаемого топлива и снизить эмиссию токсичных веществ в отработавших газах при прогреве.

Результаты статьи могут быть использованы для дальнейших исследований, связанных с улучшением топливной экономичности силовых установок и повышения их экологической безопасности в условиях низкой температуры окружающего воздуха.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ, ПРОГРЕВ ДВИГАТЕЛЯ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭМИССИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.

АВТОРИ:

Гутаревич Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідуючий кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел. 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул, Суворова 1, к.303а.

Тріфонов Дмитро Миколайович, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел. 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.303а.

Сирота Олександр Вадимович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел. 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.303а.

AUTHOR:

Gutarevich Yurij, doctor of technical Sciences, Professor, National Transport University, head of the Department "Engines engineering", e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov St. 1, room 303a.

Trifonov Dmitrij, National Transport University, senior lecturer of the Department "Engines engineering", e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov St. 1, room 303a.

Syrota Alexander, candidate of technical Sciences, associate Professor, National Transport University, associate Professor of the Department "Engines engineering", e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, vul. Suvorov 1, room 303a.

АВТОРЫ:

Гутаревич Юрий Феодосиевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Двигатели и теплотехника», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел. 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул., Суворова 1, к.303а.

Трифонов Дмитрий Николаевич, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел. 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к.303а.

Сирота Александр Вадимович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел. 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к.303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, Київ, Україна.

Назаренко І.І., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машини і обладнання технологічних процесів» Київський національний університет будівництва і архітектури.

REVIEWER:

Sakhno V.P., Doctor of Technical Science, Professor, head of department of cars, National Transport University, Kyiv, Ukraine.

Nazarenko I. I., Doctor of Technical Science, head of the Department "Machines and equipment technological processes" Professor, Kyiv national University of construction and architecture, Kyiv, Ukraine

УДК 621.43.057
UDC 621.43.057

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА ЗА РОБОТИ З ДОБАВКОЮ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Шуба Є.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

FEATURES OF WORKFLOW THE GASOLINE ENGINE WHEN OPERATING WITH THE ADDITION OF A HYDROGEN-CONTAINING GAS TO THE AIR CHARGE

Gutarevych Y.F., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Shuba Y.V., Ph.D., Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ С ДОБАВКОЙ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА К ВОЗДУШНОМУ ЗАРЯДУ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Шуба Е.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. На сьогоднішній день основним джерелом енергії на автомобільному транспорті залишаються двигуни внутрішнього згоряння. Переважна кількість автомобілів особистого користування обладнана бензиновими двигунами, основним недоліком яких є погіршення паливної економічності та екологічних показників в режимах малих навантажень і холостого ходу. Саме ці режими роботи є найбільш характерними при русі автомобілів у містах. Основними причинами погіршення показників двигунів є порушення нормального протікання процесів сумішоутворення і згоряння внаслідок збільшення відносної кількості залишкових газів, зростання механічних опорів через дроселювання, підвищена втрата теплоти в охолоджуючу рідину і оливу. В цих режимах погіршуються умови запалювання і збільшується тривалість усіх фаз згоряння.

Одним із напрямів поліпшення показників робочого процесу бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу є інтенсифікація процесу згоряння використанням добавок активуючих речовин. Найбільш перспективним є використання в якості добавки водню або водневмісних сполук. До таких сполук належить водневмісний газ, який отримують електролізом водних розчинів лугів. Цей газ складається з молекул і атомів водню і кисню.

Мета роботи – визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на склад паливоповітряної суміші та процес згоряння в бензиновому двигуні з карбюраторною системою живлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень впливу добавки водневмісного газу (H_2/O_2) на показники роботи автомобільних двигунів наведено в ряді робіт. В роботах [1 - 3] наведені результати досліджень впливу добавки газу H_2/O_2 на паливно-економічні та екологічні показники бензинових двигунів з різними системами живлення. Результати, отримані при випробуванні на гальмівних стендах, свідчать, що добавка водневмісного газу приводить до підвищення крутного моменту двигуна, зниження питомої витрати палива та зниження концентрацій продуктів неповного згоряння, зокрема незгорілих вуглеводнів. Для встановлення причин цих змін необхідно дослідити особливості робочого процесу двигуна при використанні добавки газу H_2/O_2. Показниками робочого циклу двигуна, що характеризують процес згоряння, є характеристики активного тепловиділення і тепловикористання. Для розрахунку робочого процесу широко використовують математичні моделі, які дозволяють з використанням емпіричних та

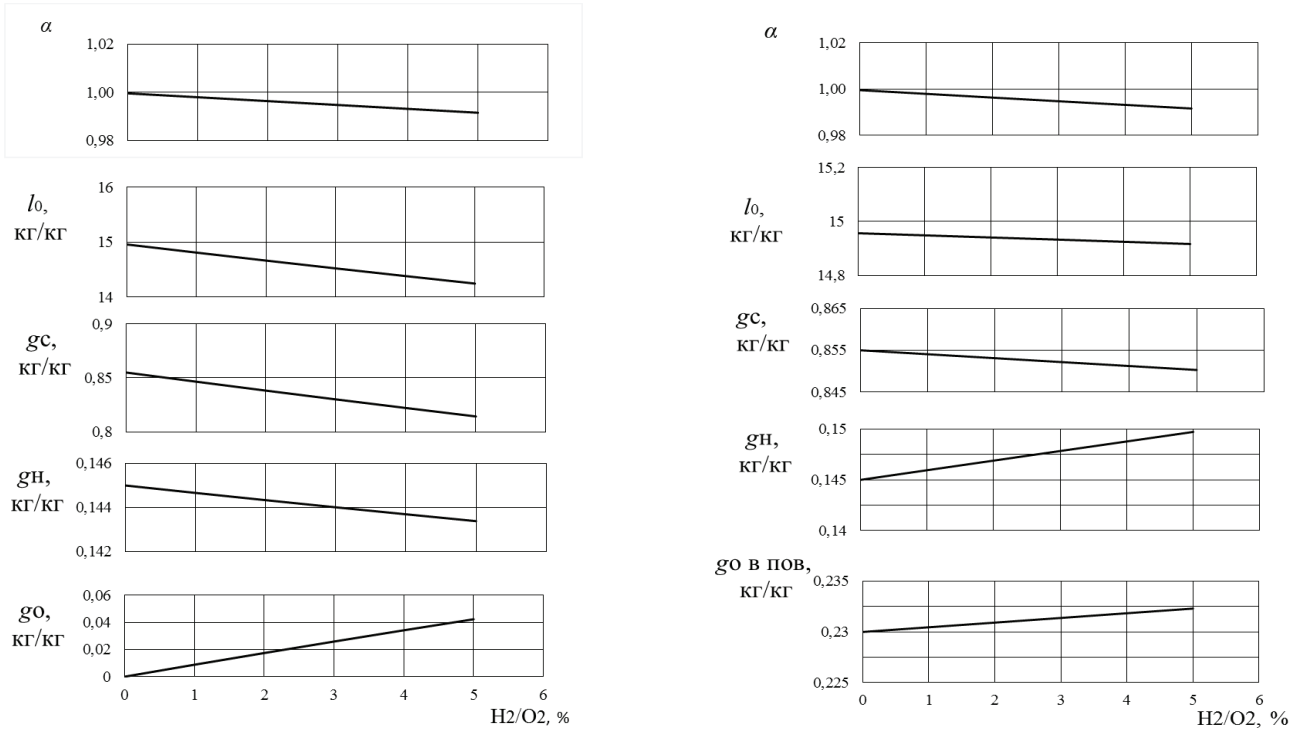
напівемпіричних залежностей описати закон виділення теплоти [4 - 7]. Разом з тим при розрахунку робочого процесу двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу необхідно врахувати вплив добавки газу H_2/O_2 на процес сумішоутворення.

Виклад основного матеріалу

На кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету проводять дослідження по використанню добавки водневмісного газу для покращення показників двигунів внутрішнього згоряння. Проведено розрахункові та експериментальні дослідження впливу добавки водневмісного газу на робочий процес карбюраторного двигуна МеМЗ-245 .

Для того щоб визначити вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна необхідно врахувати склад газу отриманого електролізом водних розчинів лугів. Основними продуктами електролізу є водень і кисень, а саме 0,111 масових долей водню і 0,889 кисню. При розрахунку процесу сумішоутворення водневмісний газ розглядали як добавку водню і кисню до бензину (варіант 1) і як добавку водню до бензину і кисню до повітря (варіант 2) [8].

На рис. 1 показано вплив добавки водневмісного газу на показники сумішоутворення при обох варіантах розрахунку.



а) перший варіант б) другий варіант

Рисунок 1 - Вплив добавки водневмісного газу на показники сумішоутворення бензинового двигуна

Як видно з рисунку 1, для обох варіантів розрахунку отримано однакове незначне збагачення складу паливоповітряної суміші. При цьому по різному змінюються масові частки компонентів палива і повітря. Зокрема, при першому підході до розрахунку змінюється елементарний склад палива, а саме зменшуються масові частки водню і вуглецю та з’являється частка кисню. Якщо розглядати водневмісний газ як добавку водню до бензину і кисню до повітря, то склад паливної суміші змінюється наступним чином: масова частка вуглецю в паливі зменшується, а водню збільшується. При цьому підході до розрахунку частка кисню в повітрі збільшується.

Важливим показником, який характеризує процес згоряння вуглеводневих палив, є відношення водень-вуглець Н/С. На рис. 2 показано зміну в паливі відношення Н/С за добавки водневмісного газу.

Рисунок 2 - Вплив добавки водневмісного газу на відношення Н/С суміші бензину з H_2/O_2

Як видно з рис. 2, по мірі додавання водневмісного газу відношення Н/С зростає, що дозволяє очікувати поліпшення процесу згоряння отриманої суміші.

Для дослідження особливостей робочого процесу бензинового двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу визначали нижчу теплоту згоряння утвореної суміші за залежністю:

$$H_{u\,\text{сум}} = H_{u\,\text{б}} \cdot g_{\text{б}} + H_{u\,\text{H2/O2}} \cdot g_{\text{H2/O2}}, \tag{1}$$

де $H_{uб}$ і $H_{uH2/O2}$ – нижча теплота згоряння бензину і водневмісного газу;
$g_б$, $g_{H2/O2}$ – масові частки бензину і водневмісного газу в суміші.

$$H_{u\,\text{H2/O2}} = H_{u\,\text{H2}} \cdot 0.111, \tag{2}$$

де H_{uH2} – нижча теплота згоряння 1 кг водню.

Результати розрахунку нижчої теплоти згоряння суміші бензину з водневмісним газом при добавці газу від 0 до 5 % від витрати бензину показано на рис. 3.

Рисунок 3 - Зміна нижчої теплоти згоряння суміші бензину з водневмісним газом в залежності від величини добавки газу H_2/O_2

Як видно з рисунку 3, добавка водневмісного газу призводить до зниження нижчої теплоти згоряння паливної суміші.

Для дослідження впливу добавки газу H_2/O_2 на робочий процес бензинового двигуна проведено індицирування двигуна МеМЗ – 245. Випробування проведені в режимі, що відповідає середній точці Європейського їздового циклу (Мк = 16,96 Н м, n = 1900 хв$^{-1}$).

Для аналізу відібрано дві індикаторні діаграми – одна за роботи двигуна без добавки, а друга з добавкою 3 л/хв H_2/O_2. Відбиралися діаграми, максимальний тиск яких найбільше відповідає значенню середнього максимального тиску для серії із 70 послідовних діаграм і індикаторні показники яких з врахуванням механічних втрат відповідають заміряним ефективним показникам двигуна для даного режиму.

Як видно з рис. 4, добавка водневмісного газу приводить до зростання максимального тиску циклу з 18,56 до 20,02 бар і зміщення його в бік в.м.т. на 4 градуси повороту колінчастого вала. Внаслідок підвищення тиску зростає крутний момент і потужність двигуна, що підтверджено замірами на гальмівному стенді. При роботі без добавки крутний момент становить 16,96 Н·м, з добавкою зростає до 18,02 Н·м.

Розраховані за індикаторними діаграмами значення ефективної потужності практично співпадають із тими, що були заміряні при випробуваннях двигуна на гальмівному стенді. При роботі двигуна МеМЗ – 245 без добавки водневмісного газу заміряна ефективна потужність становила 3,37 кВт, в результаті розрахунку отримали 3,44 кВт. З добавкою газу H_2/O_2 ефективна потужність отримана при випробуваннях складає 3,59 кВт, розрахована - 3,61 кВт.

Для розрахунку процесу згоряння використана відома методика, яка дозволяє на основі отриманих експериментальних індикаторних діаграм за допомогою напівемпіричних залежностей розрахувати показники робочого процесу. Розрахунок проведений за допомогою комп’ютерної програми складеної на кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету, до якої внесено зміни, що враховують добавку H_2/O_2. Показники робочого процесу визначені за допомогою залежностей отриманих на основі відомого рівняння стану ідеального газу.

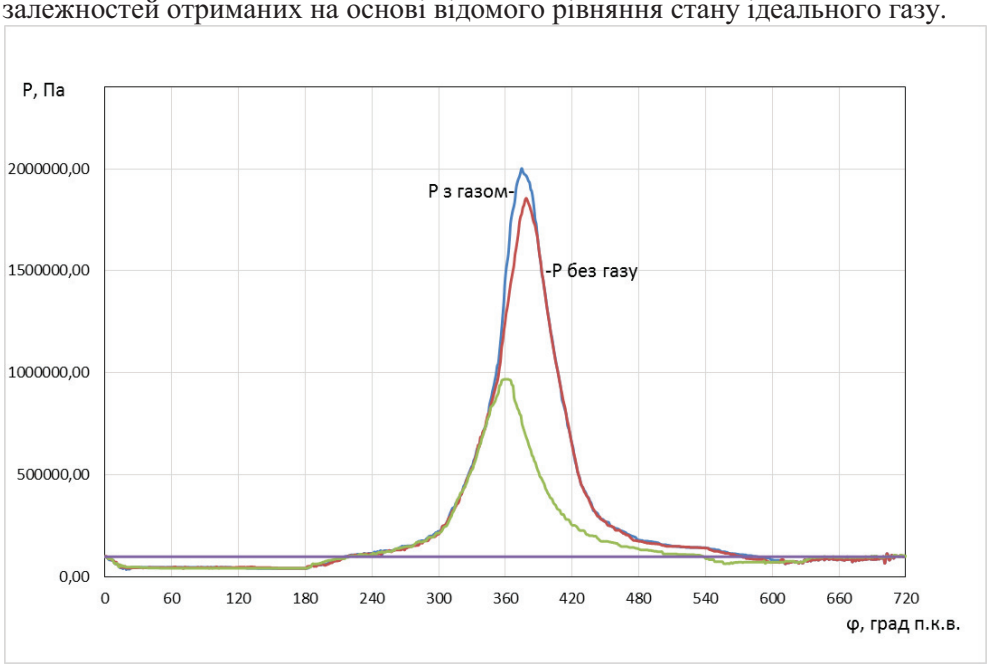


Рисунок 4 - Розгорнуті індикаторні діаграми двигуна МеМЗ - 245 за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу

Використовуючи уточнену методику розрахунку робочого процесу двигуна з іскровим запалюванням [9] розраховано основні показники робочого циклу двигуна за роботи на бензині і на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду. Розраховано характеристики активного тепловикористання ξ і тепловиділення χ двигуна за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу (рис. 5, 6).

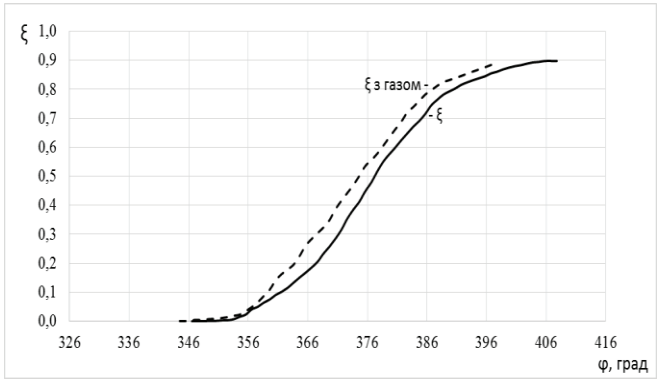


Рисунок 5 - Характеристики тепловикористання за роботи двигуна без добавки та з добавкою водневмісного газу

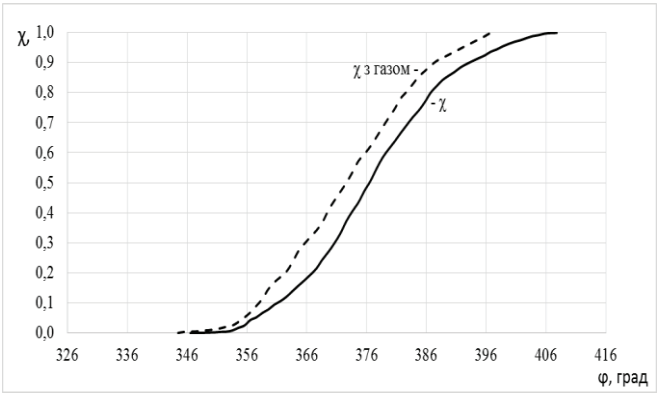


Рисунок 6 - Характеристики активного тепловиділення за роботи двигуна без добавки та з добавкою водневмісного газу

З показаних вище характеристик видно, що добавка водневмісного газу призводить до скорочення тривалості згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала.

Для підтвердження достовірності отриманих результатів характеристику активного тепловиділення визначили з відомого виразу професора Вібе І.І. [5].

Порівняння характеристик активного тепловиділення при роботі двигуна з добавкою і без добавки водневмісного газу, розрахованих за двома різними методиками показано на рис. 7, 8.

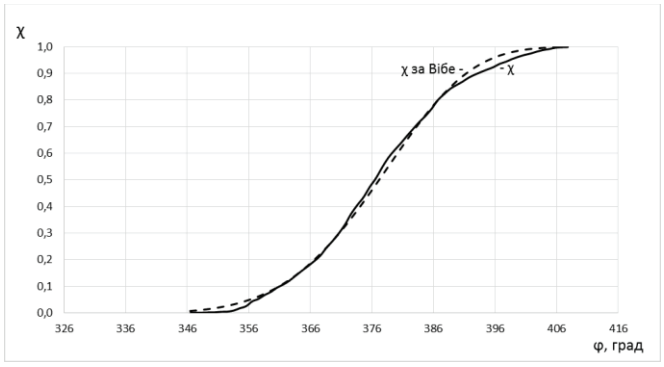


Рисунок 7 - Порівняння результатів розрахунку характеристик активного тепловиділення за різними методиками при роботі двигуна без добавки водневмісного газу

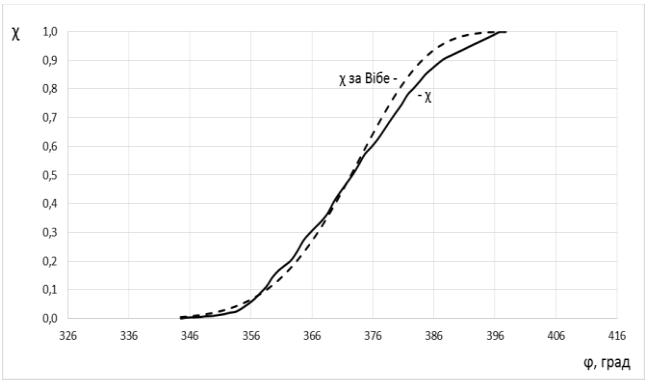


Рисунок 8 - Порівняння результатів розрахунку характеристик активного тепловиділення за різними методиками при роботі двигуна з добавкою водневмісного газу

Як видно з показаних на рис. 7 і 8 характеристик, результати розрахунку за обраною в дослідженні методикою і за методикою проф. Вібе І.І. є досить близькими.

За експериментальними індикаторними діаграмами розраховано основні індикаторні показники двигуна. Використання добавки водневмісного газу підвищує індикаторний ККД η_i з 0,3107 до 0,333, що дає підстави очікувати поліпшення паливної економічності двигуна за рахунок поліпшення робочого процесу.

Відомо, що значення тиску в циліндрі двигуна в різних циклах характеризується певною нерівномірністю. В результаті статистичної обробки серії індикаторних діаграм розраховано ступінь невідтворності послідовних робочих циклів за роботи двигуна на бензині та на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду. Цей показник представляє собою середньоквадратичне відхилення значень максимального тиску циклу, віднесене до середньої величини підвищення тиску. Встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення ступеня невідтворності послідовних робочих циклів на 6,8 %.

Висновок. Встановлено, що добавка водневмісного газу до повітряного заряду карбюраторного двигуна призводить до зміни складу паливоповітряної суміші. Розглядаючи даний газ, як добавку лише до бензину і як добавку водню до бензину і кисню до повітря отримано подібні результати при розрахунку α. В обох випадках очікується незначне збагачення паливоповітряної суміші. Індицируванням двигуна МеМЗ-245 за роботи в режимі середньої точки Європейського їздового циклу встановлено, що добавка водневмісного газу в кількості 5,4 % від витрати бензину приводить до підвищення максимального тиску циклу з 18,56 до 20,02 бар. За уточненою методикою розрахунку робочого процесу, яка враховує вплив добавки H2/O2 на склад паливоповітряної суміші, встановлено, що добавка водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна скорочує тривалість згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема, перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала. Встановлено, що за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу зменшується ступінь невідтворності послідовних робочих циклів на 6,8 %. Встановлено, що індикаторний ККД двигуна МеМЗ-245 за роботи з добавкою H_2/O_2 в кількості 5,4 % від витрати бензину в режимі середньої точки Європейського їздового циклу підвищується на 6,7 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гутаревич Ю.Ф. Вплив додавання суміші водню з киснем на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, А. О. Корпач, Є.В. Шуба, О. Д. Філоненко, І. В. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. –Вип. 30, С. 78–85.

2. Гутаревич Ю.Ф. Використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду для покращення показників двигунів з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 31, С. 161–165.

3 Гутаревич Ю. Ф. Вплив добавки водневмісного газу до повітряного заряду на паливну економічність бензинового двигуна із системою впорскування / Ю. Ф. Гутаревич, М. П. Цюман, Є. В. Шуба // Politechnika Rzeszowskaim. Ignacego Lukasiewicza Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. Seria: Transport. – 2014. – № 5. – С. 149 – 154.

4. Иващенко Н.А., Кавтарадзе Р.З. Многозонные модели расчета рабочего процесса. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997.

5. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. Скорость сгорания и рабочий цикл двигателей. / И.И. Вибе - М.: Свердловск, 1962. - 271 с.

6. Ефремов Б.Д., Черняк Б.Я. Математическая модель процесса теп-ловыделения в двигателях внутреннего сгорания // Труды МАДИ. – вып. 96. – 1974. – С. 45 - 50.

7. Максимов А.Л., Черняк Б.Я. Расчётная модель действительного цикла двигателя внутреннего сгорания // Труды МАДИ. – вып. 126. – 1976. – С. 74 - 81.

8. Гутаревич Ю.Ф. Вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 32, С. 100 – 107.

9. Гутаревич Ю.Ф Уточнення методики розрахунку робочого процесу бензинового двигуна за роботи в режимі малих навантажень з добавкою водневмісного газу. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №2(4). С. 20-27.

REFERENCES

1. Gutarevych Yu.F. Vplyv dodavannya sumishi vodnyu z kysnem na palyvnu ekonomichnist' i toksychnist' benzynovoho dvyhuna v rezhymi kholostoho khodu. / Yu. F. Gutarevych, A. O. Korpach, Ye.V. Shuba, O. D. Filonenko, I. V. Samoylenko // Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu. – K. : NTU, 2014. –Vyp. 30. (Ukr)

2. Gutarevych Yu.F. Vykorystannya dobavky vodnevmisnoho hazu do povitryanoho zaryadu dlya pokrashchennya pokaznykiv dvyhuniv z karbyuratornoyu systemoyu zhyvlennya v rezhymakh kholostoho khodu. / Yu. F. Gutarevych, Ye.V. Shuba // Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu. – K. : NTU, 2015. –Vyp. 31. (Ukr)

3. Gutarevych Yu. F. Vplyv dobavky vodnevmisnoho hazu do povitryanoho zaryadu na palyvnu ekonomichnist' benzynovoho dvyhuna iz systemoyu vporskuvannya / Yu. F. Gutarevych, M. P. Tsyuman, Ye. V. Shuba // Politechnika Rzeszowskaim. Ignacego Lukasiewicza Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. Seria: Transport. – 2014. – № 5. – S. 149 – 154. (Ukr)

4. Ivaschenko N.A., Kavtaradze R.Z. Mnogozonnyie modeli rascheta rabochego protsessa. Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 1997. (Ukr)

5. Vibe I.I. Novoe o rabochem tsikle dvigateley. Skorost sgoraniya i rabochiy tsikl dvigateley. / I.I. Vibe - M.: Sverdlovsk, 1962. - 271 s. (Rus)

6. Efremov B.D., Chernyak B.Ya. Matematicheskaya model protsessa tep-lovyideleniya v dvigatelyah vnutrennego sgoraniya // Trudyi MADI. – vyip. 96. – 1974. – S. 45 - 50. (Rus)

7. Maksimov A.L., Chernyak B.Ya. RaschYotnaya model deystvitelnogo tsikla dvigatelya vnutrennego sgoraniya // Trudyi MADI. – vyip. 126. – 1976. – S. 74 - 81. (Rus)

8. Gutarevich Yu.F. Vpliv dobavki vodnevmIsnogo gazu na sklad palivopovItryanoYi sumIshI benzinovogo dviguna. / Yu.F. Gutarevich, E.V. Shuba // VIsnik NatsIonalnogo transportnogo unIversitetu. – K. : NTU, 2015. – Vip. 32. (Ukr)

9. Gutarevych Yu.F Utochnennya metodyky rozrakhunku robochoho protsesu benzynovoho dvyhuna za roboty v rezhymi malykh navantazhen' z dobavkoyu vodnevmisnoho hazu. / Yu.F. Gutarevych, Ye.V. Shuba // Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni na transporti. Naukovyy zhurnal. – Luts'k. Luts'kyy NTU, 2015.- #2(4). S. 20-27. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Особливості робочого процесу бензинового двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті розглянуто результати досліджень впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на робочий процес бензинового двигуна.

Об’єкт експериментальних досліджень – бензиновий двигун МеМз-245 з карбюраторною системою живлення.

Мета роботи – визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на склад паливоповітряної суміші та процес згоряння в бензиновому двигуні з карбюраторною системою живлення.

Методи дослідження – теоретичний і експериментальний.

Добавка водневмісного газу позитивно впливає на робочий процес бензинового двигуна. Підвищується максимальний тиск циклу і скорочується тривалість згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема, перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЕНЗИНОВИЙ ДВИГУН, КАРБЮРАТОРНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ, ВОДНЕВМІСНИЙ ГАЗ, СУМІШОУТВОРЕННЯ, РОБОЧИЙ ПРОЦЕС.

ABSTRACT

Gutarevych Y.F., Shuba Y.V. Features of workflow the gasoline engine when operating with the addition of a hydrogen-containing gas to the air charge. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article describes the results of studies of the influence of additives of hydrogen-containing gas to the air charge for the working process of the petrol engine.

The object of experimental studies - gasoline engine MeMZ-245 with carburetor feed system.

Purpose - to determine the effect of addition of a hydrogen-containing gas to the air charge in the air-fuel mixture and the combustion process in a gasoline engine with carburetor feed system.

Methods of research - theoretical and experimental.

The addition of hydrogen-containing gas has a positive effect on the working process of a gasoline engine. Increases the maximum cycle pressure and the combustion duration is reduced by 10 degrees of crankshaft rotation. In particular, the first and second phase of combustion is reduced by 2 degrees every third phase is reduced by 6 degrees crank angle.

KEYWORDS: PETROL ENGINE, CARBURETOR POWER SYSTEM, HYDROGEN-CONTAINING GAS MIXTURE FORMATION, THE WORKFLOW.

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Особенности рабочего процесса бензинового двигателя при работе с добавкой водородсодержащего газа к воздушному заряду. / Ю.Ф. Гутаревич, Е.В. Шуба // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены результаты исследований влияния добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду на рабочий процесс бензинового двигателя.

Объект экспериментальных исследований - бензиновый двигатель МеМЗ-245 с карбюраторной системой питания.

Цель работы - определение влияния добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду на состав топливовоздушной смеси и процесс сгорания в бензиновом двигателе с карбюраторной системой питания.

Методы исследования - теоретический и экспериментальный.

Добавка водородсодержащего газа положительно влияет на рабочий процесс бензинового двигателя. Повышается максимальное давление цикла и сокращается продолжительность сгорания на 10 градусов поворота коленчатого вала. В частности, первая и вторая фазы сгорания сокращаются на 2 градуса каждая, третья фаза сокращается на 6 градусов поворота коленчатого вала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, КАРБЮРАТОРНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ, ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ, СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕ, РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС.

АВТОРИ:

Гутаревич Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідуючий кафедрою “Двигуни і теплотехніка”, e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 302.

Шуба Євгеній Васильович., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1

AUTHORS:

Gutarevich Yurii F. Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of the department "Engines and Heating", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, tel. +380442804716, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str.1,of 302.

Shuba Y. V., Ph.D., Engineering, National Transport University, postgraduate, assistant of department of "Engines and Heating", e-mail: shuba90@i.ua, tel. +380688147423, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

АВТОРЫ:

Гутаревич Юрий Феодосиевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Двигатели и теплотехника», e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 302.

Шуба Евгений Васильевич, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор,Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілі, Київ, Україна.

Назаренко І.І., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна.

REVIEWER:

Sakhno Volodymyr P., PhD, Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head department of automobiles, Kyiv, Ukraine.

Nazarenko I.I., PhD, Engineering (Dr.) professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine.

УДК 621.891
UDC 621.891

ДИНАМІКА ФОРМУВАННЯ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ В УМОВАХ ЛОКАЛЬНОГО КОНТАКТУ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Білякович О.М., кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна
Глухонець А.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE DYNAMICS OF FORMATION LUBRICANT FILM THICKNESS IN CONDITIONS OF LOCAL CONTACT

Dmytrychenko M.F., PhD (Doctor of Science) National Transport University, Kyiv, Ukraine
Biliakovych O.M., Candidate of Science, National Aviation University, Kyiv, Ukraine
Hlukhonets A.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТОЛЩИНЫ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО КОНТАКТА

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Билякович О.Н., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, Киев, Украина
Глухонец А.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням формування товщини мастильного шару займалось багато вчених: Гаркунов Д.Н., Чичинадзе А.В., Дмитриченко М.Ф., Мнацаканов Р.Г., Мікосянчик О.О., Міланенко О.А.

Викладення невирішених питань. Створення високонадійних механізмів та машин можливо тільки за рахунок високого ступеня відповідності низки показників стану триботехнічного вузла вимогам, які забезпечують його нормальну експлуатацію. Тривалий час до таких показників відносили геометричні характеристики, параметри шорсткості контактних поверхонь, матеріал елементів трибоспряження. Однак для забезпечення надійної роботи вузла тертя також необхідний ретельний підбір мастильного матеріалу відповідно до умов експлуатації.

Постановка завдання. Проблема підвищення зносостійкості трибомеханічних систем (підшипників кочення, зубчастих передач і т. п.) набуває все більшу актуальність, в зв’язку з безперервним підвищенням навантажувальних, швидкісних і температурних умов в контакті тертя. Працездатність і довговічність підшипників кочення і ковзання, зубчастих і фрикційних передач, зубчастих муфт і ущільнень залежить від режиму мащення в контакті. Умови тертя в зубчастих передачах істотно відрізняються від умов тертя в інших механізмах. Достатньо відмітити, що зубчасті передачі повинні експлуатуватися в діапазоні зміни колових швидкостей від 0 до 140 м/с, при контактних напругах до 5ГПа і температурі змащувального матеріалу до 300ºС, причому контактні температури досягають 350 – 400 ºС [1,2]. Вищезазначені чинники суттєво впливають на товщину мастильного шару, яка є основною характеристикою режиму мащення, який обумовлює змащувальну здатність сучасних мастильних матеріалів і як наслідок впливає на зносостійкість поверхонь тертя. Мастильні матеріали повинні забезпечувати надійну роботу устаткування в умовах тривалої роботи та в широкому інтервалі температур при режимах граничного і гідродинамічного мащення або їх поєднаннях. В межах застосування гідродинамічної теорії мащення єдиною властивістю олив, яка визначає їх змащувальну дію, є в'язкість. В'язкість мастильної рідини є ефективним окремим показником, за яким визначають сферу застосування оливи – в'язкість визначає

втрати на тертя, тепловиділення, несучу здатність, товщину плівки, витрату мастильного матеріалу [3]. При високому тиску (> 10^8 Па) може відбутися різке збільшення в'язкості оливи і вона набуває неньютонівських властивостей [4], що не враховується в теоретичних розрахунках еластогідродинамічної (ЕГД) теорії мащення.

Найбільш важливою практичною стороною еластогідродинамічної задачі для точкового контакту являється визначення центральної товщини змащувального шару всередині зони контакту, так як підтримання необхідної товщини плівки має вагоме значення для роботоздатності деталей трибомеханічних систем.

Дану статтю присвячено оптико-інтерферометричному вимірюванню товщини мастильного шару та визначенню основних фізико-хімічних характеристик досліджуваного спектру мастильних матеріалів.

Викладення основного матеріалу. Метою роботи являлось вимірювання ультратонкої товщини мастильного шару (до 0,02 мкм), що здійснювалося на спеціально виготовленому стенді, який дав змогу методом оптичної інтерферометрії дослідити розподіл товщини мастильного шару в точковому (коловому) контакті тертя та розподіл мастильного матеріалу навколо контакту з урахуванням картини підведення мастильного матеріалу та температурного режиму мащення.

Метод полягає в огляді ділянки контакту через одне з контактуючих тіл (скляний диск) і спостереженні інтерференційної картини, яка породжується конструктивною та деструктивною інтерференцією світла, відбитого від поверхні непрозорого тіла (стальної кульки) [5].

Застосування фото-, відеозаписуючої техніки дало змогу з високим ступенем точності реєструвати й аналізувати швидкоплинні процеси зміни основних ЕГД-характеристик при відтворенні умов розвинення мастильного голодування, кавітаційних процесів й інших явищ.

Методика оптико-інтерферометричних вимірювань товщини мастильного шару містила:

1) тарування за допомогою рівняння Герца при визначенні оптичної товщини мастильного шару;

2) вимірювання показника заломлення середовища при атмосферному тиску через рефрактометр;

3) визначення дійсної товщини мастильного шару.

Метою даного експериментального дослідження являється вплив параметру швидкості кочення (умова кочення з проковзуванням 20%) на кінетику формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту. При дослідженні використовувалися 5 марок мастильних матеріалів: 1) моторна олива SAE 15w40 LUX; 2) моторна олива М8Г2К; 3) моторна олива М10Г2К; 4) олива І - 40; 5) олива універсальна моторно – трансмісійна ЄМТ-8. Діапазон зміни швидкостей складав від 0 до 1,2 м/с; температура олив впродовж експерименту становила 20ºС; контактна напруга складала 251,5 МПа. Товщина мастильного шару в контакті визначалась методом оптичної інтерференції.

Для характеристики процесу мащення існує безрозмірний параметр λ – режим мащення, який визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}},$$

де h – товщина мастильного шару, мкм

R_{a1} – середньоарифметичне відхилення профілю скляного диска, мкм

R_{a2} – середньоарифметичне відхилення профілю стальної кульки (ролика), мкм.

Класифікація режимів мащення згідно значення λ наступна:

λ= 0 – 1 – напівсухий;

λ= 1– 1,5 –граничний;

λ= 1,5 – 3 – змішаний з переважанням граничного;

λ= 3 – 4 – еластогідродинамічний;

λ≥ 4 – гідродинамічний.

Результати досліджень

При використанні в якості мастильного матеріалу оливи SAE 15w40 LUX встановлено, що формування товщини мастильного шару відбувається при швидкості $V_{\Sigma к}$=0,068 м/с, дійсна товщина мастильного шару склала $h_д$=0,123×10^{-6}м (рис.3.1), при цьому реалізується граничний режим

мащення λ =1,231 (рис.1). Із ростом швидкості товщина мастильного шару зростає і при швидкості $V_{\Sigma к}$=0,365 м/с вона складає $h_д$=0,409×10^{-6}м, при цьому реалізується гідродинамічний режим мащення λ=4,087(рис.2), який домінує до $V_{\sum к}$=0,675 м/с.

Використовуючи в якості мастильного матеріалу моторну оливу М8Г2К встановлено, що при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma к}$=0,045 м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_д$=0,124×10^{-6}м (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення λ=1,24 (рис.2). Досягнувши $V_{\Sigma к}$=0,351 м/с товщина мастильного шару складає $h_д$=0,411×10^{-6}м (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення λ=4,113 (рис.2), характерний до $V_{\sum к}$ >0,654м/с.

Використовуючи в якості мастильного матеріалу моторну оливу М10Г2К встановлено, що при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma к}$=0,076 м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_д$=0,0796×10^{-6}м (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення λ=1,223 (рис.2). Досягнувши $V_{\Sigma к}$=0,5 м/с товщина мастильного шару складає $h_д$=0,406×10^{-6}м (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення λ=4,061 (рис.2).

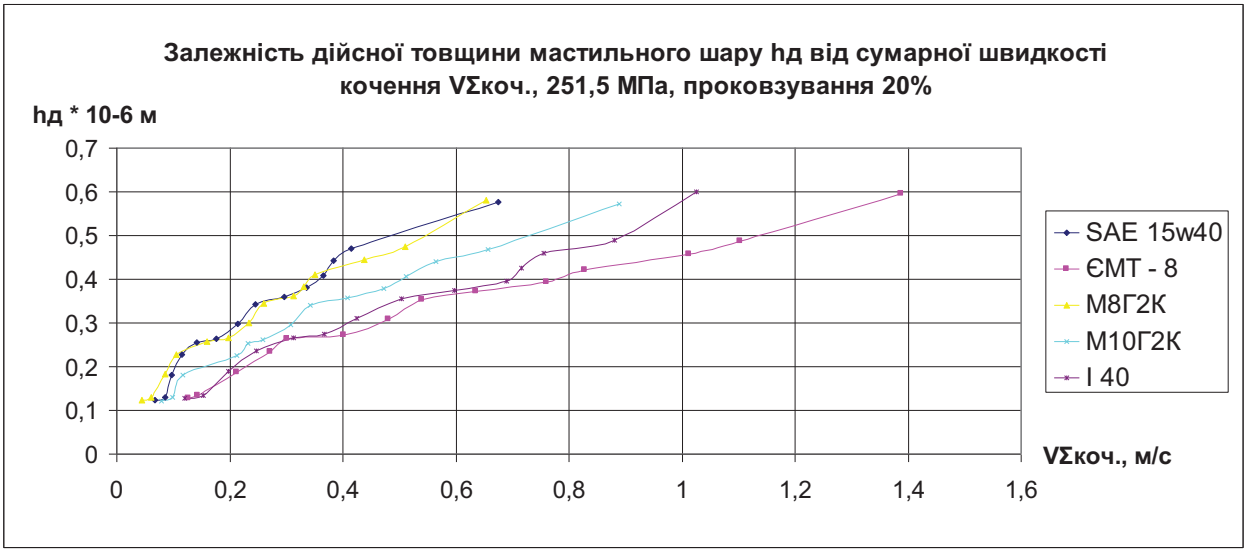


Рисунок – 1 Залежність дійсної товщини мастильного шару $h_д$ від сумарної швидкості кочення $V_{\Sigma коч}$

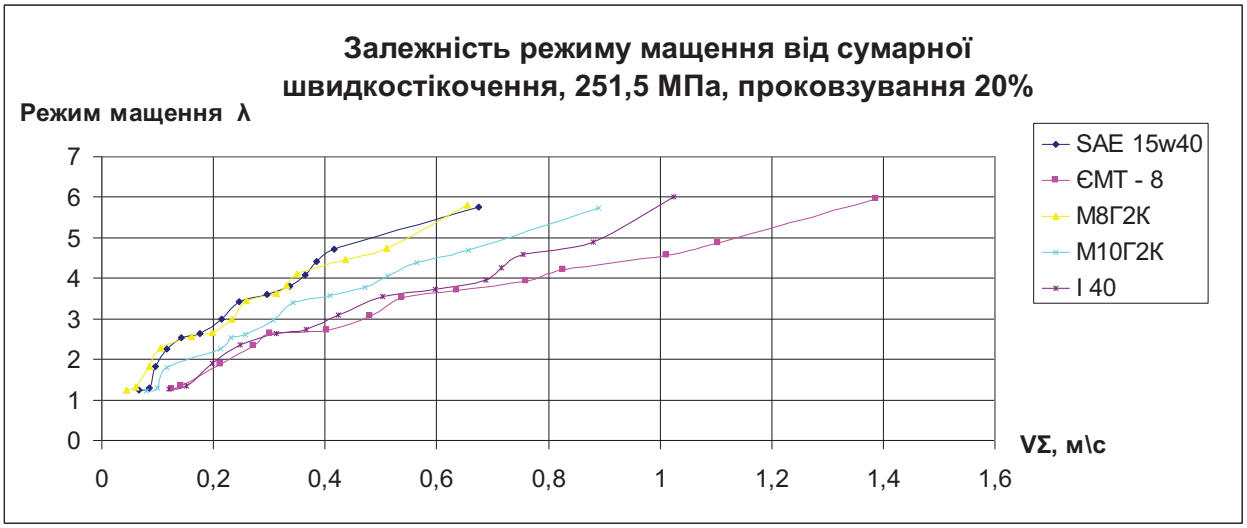


Рисунок 2 – Залежність режиму мащення λ від сумарної швидкості кочення $V_{\Sigma коч}$

Використовуючи в якості мастильного матеріалу оливу ЄМТ-8 встановлено, що при $V_{\Sigma к}$=0,126 м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_д$=0,127×10^{-6}м (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення λ=1,272 (рис.2). Досягнувши швидкості $V_{\Sigma к}$=0,827

м/с товщина мастильного шару складає $h_д$=0,422×10^{-6}м (рис.3.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення λ=4,222 (рис.3.2), який домінує до $V_{\sum к}$ = 1,388 м/с.

Застосовуючи в якості мастильного матеріалу оливу І-40 встановлено, що товщина масляної плівки формується при сумарній швидкості кочення $V_{\sum к}$=0,119м/с і становить $h_д$=0,128×10^{-6}м (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення λ=1,28 (рис.2). Досягнувши швидкості кочення $V_{\sum к}$=0,717 м/с товщина мастильного шару складає $h_д$=0,425×10^{-6}м (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення λ=4,25 (рис.2), який характерний до $V_{\sum к}$ = 1,026м/с .

Висновок та перспективи подальших розвідок. Одержані експериментальні залежності формування мастильного шару дослідженими оливами в умовах поступового збільшення сумарної швидкості кочення узгоджуються з еластогідродинамічною теорією мащення: приріст товщини мастильного шару оливи можливий при підвищенні сумарної швидкості кочення тільки до 10 – 15м/с [6]. Збільшення в'язкості оливи, згідно еластогідродинамічної теорії мащення, сприяє утворенню мастильної плівки більшої товщини [7,8], що підтверджується одержаними нами експериментальними даними.

Аналіз експериментальних даних щодо мастильної дії олив різного складу показує, що кінетика формування товщини мастильного шару в період пуску залежить від швидкості кочення – при зростанні швидкості кочення відбувається підвищення товщини мастильного шару в центральній зоні контакту, що обумовлює перехід від граничного до гідродинамічного режиму мащення. При цьому процесі значну роль відіграє кінематична в’язкість мастильного матеріалу, яка, в основному, залежить від базової основи олив, тому що кількість присадок становить до 10 – 15% (наприклад, в моторних оливах).

Таким чином, при виборі мастильного матеріалу для вузла тертя необхідно ґрунтуватися не тільки на підборі оливи з певною кінематичною в’язкістю, але й визначатися із хімічним складом мастильного матеріалу та матеріалом контактних поверхонь.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 156 с.

2. Forsythe G.E. Generation and use of orthogonal polynomials to data-fithing with a digital computer// Y.Soc. Ind. Appl. Math. – 1957. – S.74. – P. 206-212.

3. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Наука, 1969. – 344 с.

4. Справочник по триботехнике: В 3т./ Под общ. ред. Хебты М., Чичинадзе А.В. – М.: Машиностроение, 1990. – Т.2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. – 412 с.

5. Міланенко О.А. Мастильна дія олив у точковому контакті тертя в умовах рясного мащення та мастильного голодування: Дис. на здобуття наукового ступеня к.т.н.: 05.02.04 / Міланенко О.А. – К.: НАУ, 2000. – 214 с.

6. Дроздов Ю.Н., Арчегов В.Г., Смирнов В.И. Противозадирная стойкость трущихся тел. – М.: Наука, 1981. – 275с.

7. Райко М. В. Исследование смазочного действия нефтяных масел в условиях работы зубчатых передач: Дис. на соискание ученой степени д.т.н.: 05.02.04. – К.: КИИГА, 1974. – 369 с.

8. Мікосянчик О.О. Оцінка триботехнічних параметрів мастильних матеріалів при граничному мащенні в умовах локального контакту: дис. канд. техн. наук: 05.02.04 / Національний транспортний ун-т. – К., 2006

REFERENCES

1. Nalimov V.V., Chernova N.A. Statistical methods for planning of extreme experiments. - M .: Science, 1965 - 156 p. (Rus)

2. Forsythe G.E. Generation and use of orthogonal polynomials to data-fithing with a digital computer// Y.Soc. Ind. Appl. Math. – 1957. – S.74. – P. 206-212.

3. Shchigolev B.M. Mathematical treatment of observations. - M .: Science, 1969 - 344 p. (Rus)

4. Reference tribotechnology: In 3t. / Under total. Ed. Hebty M. Chichinadze A.V. - M .: Mechanical Engineering, 1990 - Volume 2: Lubricants, machinery lubrication of plain and rolling bearings. - 412. (Rus)

5. Milanenko A.A The lubricating effect of oils in point contact friction conditions abundant lubrication and lubricant starvation: Dis. for the degree of Ph.D. .: 05.02.04 / Milanenko Alexandr. - K.: NAU, 2000 - 214p. (Ukr)

6. Drozdov Y.N., Archegov V.G., Smirnov V.I . Extreme pressure resistance of the rubbing bodies. - M .: Science, 1981. - 275c. (Rus)

7. Rajko M.V. Investigation lubricating effect of petroleum oil in the working conditions of gears: Dis. for the degree of Doctor of Engineering .: 05.02.04. - K .: KIIGA, 1974 - 369 p. (Rus)

8. Mikosyanchik O.A. Evaluation of tribological parameters of lubricants with extreme lubrication conditions of local contact: dis. Candidate. tehn. Sciences: 05.02.04 / National Transport Univ. - K., 2006. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Динаміка формування товщини мастильного шару в умовах локального контакту / М.Ф. Дмитриченко, О.М. Білякович, А.О. Глухонець, // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті представлені результати дослідження впливу параметру швидкості кочення (умова кочення з проковзуванням 20%) на кінетику формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту.

Метод полягає в огляді ділянки контакту через одне з контактуючих тіл (скляний диск) і спостереженні інтерференційної картини, яка породжується конструктивною та деструктивною інтерференцією світла, відбитого від поверхні непрозорого тіла (стальної кульки).

Об'єкт дослідження – вплив параметру швидкості кочення (умова кочення з проковзуванням 20%) на кінетику формування товщини мастильного шару.

Метою роботи являлось вимірювання ультратонкої товщини мастильного шару (до 0,02 мкм)

Метод дослідження – експериментальне визначення товщини мастильного шару в умовах локального контакту.

Застосування фото-, відеозаписуючої техніки дало змогу з високим ступенем точності реєструвати й аналізувати швидкоплинні процеси зміни основних еластогідродинамічних характеристик при відтворенні умов розвинення мастильного голодування, кавітаційних процесів й інших явищ.

Для дослідження використовувалися 5 марок мастильних матеріалів: 1) моторна олива SAE 15w40 LUX; 2) моторна олива М8Г2К; 3) моторна олива М10Г2К; 4) олива І - 40; 5) олива універсальна моторно – трансмісійна ЄМТ-8. Діапазон зміни швидкостей складав від 0 до 1,2 м/с; температура олив впродовж експерименту становила 20ºС; контактна напруга складала 251,5 МПа. Товщина мастильного шару в контакті визначалась методом оптичної інтерференції.

Аналіз експериментальних даних щодо мастильної дії олив різного складу показує, що кінетика формування товщини мастильного шару в період пуску залежить від швидкості кочення – при зростанні швидкості кочення відбувається підвищення товщини мастильного шару в центральній зоні контакту, що обумовлює перехід від граничного до гідродинамічного режиму мащення. При цьому процесі значну роль відіграє кінематична в’язкість мастильного матеріалу, яка, в основному, залежить від базової основи олив, тому що кількість присадок становить до 10 – 15% (наприклад, в моторних оливах).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ШВИДКІСТЬ КОЧЕННЯ, ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА, ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОГО ШАРУ, ЕЛАСТОГІДРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

ABSTRACT

Dmytrychenko M.F., Biliakovych O.M., Hlukhonets A.O. The dynamics of formation lubricant film thickness in conditions of local caontact. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the article presented results of investigations of the parameter rolling speed (velocity) (rolling condition with slipping 20%) on the kinetics of formation lubricant film thickness in the central zone of contact.

The method consists in the review section of contact through one of the contacting bodies (glass disk) and observing of the interference pattern that is generated by constructive and destructive interference of light reflected from the surface of an opaque body (steel ball).

The object of research – impact of parameter speed rolling (rolling condition with slipping 20%) on the kinetics of formation lubricant film thickness.

The aim of research is measure the ultrathin thickness of lubricant layer (up to 0.02 microns).

Method of research – experimental determination of the lubricant film thickness in conditions of local contact.

The use of photos, video, and television recording technology enabled with high precision record and analyze rapidly changing processes of change the main elastohydrodynamic characteristics during playback conditions of the development lubricant starvation, cavitation processes and other phenomena.

For research used 5 brands of lubricants: 1) Engine Oil SAE 15w40 LUX; 2) engine oil M8H2K; 3) engine oil M10H2K; 4) Oil I - 40; 5) Universal engine-transmission oil ЄМТ-8. Range of speeds ranged from 0 to 1.2 m/sec; oils temperature during the experiment was 20°C; contact voltage was 251,5 MPa. The lubricant film thickness in contact was determined by method of optical interference.

The analysis of experimental data concerning lubricating actions of oils with different composition shows that the kinetics of formation lubricant film thickness during the start-up depends on the speed of rolling - with increasing speed rolling is an increase of lubricant film thickness in the central zone of contact, which makes the transition from limiting to hydrodynamic regime of lubrication. In this process significant role played by kinematic viscosity of the lubricant, that mainly depends on the basic fundamental of oils, because the amount of additives amounts to 10 - 15% (for example, in engine oil).

KEY WORDS: ROLLING SPEED, INTERFERENCE OF LIGHT, LUBRICANT FILM THICKNESS, ELASTOHYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко Н.Ф. Динамика формирования толщины смазочного слоя в условиях локального контакта / Н.Ф.Дмитриченко, О.Н.Билякович, А.А.Глухонець // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье представлены результаты исследования влияния параметра скорости качения (условие качения с проскальзыванием 20%) на кинетику формирования толщины смазочного слоя в центральной зоне контакта.

Метод заключается в осмотре участка контакта через одно из контактирующих тел (стеклянный диск) и наблюдении интерференционной картины, которая порождается конструктивной и деструктивной интерференцией света, отраженного от поверхности непрозрачного тела (стальной шарики).

Объект исследования - влияние параметра скорости качения (условие качения с проскальзыванием 20%) на кинетику формирования толщины смазочного слоя.

Целью работы являлось измерение ультратонкой толщины смазочного слоя (до 0,02 мкм)

Метод исследования - экспериментальное определение толщины смазочного слоя в условиях локального контакта.

Применение фото-, видеозаписывающей техники позволило с высокой степенью точности регистрировать и анализировать мимолетные процессы изменения основных эластогидродинамичних характеристик при воспроизведении условий развития смазочного голодания, кавитационных процессов и других явлений.

Для исследования использовались 5 марок смазочных материалов: 1) моторное масло SAE 15w40 LUX; 2) моторное масло М8Г2К; 3) моторное масло М10Г2К; 4) масло И - 40; 5) масло универсальная моторно - трансмиссионное ЕМТ-8. Диапазон изменения скоростей составлял от 0 до 1,2 м / с; температура масел протяжении эксперимента составляла 20 ° С; контактные напряжения

составляла 251,5 МПа. Толщина смазочного слоя в контакте определялась методом оптической интерференции.

Анализ экспериментальных данных касательно смазочного действия масел различного состава показывает, что кинетика формирования толщины смазочного слоя в период пуска зависит от скорости качения - при росте скорости качения происходит утолщение смазочного слоя в центральной зоне контакта, обусловливает переход от предельного до гидродинамического режима смазки. При этом процессе значительную роль играет кинематическая вязкость смазочного материала, которая, в основном, зависит от базовой основы масел, так как количество присадок составляет до 10 - 15% (например, в моторных маслах).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СКОРОСТЬ КАЧЕНИЯ, ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА, ТОЛЩИНА СМАЗОЧНОГО СЛОЯ, ЭЛАСТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

АВТОРИ:

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 318.

Білякович Олег Миколайович, кандидат технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри «Технологій аеропортів», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Україна, 03680, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409.

Глухонець Андрій Олексійович, асистент кафедри «Екології і безпеки життєдіяльності», e-mail: hanti@i.ua, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.312.

AUTHOR:

Mykola Fedorovych Dmytrychenko, PhD (Doctor of Science), professor, National Transport University, Professor of the Department "Manufacture, repair and Materials", e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, tel.: +38(044)2808203, 1, Suvorova str., office 318, Kyiv, Ukraine, 01010.

Oleg Mykolaiyvych Biliakovych, Candidate of Science, professor, National Transport University, Professor of the Department "Technology of airports", e-mail: oleg65@voliacable.com, tel.: +38(044)4067694, 1, Kosmonavta avenue, office 409, Kyiv, Ukraine, 03680.

Andriy Oleksiiyovych Hlukhonets, Assistant of the Department "Ecology and Life Safety ", National Transport University, e-mail: hanti@i.ua, tel.: +38(044)2801886, 1, Suvorova str., office 312, Kyiv, Ukraine, 01010.

АВТОРЫ:

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материаловедение», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044) 2808203, Украина, 01010, г.. Киев, ул. Суворова, 1, к. 318.

Билякович Олег Николаевич, кандидат технических наук, профессор, Национальный авиационный университет, профессор кафедры «Технологий аэропортов», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044) 4067694, Украина, 03680, г.. Киев, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409.

Глухонец Андрей Алексеевич, ассистент кафедры «Экологии и безопасности жизнедеятельности », e-mail: hanti@i.ua, тел. (044) 2801886, Украина, 01010, г.. Киев, ул. Суворова, 1, к.312.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Тамаргазін О.А., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри технологій аеропортів, Київ, Україна.

Гутаревич Ю. Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Tamarhazin A.A. Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Aviation University, professor, department airports technologies, Kyiv, Ukraine.

Hutarevych Y.F., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of department engines and thermotechnics, Kyiv, Ukraine.

УДК 339.13.025
UDC 339.13.025

ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ В ДІЯЛЬНОСТІ СУБ’ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ В ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТУ

Дмитриченко А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна,
Дмитрієв О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна,
Ігнатенко Д.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна,
Цимбал Н.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна.

ORGANIZATIONAL DESIGN IN BUSINESS ENTITIES IN THE FIELD OF TRANSPORT

Dmytrychenko A.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine,
Dmitriev O.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine,
Ignatenko D.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine,
Cymbal N.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine.

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СУБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА

Дмитриченко А.М., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина,
Дмитриев А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина,
Игнатенко Д.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина,
Цымбал Н.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Зазвичай суб’єкт господарювання самостійно визначає й удосконалює свою організаційну структуру [3]. І наукового обґрунтування при цьому вимагають наступні проблемні питання: наскільки може і повинна бути збережена формальна ієрархічна структура при орієнтації на процеси надання транспортних послуг; яким чином повинен бути структурований орган управління суб’єкта господарювання, щоб здійснювати комплексне вирішення завдань, які стоять перед ним. Наведені положення й визначають актуальність досліджень, результати яких викладено у цій статті.

Вирішення теоретичних і практичних завдань за обраною темою пов′язане з планом науково-дослідних робіт Національного транспортного університету.

Аналіз аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких розпочато вирішення даної проблеми і на які спирається автор свідчить, що сутність організаційного проектування в корпоративному управлінні полягає в оперуванні набором параметрів, що визначають рівні розподілу функцій, повноважень, праці й координації. Деякі з них відносяться до проектування локальних позицій [4], інші — до проектування суперструктури (всієї відображеної на організаційній діаграмі мережі субодиниць) [5], треті — до проектування їх конкретних латеральних взаємозв'язків [8], четверті — до проектування системи ухвалення організаційних рішень [1]. Розгляд переліку основних параметрів структурного проектування в їх співвідношенні з координаційними механізмами дозволяє зробити висновок, що дослідження за розглянутою темою носять загальний характер, а організаційне проектування в діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту не були предметом комплексного дослідження, що і є метою цієї статті.

Виклад основного матеріалу. При організаційному проектуванні в діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту спеціалізацію діяльності слід відносити до визначення числа

завдань, які виконуються посадовою особою, і рівня її контролю над ними. Посадові завдання можуть спеціалізуватися по горизонталі, до тих пір, поки у працівника не залишається невелика кількість вузько визначених завдань, і по вертикалі, поки працівник ще зберігає контроль над завданнями, які виконує. Кваліфіковані, або професійні, робочі місця, як правило, спеціалізовані горизонтально, а не вертикально. «Збагачення змісту праці» є укрупненням посадових завдань в обох— горизонтальному і вертикальному — напрямах.

Формалізація поведінки є стандартизацією процесу діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту за допомогою набору посадових інструкцій, правил, розпоряджень. Структури суб’єктів господарювання в галузі транспорту, в яких основним засобом координації виступає стандартизація, можна визначати як бюрократичні, структури протилежного типу — як органічні.

Тренінг — це використання для встановлення і стандартизації навичок і знань формальних інструктивних програм, необхідних посадовим особам при виконанні певних завдань. Тренінг і формалізація є основними параметрами-субститутами у випадках, коли суб’єкт господарювання прагне стандартизації поведінки працівників. В певних випадках стандарти засвоюються як навички, а в інших, якщо вони відносяться до професійних завдань, як правила діяльності.

Індоктринація є програмами або методами стандартизації норм діяльності посадових осіб суб’єктів господарювання в галузі транспорту, з тим щоб останні задовольняли певним ідеологічним потребам, а менеджмент міг би покладатися на них при ухваленні рішень і здійсненні діяльності. Індоктринація може розглядатися як свого роду параметр-субститут відносно до формалізації і тренінгу. Її відмінність полягає в тому, що тут стандарти засвоюються особливо глибоко і набувають форми переконань.

Угрупування організаційних одиниць в діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту припускає вибір підстави для створення структурних одиниць загального та спеціалізованих рівнів. Угрупування сприяє координації, оскільки забезпечує контроль над діяльністю посадових осіб, що виконують різні завдання, розподіл між ними ресурсів, визначає єдині способи представлення результатів, а також використовує їх близькість для взаємної підгонки.

Результати досліджень свідчать, що різні бази, що використовуються для угрупування, такі як сфера чи галузь повноважень, процес надання транспортних послуг, споживачі послуг, місце розташування, можуть бути зведені до двох фундаментальних принципів, в основу яких покладено: функцію, яка виконується й сферу транспортного обслуговування. Перший з них відноситься до способів поєднання різноманітних, необхідних для організації надання послуг процесів в єдиний ланцюжок управління, другий має справу з результатами, тобто орієнтує весь ланцюжок на певні кінцеві результати для споживачів.

На основі якого критерію слід проводити угрупування? По-перше, це зв'язки усередині процесу обслуговування, або «взаємозалежності». Чим міцніше взаємопов'язані позиції або організаційні одиниці в процесі обслуговування, тим більш бажано, щоб для поліпшення координації вони були з'єднані в одну групу. По-друге, це процесуальні взаємозалежності, наприклад, між посадовими особами та працівниками, які виконують аналогічні види робіт, але в рамках різних робочих процесів. В деяких випадках об'єднання їх в одну групу дозволяє інтенсифікувати види діяльності і обмін досвідом між посадовими особами, а також сприяє вдосконаленню організаційних навичок. По-третє, це взаємозалежності масштабу. Наприклад, якщо в організаційних одиницях суб’єкта господарювання в галузі транспорту відсутній достатній для утворення певної служби обсяг робіт, персонал може бути об'єднаний в одну групу. І, нарешті, це соціальні взаємозалежності, коли посадові особи групуються за виробничими та соціальними підставами, як, наприклад, взаємна підтримка посадових осіб в складних умовах праці може послужити підставою для їх об'єднання. Для угрупування на основі функцій першорядне значення мають взаємозалежності процесу і масштабу і в дещо меншій мірі — виробничі та соціальні взаємозалежності (в тому значенні, що посадові особи, які виконують аналогічні види робіт, завжди тяжіють одна до одної). Функціональне угрупування сприяє спеціалізації, дозволяючи, наприклад, призначити керівником відділу людину однієї з іншими працівниками професії. Але об'єднання за функціональною підставою дещо звужує перспективи, концентрує увагу швидше на засобах, а не на результатах діяльності, водночас угрупування за ознакою обслуговування одного і того ж контингенту дозволяє підсилити ступінь координації процесу діяльності, але ціною спеціалізації на основі процесу або масштабу. В цілому угрупування обмежує можливості виконання спеціалізованих або таких, які багато разів повторюються завдань і вимагає високих витрат. Одночасно воно не дозволяє скористатися ефектом масштабу діяльності, а також припускає дублювання ресурсів. Проте суб’єкт господарювання в галузі транспорту дістає можливість виконання різноманітних завдань, полегшується його «переорієнтація» від одного

завдання до іншого відповідно до потреб вирішення питань виробничої діяльності в галузі транспорту. В зв'язку з цим якщо для суб’єкта господарювання істотне значення мають взаємозалежності усередині процесу транспортного обслуговування, які не можуть бути посилені за допомогою стандартизації, він віддасть перевагу швидше угрупуванню за сферою чи напрямом діяльності, що дозволить досягти підвищення дієвості взаємної підгонки і прямого нагляду. Але якщо процес обслуговування має разовий, нерегулярний характер і якщо стандартизація легко може увібрати в себе найважливіші взаємозалежності цього процесу або ж істотне значення мають процесуальні взаємозалежності чи залежності масштабу, то суб’єкт господарювання в галузі транспорту схилятиметься у бік спеціалізації чи угрупування на функціональній основі.

Встановлено, що для невеликого суб’єкта господарювання істотне значення має питання порядку угрупування. Подібно тому, як один з методів укладання полін в багаття («колодязь») припускає, що поліна розташовуються спочатку в одному напрямну, а потім в іншому, так і в процесі проектування можуть змінюватися підстави угрупування, що дозволяє врахувати все різноманіття існуючих відносин.

Розміри організаційних одиниць суб’єктів господарювання в галузі транспорту залежать від числа позицій (або субодиниць), з яких вони складаються. Ми не використовуємо тут еквівалентний термін «норма керованості» [2], оскільки в певних випадках в суб’єкті господарювання доцільна наявність малих одиниць навіть у відсутність чіткого прямого контролю. У такому разі ми маємо справу з невеликою за розмірами одиницю з низькою нормою керованості не дивлячись на порівняно невеликий обсяг прямого контролю. Навпаки, коли процес праці є високо стандартизованим, наприклад, через формалізацію, розмір організаційних одиниць може бути достатньо великим, оскільки потреба в прямому контролі невелика.

Способи зв'язку відносяться до механізмів, що використовуються для інтенсифікації взаємної підгонки як усередині організаційних одиниць, так і між ними (рисунок1). Особливе значення тут мають чотири механізми.

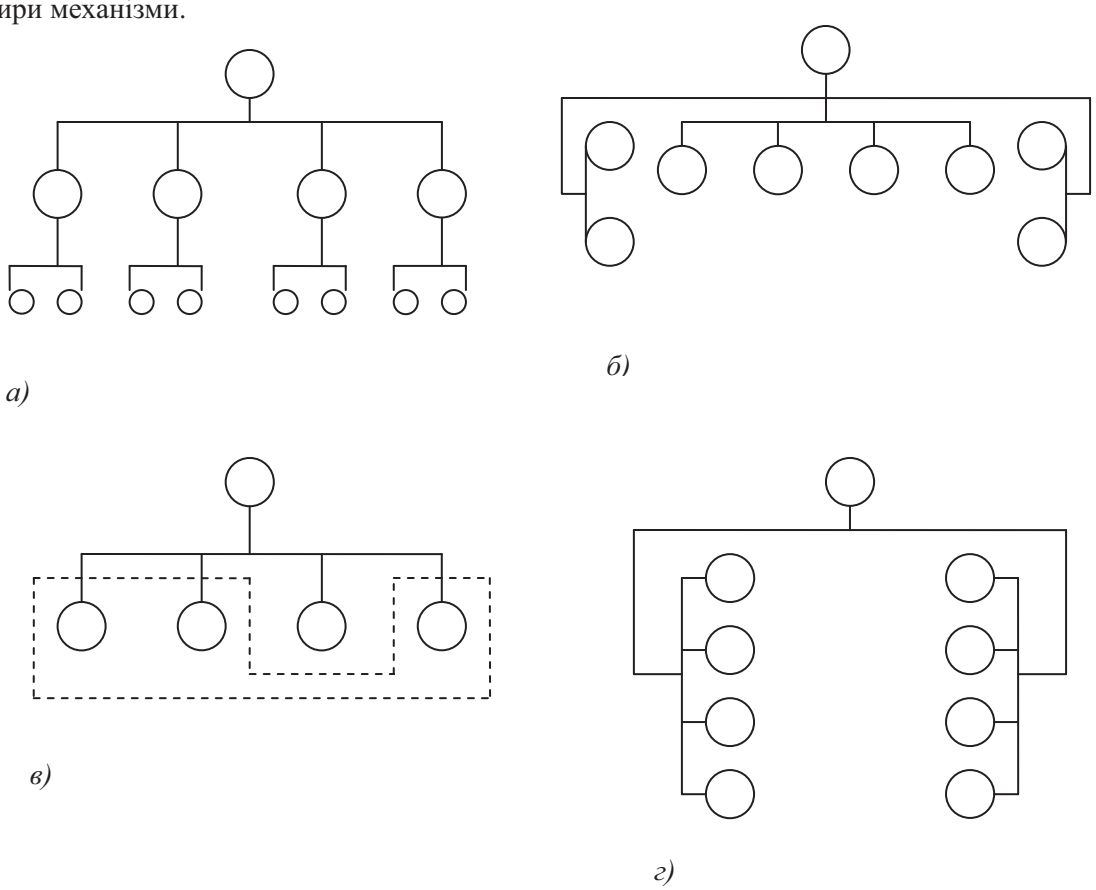


Рисунок 1 – Структури, які дозволяють подолати залишкові взаємозалежності: а) ієрархічна структура; б) структура з накладенням системи зв’язків (так звані спеціальні групи); в) поєднання лінійної й штабної структур; г) матрична структура

Об'єднуючі позиції — це робочі місця, створені спеціально для безпосередньої координації діяльності двох одиниць без залучення управлінських каналів. Співробітники, що посідають такі

посади, не наділені офіційною владою, але вони зобов'язані використовувати всю силу переконання, уміння вести переговори для того, щоб привести сторони, взаємодії яких вони координують, до згоди.

Спеціальні групи є інституціоналізованими формами в діяльності суб’єктів господарювання, які дозволяють організувати взаємодію членів різних організаційних одиниць на більш інтенсивній основі. Тобто інституціоналізація має як тимчасовий характер, так і постійний, що дозволяє членам груп з необхідною регулярністю обговорювати теми, які мають взаємний інтерес.

Менеджери-інтегратори — посадові особи, яких наділяють спеціальними владними повноваженнями з координації діяльності організаційних одиниць. Як правило, вони не розповсюджуються безпосередньо на одиниці, але менеджери контролюють деякі істотні параметри їх діяльності.

Матрична структура приводить взаємозв'язки до їх природного завершення. Незалежно від тієї або іншої підстави угрупування на певному рівні в діяльності суб’єкта господарювання деякі взаємозалежності є постійними.

Так, на різних рівнях ієрархічної структури можуть застосовуватися різні підстави угрупування. Вслід за лінійними створюються вертикальні організаційні одиниці, що дозволяють консультувати нижчий рівень у разі виникнення будь-яких проблем. Або ж на існуюче угрупування накладається один з вже розглянутих прийомів здійснення зв'язку. Але в кожному випадку одна з підстав угрупування має перевагу перед іншими.

Матрична структура є свого роду балансом між двома (або більш) підставами угрупування. Ця структура припускає, що два (або більше) менеджерів чи організаційні одиниці сумісно і на рівноправній основі відповідають за ухвалення певного роду рішень.

Виділяють постійні матричні структури, коли організаційні одиниці і посадові особи залишаються на одному і тому ж місці відносно довгий час, і змінні форми, створювані під певний проект, в яких періодично відбувається ротація організаційних одиниць і посадових осіб. Змінні матричні структури часто зустрічаються у прогресивних суб’єктів господарювання, коли з адміністративних міркувань група фахівців збирається з функціональних підрозділів (процесуальні взаємозалежності), але при цьому їх звільняють від тієї роботи, якою вони займалися.

Децентралізація передбачає розподіл владних повноважень з ухвалення рішень. Структуру, в якій вся повнота влади концентрується в одній складовій, називають централізованою. В тій мірі, в якій владні повноваження розподіляються між різними посадовими особами, має місце порівняльна децентралізація структури. Звичайно виділяють вертикальну (делегування формальних повноважень вниз за управлінською ієрархією) і горизонтальну децентралізацію (визначається ступенем, за яким формальні чи неформальні повноваження розподіляються зовні ієрархії). Також виділяють селективну (розподіл повноважень з приводу різних рішень між різними структурами суб’єкта господарювання) і паралельну децентралізацію (коли право ухвалювати певні рішення надається одній певній структурі). Таким чином, виділяються 6 форм децентралізації:

1) горизонтальну централізацію, коли вся повнота влади залишається на стратегічному апексі організації [7];

2) обмежену горизонтальну (селективну) децентралізацію, коли стратегічний центр ділиться низкою своїх повноважень з техноструктурою [7], яка здійснює стандартизацію всієї решти видів робіт;

3) обмежену вертикальну (паралельну) децентралізацію, коли посадовим особам виділених одиниць надається право приймати основну частину рішень, що зачіпають їх підрозділи;

4) вертикальну і горизонтальну децентралізацію, коли значний обсяг владних повноважень передається операційному ядру [8], самому нижньому рівню структури;

5) селективну вертикальну і горизонтальну децентралізацію, коли право ухвалення різних рішень розподілено між різними структурами суб’єкта господарювання, серед посадових осіб місцевого самоврядування, які знаходяться в своїх структурах на різних рівнях ієрархії;

6) чисту децентралізацію, коли владні відносини порівняно рівномірно розподіляються між всіма посадовими особами суб’єкта господарювання.

Було проведене дослідження впливу ситуаційних чинників. На вибір параметрів проектування суб’єкта господарювання в галузі транспорту впливають різні обставини або ситуаційні чинники — період до наступної реструктуризації й розмір суб’єкта господарювання, територія (різні характеристики її зовнішнього середовища, такі як розмір, стабільність і складність забезпечення розвитку), системи управління транспортним комплексом. Розглянемо основні чинники.

Період до наступного реформування й розмір суб’єкта господарювання в галузі транспорту.

1. Чим довше існує прийнята структура суб’єкта господарювання в галузі транспорту, тим більше формалізованою стає її поведінка (синдром «ми-все-це-вже-бачили»). Суб’єкти господарювання, в структуру яких тривалий час не вносились зміни все більш схильні до повторення дій, які запроваджувались у минулому, а в результаті стають більш передбачуваними, а тому більше піддаються формалізації.

2. Чим крупніший суб’єкта господарювання в галузі транспорту, тим більше формалізована його поведінка.

3. Чим крупніший суб’єкта господарювання в галузі транспорту, тим більш ретельно розроблена його структура, тобто тим більше спеціалізованими є його робочі місця і організаційні одиниці, а також тим більше розвинені його адміністративні компоненти. У міру того як суб’єкти господарювання в галузі транспорту збільшуються в розмірах, вони дістають можливість більш точно спеціалізувати робочі місця. А в результаті такий суб’єкт господарювання широко упроваджує спеціалізацію (або «диференціацію») організаційних одиниць, що означає необхідність більш тісної координації їх діяльності. А тому чим крупніший суб’єкт господарювання в галузі транспорту, тим більш висока ієрархічна структура здійснення прямого контролю і більш розвинена техноструктура для координації через стандартизацію їй необхідна (альтернативою можуть бути додаткові зусилля для координації через взаємну підгонку).

4. Чим крупніший суб’єкт господарювання в галузі транспорту, тим більший середній розмір його одиниць, оскільки: 1) поведінка суб’єкта господарювання стає більш формалізованою: 2) оскільки діяльність кожної з одиниць стає все більш однорідною, керівники дістають можливість контролювати діяльність більшого числа підлеглих.

5. Структура відображає тривалість існування суб’єкта господарювання в галузі транспорту, в якій він здійснює свою діяльність. Суб’єкти господарювання, які виникли недавно, формували структури одного роду, а після реструктуризацій, — структури іншого роду. Причини появи структур різного типу в різні періоди розвитку транспортного комплексу в Україні очевидні.

На реалізацію підходів організаційного проектування суттєво впливає зовнішнє середовище. Зовнішнє середовище включає різні характеристики зовнішнього контексту суб’єкта господарювання в галузі транспорту, що відносяться до правових, соціальних, економічних та інших умов.

1. Чим більш динамічне зовнішнє середовище суб’єкта господарювання, тим більше органічна його структура. В стабільному середовищі, в якому не відбувається ніяких істотних змін, майбутній стан суб’єкта господарювання цілком передбачуваний, і за інших рівних умов він в більшій мірі покладається на координацію на основі стандартизації. Але в тому випадку, якщо умови середовища трансформуються динамічно, коли швидко змінюються потреби в тих або інших ресурсах, дієвість галузі транспорту підвищується, а політичні умови не відрізняються стабільністю, — суб’єкт господарювання не може покладатися на стандартизацію і вимушений для збереження гнучкості звертатися до прямого контролю або взаємної підгонки, а тому має підтримуватись більш органічний тип структури.

2. Чим складнішим є зовнішнє середовище суб’єкта господарювання в галузі транспорту, тим більше децентралізованою повинна бути структура останнього. Підставою для децентралізації структури є великий обсяг інформації, необхідної для ухвалення рішень, які не можуть «оброблятися» в одній, єдиній «голові». А тому в тих випадках, коли діяльність суб’єкта господарювання будується на основі складного комплексу знань, виникає потреба в децентралізації процесу ухвалення рішень. І просте, і складне зовнішні середовища можуть бути як стабільними, так і динамічними.

3. Чим більш диверсифіковані сфери діяльності суб’єкта господарювання в галузі транспорту, тим більше резонів для того, щоб здійснювати угрупування за сферами діяльності, що сприятиме використанню ефекту масштабу. Якщо суб’єкта господарювання в змозі виділити певні сфери діяльності — за територіальною ознакою, чи перш за все за характером транспортних послуг, — він більшою мірою буде схильний здійснювати внутрішню структуризацію організаційних одиниць високого рівня саме на цій основі. Таким одиницям, як правило, надаються широкі повноваження в управлінні власною діяльністю (що можна назвати «обмеженою вертикальною децентралізацією»). Простіше кажучи, диверсифікація діяльності тягне за собою структурне подрібнення суб’єкта господарювання в галузі транспорту, коли кожна одиниця має всю повноту влади у своїй сфері діяльності. Але така ситуація припускає наявність значного ефекту масштабу: якщо операційне ядро не може бути розділено або ж які-небудь важливі функції повинні координуватися централізовано, повноцінне розділення одиниць всередині суб’єкта господарювання неможливе.

4. «Напружене» зовнішнє середовище примушує суб’єкт господарювання в галузі транспорту централізувати структуру, принаймні тимчасово, іншими словами, перейти до найсуворіших механізмів координації — прямого нагляду. В цьому випадку перший керівник має нагоду швидко і жорстко координувати дії суб’єкта господарювання (хоча б на певний час) у відповідь на загрозу із зовнішнього середовища.

Висновок. При організаційному проектуванні, угрупування з метою формування структурних підрозділів суб’єкта господарювання в галузі транспорту може бути зведене до двох фундаментальних принципів, в основу яких покладено: функцію, яка виконується й сферу обслуговування. Перший з них передбачає поєднання різноманітних, необхідних процесів в єдиний ланцюжок управління, другий має справу з кінцевими результатами. Розглянуті аспекти розподілу владних повноважень з ухвалення рішень за вертикальною та горизонтальною, а також селективною і паралельною децентралізацію. Проведене дослідження впливу ситуаційних чинників та зовнішнього середовища на організаційне проектування.

Подальші розвідки у перспективі доцільно спрямувати на дослідження практичних аспектів комплексної характеристики параметрів організаційної структури суб’єктів господарювання в галузі транспорту, на які впливають процеси надання транспортних послуг та існуючі владні відносини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бакуменко В. Д. Державно-управлінські рішення: Навчальний посібник / В. Д. Бакуменко. - К. : ВПЦ АМУ, 2011. – 444 с.

2. Булгакова І.В. Транспортне право України [Текст] : підручник / Булгакова І. В., Клепікова О. В. - К.: Прецедент, 2011. - 344 с.

3. Господарський кодекс України : офіц. текст: за станом на 20 січ. 2007 р. - Х. : Одіссей, 2011. - 730 с.

4. Дракер П. Теория организации. / П. Дракер. – М.: ИНФРА, 1996. – 429 с.

5. Курс адміністративного права. / В.В.Коваленко - Х. : Одіссей, 2007. - 240 с..

6. Миротин Л.Б. Системный анализ в логистике: учебник./ Л.Б.Миротин, Ы.Э. Ташбаев. - М.: Издательство «Экзамен», 2002. – 480 с.

7. Парахина В.Н. Стратегический менеджмент: ученик / В.Н.Парахина, Л.С.Максименко, С.В.Панасенко. - М. : КНОРУС, 2006. – 267 с.

8. Тихонравов Ю.В. Теория управления: ученик / Ю.В. Тихонравов– М.: Вестник, 2017. – 336 с.

REFERENCES

1. Bakumenko VD-state administrative decisions: Textbook / VD Bakumenko. - K: CUP AUC 2011. - 444 p. (Ukr)

2. Bulgakov IV Transport Law Ukraine [To] tutorial / Bulgakov IV, Klepikova AV - K .: precedent, 2011. - 344 p. (Ukr)

3. Gospodarskyi kodeks Ukrainy [Procedural code of Ukraine]. Kharkiv, Odissei Publ., 2007. 240 p. (Ukr)

4. P. Drucker Theory organization. / P. Drucker. - M .: INFRA, 1996. - 429 p. (Rus)

5. Exchange of administrative law. / V.V.Kovalenko - X: Odyssey, 2007. - 240 p . (Ukr)

6. LB Mirotin Systems analysis in logistics: Textbook. / L.B.Myrotyn, Ы.Э. Tashbaev. - M .: Publishing "exam", 2002. - 480 p. (Rus)

7. VN Parahyna Stratehycheskyy Management: disciple / V.N.Parahyna, L.S.Maksymenko, S.V.Panasenko. - Moscow: KNORUS, 2006. - 267 p. (Rus)

8. Tikhonravov Y. Control Theory: disciple / JV Tyhonravov- M .: Journal, 2017. - 336 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Дмитриченко А.М. Організаційне проектування в діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту / А.М. Дмитриченко, О.М.Дмитрієв, Д.О.Ігнатенко, Н.М. Цимбал // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті запропоновано підхід, щодо організаційного проектування в діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту.

Об'єкт дослідження – діяльність суб’єктів господарювання в галузі транспорту.

Мета роботи – комплексне дослідження механізмів організаційного проектування в діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту.

Метод дослідження – структурно-генетичний аналіз та синтез.

Узагальнено підходи до угрупування з метою формування структурних підрозділів суб’єктів господарювання в галузі транспорту, які можуть бути зведені до двох фундаментальних принципів, в основу яких покладено: функцію, яка виконується й сферу транспортного обслуговування. Перший з них передбачає поєднання різноманітних, необхідних процесів в єдиний ланцюжок управління, другий має справу з кінцевими результатами. Розглянуті аспекти розподілу повноважень з ухвалення рішень за вертикальною та горизонтальною, а також селективною і паралельною децентралізацію. Проведене дослідження впливу ситуаційних чинників та зовнішнього середовища на організаційне проектування в діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту. Результати статті можуть бути упроваджені при реструктуризації організаційних аспектів діяльності суб’єктів господарювання в галузі транспорту.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук оптимальних організаційних структур суб’єктів господарювання в галузі транспорту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГАЛУЗЬ ТРАНСПОРТУ, СУБ’ЄКТ ГОСПОДАРЮВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ, МЕХАНІЗМ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА.

ABSTRACT

Dmytrychenko A.M., Dmytriyev O.M., Ihnatenko D.O., Cymbal N.M. Organizational design in business entities in the field of transport. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article suggested approach for organizational design in business entities in the field of transport.

The object of study - activities of economic entities in the field of transport.

Purpose of the study - a comprehensive study of mechanisms of organizational design in business entities in the field of transport.

The method of research - structural and genetic analysis and synthesis.

Generalized approaches to grouping to form the structural units of economic entities in the field of transport, which can be reduced to two fundamental principles, which are based on: a function that is performed and the scope of transport services. The first of these involves a combination of various necessary processes in a single chain of command, the second has to do with the end results. The aspects of the division of powers of decision-making by the vertical and the horizontal and parallel and selective decentralization. The influence of situational factors and environment on organizational design in business entities in the field of transport. The results of the article may be introduced in the restructuring of the organizational aspects of the economic entities in the field of transport.

Forecast assumptions concerning the development of the research object - the search for optimal organizational structure of business entities in the field of transport.

KEY WORDS: TRANSPORT, BUSINESS ENTITIES, ORGANIZATIONAL DESIGN, MECHANISM RESEARCH, ORGANIZATIONAL STRUCTURE.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко А.М. Организационное проектирование в деятельности субъектов хозяйствования в области транспорта / А.М. Дмитриченко, О.М.Дмитриев, Д.О.Игнатенко, Н.М. Цымбал // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложен подход, по организационному проектированию в деятельности субъектов хозяйствования в области транспорта.

Объект исследования - деятельность субъектов хозяйствования в области транспорта.

Цель работы - комплексное исследование механизмов организационного проектирования в деятельности субъектов хозяйствования в области транспорта.

Метод исследования - структурно-генетический анализ и синтез.

Обобщены подходы к группировке с целью формирования структурных подразделений субъектов хозяйствования в области транспорта, которые могут быть сведены к двум фундаментальным принципам, в основу которых положены: функцию, которая выполняется и сферу транспортного обслуживания. Первый из них предусматривает сочетание различных, необходимых процессов в единую цепочку управления, второй имеет дело с конечными результатами. Рассмотрены аспекты распределения полномочий по принятию решений по вертикальной и горизонтальной, а также селективной и параллельной децентрализации. Проведено исследование влияния

ситуационных факторов и внешней среды на организационное проектирование в деятельности субъектов хозяйствования в области транспорта. Результаты статьи могут быть внедрены при реструктуризации организационных аспектов деятельности субъектов хозяйствования в области транспорта.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - поиск оптимальных организационных структур субъектов хозяйствования в области транспорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОБЛАСТЬ ТРАНСПОРТА, ПРЕДПРИЯТИЕ, ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МЕХАНИЗМ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИОННУЮ СТРУКТУРУ.

АВТОРИ:

Дмитриченко А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254–43–26, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 439,

Дмитрієв О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254–43–26, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 439,

Ігнатенко Д.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254–43–26, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 439,

Цимбал Н.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254–43–26, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 439.

AUTHOR:

Dmytrychenko AM, Ph.D., National Transport University, assistant professor of transport law and logistics, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, tel. +38 (044) 254-43-26, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 439,

Dmitriev OM, Ph.D., National Transport University, assistant professor of transport law and logistics, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, tel. +38 (044) 254-43-26, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 439,

Ignatenko DO, Ph.D., National Transport University, assistant professor of transport law and logistics, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, tel. +38 (044) 254-43-26, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 439,

Cymbal NM, Ph.D., National Transport University, assistant professor of transport law and logistics, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, tel. +38 (044) 254-43-26, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 439.

АВТОРЫ:

Дмитриченко А.М., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254-43-26, Украина, 01010, г.. Киев, ул. Суворова 1, к. 439,

Дмитриев А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254-43-26, Украина, 01010, г.. Киев, ул. Суворова 1, к. 439,

Игнатенко Д.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254-43-26, Украина, 01010, г.. Киев, ул. Суворова 1, к. 439,

Цымбал Н.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры транспортного права и логистики, e-mail: tpsalkaf@ntu.edu.ua, тел. +38 (044) 254-43-26, Украина, 01010, г.. Киев, ул. Суворова 1, к. 439.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик О.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, Київ, Україна.

Левковський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, авідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWER:

Mateychyk DC, PhD, Professor, National Transport University, Dean of the Faculty avtomehanichnymy, Kyiv, Ukraine.

Levkovskaya OP, PhD, Professor, National Transport University, aviduvach Department of Manufacturing, repair and materials, Kyiv, Ukraine.

УДК 629.113
UDC 629.113

ДОЦІЛЬНІСТЬ ПЕРЕВЕДЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКУ НА ГАЗОВЕ ПАЛИВО

Добровольський О.С., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Ступак Н.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE EXPEDIENCY OF CONVERSION OF THE VEHICLE FLEET TO NATURAL GAS FUEL

Dobrovolskiy O.S., Ph.D. in Engineering Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Stupak N.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПЕРЕВОДА АВТОМОБИЛЬНОГО ПАРКА НА ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

Добровольский А.С., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Ступак Н.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Автомобільний транспорт є однією з галузей, що в значній мірі визначає розвиток промисловості і сільського господарства будь-якої країни. Світовий парк транспортних засобів безупинно зростає. Не виняток і Україна, де автомобільний транспорт - одна з галузей господарства, що інтенсивно розвивається. Незважаючи на те, що зараз більше ніж 70% вантажу і 85% пасажирів перевозяться автомобільним транспортом, потреби у ньому безперервно збільшуються. Наслідком такої тенденції стає підвищений попит на палива нафтового походження, що для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є традиційними. Постійне видобування нафти призводить до виснаження природних запасів та підвищення вартості сировини. Повне виснаження традиційної енергетичної бази для автомобільного транспорту неминуче і є лише питанням часу. Багатьма зарубіжними фахівцями початок XXI століття оцінюється як перехідний період в розвитку світової енергетичної системи. Характерними рисами цього періоду є закінчення ери дешевої нафти і різке скорочення її запасів [1].

Автомобільному транспорту, як джерелу забруднення повітряного басейну властиві низка особливостей. По-перше, чисельність автомобілів у великих містах невпинно зростає, а разом з тим зростає і масовий викид шкідливих речовин в атмосферу. Автомобільний транспорт є найбільш агресивним забруднювачем у порівнянні з іншими видами транспорту. Він є потужним джерелом хімічного, параметричного та механічного забруднення довкілля. Найбільше забруднення атмосферного повітря надходить від ДВЗ, що працюють на нафтовому паливі. Кількість забруднення визначається обсягом палива, що згоряє, і організацією процесу згоряння. По-друге, на відміну від промислових джерел забруднення, прив’язаних до певної локації і відокремлених від житлових масивів санітарно-захисними зонами, автомобіль є пересувним джерелом забруднення поширеним в житлових районах та місцях відпочинку. По-третє, відпрацьовані гази являють собою надзвичайно складну, недостатньо вивчену суміш токсичних компонентів, що потрапляє в приземний шар повітря, де їх розсіювання ускладнене. І, нарешті, сучасні можливості зниження токсичності відпрацьованих газів ще не в змозі забезпечити бажану ступінь чистоти повітря, а час, протягом якого шкідливі речовини природним шляхом зберігаються в атмосфері, становить від десяти діб до півроку. Ці особливості ставлять проблему захисту атмосфери від забруднення автомобільним транспортом в ряд найбільш важких і актуальних проблем у сучасному місті. Одним з напрямів часткового рішення цієї проблеми є переведення автомобільного транспорту на альтернативні види палива, одним з яких є газове паливо.

Мета дослідження: доцільність переведення автомобільного парку на живлення альтернативними видами палива, зокрема розширення використання газового палива.

Виклад основного матеріалу.

Горючі гази, що застосовуються в якості моторного палива для автомобілів, можна умовно розділити на три основні види за складом, що впливає на можливість використання на різних категорій автомобілів (легкових, вантажних, автобусах):

1. Зріджені нафтові гази (ЗНГ).

2. Компримовані (стиснені) природні гази (КПГ, СПГ).

3. Зріджені природні гази (ЗПГ).

Зріджений нафтовий газ - це суміш, що складається з легкоконденсуючих при стисненні газоподібних вуглеводнів. Їх основними компонентами є пропан і бутан. ГОСТ 27578-87 «Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта» передбачає випуск двох марок ЗНГ: ПА - пропан автомобільний (застосовують при температурі від мінус 20 ° С до мінус 35 ° С) і ПБА - пропан бутан автомобільний (застосовують при температурі не нижче - 20 °С) [2].

Для того, щоб автомобіль працював на газовому паливі, необхідно виконати його переобладнання, встановивши газобалонне обладнання (ГБО).

ГБО - це газова дозуюча система, монтаж якої дає можливість використовувати як автомобільне паливо - газ. При цьому ГБО є додатковою системою, що встановлюється «поверх» існуючої системи живлення, і дозволяє повноцінно використовувати автомобіль на 2-х видах палива.

ГБО складається з наступних складових:

1. газовий балон, який забезпечує зберігання газу;
2. перемикач, що забезпечує зміну виду палива;
3. редуктор-випарник, що забезпечує підігрів і випаровування газу;
4. електромагнітний клапан, забезпечує припинення подачі газу при непрацюючому двигуні або при використанні бензину;
5. фільтр, що забезпечує очищення палива;
6. електромагнітний клапан (карбюраторний двигун) або емулятор форсунок (інжекторний двигун), який зупиняє подачу бензину, коли використовується газове паливо;
7. заправний пристрій, що забезпечує наповнення газового балона паливом;
8. мультиклапан, запобігає витоку газу при поломці ГБО [3].

До переваг, які мають газобалонні автомобілі (ГБА), порівняно з автомобілями, які працюють на рідких паливах, можна віднести [4]:

– збільшення терміну служби моторної оливи в 1,5…2 рази;

– збільшення моторесурсу двигуна;

– робота двигуна без детонації;

– термін служби свічок збільшується приблизно на 40 %;

– зниження рівня шуму на 8…9 дБ;

– зменшення витрат на паливо (приблизно на 40 – 50 %).

Недоліками ГБА є збільшення обсягів робіт по технічному обслуговуванню автомобіля та необхідність у більш кваліфікованому персоналі, що частково компенсується збільшенням міжремонтного пробігу автомобіля. Також суттєвими недоліками є зменшення корисного об’єму автомобіля та його вантажопідйомності [5].

Незважаючи на неоднозначне ставлення автовласників до використання газового обладнання багато водіїв переобладнують транспортні засоби. Набирають популярність автомобілі, що випускаються із заводськими газовими установками.

Непрямим підтвердженням доцільності використання газу в якості палива для ДВЗ є його широке використання в Італії, США, Японії, Німеччині, Канаді, Нідерландах і т. п.

Комплект газового обладнання для експлуатації автомобіля на ЗНГ разом з балоном важить від 40 до 60 кг і цілком підходить для установки на легкових автомобілях. Об’єм балона забезпечує пробіг близько 300 км, що можна співставити з розрахунковим пробігом 400 км для автомобіля, що працює на бензині.

ЗНГ отримують:

- при переробці на газопереробних заводах (ГПЗ) природного газу із газових і газоконденсатних родовищ, а також супутніх газів нафтових родовищ;
- в різних процесах переробки нафти на нафтопереробних заводах (НПЗ);
- в різних нафтохімічних процесах, реалізованих на НПЗ або нафтохімічних комбінатах.

Однією з найбільш важливих властивостей ЗНГ, що відрізняє його від інших видів автомобільного газового палива, є утворення при вільній поверхні над рідкою фазою двофазної системи рідина-пар, внаслідок виникнення тиску насиченої пари, тобто тиску пари в присутності рідкої фази в балоні. Ця властивість дозволяє постійно підтримувати тиск в балоні. Вплив температури на тиск в балоні представлено на рисунку 1 [6].

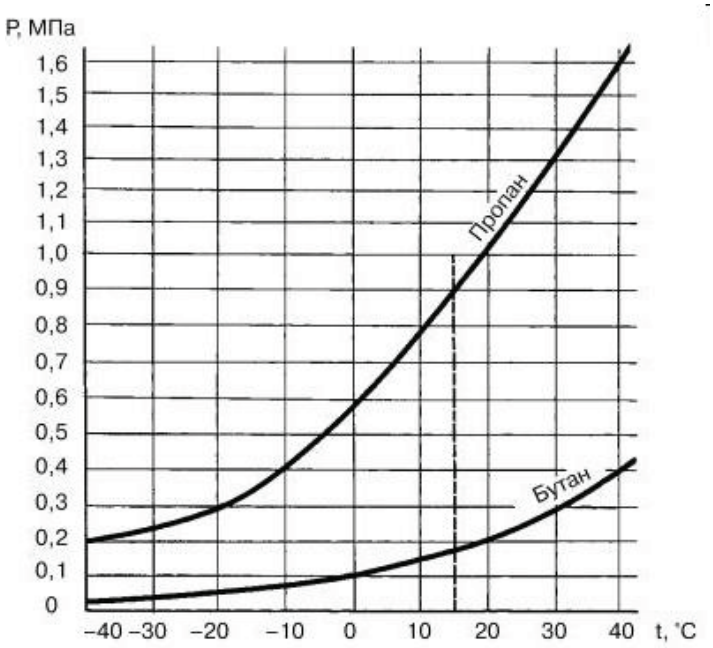


Рисунок 1 – Залежність тиску насичених парів пропану і бутану від температури

Тиск насиченої пари бутану складає 0,1 МПа (1 кгс/см^2) при 0 °С і 0,17 МПа (1,7 кгс/см^2) при 15 °С, а тиск насиченої пари пропану при цих же температурах - відповідно 0,59 і 0,9 МПа. Це означає, що при зміні пропорції складу газу тиск насиченої пари змінюється.

Разом з тим слід відзначити, що підвищення температури призводить до значного збільшення об’єму газу, що знаходиться в рідкому стані, та тиску у балоні. В зв’язку з цим забороняється заповнювати балон газом більше ніж на 80 – 85 %, оскільки це може спричинити руйнування балона. Полегшує виконання цієї вимоги багатофункціональний прилад - мультиклапан, що входить до складу вимірювальної та запобіжної арматури, який встановлюється на балоні. Він спрацює при заправці на АЗС і автоматично відключить подачу газу в балон, коли обсяг заправлюваного скрапленого газу досягне 80-85% від загального об’єму балона, і цим забезпечує простір (незаповнений об'єм) для компенсації теплового розширення рідкої фази за рахунок обсягу насиченої пари, тиск якого залежить від температури навколишнього середовища.

Співвідношення пропану і бутану в суміші визначається сезонними вимогами і складає влітку 50:50 (пропан / бутан), взимку - 85:15. Точний склад суміші в різних постачальників може дещо відрізнятися. Оскільки пропан запасає в собі менше енергії, ніж бутан, витрата зрідженого нафтового газу взимку виявляється дещо вище.

У процесі наповнення балона перші порції зрідженого газу швидко випаровуються і заповнюють весь його обсяг, створюючи в ньому певний тиск. При зменшенні тиску газ миттєво випаровується. Випаровування зрідженого газу в балоні триває доти, поки утворена пара зрідженого газу не досягне насичення.

Для виявлення можливих витоків ЗНГ повинен мати характерний запах, чітко помітний навіть за концентрації його в повітрі у розмірі 20% від нижньої межі займання, що дасть змогу своєчасно вжити заходів для усунення можливості вибуху.

Компримований (стиснений) природний газ (КПГ) - це газ природного походження, отриманий шляхом стиснення в установках компресорного типу [7].

КПГ при нормальних температурах і будь-яких високих тисках знаходиться в газоподібному стані. До таких газів відносяться метан, водень і ін. Найбільший інтерес для використання в якості пального на автомобільному транспорті являє метан. Він є основною частиною видобутих природних газів і складовою частиною біогазу, одержуваного в результаті переробки відходів сільського господарства, каналізаційних відходів та твердих побутових відходів.

Токсичність відпрацьованих газів при роботі на природному газі на 90% нижче токсичності відпрацьованих газів бензинових двигунів.

Переведення двигунів на КПГ замість бензину забезпечує зниження вмісту у відпрацьованих газах оксиду вуглецю з 1,3 до 0,13%, з 221 вуглеводнів до 88 млн$^{-1}$, а окисів і з'єднань азоту з 1000 і

більше до 100-200 млн$^{-1}$. Крім поліпшення екологічних показників використання КПГ в автомобільних двигунах збільшує термін служби свічок до 85 тис. км пробігу, відсутнє випаровування палива, забезпечується стійка робота холостому ходу.

В даний час в усьому світі експлуатується понад 400 тис. газобалонних автомобілів, що працюють на КПГ. Найбільша кількість газобалонних автомобілів на КПГ, в основному легкових (270 тис. шт.), експлуатується вже кілька десятків років в Італії.

Головним недоліком природного газу, як моторного палива, є дуже низька об'ємна концентрація енергії. Якщо теплота згоряння одного літра рідкого палива дорівнює, приблизно, 31426 кДж, то у природного газу при нормальних умовах вона дорівнює 33,52-35,62 кДж, тобто майже в 1000 разів менше. З цієї причини для використання газу в якості моторного палива на транспортному засобі його треба попередньо стиснути до високих тисків 20-25 МПа і заповнити ним спеціальні балони.

Для зберігання газу під таким тиском випускаються балони з вуглецевих і легованих сталей розраховані на 15-32 МПа. Кожен балон в не заправленому стані важить до 100 кг. Можливе використання метало композитних балонів з меншою масою балону, але недоліком такого балона є його вартість. Використання природного газу на легковому автомобілі не раціонально, так як вага сталевих балонів межує з можливим навантаженням.

У зв'язку з цим стиснутий природний використовують на вантажних автомобілях і автобусах.

Зріджені природні гази мають таке ж походження і склад, як і компримовані природні гази. Їх отримують охолодженням метану до -162 °С. Зберігаються в теплоізольованих ємностях. Незалежно від якості теплоізоляції, температура в них підвищується, а отже, цей спосіб зберігання газового палива може бути використаний при інтенсивній експлуатації транспортного засобу та його безгаражному зберіганні, так як необхідне періодичне зменшення тиску, тобто випуск порції газу.

При переведенні автотранспорту на ЗПГ його низьку температуру можливо використовувати для компенсації втрат потужності або кондиціонування повітря в салоні автомобіля.

За даними фірми «Форд» (США), потужність автомобільного двигуна, що працює на ЗПГ після 55 тис. миль пробігу, на 10% вище, ніж аналогічного на бензині (74 і відповідно 66 КВт), а вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах двигунів на ЗПГ в 5 разів нижче (відповідно 0,21 і 1,2%), аналогічні результати представляють і інші фірми [4].

Переобладнання автомобіля для роботи на ЗПГ полягає в установці спеціальної кріогенної ємності, невеликого випарника, що використовує тепло відпрацьованих газів, і монтажі газової паливної апаратури, аналогічно тій, що застосовується на газобалонних автомобілях при роботі на КПГ. Витрати на отримання ЗПГ в 2-3 рази більше, ніж на КПГ. Тому зріджений природний газ доцільно застосовувати на автомобілях-рефрижераторах, де він може виконувати додаткові функції для холодильників і кондиціонерів.

Виходячи з вищесказаного, основну увагу доцільно приділяти двом першим видам газового палива.

Фізико-хімічні показники основних вуглеводневих палив представлені в Таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники основних вуглеводневих палив [8]

Показник	Метан	Склад ЗНГ				Бензин
		Етан	Пропан	Бутан (норм.)	Пентан (норм.)	
Хімічна формула	CH_4	C_2H_8	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	Суміш
Молекулярна маса, г/моль	16,0	30,0	44,0	58,0	72,0	114,0
Густина газової фази при нормальних умовах (0°С, 760 мм.рт.ст.), кг/м^3	0,717	1,356	2,019	2,703	3,22	-
Відносна густина газової фази (по повітрю)	0,554	1,048	1,562	2,091	2,488	-
Густина рідини (при 15 °С, 760 мм.рт.ст.), кг/м^3	-	446	509	582	625	720-740
Критична температура, °С	-82,1	32,3	96,8	152,0	196,0	-

Продовження таблиці 1

Нижча теплота згоряння: об’ємна, МДж/м^3 масова, МДж/кг	 33,7 48,7	 60,0 47,0	 85,5 45,7	 111,5 45,4	 137,5 45,1	 - 43,9
Стехіометричний коефіцієнт, % об’ємний, м^3/ м^3 масовий, кг/кг	 9,52 17,2	 16,7 16,05	 23,9 15,7	 30,95 15,35	 38,1 15,3	 - 14,5
Нижча теплота згоряння газоповітряної суміші (α=1,0), МДж/м^3	3,22	3,40	3,46	3,41	3,52	-
Октанове число (по моторному методу)	110	108	105	94	70	72-84
Цетанове число	10	-	16	25	30	-
Температура займання (при нормальному атмосферному тиску), °С	640-680	508-605	510-580	475-550	475-510	270-330
Границі займання, %: нижня верхня	 5,0 14,0	 3,2 12,5	 2,4 9,5	 1,9 8,5	 1,4 8,0	 1,5 6,0
Коефіцієнт надміру повітря (α), що відповідає нижній (σ_{max}) і верхній (σ_{min}) границям займання: σ_{max} σ_{min}	 2,0 0,65	 1,82 0,42	 1,70 0,40	 1,67 0,35	 1,84 0,30	 1,18 0,29

Основні фізико-хімічні показники газових палив, а також їх вплив на експлуатаційні властивості газового двигуна в порівнянні з аналогічними характеристиками бензину характеризуються наступними величинами:

Хімічна формула. Метан і зріджений нафтовий газ, до складу якого входять етан, пропан, бутан і пентан, ні в своєму складі, ні в домішках не мають свинцю, що робить відпрацьовані гази при їх згоранні більш екологічно чистими, ніж у бензину.

Молекулярна маса у газів нижче, ніж у бензину, отже, наповнення циліндрів горючою сумішшю, при інших рівних умовах, буде нижчим, ніж у бензину, що є недоліком, оскільки призводить до зниження потужності ДВЗ.

Відносна густина газової фази до повітря - це величина, необхідна для розрахунку механізмів сумішоутворення робочого тіла (газоповітряної суміші) і безпосередньо не характеризує переваги, або недоліки газового палива перед бензином, але говорить про те, що при витіканні метан буде підійматися вгору, а ЗПГ буде накопичуватися внизу.

Густина (кг/м^3) являє собою масу в одиниці об'єму газу в рідкому або газоподібному стані при певних зовнішніх умовах (температурі і тиску). Видно, що для однієї і тієї ж маси бензину потрібен об’єм менше, ніж для газу, що є недоліком.

Критична температура – це температура, при якій густині рідини і її насиченої пари стають рівними і межа розділу між ними зникає. Тиск насичених парів - це тиск при критичній температурі називається критичним тиском. При температурі вище критичної речовина може перебувати тільки в газоподібному стані незалежно від зовнішнього тиску. Знання критичної температури дуже важливо для оцінки газових палив і їх класифікації. Вуглеводневі гази, що мають критичну температуру значно вище звичайних температур навколишнього середовища (наприклад, у пропану 96,8 °С, а у бутану - 152,0 °С), легко зріджуються і зберігаються в зрідженому стані при відносно невеликому тиску. Вони зберігаються в досить легких ємностях, що дозволяє їх використовувати для живлення двигунів легкових і малотоннажних вантажних автомобілів.

А метан, у якого критична температура значно нижча (мінус 82,1 °С), буде при будь-якому тиску в газоподібному стані, і для використання в якості газового палива його зберігають в балонах під тиском 20 МПа.

Нижча теплота згоряння (МДж/кг або МДж/м^3) характеризує енергетичні властивості газу і показує, яка найменша кількість теплоти може виділитися при повному згорянні одиниці маси або об’єму. Нижча теплота згоряння у всіх газів більше, ніж у бензину, що є перевагою газового палива і компенсує знижене наповнення циліндрів через відносно малу густину газу.

Стехіометричний (масовий або об'ємний) коефіцієнт (кг/кг або м^3/м^3) характеризує кількість повітря, теоретично необхідну для повного згоряння одиниці маси або об’єму газу. Стехіометричний коефіцієнт у газів вище, ніж у бензину.

Нижча теплота згоряння горючої суміші (МДж/кг або МДж/м^3) характеризує вміст теплової енергії в одиниці маси чи обсягу горючої суміші стехіометричного складу.

Октанове число (ОЧ) характеризує антидетонаційні властивості газу і служить критерієм для встановлення допустимого ступеня стискання двигуна. ОЧ газових палив лежить в межах 70 - 110. Чим вище ОЧ газу, тим він менше схильний до детонації і тим вища допустима ступінь стискання двигуна і, отже, його паливна економічність.

Октанове число у газу значно вище, ніж у бензину, що являється перевагою газу, оскільки дозволяє позбавити двигун детонації, збільшити його потужність за рахунок збільшення ступеня стискання і знизити витрату палива.

Цетанове число (ЦЧ) характеризує займистість газу: чим воно нижче, тим гірше відбувається займання газу і, отже, погіршуються пускові властивості двигуна на цьому газі. Температура займання є недоліком газу. Його використання в якості палива погіршує пускові якості двигуна.

Границі займання газу характеризують граничні значення вмісту газу (у відсотках за об'ємом) в повітрі, при яких ще можливе займання горючої суміші. На займистість газової суміші впливають температура, тиск і її турбулентність (завихрення газових потоків). Надміру збіднені або збагачені газові суміші не запалюються. Границі займання і коефіцієнт надлишку повітря є перевагою газового палива перед бензином, тому що межі регулювання ДВЗ на газовому паливі ширші, ніж на бензиновому. Знання цих меж важливо як для організації робочого процесу і регулювання подачі палива в двигунах, так і для визначення вибухо- і пожежобезпеки концентрацій і відповідного облаштування приміщень для зберігання і технічного обслуговування автомобілів.

На основі розглянутих фізико-хімічних властивостей газових палив можна стверджувати, що вони безумовно перевершують бензинові. Газові палива дозволяють досягнути більш високих потужнісних і паливно-економічних показників, ніж у аналогічних за способом організації робочого процесу бензинових двигунів. Спеціально сконструйовані газові двигуни за питомими показниками потужності перевершують бензинові, а по паливній економічності близькі до дизельних.

Особливо ускладнено приготування суміші для бензинових двигунів при низьких температурах атмосферного повітря внаслідок того, що бензин в цих умовах погано випаровується. При використанні газового палива приготування рівномірної суміші не викликає складнощів.

Проблеми переходу на газове паливо пов'язано, в першу чергу, зі складністю створення резервів палива. Як зазначалося вище, тільки зараз розмах газифікації нашої країни прийняв такі розміри, які можуть дозволити створити необхідну мережу газозаправних станцій для автомобілів.

Система зберігання необхідних запасів газу для безперебійної роботи транспорту виявляється надзвичайно громіздкою і вимагає значних капітальних вкладень. Потрібно сказати, що вартість ємностей для зберігання годинного запасу стисненого газу в кілька разів перевищує вартість компресора такої ж годинної продуктивності. Вартість ємностей для тривалого зберігання зрідженого газу зростає ще вище внаслідок застосування дорогих матеріалів.

І зараз при визначенні рентабельності, а то і сенсу переходу на газове обладнання, необхідно враховувати наявність газозаправних станцій в регіонах використання автомобіля.

Застосування двопаливних двигунів, здатних однаково надійно працювати як на газовому, так і на рідкому паливі, частково вирішує цю проблему. Такі двигуни можуть працювати як на бензині, так і на газі, або на дизельному паливі і на газі. Але це накладає свій відбиток на використання властивостей газу, як палива для двигунів внутрішнього згоряння, позбавляючи можливості повної реалізації його серйозних переваг, таких, як підвищення потужності і поліпшення паливної економічності за рахунок збільшення ступеня стиснення.

Для повного використання переваг газового палива перед бензинами необхідно конструювати двигуни спеціально під газове паливо, що вимагає серйозної перебудови автомобільної промисловості.

Необхідно створити легкі, міцні і дешеві балони для утримання газового палива в кількості, яка забезпечує міжзаправочний пробіг для автомобіля не менш 400 км при мінімальних розмірі і вазі.

Сьогодні багато регіонів мають достатню мережу газових заправок для нормальної експлуатації автомобілів, які використовують газове паливо.

Створені різні моделі якісного обладнання для переведення двигунів автомобілів в двопаливні і на практиці доведено позитивний ефект використання газового палива для ДВЗ автомобілів, що полягає в більш повному згорянні газоповітряної суміші, завдяки чому поліпшуються умови змащення пари гільза - поршневі кільця, так як газове паливо не змиває оливу зі стінок гільзи. Тому ж зменшується нагароутворення в голівці блоку і на поршнях. Оливу можна міняти значно рідше, так як вона не розріджується і менше забруднюється. Витрата оливи на нагар при цьому знижується до 15%. Міжремонтний пробіг газового двигуна більший у порівнянні з бензиновим. На газовому двигуні збільшується термін служби свічок запалювання.

Висновки. В результаті проведеного аналітичного дослідження визначено, що основними замінниками традиційного нафтового палива може бути газове паливо, яке по своїм властивостям подібне до бензину. Порівняння палив для ДВЗ проводився за фізико-хімічними показниками, такими як: хімічний склад, молекулярна маса, густина, критична температура, нижча теплота згоряння, октанове число і т.п. Проведений аналіз показав, що газове паливо перевершує бензин як за експлуатаційними, так і за екологічними показниками, а вартість необхідного газового палива нижче вартості бензину, що загалом підтверджує доцільність переведення автомобільного парку на газове паливо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Леонард Р. Истощение нефтяных запасов и грядущая эпоха природного газа./ Р. Леонард // Нефтегазовая вертикаль, № 9-2001- С. 50-59.

2. ГОСТ 27578-87. Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорт Введ. с 01.07.88. - М.: Изд-во стандартов, 1988.

3. Милешкин К.И. Газ как альтернатива бензину: плюсы и минусы установки ГБО / К.И. Милешкин // За рулем. -2014- №6.-с.22.

4. Манько І. В. Обґрунтування доцільності переведення легкового автомобіля з бензиновим двигуном на зріджений нафтовий газ завдяки встановленню сучасної системи подачі газу / І. В. Манько, Р. В. Симоненко // Автошляховик України. - 2013. - № 6. - С. 2-4. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2013_6_2.

5. Гайнуллин Ф. Г. Природный газ как моторное топливо на транспорте /Ф. Г. Гайнуллин, А. І. Грищенко, Ю. Н. Васильєв, Л. С. Золотаревский // М.:Недра.-1986.- 255 с.

6. Золотницкий В.А. Автомобильные газовые топливные системы. / В.А. Золотницкий // М: Астрель - 2009. - 128 с.

7. Власов В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учеб. пособ./ В.М. Власов// 3-е изд. М.: Академия,- 2006.-480 с.

8. Морев А. І. Газобалонні автомобілі/ А. І. Морев, В. Н. Ерохов, Б. А. Бекетов і ін. // М.: «Транспорт», 1992.- 175 с.

REFERENCES

1. Leonard R. Depletion of oil reserves and the coming era of natural gas. / R. Leonard // Oil & Gas Vertical, № 9-2001- p. 50-59. (Rus)

2. Mileshkin K.I. Gas as an alternative to petrol: the pros and cons of installing gas equipment / K.I. Mileshkin // Behind the wheel. -2014- №6.-p.22. (Rus)

3. Manko I.V. Justification feasibility of transferring a car with a petrol engine for LPG by installing a modern system of gas supply / I.V. Manko, R.V. Symonenko // Avtoshlyahovyk Ukraine. - 2013. - № 6. - p. 2-4. - Access: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2013_6_2. (Ukr)

4. Gaynullyn F.G. Motor as natural gas fuel for transport / F. G. Gaynullyn, A.I. Grishchenko, YU. N. Vasiliev, L. S. Zolotarevskyy // Moscow: Nedra., 1986.- p 255. (Rus)

5. ГОСТ 27578-87. Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорт Введ. с 01.07.88. - М.: Изд-во стандартов, 1988

6. Zolotnitskyy V.A. Automotive gas fuel systems. / V.A. Zolotnitskyy // M: Astrel - 2009. - p 128. (Rus)

7. Vlasov V.M. Maintenance and repair of motor vehicles: Textbook. allowance. / V.M. Vlasov // 3rd ed. M .: Academy - 2006.-p. 480. (Rus)

8. Morev A.I. Gas-cylinder automobile / A.I. Morev, V.N. Erohov, B.A. Beketov and others. // M .: "Transport", 1992.- p 175. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Добровольський О.С., Доцільність переведення автомобільного парку на газове паливо / О.С. Добровольський, Н.С. Ступак // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Стаття присвячена проблемі пошуку альтернативних палив для транспорту, що відповідали б сучасним вимогам. Серед таких палив особливу увагу останнім часом приділяється газоподібним паливам - пропан-бутановим сумішам і природному газу.

Об’єктом дослідження є альтернативні моторні палива, зокрема газове паливо.

Метою досліджень є розширення паливної бази автомобільного транспорту при використанні газових палив.

Метод дослідження – аналітичний.

В даний час збільшуються ціни на продукти нафтового виробництва, посилюються вимоги до екологічності двигунів внутрішнього згоряння автомобільного транспорту. Рішенням даної проблеми є експлуатація автомобілів на альтернативних видах палива, а саме газовому паливі. Розглянуто основні фізико-хімічні властивості газових палив, а також переваги і недоліки його застосування на автомобільному транспорті. Результати даного дослідження показали, що одним з варіантів розширення паливної бази для автомобільного транспорту є застосування газового палива.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, ГАЗОВЕ ПАЛИВО, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ. ЗРІДЖЕНИЙ НАФТОВИЙ ГАЗ, СТИСНЕНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ.

ABSTRACT

Dobrovolskiy O.S., Stupak N.S. The expediency of conversion of the vehicle fleet to natural gas fuel. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article deals with the problem of finding alternative fuels for transport, which meet modern requirements. Among such fuels attention has recently been paid to gaslike fuels - propane-butane mixture and natural gas.

The object of study is the alternative motor fuel, including fuel gas.

The purpose of the research is to expand the fuel base of motor transport by using gas fuels.

The analytical method of research is being used.

Currently, prices for petrochemicals increase, environmental requirements for internal combustion engines of automobiles are being intensified. The solution of such problem is the operation of vehicles on alternative fuels, such as gas fuel. The basic physical and chemical properties of gas fuels as well as the advantages and disadvantages of its usage in automobile transport have beein highlighted. The results of this study showed that ne of the options of the expansion fuel of base for autotransport is the usage of gas fuel.

KEY WORDS: ALTERNATIVE FUEL, GAD FUEL, FUEL EFFICIENCY, ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS, LIQUID PERTOLIUM GAS, COMPRESSED NATURAL GAS.

РЕФЕРАТ

Добровольский А.С. Целесообразность переведения автомобільного парка на газовое топливо / А.С.Добровольский, Н.С.Ступак // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Статья посвящена проблеме поиска альтернативных топлив для транспорта, отвечающих современным требованиям. Среди таких топлив особое внимание в последнее время уделяется газообразным топливам - пропан-бутановой смеси и природному газу.

Объектом исследования является альтернативные моторные топлива, в частности газовое топливо.

Целью исследований является расширение топливной базы автомобильного транспорта при использовании газовых топлив.

Метод исследования - аналитический.

В настоящее время увеличиваются цены на продукты нефтяного производства, ужесточаются требования к экологичности двигателей внутреннего сгорания автомобильного транспорта. Решением данной проблемы является эксплуатация автомобилей на альтернативных видах топлива, а именно газовом топливе. Рассмотрены основные физико-химические свойства газовых топлив, а также преимущества и недостатки его применения на автомобильном транспорте. Результаты данного исследования показали, что одним из вариантов расширения топливной базы для автомобильного транспорта является применение газового топлива.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО, ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. СЖИЖЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ, СЖАТЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ.

АВТОРИ:

Добровольський Олександр Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів і теплотехніки, e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к.303а

Ступак Наталія Сергіївна, аспірант кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, e-mail: nsstupak@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к.303а

AUTHORS:

Dobrovolskiy Oleksandr Sergiyovych, Ph.D. in Engineering Science, associate professor, National Transport University, associate professor the engine and thermal engineering department, e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, tel. +38044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovych-Pavlenko Str., 1, r.303a

Stupak Natalia Sergiyivna, postgraduate student of the engine and thermal engineering department, National Transport University, e-mail: nsstupak@ukr.net, tel. +38044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovych-Pavlenko Str., 1, r.303a

АВТОРЫ:

Добровольский Александр Сергеевич., кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры двигателей и теплотехники, e-mail:, dobrovolskiy@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Емельяновича-Павленко 1, к. 303а.

Ступак Наталия Сергеевна, аспирант кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: : nsstupak@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул М. Емельяновича-Павленко 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, Віницький національний технічний університет, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Віниця, Україна.

REVIEWER:

Mateychyk V.P., Engineering (Dr.), professor, National University, professor, department of ecology and life safety, Kyiv, Ukraine.

Bilichenko V.V., Engineering (Dr.), professor, Vinnitskyy National Technical University, the head of the Department of Automobiles and transport management, Vinnytsya, Ukraine.

УДК 656.13
UDC 656.13

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Довбій В.Ю., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Лужанська Н.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

INFORMATION SUPPORT OF THE PROCESS OF TRANSPORT-FORWARDING SERVICE

DovbiyV.U., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Luzhanska N.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОНОГООБСЛУЖИВАНИЯ

Довбий. В.Ю., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Лужанская Н.О., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Для вдосконалення стосунків із постійними клієнтами необхідна особлива активність осіб, які беруть участь у процесі продажу, щоб не тільки зацікавити клієнта асортиментною пропозицією і схилити його до закупівлі, а й зав'язати з ним довготривалі стосунки як із лояльним покупцем. Допомогти в цьому може впровадження на підприємстві сучасних систем Quick Response (QR), Efficient Consumer Response (ECR), Lean Retailing (LR), які ґрунтуються на системі Customer Relationship Management (CRM).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні аспекти теорії і практики логістики та транспортно-експедиторської діяльності розглядалися у працях таких науковців як Б.А. Анікін [1], А.М. Гаджинський [2], В.І. Сергєєв[3], Л.Б. Міротін [4]. Питання, що стосуються інформаційного забезпечення даних процесів, стосовно досліджуваних систем обробки клієнтських даних, на даний момент, не достатньо описано в науковій літературі, а має свою реалізацію в роботі ІТ-компаній.

Виклад основного матеріалу. Customer Relationship Management (CRM). Це є концепція управління підприємством, яка ґрунтується на досконалому знанні потреб і вподобань клієнтів, а також пристосуванні дій організації та її товарів до цих вимог. Віссю дій CRM є інтеракція з клієнтом, якою будують якнайкращі стосунки між ним та організацією. CRM не звужує поняття “клієнт” до групи покупців товарів або послуг. Клієнтом є також постачальник, агент, представник, дистриб’ютор, тобто кожна особа або організація, від діяльності яких залежить успіх усієї фірми. CRM допомагає організаціям покращувати лояльність клієнтів. Упроваджуючи цю концепцію, фірма має: ознайомитися зі своїми клієнтами, потім їх класифікувати, щоб сконцентрувати дії на групі найперспективніших;побудова стосунків із найважливішими клієнтами, щоб пристосувати свої продукти та послуги до їхніх специфічних вимог. Фірми, у яких впроваджено CRM, будують партнерські стосунки зі своїми найперспективнішими й вигідними клієнтами, надають їм послуги або товари вищої вартості, щоб їх задовольнити. Існують приклади вдалого впровадження CRM. Однак, менеджери, які приймають рішення про цей крок, повинні пам'ятати, що це капіталомісткий процес, а період переходу від інвестицій до філософії й системи CRM займає щонайменше два роки.

CRM охоплює: оцінювання витрат у сфері маркетингу, продажу і послуг (вхідних даних), а також прибутків від окремих клієнтів;набуття й постійну актуалізацію знань про потреби клієнтів, їхні мотивації й поведінку;використання знань про клієнта для постійного покращання результатів організації у процесі самонавчання на підставі інформації про успіхи й поразки; інтеграцію дій маркетингу, продажу та послуг для досягнення спільних цілей;імплементацію відповідних систем, які формують інформацію про клієнта, вимірюють ефективність CRM.

Із точки зору знань, якими повинні володіти менеджери про своїх клієнтів, і способу їхнього використання, CRM треба розглядати як модель, що складається з семи компонентів, серед яких: база даних, яка стосується активності клієнтів. Вона повинна складатися з наступних елементів: історії здійснюваних торговельних трансакцій разом із деталями, які стосуються цін, дати закупівлі; усіх контактів із клієнтами, ініційованих ними або фірмою; описової інформації для проведення сегментації й аналізу; реакції клієнтів на безпосередні маркетингові дії;аналіз бази даних. Для аналізу бази даних застосовують різноманітні методи статистичного аналізу, зокрема метод (англ. – “lifetime customer value” (LCV), “життєва цінність клієнта”, який полягає в тому, що кожного клієнта з бази даних аналізують із перспективи нинішнього й майбутнього прибутку. Коли кожному клієнту приписано величину прибутку, то приймають рішення про те, якого клієнта зарахувати до цільової групи. Прибуток, який дає клієнт, є сумою марж за всіма товарами, які він купує за певний час, зменшеною на вартість завоювання цього клієнта.

За допомогою визначення індивідуальної рентабельності методом LCV або подібним до нього аналізом виокремлюють групи клієнтів, які можуть гарантувати фірмі найбільші довгострокові прибутки, а також ті групи, прибутки від яких є мізерними. Інструменти, які застосовують до цільових клієнтів – це телемаркетинг, безпосередня пошта, безпосередній продаж, а також найпопулярнішою формою контакту стає індивідуальний e-mail. Доцільно підкреслити, що останні самі по собі не формують відповідних зв'язків із клієнтами – вони є лише носієм. Кожна фірма переважно розробляє програму стосунків із клієнтами, головною метою якої є задоволення клієнтів на рівні, що є вищим від того, який пропонують конкуренти.

Повна програма стосунків із клієнтами має містити наступні елементи: обслуговування клієнта, програму лояльності, індивідуалізацію, систему нагород тощо;способи побудови стосунків із цільовими клієнтами;збереження конфіденційності;параметри ефективності програми CRM, зокрема фінансові показники; показники, які спираються на ринок: частка ринку, величина маржі;норма утримання клієнта, величина продажу на одного клієнта, вимір лояльності клієнта.

Концентрація на постійному зростанні задоволення клієнта може призвести до зміни CRM на CEM (англ. – customer experience management). Концепція CEM полягає у виробленні стратегій запобігання негативному досвіду клієнта від контакту з фірмою. Це може бути пропозиція, яка має характер компенсації з причини незадовільного обслуговування. Загалом будь-яке застосування CRM знижує витрати, однак не можна виключити, що не усі фірми отримують із цього зиск. Це нормально, оскільки ніколи нова концепція не є ідеальною для всіх. Розглянемо детальніше кожну з концепцій, які ґрунтуються на CRM.

Концепцію Quick Response (QR) використовують для управління переміщенням товарів із коротким життєвим циклом, високою сезонністю. QR – швидке обслуговування клієнта – система обслуговування постачання кінцевого клієнта на базі електронного обміну даними між роздрібною та гуртовою торгівлею й виробничою сферами. Інформацію про закуплений товар після сканування в касі супермаркету пересилають не лише до системи обліку й бухгалтерії магазину, а також до постачальників цього товару на підставі безпосередніх даних про продаж. Цим значно зменшують запаси в ланцюгу поставок. Метою QR є поєднання усіх дій в ланках ланцюга поставок для задоволення потреб споживача в “реальному часі”. Застосування QR належить до необхідних умов розвитку мережі магазинів, зокрема на ринку одягу, де здатність до гнучкого формування пропозиції є однією з ключових чинників успіху.

Ефективне обслуговування клієнтів (англ. –Efficient Consumer Response (ECR) – ґрунтується на рішеннях, які виникають зі сполучення QR, завдяки чому зростає конкурентоспроможність усього ланцюга поставок. ECR вимагає імплементації електронного перетворення даних – догори і донизу ланцюгом поставок: від постачальників матеріалів і сировини до виробничого підприємства, від виробничого підприємства до дистриб’ютора, а також від дистриб’ютора до кінцевих клієнтів. Завдяки такому рішенню можна вважати, що системи QR і ECR є такими, що принципово змінюють управління логістичними процесами, інакше кажучи, – це перехід від традиційного управління переміщенням засобів у ланцюзі поставок до управління всім ланцюгом поставок. Спільні ознаки дають змогу виокремити нові тенденції у філософії задоволення потреб за цілком іншим підходом як до самої організації виробництва благ, так і до обслуговування усіх суб'єктів певного ланцюга

поставок через задоволення кінцевого споживача як єдиного шляху формування бізнес-простору й забезпечення швидкого повернення залученого капіталу. Сенс основного принципу ECR полягає в тому, що завдяки партнерству в ланцюгу поставок можна досягти значного зниження запасів в дистриб’юційних центрах (до 40 %), кращого використання транспортних потужностей (до 20 %),зменшення термінів виконання замовлення клієнтів (до 50 %).

ECR Europe Executive Board – група, яка має інтереси у сфері виробництва та роздрібної торгівлі, ідентифікувала 14 елементів, розподілених за трьома сферами діяльності, у яких співпраця може забезпечити значні вигоди: управління попитом (розробка стратегії та потенційних можливостей, оптимізація асортименту, оптимізація заходів зі стимулювання збуту, оптимізація способів виведення товарів на ринок); управління постачанням(інтеграція постачальників, підвищення надійності операцій, синхронізація виробництва, безперервне поповнення запасів, у взаємодії, автоматизоване упорядкування запасів); наявні технології (електронний обмін даними, електронний переказ грошових засобів, кодування товарів та управління базою даних, калькуляція витрат за видами діяльності).

Поряд із системою ECR на сучасному ринку значної актуальності набуває концепція функціонування “ощадного управління в роздрібній торгівлі”(англ. – Lean Retailing (LR), що ґрунтується на автоматизованих логістичних центрах, де процедури, що раніше виконувалися людьми, тепер реалізуються за допомогою конвеєрів і систем для зчитування інформації.

На сучасному етапі методи діяльності LR принципово відрізняються від методів діяльності традиційних підприємств роздрібної торгівлі, тобто вона вимагає частіших поставок товарів, які поповнюють у поточному режимі стан запасів. Концепція LR передбачає: оцінку величини необхідного замовлення на підставі аналізу інформації завдяки використанню штрих-кодів у процесі продажу;збирання даних щодо величини продажу окремих асортиментних позицій, їхнє групування та створення замовлень, які передаються електронним шляхом виробникам; доставку до логістичних центрів скомплектованих виробниками партій товару;створення партій поставок до магазинів, що обслуговуються за посередництвом центру на підставі отриманої електронним шляхом інформації, яка стосується величини продажу певних асортиментних позицій.

Процес прийняття товарів, комплектування партій, які надходять до пунктів продажу, є автоматизованим і здійснюється невеликою кількістю працівників.

Однак, протягом певного проміжку часу наведена концепція LR еволюціонувала, набуваючи на практиці різних форм, залежно від індивідуальних стратегій фірм. Тому нижче розглянемо приклади використання цієї концепції.

У високорозвинених країнах упродовж останніх двадцяти років значно поширилася ідея LR, що безпосередньо пов'язана з удосконаленням Інтернет-технологій. Адже ця технологія, із одного боку, покращує дії торговельних мереж, а з другого, – дає можливість виробникам співпрацювати безпосередньо з покупцями, оминаючи підприємства роздрібної торгівлі. Отже, це збільшує шанси виробників, які утворюють власні логістичні центри. Одним із негативних наслідків використання концепції LR є накопичення значних запасів у виробників товару. Це пов'язано з тим, що за короткий проміжок часу вони не можуть виготовити таку кількість товару, яка необхідна для задоволення потреб ринку.

Функції системи управління транспортно-логістичним обслуговуванням можна поділити на два види: операційні функції, так званий логістичний фронт-офіс (front-office);охоплює завдання, безпосередньо пов'язані з організацією поставок (відвантажень) і контролем над їхнім виконанням;функції, що забезпечують, так званий логістичний бек-офіс (back-office);використовуються для підтримки й обробки даних.

До таких функцій належить розробка класифікаторів, комерційних умов, а також збір іншої інформації, необхідної для здійснення операцій з транспортування вантажів.

Операційні функції (логістичний фронт-офіс) системи керування обслуговуванням розділяються на п'ять основних груп наборів операцій: керування замовленнями;керування вантажними одиницями;відстеження вантажних одиниць (контроль над доставкою);митне

оформлення товарів;контроль над відповідністю одержуваних рахунків попередньо зробленим оцінкам витрат. Розглянемо функціональні особливості кожної з цих операційних груп.

Аналіз функцій, що забезпечують логістичний бек-офіс розділяються на п'ять груп наборів операцій: параметризація тресингу; визначення (формування) етапів і схем транспортування;ведення картотеки третіх осіб;відстеження пунктів і ведення допоміжних таблиць; супровід (адміністрування) системи керування. Розглянемо особливості кожної з цих опорних груп.

1. Параметризація тресингу. Ця група опорних функцій дозволяє визначити параметри елементів, необхідних для відстеження вантажних одиниць. Вона містить шість функцій: керування сферою відповідальності;керування документами;відстеження логістичного статусу;керування точками логістичного відстеження;керування профілями тресингу; керування сигналами тривоги (прецедентами).

2. Визначення (формування) етапів і схем транспортування. Створення бібліотек етапів і схем транспортування, а також таблиць зі значеннями тарифів дозволяє візуально уявити етапи схеми. Ця група опорних функцій розбивається на чотири підгрупи:

– уведення етапів. До підгрупи входять функції, що дозволяють оголосити виконавців послуг, структуру тарифів та етапи транспортування;

– уведення тарифів. Підгрупа функцій дозволяє переглянути список тарифів, пов'язаних із надаваними послугами, які надаються, і ввести їхні значення (величини);

– уведення схем. Створюється бібліотека схем транспортування, що використовується в тому випадку, коли для певної поставки (відвантаження)визначається маршрут перевезення, тобто вантажна одиниця узгоджується з конкретною схемою транспортування. При створенні розглянутої бібліотеки описується схема транспортування з визначенням списку етапів, що стосуються її.

– зв'язок із бухгалтерією. У межах зазначеної функції формуються дані про грошові залишки (резерви) і попередні рахунки в системі бухгалтерського обліку. Використовуючи ці функції, експедитор може оголосити номер рахунку для кожної послуги з транспортування, що підлягає сплаті.

3. Ведення картотеки третіх осіб. До картотеки третіх осіб заносяться всі учасники ланцюга поставок. При цьому для кожної третьої особи визначається тип (клієнт, постачальник, вантажний агент, авіаперевізник, морський перевізник, страховик).

4. Відстеження пунктів і ведення допоміжних таблиць. Визначаються коди, необхідні для взаємодії із зовнішніми виконавцями. Ця опорна функція поділяється на дві підгрупи: відстеження пунктів. Коректне відстеження пунктів дозволить належним чином визначити місце (пункт), у якому відбулася логістична подія. Указівка тільки поштового коду або коду міста може бути недостатньою при повідомленні виконавця послуги.

5. Супровід (адміністрування) системи керування. Система керування транспортно-логістичним обслуговуванням налаштовується на організаційну структуру підприємства і його технологічні особливості, а також визначаються правила функціонування системи логістичного керування, зокрема надання користувачам відповідних прав доступу. До складу підмножини логістичного бек-офісу входять функції, які дозволяють: фіксувати комерційні умови, погоджені з зовнішніми виконавцями(тарифи, пропоновані послуги, умови тарифікації), й управляти цими умовами;створювати схеми транспортувань і використовувати їх із метою оперативного керування;збирати й актуалізувати всі види інформації про третіх осіб, із якими необхідні контакти в межах керування обслуговуванням (адреси, номери факсів);підтримувати набір інформаційних таблиць, що використовуються при стягуванні боргів;складати бібліотеку точок логістичного відстеження, на базі якої створюються типові профілі, що використовуються для контролю над процесом обслуговування; становити бібліотеку пунктів.

Висновки. Застосування прогресивних технологій в транспортно-експедиторській та логістичній діяльності значно оптимізує показники виконання зовнішньоторговельних операцій, налагодить співпрацю з іноземними суб’єктами підприємницької діяльності та відкриє для України можливості діяльності на нових ринках.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.Практикум по логистике: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп./Под ред. Б.А. Аникина. – М.:ИНФРА-М, 2007. – 276 с.

2. Гаджинський А.М. Логистика. – М.: ИТК "Дашков и К°", 2004. – 432 с.

3.Сергеев В.И. Менеджмент в бизнес-логистике.– М.: Информ. изд. дом «Филинъ»,1997.-772с.

4. Миротин Л.Б. Транспорнаялогистика. – М.: Экзамен, 2003. – 512 с.

REFERENCES

1.Workshop logistics: Textbookallowance – 2 Publ. revisedandexpanded /Editedby B. A. Anikin – Moscow: INFRA-M, 2007. – 276 p. (Rus)

2. Gadzinski A. M. Logistics. – Moscow: ITK "DashkovandCo", 2004 – 432 p. (Rus)

3.Sergeev V. I. TheManagementofbusinesslogistics.– Moscow: Inform. ed. house "Filin",1997.-772p. (Rus)

4. Mirotin L. B. Transport logistics. – Moscow: Exam, 2003. – 512 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Довбій В.Ю. Інформаційне забезпечення процесу транспортно-експедиторського обслуговування / В.Ю. Довбій, Н.О. Лужанська // Вісник Національного транспортного університету.Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип.1 (37).

Метою статті є аналіз процесу застосування інформаційних технологій при виконанні транспортно-експедиторського обслуговування споживачів.

Досліджено процес впровадження сучасних систем Quick Response (QR), Efficient Consumer Response (ECR), Lean Retailing (LR), які ґрунтуються на системі Customer Relationship Management (CRM) у діяльність транспортно-експедиторських підприємств, проаналізовано їх переваги та недоліки для суб’єктів підприємницької діяльності.

Запропоновано технологічні рішення з обробки інформаційних потоків, якими оперують учасники транспортного процесу. Розглянуто функції системи управління транспортно-логістичним обслуговуванням, серед яких: логістичний фронт-офіс та бек-офіс.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЛОГІСТИКА, ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КЛІЄНТ, ПОСЛУГА

ABSTRACT

Dovbiy V.U., Luzhanska N.O. Information support of the process of transport-forwarding service. Visnyk National Transport University.Series «Technical sciences».Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The purpose of this article is to analyze the process of applying information technology in the implementation of transport-forwarding service of consumers.

The process of introduction of modern systems Quick Response (QR), Efficient Consumer Response (ECR), Lean Retailing (LR), which are based on the system of Customer Relationship Management (CRM) in the activities of freight forwarding companies, analyzed their advantages and disadvantages for business entities.

Proposed technological solutions for the processing of information flows that operate the transport process participants. The functions of the control system transport and logistics services including: logistics front-office and back-office**.**

KEYWORDS: LOGISTICS, FORWARDING SERVICES, INFORMATION MANAGEMENT, CUSTOMER SERVICES

РЕФЕРАТ

Довбий В.Ю. Информационное обеспечение процесса транспортно-экспедиторского обслуживания / В.Ю. Довбий, Н.О. Лужанская // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Целью статьи является анализ процесса применения информационных технологий при выполнении транспортно-экспедиторского обслуживания потребителей.

Исследован процесс внедрения современных систем Quick Response (QR), Efficient Consumer Response (ECR), Lean Retailing (LR), которые основываются на системе Customer Relationship Management (CRM) в деятельность транспортно-экспедиторских предприятий, проанализированы их преимущества и недостатки для субъектов предпринимательской деятельности.

Предложены технологические решения по обработке информационных потоков, которыми оперируют участники транспортного процесса. Рассмотрены функции системы управления транспортно-логистическим обслуживанием, среди которых: логистический фронт-офис и бэк-офис.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:ЛОГИСТИКА, ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИТОРСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, КЛИЕНТ, УСЛУГА

АВТОРИ:

Довбій Валентина Юріївна, студентка, Національний транспортний університет, e-mail: dovbij0056@gmail.com, тел. +380501776523, Україна, 01010,м. Київ, вул. Суворова 1.

Лужанська Наталія Олександрівна, старший викладач, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри транспортних технологій, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com,тел. +380688116121, Україна, 01010,м. Киев, вул. Суворова 1, к. 432.

AUTHOR:

DovbiyV.U.,student, National Transport University, e-mail: dovbij0056@gmail.com, tel. +380501776523, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str.1.

Luzhanska N.O.senior lecturer, National Transport University, senior lecturer in transport technology, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com, tel.+ 380688116121, Ukraine, 01010, Kyiv,Suvorova str. 1, of. 432.

АВТОРЫ:

ДовбийВалентинаЮрьевна, студентка, Национальный транспортный университет, e-mail: dovbij0056@gmail.com, тел. +380501776523, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Лужанская Наталья Александровна, старший преподаватель, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры транспортных технологий, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com , тел. 380688116121, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 432.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мельниченко О.І., кандидат технічних наук, професор, Вчений секретарНаціонального транспортного університету, Київ, Україна

Далека В.Х., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електротранспорту, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

REVIEWERS:

Melnychenko O.I.,Candidate of Science in Engineering, Professor, Scientific Secretary of National Transport University, Kiev, Ukraine

Daleka V.H., Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of the DepartmentElectrical Transport, Kharkiv National University Municipal Economy Beketov, Kharkov, Ukraine

УДК 625.7
UDC 625.7

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ КРУПНОЗЕРНИСТИХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ ДО УТВОРЕННЯ КОЛІЇ

Жданюк В.К., доктор технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна
Воловик О.О., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

COMPARATIVE STUDIES OF THE STABILITY OF COARSE ASPHALT TO THE RUTTING

Zhdanyuk V.K., Doctor of Technical Sciences, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine
Volovyk O.O., Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КРУПНОЗЕРНИСТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ К ОБРАЗОВАНИЮ КОЛЕИ

*Жданюк В.К., д*октор технических наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина
Воловик А.А., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина

За період експлуатації автомобільної дороги у верхніх і нижніх асфальтобетонних шарах дорожнього одягу з’являються незворотні пластичні деформації у вигляді колії. Візуально о проявленні недостатньої стійкості до утворення колії верхнього шару асфальтобетонного покриття можливо судити по колії накату, яка утворюється від дії коліс транспортних засобів за напрямком їх руху. При збільшенні кількості проходів збільшується і загальна глибина колії (рис. 1). У деяких випадках можливе збільшення зсувних зусиль по колії накату і у нижче лежачих шарах асфальтобетону.

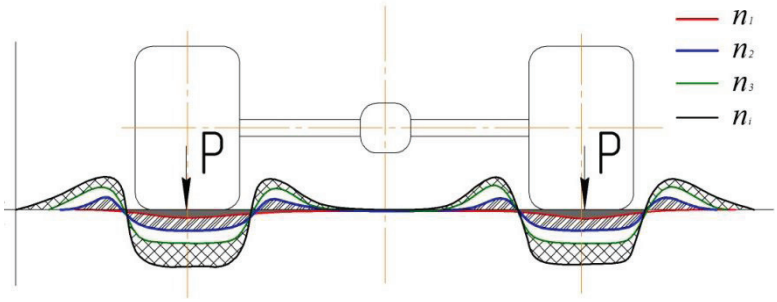


Рисунок 1 – Зміна профілю поверхні покриття дорожнього одягу при збільшенні кількості проходів транспортних засобів

Найбільш суттєвими зовнішніми факторами, які призводять до утворення колії є недостатнє ущільнення на стадії укладання асфальтобетонної суміші і вплив багатовісних вантажних автомобілів при високій температурі покриття в літній період експлуатації. Відносно внутрішніх факторів суттєвий вплив надає склад асфальтобетонної суміші, вплив в’яжучого і його марка.

При визначенні фізико-механічних характеристик асфальтобетонів згідно діючого в Україні ДСТУ найбільшою границею при одноосьовому стиску за температури 50 ºС володіє асфальтобетон з меншим вмістом щебеню [1]. Порівняльні результати досліджень на коліестійкість дрібнозернистих асфальтобетонів верхніх шарів показують відсутність кореляційних залежностей з показниками фізико-механічних властивостей. Найбільшою стійкістю до утворення колії характеризується дрібнозернистий асфальтобетон з підвищеним вмістом щебеню [2].

На даний момент в Україні відсутні результати експериментальних досліджень на коліестійкість крупнозернистих асфальтобетонів, які влаштовуються у нижніх шарах дорожнього одягу.

Актуальним залишається дослідження крупнозернистих асфальтобетонів типів А1 та Б1 неперервчастої та переривчастої гранулометрії. Гранулометричний склад прийнято для мінімального і максимального вмісту щебеню згідно [1], та наведено на рис. 2-5.

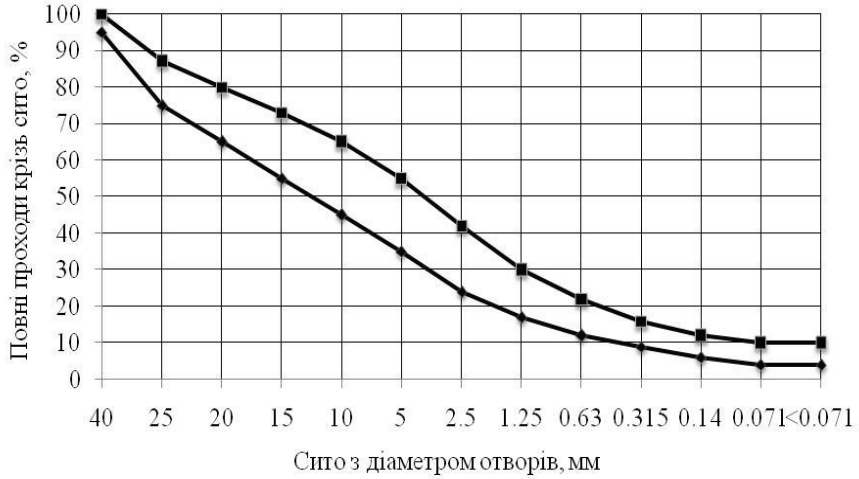


Рисунок 2 – Зерновий склад мінеральної частини щільного крупнозернистого асфальтобетону типу А1 неперервчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 40 мм

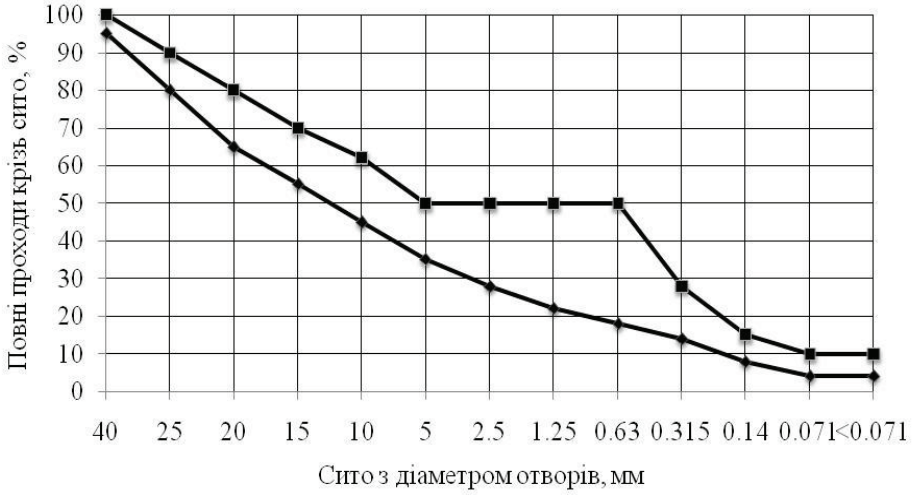


Рисунок 3 – Зерновий склад мінеральної частини щільного крупнозернистого асфальтобетону типу А1 переривчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 40 мм

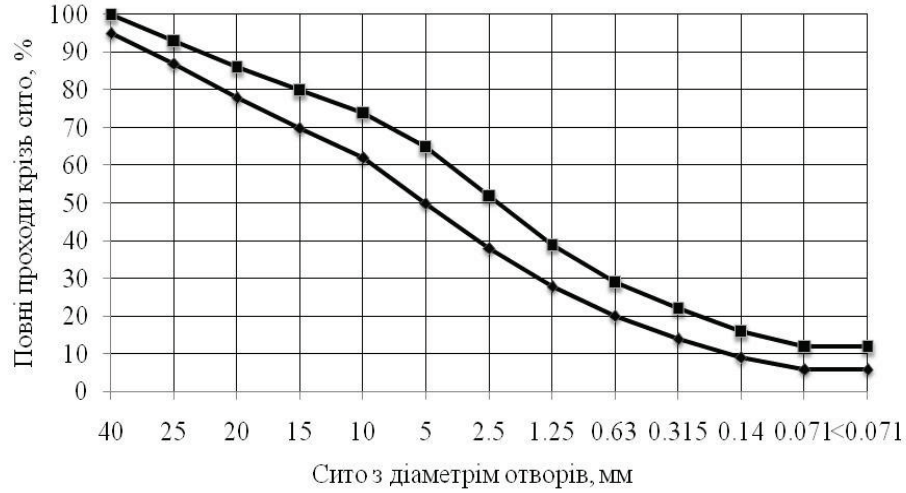


Рисунок 4 – Зерновий склад мінеральної частини щільного крупнозернистого асфальтобетону типу Б1 неперервчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 40 мм

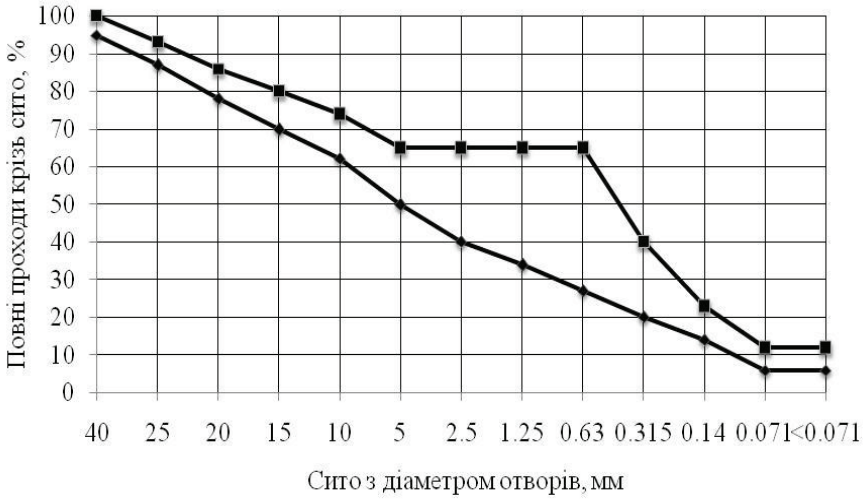


Рисунок 5 – Зерновий склад мінеральної частини щільного крупнозернистого асфальтобетону типу Б1 переривчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 40 мм

Із підібраних складів асфальтобетонної суміші виготовляли зразки розмірами: 300 мм довжиною, 150 мм шириною та 70 мм висотою.

Випробування на колієутворення проводили шляхом циклічного проходження завантаженого колеса по поверхні виготовлених у лабораторії асфальтобетонних зразках (рис. 6) [3-7]. Питомий тиск колеса на асфальтобетонний зразок еквівалентно навантаженню А1 [8] і складає 0,8 МПа. Температура випробування в робочій камері складає 50 ºС та 65 ºС.

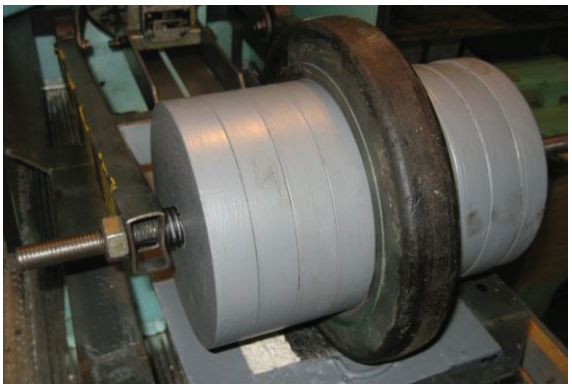


Рисунок 6 – Загальний вид електронно-механічного випробувального стенду колієутворення (ЕМВСК)

Глибина колії у лабораторних умовах вимірювалась електронно-цифровим штангенциркулем при заглибленні відносно поверхні зразка у п’яти послідовних точках по центру колії. Перша точка для вимірювання знаходиться на відстані 5 см від краю зразка (рис. 7).

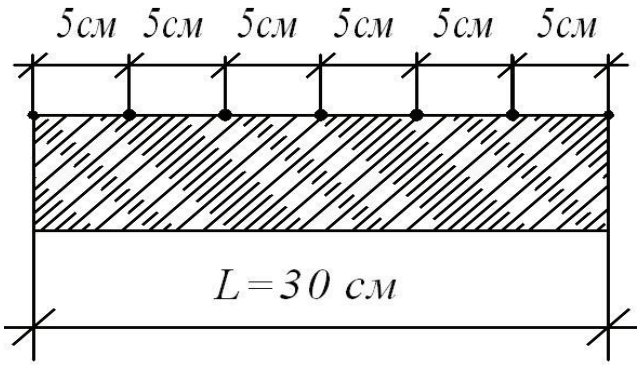


Рисунок 7 – Схема розміщення точок вимірювання глибини колії

Порівняльні експериментальні дослідження стійкості крупнозернистих щільних асфальтобетонів типу А1 та Б1 переривчастої та неперервчастої гранулометрії на основі бітуму марки БНД 60/90 до накопичення залишкових пластичних деформацій у вигляді колії за температури 65 ºС показують, що при збільшенні кількості проходів колеса по одному сліду при питомому тиску на асфальтобетонний зразок 0,8 МПа глибина колії (рис. 8-11) збільшується. З наведених залежностей видно, що для асфальтобетону типу А1 неперервчастого гранулометричного складу мінеральної частини з мінімально можливим вмістом зерен щебеню згідно з [3] глибина колії після 5000 проходів колеса перевищує у 2,15 разів глибину колії у асфальтобетоні того ж типу із максимально можливим вмістом щебеню, для якого глибина колії становить 11,3 мм (рис. 8).

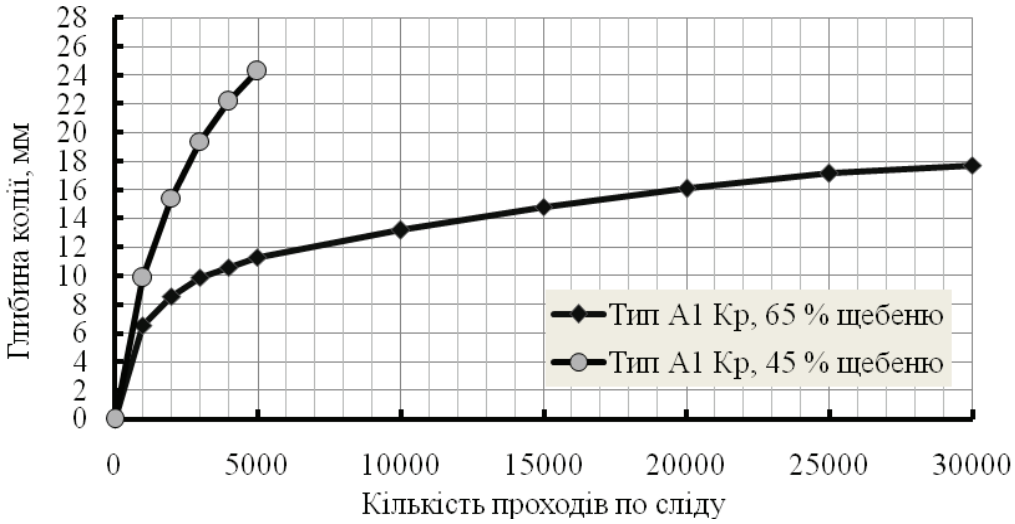


Рисунок 8 – Інтенсивність накопичення пластичних деформацій у вигляді колії в крупнозернистому асфальтобетоні типу А1 неперервчастої гранулометрії за температури 65 ºС

Дослідження коліємстійкості крупнозернистого асфальтобетону типу А1 переривчастого гранулометричного складу мінеральної частини показує, що в межах нормованого ДСТУ Б В.2.7-119 зернового складу асфальтобетону з мінімально можливим вмістом зерен щебеню властива глибина колії 27,8 мм після 5000 проходів колеса, порівняно з асфальтобетоном того ж типу із максимально можливим вмістом щебеню, для якого глибина колії становить 16,2 мм (рис. 9).

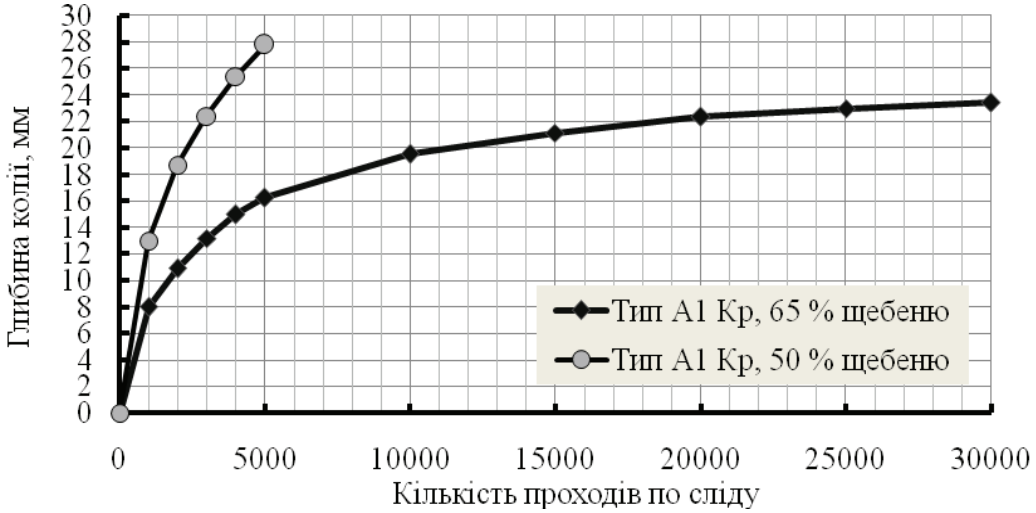


Рисунок 9 – Інтенсивність накопичення пластичних деформацій у вигляді колії в крупнозернистому асфальтобетоні типу А1 переривчастої гранулометрії за температури 65 ºС

Результати порівняльних досліджень коліємстійкості щільних крупнозернистих асфальтобетонів типу Б1 неперервчастого (рис. 10) та переривчастого (рис. 11) зернового складу вказують на аналогічні закономірності. Дослідженнями встановлено, що більш коліємстійким є асфальтобетон з максимально можливим вмістом зерен щебеню неперервчастого гранулометричного складу

мінеральної частини, а найменш коліється стійким асфальтобетон типу Б1 переривчастої гранулометрії з мінімально можливим вмістом зерен щебеню.

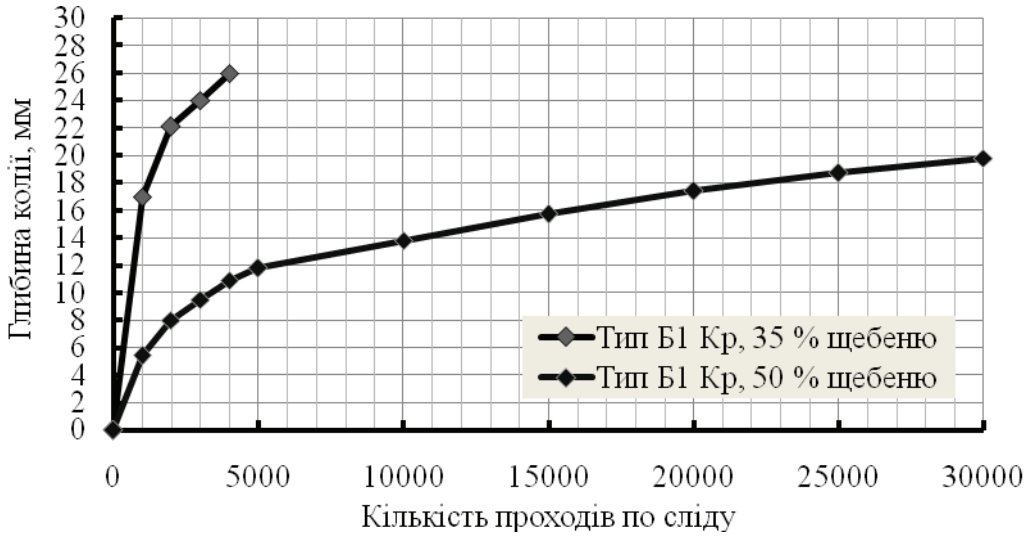


Рисунок 10 – Інтенсивність накопичення пластичних деформацій у вигляді колії в крупнозернистому асфальтобетоні типу Б1 неперервчастої гранулометрії за температури 65 ºС

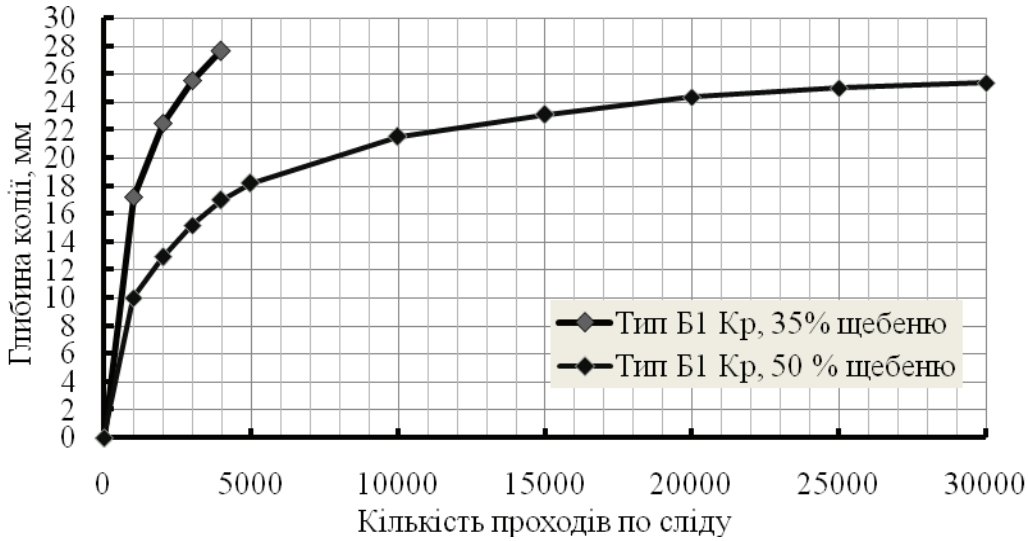


Рисунок 11 – Інтенсивність накопичення пластичних деформацій у вигляді колії в крупнозернистому асфальтобетоні типу Б1 переривчастої гранулометрії за температури 65 ºС

Серед досліджуваних щільних крупнозернистих асфальтобетонів більша стійкість до накопичення пластичних деформацій властива асфальтобетонам з неперервчастим гранулометричним складом мінеральної частини, порівняно з асфальтобетонами з переривчастою гранулометрією.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-119:2011. – Київ: Мінрегіон України, 2011.

2. Жданюк В. К., Даценко В. М., Зражевец Е. М., Чугуенко С. А., Воловик А. А. Устойчивость асфальтобетонов различных гранулометрических типов к накоплению пластических деформаций в виде колеи // Материалы юбилейной научно-технической конференции «80 лет Белорусской дорожній науке». – Минск. – 2008. – С.105-111.

3. Жданюк В. К., Масюк Ю. А., Чугуенко С. А., Плигун В. И. Об оценке устойчивости асфальтобетонных покрытий к образованию пластических деформаций в виде колеи // Материалы II международной научно-технической интернет-конференции «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства», ХНАГХ. – 2007. – С. 168-171.

4. Жданюк В.К., Масюк Ю.А., Чугуенко С.А., Плигун В.И. Об оценке устойчивости асфальтобетонных покрытий к образованию пластических деформаций в виде колеи // Материалы II международной научно-технической интернет-конференции «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства», ХНАГХ. – 2007.- С.168-171.

5. Uzarowski L., Paradis M., Lum P. 2004. Accelerated Performance Testing of Canadian Asphalt Mixes Using Three Different Wheel Rut Testers// «At the Accelerated Field and Laboratory Pavement Testing Session» / Conference of the Transportation Association of Canada.

6. Stricland D., Colang J., Martin M., Deme I. 2008. Performance properties of paving mixtures made with modified sulphur pellets // International ISAP Symposium on «Asphalt Pavements and Environment», Zurich.- p. 64-75.

7. EN 12697-22:2003 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt– Part 22: Wheel tracking.

8. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186-2004 – К.: Державна служба автомобільних доріг України “УКРАВТОДОР”, 2004. – 76.

REFERENCES

1. Building materials. Asphalt mixtures and asphalt for roads and airfield. Specifications: GOST B V.2.7-119:2011. – Kiev: Regional Development of Ukraine, 2011. (Ukr).

2. Zhdanyuk V.K., Datsenko V.M., Zrazhevets E.M., Chuhuenko S.A., Volovik A.A. Stability of asphalt different types of grain size to the accumulation of plastic deformations in a rut // Materials Jubilee Scientific and Technical Conference “80 years old Belarusian road to science”. – Minsk. – 2008. – C.105-111. (Rus).

3. Zhdanyuk V.K., Masuk Y.A., Chuguenko S.A., Pligun V.I. An estimate of the stability of asphalt concrete pavement to the formation of plastic deformations in a rut // Proceedings of the II International Scientific and Technical Internet-conference “Construction, reconstruction and rehabilitation of municipal services buildings”, KNAME. – 2007.- C.168-171. (Rus).

4. Rolli S. Nawerzhnie drogowe i lotniskowe. Ostroznosc w interpretacji winykow badania koleinowania w aparacie francuskim LPC // Nowosci zagranicznej techniki drogowej.- Warszawa, IBDiM.- 2001.- zeszyt 144.- s. 5-13. (Pl).

5. Uzarowski L., Paradis M., Lum P. 2004. Accelerated Performance Testing of Canadian Asphalt Mixes Using Three Different Wheel Rut Testers// «At the Accelerated Field and Laboratory Pavement Testing Session» / Conference of the Transportation Association of Canada.

6. Stricland D., Colang J., Martin M., Deme I. 2008. Performance properties of paving mixtures made with modified sulphur pellets // International ISAP Symposium on «Asphalt Pavements and Environment», Zurich.- p. 64-75.

7. EN 12697-22:2003 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt– Part 22: Wheel tracking.

8. Flexible type of pavement: VBN V.2.3-218-186-2004 – K.: State Road Service of Ukraine “UKRAVTODOR”, 2004. – 76. (Ukr).

РЕФЕРАТ

Жданюк В.К. Порівняльні дослідження стійкості крупнозернистих асфальтобетонів до утворення колії / В.К. Жданюк, О.О. Воловик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті виконані порівняльні дослідження стійкості гарячих щільних крупнозернистих асфальтобетонів до утворення колії.

Об’єкт дослідження – Процеси колієутворення у нижніх шарах дорожнього одягу.

Мета роботи – Підвищення довговічності асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів автомобільних доріг за критерієм колієстійкості асфальтобетонів.

Метод дослідження – Статистичний аналіз закономірностей колієутворення.

При зміні різновиду гранулометрії та вмісту зерен щебеню у складі асфальтобетонної суміші глибина колії та гребені випирання вздовж неї також змінюються. Показано, що зі збільшенням вмісту щебеню у складі крупнозернистого асфальтобетону неперервчастої гранулометрії їх стійкість до накопичення пластичних деформацій у вигляді колії збільшується.

Для асфальтобетону типу А1 неперервчастого гранулометричного складу мінеральної частини з мінімально можливим вмістом зерен щебеню глибина колії після 5000 проходів колеса перевищує у 2,15 разів глибину колії у асфальтобетоні того ж типу із максимально можливим

вмістом щебеню, для якого глибина колії становить 11,3 мм. Дослідження коліестійкості крупнозернистого асфальтобетону типу А1 переривчастого гранулометричного складу мінеральної частини показує, що асфальтобетону з мінімально можливим вмістом зерен щебеню властива глибина колії 27,8 мм після 5000 проходів колеса, порівняно з асфальтобетоном того ж типу із максимально можливим вмістом щебеню, для якого глибина колії становить 16,2 мм. Результати порівняльних досліджень коліестійкості щільних крупнозернистих асфальтобетонів типу Б1 неперервчастого та переривчастого зернового складу вказують на аналогічні закономірності.

Результати статті можуть бути упроваджені у виробництво при влаштуванні нижніх шарів дорожнього одягу.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – визначення більш стійкого до колієутворення асфальтобетону.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АСФАЛЬТОБЕТОН, КОЛІЯ, ДОРОЖНІЙ ОДЯГ, ТЕМПЕРАТУРА ПОКРИТТЯ, ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД, ГРЕБЕНІ ВИПИРАННЯ.

ABSTRACT

Zhdanyuk V.K., Volovyk O.O. Comparative studies of the stability of coarse asphalt to the rutting. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article made a comparative study of stability of the hot dense coarse asphalt to rutting.

Object of study – Processes rutting in the lower layers of the pavement.

Purpose of the study – Increased durability of asphalt concrete coatings pavements of roads to the rutting.

Method of the study – Statistical analysis of the patterns of rutting

If you change the species and size distribution of grains of gravel content in the composition of asphalt mixture rut depth and bulging ridges along it also vary. It is shown that with increasing content in the rubble asphalt concrete coarse granulometry continuous accumulation of their resistance to plastic deformation in the form of a track increases.

For asphalt concrete type A1 continuous particle size distribution of the mineral with the lowest possible content of grains of gravel rut depth after 5000 wheel passages at 2.15 times the value of the depth gauge in the asphalt concrete of the same type with the highest possible content of crushed stone, for which the depth gauge is 11.3 mm. Research rutting coarse asphalt concrete type A1 continuous particle size distribution of the mineral shows that the asphalt concrete with the lowest possible content of grains of gravel characteristic rut depth of 27.8 mm since 5000 wheel passages, compared to asphalt of the same type with the highest possible content of crushed stone, for which gauge the depth of 16.2 mm. The results of comparative studies rutting dense coarse asphalt type B1 continuous and discontinuous grain composition indicate a similar pattern.

The results of the article can be implemented in a production environment when constructing the lower layers of the pavement.

Projected assumptions about the development of the research object – establishing the most stable to asphalt concrete to the rutting.

KEYWORDS: ASPHALT CONCRETE, RUT, PAVEMENT, TEMPERATURE COATING, GRADING, RIDGES BULGING

РЕФЕРАТ

Жданюк В.К. Сравнительные исследования устойчивости крупнозернистых асфальтобетонов к образованию колеи / В.К. Жданюк, А.А. Воловик // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье выполнены сравнительные исследования устойчивости горячих плотных крупнозернистых асфальтобетонов к образованию колеи.

Объект исследования – Процессы колееобразования в нижних слоях дорожной одежды.

Цель работы – Повышение долговечности асфальтобетонных покрытий дорожных одежд автомобильных дорог по критерию колееустойчивости асфальтобетонов.

Метод исследования – Статистический анализ закономерностей колееобразования.

При изменении разновидности гранулометрии и содержания зёрен щебня в составе асфальтобетонной смеси глубина колеи и гребни выпирания вдоль неё тоже изменяются. Показано,

что с увеличением содержания щебня в составе крупнозернистого асфальтобетона непрерывной гранулометрии их устойчивость к накоплению пластических деформаций в виде колеи возрастает.

Для асфальтобетона типа А1 непрерывного гранулометрического состава минеральной части с минимально возможным содержанием зёрен щебня глубина колеи после 5000 проходов колеса в 2,15 раза превышает значения глубины колеи в асфальтобетоне того же типа с максимально возможным содержанием щебня, для которого глубина колеи составляет 11,3 мм. Исследования колееустойчивости крупнозернистого асфальтобетона типа А1 прерывного гранулометрического состава минеральной части показывает, что асфальтобетону с минимально возможным содержанием зёрен щебня свойственна глубина колеи 27,8 мм после 5000 проходов колеса, сравнительно с асфальтобетоном того же типа с максимально возможным содержанием щебня, для которого глубина колеи составляет 16,2 мм. Результаты сравнительных исследований колееустойчивости плотных крупнозернистых асфальтобетонов типа Б1 непрерывного и прерывного зернового состава указывают на аналогичные закономерности.

Результаты статьи могут быть внедрены в производственных условиях при устройстве нижних слоёв дорожной одежды.

Прогнозируемые предположения относительно развития объекта исследования – установление наиболее устойчивого асфальтобетона к колееобразованию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АСФАЛЬТОБЕТОН, КОЛЕЯ, ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА, ТЕМПЕРАТУРА ПОКРЫТИЯ, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ГРЕБНИ ВЫПИРАНИЯ.

АВТОРИ

Жданюк Валерій Кузьмович, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, e-mail: zhdanuk@khadi.kharkov.ua, тел. +38(057) 707-37-80, Україна, 61000, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Воловик Олександр Олександрович, асистент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, асистент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, e-mail: 5985@i.ua, тел. +38(057) 707-37-80, Україна, 61000, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

AUTHOR

Zhdanyuk Valeriy K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Head of the Department of construction and operation of highways, e-mail: zhdanuk@khadi.kharkov.ua, тел. +38(057) 707-37-80, Ukraine, 61000, Kharkov, Yaroslava Mudrogo str., 25.

Volovyk Alexander A., the assistant, Kharkov National Automobile and Highway University, Department of construction and operation of highways Assistant, e-mail: 5985@i.ua, тел. +38(057) 707-37-80, Ukraine, 61000, Kharkov, Yaroslava Mudrogo str., 25.

АВТОРЫ

Жданюк Валерий Кузьмич, доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации автомобильных дорог, e-mail: zhdanuk@khadi.kharkov.ua, тел. +38(057) 707-37-80, Украина, 61000 г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Воловик Александр Александрович, асистент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, ассистент кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог, e-mail: 5985@i.ua, тел. +38(057) 707-37-80, Украина, 61000, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Кожушко В.П., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки, Харків, Україна.

Стороженко М.С., кандидат технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, Харків, Україна.

REVIEWER:

Kozhushko V.P., PhD, Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Professor of the Department of bridges, structures and structural mechanics, Kharkiv, Ukraine.

Storozhenko M.S., Ph.D., Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Professor of the Department of bridges, structures and structural mechanics, Kharkiv, Ukraine.

УДК 378.1
UDC 378.1

ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ В ТЕХНІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ УКРАЇНИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

Іщенко Р.М., кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

TEACHING PHYSICS AT THE TECHNICAL UNIVERSITIES OF UKRAINE AT THE PRESENT STAGE

Ishchenko R.M., Ph. D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ УКРАИНЫ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Ищенко Р.Н., кандидат физико-математических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми та аналіз літературних джерел.

Основне завдання технічних вищих навчальних закладів (ВНЗ) полягає у підготовці інженерів широкого профілю, кваліфікація яких повинна відповідати світовому рівню [1]. При цьому курс загальної фізики становить фундаментальне підгрунтя інженерної освіти і є основою для навчальних дисциплін технічного напрямку, таких як: теоретична механіка, теорія машин і механізмів, гідравліка, теплотехніка, опір матеріалів, матеріалознавство, електротехніка, мікроелектроніка та ін. [2,3].

Однак, систематичне скорочення годин, що виділяються на вивчення загального курсу фізики, особливо аудиторних, ослаблення престижу технічних спеціальностей у порівнянні з юридичною та економічною освітою, що спостерігається протягом останніх 20 років, призводять до погіршення рівня фізико-математичної підготовки майбутніх фахівців, що не сприяє засвоєнню ними ряду загальнотехнічних дисциплін та в майбутньому негативно відобразиться на рівні їх професійної підготовки.

Проблеми викладання фізики в ВНЗ досліджували в своїх роботах Атаманчук П.С., Богданов І.Т., Бушок Г.Ф., Венгер В.Є., Єрофєєва Г.В., Пасічник Ю.А., Пастушенко С.М., Пономаренко О.В., Сільвейстр А.М., Скубій Т.В., Шишкін Г.О. та інші.

В роботі [4] розглянуто проблеми викладання фізики в університетах в контексті впровадження основних положень Болонського процесу. Автори зазначеної роботи виконали аналіз стану фахової підготовки фахівців з фізики в європейських країнах та визначили основні напрямки вдосконалення фізичної освіти в Україні, які сприяють успішному входженню нашої країни до Європейського освітнього простору. Зокрема, це підвищення фінансування з боку держави на підготовку фахівців, а також покращення матеріально-технічної бази навчальних закладів.

Основні напрямки модернізації курсу загальної фізики у ВНЗ розглянуто в роботі [5]. Зокрема, розглянуті індивідуалізація, гуманізація та гуманітаризація фізичної освіти, також досліджено інтегративний процес під час навчання фізики.

В роботах [6,7] проаналізовано сучасний стан методики викладання фізики в ВНЗ Казахстану для технічних спеціальностей та виконано порівняння процесу викладання фізики в ВНЗ Казахстану та провідних університетах Німеччини. В роботах [8,9] розглянуто проблеми російської вищої технічної освіти та деякі методи їх вирішення. Зокрема, автори робіт [6-9] зазначають, що негативно впливає на рівень знань з фізики студентів технічних ВНЗ наступне: зменшення зацікавленості до навчання за технічними спеціальностями (за винятком тих, що пов’язані з нафтою і газом); недостатній рівень підготовки з курсу фізики середньої школи та відсутність досвіду самостійної роботи у студентів першого курсу; невідповідність обладнання фізичних практикумів сучасним вимогам.

Таким чином, аналіз наукових праць свідчить про те, що питання, присвячені проблемам викладання фізики в технічних університетах не нові, але із проведенням реформування середньої та вищої освіти потребують систематичного дослідження.

Мета роботи.

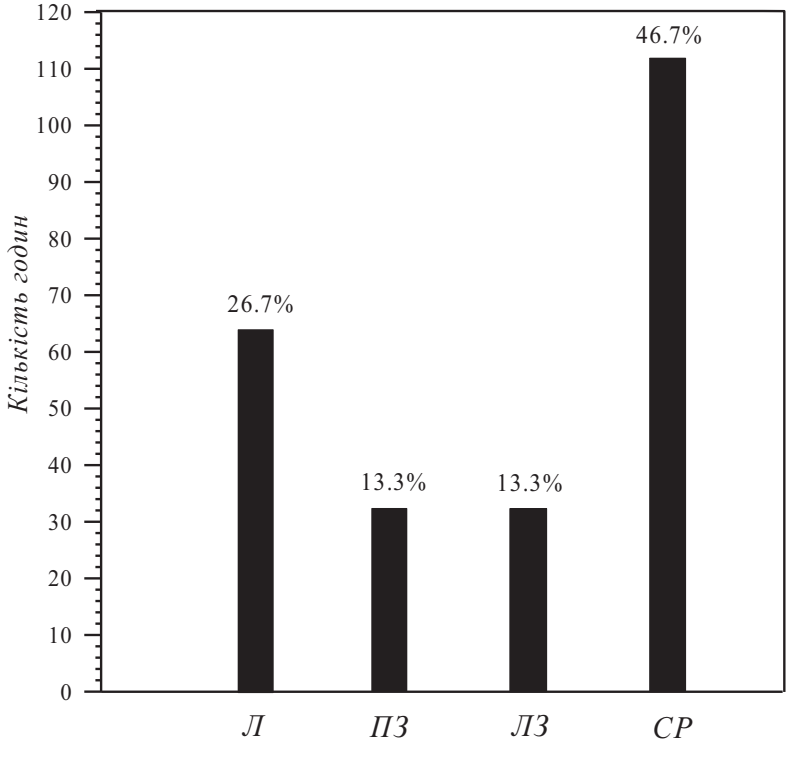
Зважаючи на вище зазначене, метою даної роботи є аналіз сучасного стану викладання фізики в технічних університетах України та визначення основних чинників, що негативно впливають на якість фізичної освіти у вказаних ВНЗ.

Основна частина.

Педагогічні дослідження та багаторічний досвід вказують на пряму залежність рівня сприймання та розуміння матеріалу з фізики студентами технічних університетів від рівня їх шкільної підготовки з вказаної дисципліни. Вхідні тестування знань з фізики студентів першого та другого курсів показують, що у значної частини студентів рівень знань з курсу фізики загальноосвітньої школи бажає бути кращим [10,11]. Зокрема, чимало студентів не розуміє різниці між векторними і скалярними фізичними величинами, деякі студенти не знають, що таке векторний і скалярний добутки, не знають визначень та одиниць вимірювання основних фізичних величин, таких як маса, швидкість, прискорення, імпульс, сила тощо. У студентів виникають проблеми із застосуванням відомих законів і співвідношень під час розв’язання навіть простих задач. Багато студентів не вміють відрізняти головне від другорядного, виділяти причини і наслідки. Деякі студенти взагалі не можуть логічно правильно висловлювати судження, не мають достатньої підготовки для самостійного опрацювання нового матеріалу.

Крім того, випускники середніх навчальних закладів, що вступають до ВНЗ, навчаються за різними програмами, мають різну кількість годин з фізики. Тому викладання фізики стає вкрай ускладненим через різний рівень базових знань студентів.

Іншою суттєвою проблемою, що негативно впливає на якість фізичної освіти, є систематичне зменшення кільності годин, особливо аудиторних, що виділяються на вивчення загального курсу фізики. Для прикладу, студенти першого курсу, що навчаються за спеціальністю 015 «Професійна освіта (транспорт)» [12] вивчають курс фізики протягом двох семестрів. При цьому загальна кількість годин становить 240. Кількість лекційних годин становить 64, тобто по 32 год. на семестр (одна лекція на тиждень). На проведення практичних та лабораторних занять припадає відповідно по 32 години (одне заняття на тиждень протягом двох семестрів). На самостійну роботу відводиться 112 годин. Розподіл годин, які виділяються на аудиторні заняття та самостійну роботу з фізики для студентів, що навчаються за спеціальністю 015 «Професійна освіта (транспорт)» представлено на рисунку 1.



Л – лекції, ПЗ – практичні заняття, ЛЗ – лабораторні заняття, СР – самостійна робота

Рисунок 1 – Розподіл навчального навантаження з фізики для студентів, що навчаються за спеціальністю 015 «Професійна освіта (транспорт)»

На зазначеному рисунку також вказано відносну кількість годин (у %), що виділяються на різні види занять з фізики. Як видно з рисунку 1, майже половина (46.7%) навчальних годин виділяється на самостійну роботу студентів.

Таким чином, протягом двох семестрів викладачу необхідно прочитати загальний курс фізики, що складається з наступних розділів: механіка, молекулярна фізика і термодинаміка, електрика, магнетизм, коливання та хвилі, оптика, атомна фізика (див. таблицю 1).

Таблиця 1 – Структура двосеместрового курсу фізики

№ п/п	Розділ фізики	Кількість лекційних годин
Семестр 1		
1	Механіка	12
2	Молекулярна фізика і термодинаміка	10
3	Електрика	10
Семестр 2		
4	Магнетизм	10
5	Коливання та хвилі	8
6	Оптика	8
7	Атомна фізика	6

Така задача є достатньо складною. По-перше, одна лекція витрачається на вступ, де необхідно сформулювати завдання, мету фізики, зв'язок з іншими дисциплінами, також необхідно нагадати деякий матеріал з математики (векторний і скалярний добутки, елементарні дії з векторами тощо), без якого студент не зможе обійтися в подальшому. По-друге, одна або й дві лекції в семестрі можуть припасти на свята. Таким чином, реально залишається 13-14 лекцій (26-28 год.) в першому семестрі, щоб прочитати механіку, молекулярну фізику і термодинаміку, електрику. При такій кількості годин зробити це досить важко. Теж саме стосується й другого семестру, в якому взагалі необхідно прочитати чотири розділи фізики: магнетизм, коливання та хвилі, оптику, атомну фізику. Отже, при такій обмеженій кількості годин викладач не має часу детальніше розглянути більш складні питання, зробити певні узагальнення, висновки, провести аналогії (наприклад, між фізичними величинами і рівняннями, що описують поступальний і обертальний рух тіла, між механічними і електричними коливаннями тощо). Таким чином, брак годин призводить до того, що курс фізики виявляється несистематизованим і незавершеним (наприклад, на елементи ядерної фізики просто не вистачає часу). Крім того, для деяких спеціальностей, наприклад 101 «Екологія», 122 «Комп’ютерні науки та інформаційні технології», 275 «Транспортні технології» курс фізики взагалі читається протягом одного семестру (16 лекцій, 32 год.). Що можна прочитати за такий короткий проміжок часу ?

Викладачі пам’ятають, як читали три- та чотирисеместровий курс фізики. Зокрема, при трисеместровому курсі, навіть маючи одну лекцію на тиждень, можливо прочитати наступні розділи фізики: в першому семестрі – механіку, молекулярну фізику і термодинаміку; в другому семестрі – електрику, магнетизм, коливання і хвилі; в третьому семестрі – оптику, атомну фізику, ядерну фізику (див. таблицю 2). Такий курс фізики виглядає повноцінним і логічно завершеним.

Ситуація ускладнюється ще й тим, що все менше годин виділяється на практичні та лабораторні заняття. Для деяких спеціальностей практичні заняття взагалі непередбачені навчальним планом. Трапляються й інші випадки, коли години для практичних занять заплановані, а для лабораторних – відсутні. Крім того, як правило, усе лабораторне обладнання фізично і морально застаріле, а нове придбати вкрай важко.

Не виправляє ситуацію виділення досить великого (до половини) обсягу годин на самостійну роботу студентів, оскільки студенти першого курсу ще не мають достатньої підготовки і досвіду щоб самостійно засвоювати новий матеріал складного рівня.

Ще одна з суттєвих проблем, що ускладнює вивчення фізики, пов’язана з тим, що великий відсоток студентів вступає до ВНЗ тільки за дипломом і не має бажання вчитися, про що свідчать власні спостереження, статистика і преса.

Отже, усе вище сказане значною мірою ускладнює процес викладання фізики студентам технічних університетів.

Таблиця 2 – Структура трисеместрового курсу фізики

№ п/п	Розділ фізики	Кількість лекційних годин
Семестр 1		
1	Механіка	18
2	Молекулярна фізика і термодинаміка	14
Семестр 2		
3	Електрика	12
4	Магнетизм	10
5	Коливання та хвилі	10
Семестр 3		
6	Оптика	12
7	Атомна фізика	10
8	Ядерна фізика	10

Необхідно відзначити, що фізика є світоглядною наукою, яка формує у студентів науковий світогляд та науковий стиль мислення, без якого майбутньому інженеру буде дуже важко розбиратися і працювати з різноманітними новітніми технологіями та обладнанням. Саме тому фізика вимагає часу на осмислення її законів, принципів, певних узагальнень та різнорівневих повторів матеріалу. Вивчаючи фізику, студент починає розуміти логіку науки, закони і методологія якої є основою природничих дисциплін і техніки, а в сучасних умовах без наукових підходів не обходиться і гуманітарна сфера [13]. Однак, за наявної кількості годин, що виділяються на вивчення курсу загальної фізики навіть наполегливому студенту впорядкувати і систематизувати свої знання достатньо складно.

Висновки.

Таким чином, в роботі проведено аналіз сучасного стану викладання курсу загальної фізики студентам технічних університетів України. Встановлено, що негативно впливають на якість фізичної освіти студентів вказаних ВНЗ наступні чинники: втрата престижу інженерно-технічної освіти; низький рівень знань студентів з курсу фізики загальноосвітньої школи та відсутність досвіду самостійної роботи; систематичне скорочення кількості годин, особливо аудиторних, що виділяються на вивчення курсу загальної фізики у технічних університетах; застарілість обладнання лабораторних практикумів з фізики.

Отже, проблеми, що впливають на якість фізичної освіти студентів та й інженерно-технічної освіти вцілому мають комплексний характер і потребують уваги та вирішення, оскільки без кваліфікованих інженерів розвиток таких галузей промисловості країни, як металургія, машинобудування, електроенергетика, паливна та хімічна промисловості тощо уявити досить важко.

Наступний цикл робіт планується присвятити розгляду шляхів покращення фізичної освіти студентів технічних університетів в умовах, що склалися.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Булавін Л.А. Державні освітні стандарти – основа безперервної фізичної освіти / Л.А. Булавін, П.П. Чолпан, В.М. Ящук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер.: Педагогічна. – 2004. – № 10. – С. 63–66.

2. Фундаментальність освіти та її роль у підготовці інноваційно орієнтованих фахівців / М.Ф. Дмитриченко, Б.І. Хорошун, О.М. Язвінська, Н. М. Глушенок // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 21(1). – С. 3–7.

3. Фундаментальность образования – основа его качества / Г.В. Ерофеева, Н.Д. Толмачева, Ю.И. Тюрин, И.П. Чернов // Репутация и качество. – 2008. – № 11. – С. 68–70.

4. Пасічник Ю.А. Проблеми викладання фізики в університетах і Болонський процес [Електронний ресурс] / Ю.А. Пасічник, Г.О. Шишкін. – Режим доступу : http://vuzlib.com/content/view/348/84.

5. Скубій Т.В. Основні напрямки модернізації курсу загальної фізики у вищих навчальних закладах / Т.В. Скубій // Наукові записки Національного державного університету імені М. Гоголя: Психолого-педагогічні науки. – 2011. – № 10. – С. 83–85.

6. Пономаренко Е.В. Модернизация образования: компетентностный подход / Е.В. Пономаренко, В.П. Бондаренко // Высшая школа Казахстана. – 2012. – № 2(1). – С. 298–302.

7. Пономаренко Е.В. Анализ современного состояния методики преподавания физики в высшей школе: компетентностный подход / Е.В. Пономаренко // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 10. – С. 207–210.

8. Ерофеева Г.В. Преподавание физики в техническом вузе на современном этапе / Г.В. Ерофеева, Е.А. Склярова // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2012. – № 2. – С. 235–236.

9. Ерофеева Г.В. Физика – проблемы обучения / Г.В. Ерофеева, Е.А. Склярова, А.М. Лидер // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–4. – С. 982-984.

10. Пастушенко С.М. Тестовий вхідний контроль знань студентів з фізики / С.М. Пастушенко, Т.С. Лень, Р.М. Іщенко // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: [збірник наукових праць]. Випуск IX. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2011. – С. 363–368.

11. Сільвейстр А.М. Сучасний стан та завдання навчання фізики майбутніх учителів хімії і біології у педагогічних університетах / А.М. Сільвейстр // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер.: Педагогічна. – 2013. – Вип. 19. – С. 185–188.

12. Іщенко Р.М. Фізика. Програма нормативної навчальної дисципліни. Спеціальність 015 «Професійна освіта (транспорт)» / Р.М. Іщенко. – К.: НТУ, 2016. – 34 с.

13. Бардус І.О. Реалізація міжпредметних зв’язків за видами та функціями діяльності при професійно-орієнтованому навчанні фундаментальних дисциплін майбутніх інженерів-педагогів комп’ютерного профілю / І.О. Бардус // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини. Педагогічні науки. – 2014. – Частина 1. – С. 15–22.

REFERENCES

1. Bylavin L.A. Derjavni osvitni standartu – osnova bezperervnoi fizuchnoi osvitu / L.A. Bulavin, P.P. Cholpan, V.M. Yaschyk // Zbirnuk naykovuh prac Kamyanec-Podilskogo nacionalnogo yniversutety im. Ivana Ogiyenka. Ser.: Pedagogichna. – 2004. – № 10. – S. 63–66. (Ukr)

2. Fundamentalnist osvitu ta yiyi rol y pidgotovci inovaciyno orientovanuh fahivciv / M.F. Dmutruchenko, B.I. Horoshyn, O.M. Yazvinska, N.M. Glyshenok //Visnyk Nacionalnogo transportnogo yniversutety. – 2010. – № 21(1). – S. 3–7. (Ukr)

3. Fundamentalnost obrazovaniya – osnova yego kachestva / G.V. Erofeeva, N.D. Tolmachova, Yu.I. Tyurin, I.P. Chernov // Reputaciya i kachestvo. – 2008. – № 11. – S. 68–70. (Rus)

4. Pasichnyk Yu.A. Problemu vukladannya fizuku v yniversutetah I Bolonskuy proces [Elektronnuy resyrs] /Yu.A. Pasichnyk, G.O. Shushkin. – Rejum dostypy: http://vuzlib.com/content/view/348/84. (Ukr)

5. Skybiy T.V. Osnovni napryamku modernizaciyi kyrsy zagalnoyi fizuku y vushchuh navchalnuh zakladah / T.V. Skybiy // Naykovi zapusku Nacionalnogo derjavnogo yniversutety imeni M. Gogolya: Psuhologo-pedagogichni nayku. – 2011. – № 10. – S. 83–85. (Ukr)

6. Ponomarenko E.V. Modernizaciya obrazovaniya: kompetentnostnuy podhod / E.V. Ponomarenko, V.P. Bondarenko // Vusshaya shkola Kazahstana. – 2012. – № 2(1). – S. 298–302. (Rus)

7. Ponomarenko E.V. Analiz sovremennogo sostoyaniya metodiki prepodavaniya fiziki v vusshey shkole: kompetentnostnuy podhod / E.V. Ponomarenko // Mejdynarodnuy jurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2013. – № 10. – S. 207–210. (Rus)

8. Erofeeva G.V. Prepodavaniye fiziki v tehnicheskom vyze na sovremennom etape / G.V. Erofeeva, E.A. Sklyarova // Vestnik Tomskogo gosydarstvennogo pedagogicheskogo yniversuteta. – 2012. – № 2. – S. 235–236. (Rus)

9. Erofeeva G.V. Fizika – problemu obycheniya /G.V. Erofeeva, E.A. Sklyarova, A.M. Lider // Fundamentalnuye issledovaniya. – 2013. – № 6–4. – S. 982-984. (Rus)

10. Pastyshenko S.M. Testovuy vhidnuy control znan stydentiv z fizuku / S.M. Pastyshenko, T.S. Len, R.M. Ishchenko // Teoriya ta metoduka navchannya matematuku, fizuku, informatuku : [Zbirnuk naykovuh prac]. Vupysk IX. – Kruvuy Rig: Vudavnuchuy viddil NMetAУ, 2011. – S. 363–368. (Ukr)

11. Silveystr A.M. Sychasnuy stan ta zavdannya navchannya fizuku maybytnih ychuteliv himiyi i biologiyi y pedagogichnuh yniversutetah / A.M. Silveystr // Zbirnuk naykovuh prac Kamyanec-Podilskogo nacionalnogo yniversutety im. Ivana Ogiyenka. Ser.: Pedagogichna. – 2013. – Vup. 19. – S. 185–188. (Ukr)

12. Ishchenko R.M. Fizuka. Programa normatuvnoyi navchalnoyi duscuplinu. Specialnist 015 «Profesiyna osvita (transport)» / R.M. Ishchenko. – K.: NTУ, 2016. – 34 s. (Ukr)

13. Bardys I.O. Realizaciya mijpredmetnyh zvjazkiv za vudamu ta fynkciyamu diyalnosti pru profesiyno-orientovanomy navchanni fundamentalnuh duscuplin maybytnih injeneriv-pedagogiv

kompjutornogo profily / I.O. Bardys //Zbirnuk naykovuh prac Ymanskogo derjavnogo pedagogichnogo yniversutety im. Pavla Tuchunu. Pedagogichni nayku. – 2014. – Chastuna 1. – S. 15–22. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Іщенко Р.М. Викладання фізики в технічних університетах України на сучасному етапі / Р.М. Іщенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті проведено аналіз сучасного стану викладання курсу загальної фізики студентам технічних університетів України та визначено основні чинники, що негативно впливають на якість фізичної освіти у вказаних ВНЗ.

Об’єкт дослідження – процес викладання курсу фізики в технічних університетах України.

Мета роботи – аналіз сучасного стану викладання фізики в технічних університетах України та визначення основних чинників, що негативно впливають на якість фізичної освіти у вказаних ВНЗ.

Метод дослідження – для досягнення мети дослідження використовувалися дві групи методів: емпіричні (вивчення офіційних і нормативних документів, що регламентують організацію навчального процесу, спостереження, бесіда) і теоретичні (аналіз, синтез, узагальнення, формулювання висновків).

В роботі проведено аналіз сучасного стану викладання курсу загальної фізики студентам технічних університетів України. Встановлено, що негативно впливають на якість фізичної освіти наступні чинники: втрата престижу інженерно-технічної освіти; низький рівень знань студентів з курсу фізики загальноосвітньої школи та відсутність досвіду самостійної роботи; систематичне скорочення кількості годин, особливо аудиторних, що виділяються на вивчення загального курсу фізики у технічних університетах; застарілість обладнання лабораторних практикумів з фізики.

Результати статті можуть бути використані для виділення факторів, які негативно впливають на якість фізичної освіти студентів технічних університетів України.

Прогнозні припушення щодо розвитку об’єкта дослідження – розгляд шляхів покращення фізичної освіти студентів технічних університетів України в умовах, що склалися.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФІЗИЧНА ОСВІТА, КУРС ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ, ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ, ТЕХНІЧНІ УНІВЕРСИТЕТИ, СТУДЕНТИ.

ABSTRACT

Ishchenko R.M. Teaching physics at the technical universities of Ukraine at the present stage. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article analyzes the current state of teaching general physics to students of the technical universities of Ukraine and identifies the main factors which negatively influence the quality of physics education in these universities.

The object of study – the process of teaching physics at the technical universities of Ukraine.

Purpose of the study – analysis of the current state of physics teaching in the technical universities of Ukraine and identification of the main factors which negatively influence the quality of physics education in these universities.

Method of the study – two groups of methods were used to achieve the objective of the study: the empirical (the study of official and legal documents which regulate the organization of educational process, observation, conversation) and theoretical (analysis, synthesis, generalization, formulation of conclusions).

This article analyzes the current state of teaching general physics to students of the technical universities of Ukraine. It was found that the following factors adversely affected the quality of physics education: the loss of prestige of engineering education; low level of students knowledge of physics after secondary school and lack of experience of individual work; systematic reduction of the number of hours, especially class hours, devoted to the study of physics at the technical universities; obsolete equipment for laboratory works in physics.

The results of the article can be used to identify factors that negatively affect the quality of physics education of students of the technical universities of Ukraine.

Forecast assumptions about the object of study – consideration of ways for improving of physics education of students of the technical universities of Ukraine in the current conditions.

KEYWORDS: PHYSICS EDUCATION, GENERAL PHYSICS, PROBLEMS OF TEACHING PHYSICS, TECHNICAL UNIVERSITIES, STUDENTS.

РЕФЕРАТ

Ищенко Р.Н. Преподавание физики в технических университетах Украины на современном этапе / Р.Н. Ищенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье проведен анализ современного состояния преподавания курса общей физики студентам технических университетов Украины и определены основные факторы, негативно влияющие на качество физического образования в указанных ВУЗах.

Объект исследования – процесс преподавания курса физики в технических университетах Украины.

Цель работы – анализ современного состояния преподавания физики в технических университетах Украины и определение основных факторов, негативно влияющих на качество физического образования в указанных ВУЗах.

Метод исследования – для достижения цели исследования использовались две группы методов: эмпирические (изучение официальных и нормативных документов, регламентирующих организацию учебного процесса, наблюдение, беседа) и теоретические (анализ, синтез, обобщение, формулирование выводов).

В работе проведен анализ современного состояния преподавания курса общей физики студентам технических университетов Украины. Установлено, что негативно влияют на качество физического образования следующие факторы: потеря престижа инженерно-технического образования; низкий уровень знаний студентов по курсу физики общеобразовательной школы и отсутствие опыта самостоятельной работы; систематическое сокращение количества часов, особенно аудиторных, выделяемых на изучение общего курса физики в технических университетах; устарелость оборудования лабораторных практикумов по физике.

Результаты статьи могут быть использованы для выделения факторов, которые негативно влияют на качество физического образования студентов технических университетов Украины.

Прогнозные допущения по развитию объекта исследования – рассмотрение методов улучшения физического образования студентов технических университетов Украины в сложившихся условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ, ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ УНИВЕРСИТЕТЫ, СТУДЕНТЫ.

АВТОРИ:

Іщенко Руслан Миколайович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри фізики, e-mail: rm_ischenko@ukr.net, тел. +380442846709, +380663599038, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42, к. 410.

AUTHORS:

Ishchenko Ruslan M., Ph. D., associate professor, National Transport University, associate professor of department of physics, e-mail: rm_ischenko@ukr.net, tel. +380442846709, +380663599038, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of. 410.

АВТОРЫ:

Ищенко Руслан Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры физики, e-mail: rm_ischenko@ukr.net, тел. +380442846709, +380663599038, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе, 42, к. 410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, декан факультету транспортних та інформаційних технологій, Київ, Україна.

Боровий М.О., доктор фізико-математичних наук, доцент, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри загальної фізики, Київ, Україна.

REVIEWER:

Danchuk V.D., doctor of sciences, professor, National Transport University, dean of the Faculty of Transport and Information Technologies, Kyiv, Ukraine.

Borovoy M.O., doctor of sciences, associate professor, Kyiv Taras Shevchenko National University, head of department of general physics, Kyiv, Ukraine.

УДК 621.436.12
UDC 621.436.12

ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЯ В ГАЗОДИЗЕЛЬ, ЯК МОЖЛИВІСТЬ РОЗШИРЕННЯ ПАЛИВНОЇ БАЗИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Ковбасенко С.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Петренко В.Г., кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
Гутаревич С.Ю., кандидат технічних наук, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна
Голик А.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

REFITTING DIESEL FUEL SYSTEM TO DUAL FUEL DIESEL FOR POSSIBLE EXPANSION OF FUEL BASE ROAD TRANSPORT

Kovbasenko S.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Petrenko V.G., Ph.D., National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
Hutarevych S.Y., Ph.D., SD «StatevehicleSRIproject», Kyiv, Ukraine
Holyk A.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ В ГАЗОДИЗЕЛЬ, КАК ВОЗМОЖНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ БАЗЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Ковбасенко С.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Петренко В.Г., кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина
Гутаревич С.Ю., кандидат технических наук, ГП «ГосавтотрансНИИпроэкт», Киев, Украина
Голык А.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

З кожним роком у світі і в Україні зростає кількість автотранспортних засобів, значна частина яких обладнана двигунами, що працюють за дизельним циклом. Крім того, у зв’язку зі збільшенням ціни на дизельне паливо (ДП) приділяється все більше уваги питанням зменшення витрат на експлуатацію автотранспортних засобів. Тому впродовж останніх десятиліть не зменшується інтерес до пошуку палив для часткової або повної заміни традиційних моторних палив та для зменшення шкідливих викидів (ШВ) у відпрацьованих газах (ВГ) [1,2]. Ведуться пошуки різних альтернативних видів палива, які могли б використовувати в двигунах внутрішнього згоряння, таких як газохол (90% бензину + 10% етилового спирту), водень, спиртові палива (метанол та етанол), газові палива (етан, пропан, бутан та метан), а також біопалива (біогаз та біодизель, для виробництва якого використовують олії соняшнику, сої, рижію, льону та ріпаку).

Одним зі способів зниження витрат на експлуатацію дорожніх транспортних засобів (ДТЗ), що працюють за дизельним циклом, є використання стисненого природного газу (СПГ) в якості моторного палива. Використання СПГ дизелями за газодизельним циклом має низку переваг: дозволяє розширити паливну базу автомобільного транспорту (двопаливність системи), є більш екологічним паливом, оскільки містить переважно метан (96-98%), а також є більш безпечним в порівняні з рідким нафтовим паливом [3]. На рис.1 показано шляхи використання природного газу в якості моторного палива.

Переобладнання дизельного транспортного засобу для роботи за газодизельним циклом полягає у встановленні газобалонного обладнання, яке включає: газові балони, газові форсунки, газовий редуктор, датчики (положення важеля подачі палива, температури відпрацьованих газів тощо), блок управління та додаткові електричні кабелі (за умови використання мікропроцесорної техніки), а також трубопроводи.

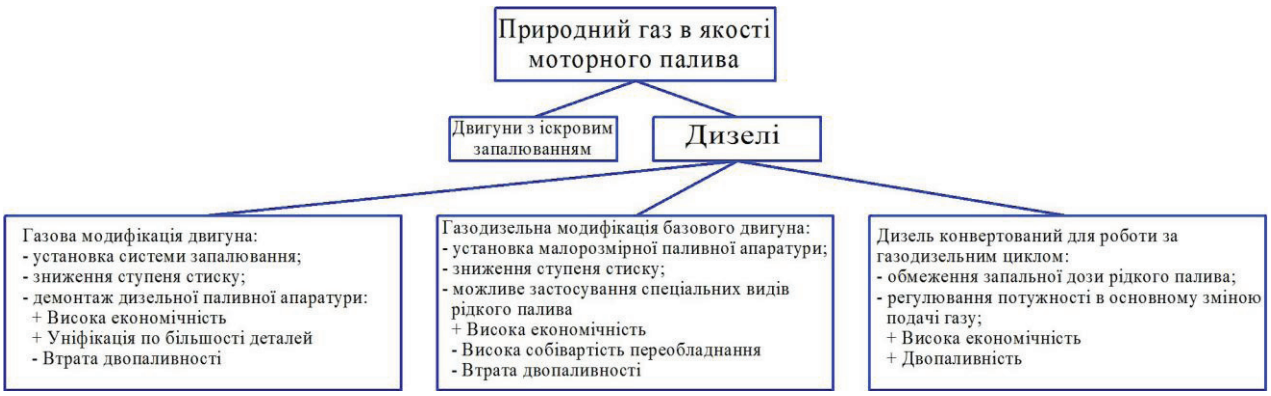


Рисунок 1 – Шляхи використання природного газу в якості моторного палива

Важливою і актуальною науково-технічною задачею є дослідження можливості часткової заміни дизельного палива стисненим природним газом шляхом переобладнання дизеля в газодизель в умовах експлуатації та визначення паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників ДТЗ.

Для вирішення цієї задачі в Україні і світі тривають дослідження щодо можливості використання СПГ для часткової заміни ДП та поліпшення паливно-економічних та екологічних показників ДТЗ. Дослідження використання стисненого природного газу в Національному транспортному університеті проводяться впродовж багатьох років [4]. Вони засвідчили, що використання СПГ дозволяє зменшити споживання ДП на 70%. Для прикладу на рис. 2 наведено навантажувальні характеристики роботи дизельного двигуна Д245.7 при частоті обертання $n_д$=2200 хв$^{-1}$ за дизельним і газодизельним циклами.

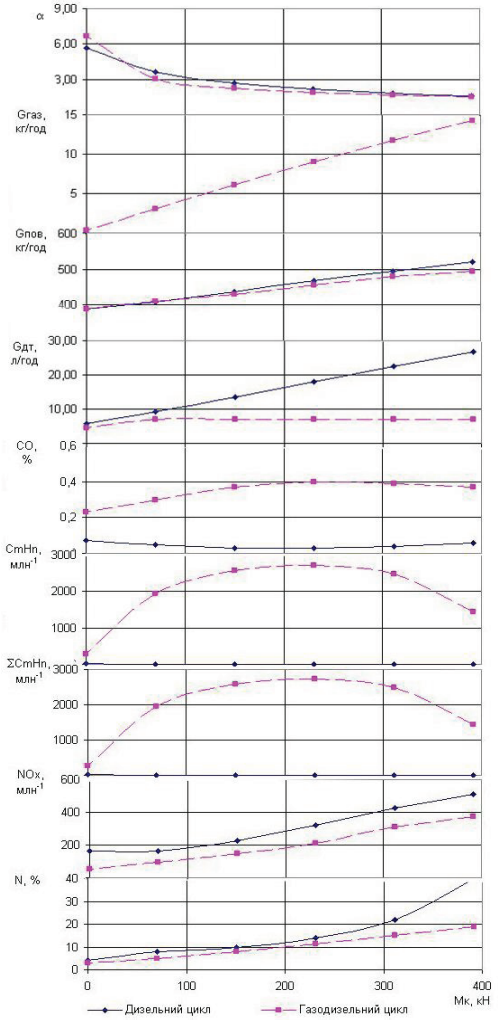


Рисунок 2 – Порівняльні навантажувальні характеристики дизеля при роботі за дизельним та газодизельним циклами ($n_д$=2200 хв$^{-1}$)

Як видно з характеристики, годинна витрата ДП ($G_{ДП}$) при максимальному крутному моменті та частоті обертання $n_д$=2200 хв$^{-1}$ менша на 57% при роботі за газодизельним циклом, ніж при роботі за дизельним циклом. Годинна витрата повітря за дизельним та газодизельним циклом майже не відрізняється. Спостерігається збільшення викидів вуглеводнів за обома методами вимірювання (полум'яно-іонізаційного допалювання та інфрачервоної спектроскопії), але переважно вуглеводні складають метан, який є екологічно безпечним газом. Концентрація оксидів азоту NO_x зростає зі збільшенням крутного моменту, як за дизельним так і за газодизельним циклом. Однак, концентрація NO_x за газодизельним циклом менша на 25%, ніж за дизельним циклом. Також спостерігається зменшення димності відпрацьованих газів на 21% при роботі за газодизельним циклом, що свідчить про більш краще згоряння робочої суміші. Щодо концентрації CO, то при роботі за дизельним циклом їх кількість становить 0,07%, а при роботі за газодизельним циклом 0,26%.

Використання лише механічних способів регулювання подачі палива не дозволяє знизити частку запальної дози ДП менше 30%.

В останніх дослідженнях наведених в роботі [5], встановлено, що при переведенні дизелів транспортних засобів на роботу за газодизельним циклом частка запальної дози ДП в сучасних системах Common Rail може складати 15%. В дослідженні розглядається не тільки використання СПГ в якості моторного палива в дизельному двигуні, що працює за газодизельним циклом, а також і використання інших газів, таких як етан та пропан. На рис.3 показано вплив кута випередження впорскування палива (θ) та частки запальної дози ДП (Uдп) на концентрацію ШВ у відпрацьованих газах [5].

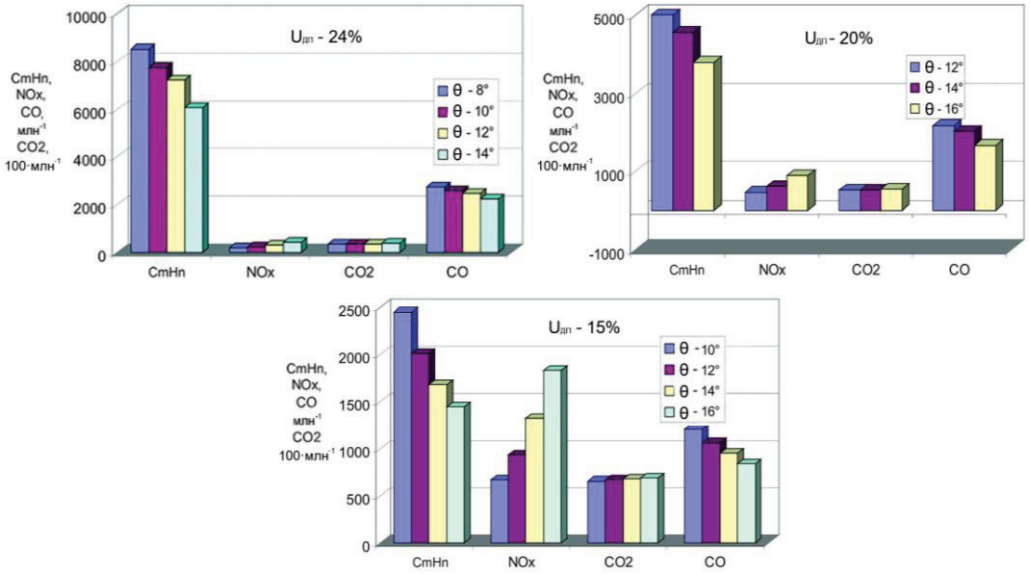


Рисунок 3 – Вплив кута випередження впорскування запальної дози ДП на концентрацію ШВ у ВГ при частоті обертання 3000 хв$^{-1}$

Як видно з рис.3 зміна кута випередження впорскування палива суттєво впливає на концентрацію ШВ. Збільшення кута випередження впорскування палива призводить до значного зниження концентрації вуглеводнів та CO, але в той же час збільшується концентрація оксидів азоту NO_x у ВГ. На рис.4 [5] показано вплив зміни частки запальної дози ДП та кута випередження впорскування палива на крутний момент та ККД двигуна.

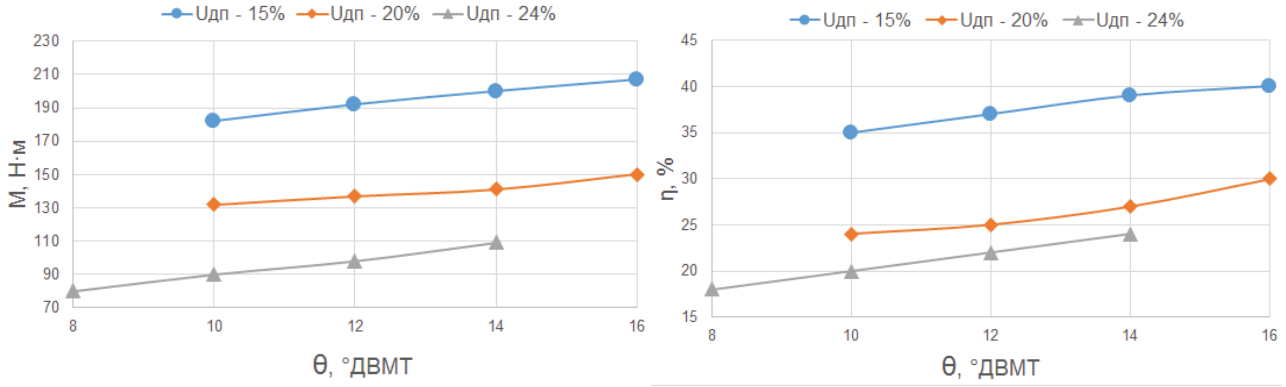


Рисунок 4 – Вплив кута випередження впорскування ДП на крутний момент та ККД

З представлених характеристик видно, що зменшення частки ДП і збільшення кута випередження впорскування палива призводить до збільшення крутного моменту двигуна та його ККД. Отже, для отримання вищого крутного моменту та збільшення ККД двигуна доцільно зменшувати частку ДП та збільшувати частку СПГ.

Зменшити частку ДП можна за допомогою використання модуляторів імпульсу тиску (МІТ), які дають змогу зменшити запальну дозу ДП до 5% в суднових газодизель-генераторах [6]. Також для забезпечення належної роботи двигуна за газодизельним циклом в залежності від режимів його роботи необхідно використання мікропроцесорної техніки та розробка програмного забезпечення для систем автоматичного регулювання частоти обертання колінчастого вала дизеля [7,8]. Важливим питанням є налаштування пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора (ПІД регулятора) при використанні мікропроцесорних систем керування, оскільки від його налаштування змінюється кут нахилу та зміщення, наприклад, кривої спрацювання газових електромагнітних форсунок.

Тому для подальших досліджень слід розробити газодизельну систему з використанням мікропроцесорної техніки, яка дозволить налаштувати систему на роботу за певним алгоритмом в залежності від умов експлуатації ДТЗ. Запропонована система має покращити процес згоряння робочої суміші на часткових навантаженнях, а саме за рахунок зміни фази впорскування циклової порції газового палива залежно від навантаження, а також забезпечити живлення газових форсунок змінним тиском залежно від режиму роботи двигуна. Також система перевіряє роботоздатність всіх датчиків (датчик тиску, температури, положення важеля подачі палива тощо) та форсунок, узгоджує роботу системи в залежності від режиму роботи двигуна та налаштувань ПІД регулятора. Наприклад, розрахунок частоти обертання колінчастого вала та узгодження частоти з датчиком фази розподільчого вала та датчиком положення важеля подачі палива здійснюється за наступною схемою.

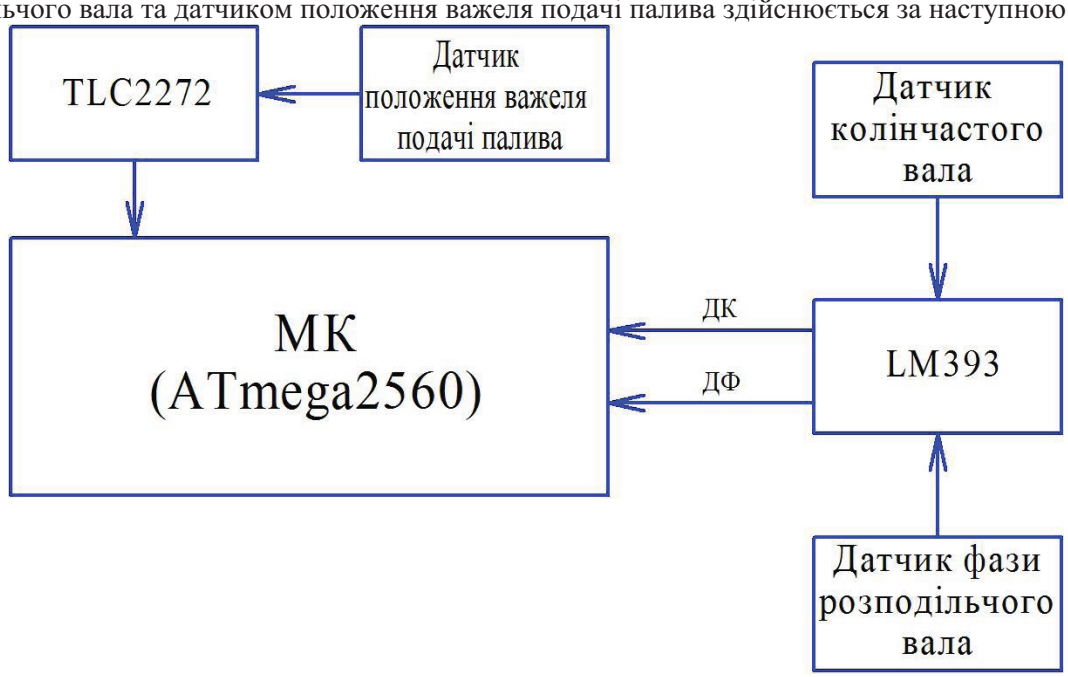


Рисунок 5 – Структурна схема регулятора частоти обертання

Схема працює наступним чином: робота газодизельної системи живлення та регулювання подачі палива відбувається в залежності від отриманих і узгоджених даних від датчиків колінчастого вала, розподільчого вала та положення важеля подачі палива. Отримані дані узгоджуються мікроконтролером ATmega2560, який керує всією мікропроцесорною системою живлення. В залежності від отриманих даних мікроконтролер обчислює реальну частоту обертання вала двигуна, згідно з якою регулюється фаза впорскування циклової подачі газового палива та подача запальної дози ДП. Така система живлення не потребує значної зміни в дизельній системі живлення, що суттєво впливає на час встановлення та вартість системи і відповідно на термін її окупності.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що використання стисненого природного газу ДТЗ є одним зі способів часткової заміни ДП та покращення паливно-економічних та екологічних показників. Переведення дизеля в газодизель та використання мікропроцесорної техніки дозволяє більш точно налаштувати систему в залежності від режиму роботи дизеля ДТЗ в умовах експлуатації та знизити частку ДП менше 30%. Тому для зменшення запальної дози ДП та поліпшення екологічних показників ДТЗ необхідна розробка нової мікропроцесорної системи живлення для проведення подальших досліджень дизелів, переобладнаних в газодизелі в умовах експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Scott P. Jensen. A Retrofit System To Convert A Locomotive To Natural Gas Operation [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.energyconversions.com/ASMEpaperconversion.pdf.

2. Microprocessor Duel-Fuel Diesel Engine Control System / L.E. Gettel, G.C. Perry, J. Boisvert, P.J. O'Sullivan – SAE Techn. Paper Ser, 1986. –№861577. –p. 1-10.

3. Ковбасенко С. Перспективи використання природного газу двигунами транспортних засобів в Україні/ С.Ковбасенко, М.Назаренко, В.Петренко, А.Голик// Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia / pod redakciją naukową Kazimierza Lejdy Monografhia nr 7 ; Seria: Transport ; Politechnika Rzesyowska im. Ignacego Łukasiewicza. –Rzeszow : 2016. –С. 159–164.

4. Назаренко М.Б. Покращення екологічних показників КТЗ переобладнанням дизелів в газодизелі в умовах експлуатації: дис.канд. техн. наук – К: НТУ, 2009.

5. Mikulski Maciej, Wierzbicki Sławomir, Ambrosewicz-Walacik Marta, Duda Kamil and Piętak Andrzej. Combustion of Gaseous Alternative Fuels in Compression Ignition Engines [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://dx.doi.org/10.5772/61663.

6. Доценко С.М. Підвищення паливної економічності суднових газодизель-генераторів шляхом інтенсифікації впорскування запального палива: дис.канд. техн. наук – Миколаїв: НУК, 2006.

7. До Ань Туан. Методи підвищення технічних характеристик паралельно працюючих газодизель-генераторних агрегатів: дис.канд. техн. наук – Херсон: ХНТУ, 2008.

8. Лісовал А.А. Теоретичні основи управління подачею палива і повітря в дизелях з газотурбінним наддувом: дис.докт. техн. наук – К: НТУ, 2011.

REFERENCES

1. Scott P. Jensen. A Retrofit System To Convert A Locomotive To Natural Gas Operation [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.energyconversions.com/ASMEpaperconversion.pdf.

2. Microprocessor Duel-Fuel Diesel Engine Control System / L.E. Gettel, G.C. Perry, J. Boisvert, P.J. O'Sullivan – SAE Techn. Paper Ser, 1986. –№861577. –p. 1-10.

3. Kovbasenko S. Prospects Of Natural Gas Using On Engines Of Vehicles In Ukraine/ S.Kovbasenko, M.Nazarenko, V.Petrenko, A.Holyk// Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia / pod redakciją naukową Kazimierza Lejdy Monografhia nr 7 ; Seria: Transport ; Politechnika Rzesyowska im. Ignacego Łukasiewicza. –Rzeszow : 2016. –p. 159–164. (Ukr)

4. Nazarenko M.B. Improving the environmental performance of diesel vehicles into gas refurbishment in operation: dis.PhD – K: NTU, 2009. (Ukr)

5. Mikulski Maciej, Wierzbicki Sławomir, Ambrosewicz-Walacik Marta, Duda Kamil and Piętak Andrzej. Combustion of Gaseous Alternative Fuels in Compression Ignition Engines [Electronic resource] – Access mode: http://dx.doi.org/10.5772/61663.

6. Dotsenko S.M. Increasing fuel efficiency of marine gas diesels generators by intensifying the inflammatory fuel injection: dis.PhD – Mykolaiv: NUS, 2006. (Ukr)

7. Do An Tuan. Methods to improve the technical characteristics of parallel working gas diesels generator units: dis.PhD – Kherson: KNTU, 2008. (Ukr)

8. Lisoval A.A. Theoretical foundations of fuel and air feeding in a supercharged diesel gas turbine: dis.PhD – K: NTU, 2011.(Ukr)

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Переобладнання дизеля в газодизель, як можливість розширення паливної бази автомобільного транспорту / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, С.Ю. Гутаревич, А.В. Голик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті розглянуто доцільність переобладнання дизеля в газодизель з використанням мікропроцесорної техніки, а також можливість використання СПГ для часткової заміни традиційного нафтового палива дизелями ДТЗ.

Об’єкт дослідження – паливно-економічні, екологічні та енергетичні показники дизеля, що працює за газодизельним циклом.

Мета роботи – визначення доцільності переобладнання дизеля в газодизель.

Метод дослідження – аналіз існуючих досліджень та розробка власної системи управління для роботи дизеля за газодизелним циклом.

Використання СПГ, як моторного палива, яке може частково замінити традиційне нафтове паливо, є перспективним і має низку переваг. Встановлено, що при використанні мікропроцесорної техніки частку запальної дози ДП можна знизити менше 30%.

Результати статті можуть бути застосовані для подальшої розробки газодизельної системи живлення з використанням СПГ.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – розробка газодизельної системи живлення для заміни дизельного палива СПГ та поліпшення паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників дизелів ДТЗ в умовах експлуатації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТИСНЕНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ПІД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВИКИДИ, ЗАПАЛЮВАННЯ ВІД СТИСКУ.

ABSTRACT

Kovbasenko S.V., Petrenko V.H., Hutarevych S.Y., Holyk A.V. Refitting diesel fuel system to dual fuel diesel for possible expansion of fuel base road transport . Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the article is considered the expediency of refitting diesel fuel system to dual fuel using microprocessor technology and the use of CNG for partial replacement of the traditional petroleum fuel by vehicles.

Object of the study – the fuel-economic, environmental and energy performance diesel engine that runs on dual fuel system using CNG.

Purpose of the study – determine the expediency of refitting diesel to dual fuel diesel.

Method of the study – analysis of existing research and development of its own management system for diesel that runs on dual fuel system using CNG.

Use of CNG as motor fuel, which may partly replace traditional petroleum fuel is promising and has a number of advantages. Established that the use of microprocessor technology can reduce injection dose the diesel fuel share less than 30%.

The results of the article can be used to further develop dual fuel system using CNG.

Forecast assumptions about the object of the study – develop dual fuel system to replace diesel fuel CNG and improve the economic, environmental and energy performance diesel vehicles in operation.

KEYWORDS: COMPRESSED NATURAL GAS, PID CONTROLLER, DIESEL, DUAL FUEL, EMISSIONS, COMPRESSION IGNITION.

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Переоборудование дизеля в газодизель как возможность рассширения топливной базы автомобильного транспорт / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, С.Ю. Гутаревич, А.В. Голык // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье расмотрена целесообразность переоборудования дизеля в газодизель с использованием микропроцессорной техники, а также возможность использования СПГ для частичной замены традиционного нефтяного топлива дизелями ДТС.

Объект исследования – топливо-экономические, экологические и энергетические показатели дизеля, который работает за газодизельному циклу.

Цель работы – определение целесообразности переоборудования дизеля в газодизель.

Метод исследования – анализ существующих исследований и разработка собственной системы управления для работы дизеля за газодизелным циклом.

Использование СПГ, как моторного топлива, которое может частично заменить традиционное нефтяное топливо, есть перспективным и имеет ряд преимуществ. Установлено, что при использовании микропроцессорной техники долю запальной дозы ДТ можна уменьшить меньше 30%.

Результаты статьи могут быть использованы для дальнейшей разработки газодизельной системы питания с использованием СПГ.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – разработка газодизельной системы питания для замены дизельного топлива СПГ и улучшения топливо-экономических, экологических и энергетических показателей дизелей ДТС в условиях эксплуатации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЖАТЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, ПИД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВЫБРОСЫ, ЗАЖИГАНИЕ ОТ СЖАТИЯ.

АВТОРИ:

Ковбасенко Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Україна, 02232, м.Київ, бульв. Леоніда Бикова 12, кв. 25.

Петренко Валерій Георгійович, кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», с.н.с. кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Україна, Київська обл., 07400, м. Бровари, вул. Возз'єднання, 15, кв.40.

Гутаревич Сергій Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», с.н.с., e-mail: sgutarevich@insat.org.ua, тел. +380973699912, Україна, м.Київ, 02068, пр-т Григоренка, 13-Б, кв.56.

Голик Андрій Віталійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри дорожніх машин, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Україна, 03148, м.Київ, вул. Володимира Покотила 5, кв.56.

AUTHOR:

Kovbasenko Sergii V., PhD, National Transport University, associate professor department of road machines, e-mail: s-kov@ukr.net, tel. +380503539600, Ukraine, 02232, Kyiv, Leonida Bykova Blvd., 12, ap. 25.

Petrenko Valerii H., PhD, associate professor, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», department of theoretical and industrial heat engineering, e-mail: petrko@ukr.net, tel. +380957282124, Ukraine, 07400, Kyiv region, Voziednania street, 15, ap.40.

Hutarevich Serhii Y., PhD, associate professor, SD «StatevehicleSRIproject» , senior serearch fellow, e-mail: sgutarevich@insat.org.ua, tel. +380973699912, Ukraine, Kyiv, 02068, av. Hrihorenka, 13-B, ap.56.

Holyk Andrii V., National Transport University, graduate student department of road machines, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Ukraine, 03148, Kyiv, Volodymyra Pokotyla street, 5 ,ap.56.

АВТОРЫ:

Ковбасенко Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожних машын, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Украина, г..Київ, бульв. Леонида Быкова 12, кв. 25.

Петренко Валерий Георгиевич, кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», с.н.с. кафедри теоретической и промішленої теплотехники, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Украина, Киевская обл., г. Бровары, ул. Воссоединения, 15, кв.40.

Гутаревич Сергей Юриевич, кандидат технических наук, доцент, ГП «ГосавтотрансНИИпроэкт», с.н.с., e-mail: sgutarevich@insat.org.ua, тел. +380973699912, Украина, г.Киев, 02068, пр-т Григоренка, 13-Б, кв.56.

Голык Андрей Виталиевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры дорожних машын, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Украина, г.Киев, ул. Владимира Покотыла 5, кв.56.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Левківський О.П,, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Пуховий І.І,, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», професор кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Levkivskyi O.P., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of production, repair and materials, Kyiv, Ukraine.

Puhovyi I.I., Engineering (Dr.), professor, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», professor, department of theoretical and industrial heat engineering, Kyiv, Ukraine.

УДК 625.032
UDC 625.032

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ФРИКЦІЙНИХ ПАР ВІДПОВІДАЛЬНИХ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМАХ

Косарчук В.В., доктор технічних наук, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна
Кульбовський І.І., кандидат технічних наук, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна
Агарков О.В., кандидат технічних наук, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

ANALYSIS OF WORK HEAVY DUTY FRICTION PAIRS RESPONSIBLE UNITS OF RAILWAY TRANSPORT IN OPERATING CONDITIONS

Kosarchuk V.V., Ph.D., Engineering (Dr.), State University of Technology and Infrastructure, Kyiv, Ukraine
Kulbovskiy I.I., Ph.D., State University of Technology and Infrastructure, Kyiv, Ukraine
Agarkov O.V., Ph.D., State University of Technology and Infrastructure, Kyiv, Ukraine

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ФРИКЦИОННЫХ ПАР ОТВЕТСТВЕННЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМАХ

Косарчук В.В., доктор технических наук, Государственный университет инфраструктуры и технологий
Кульбовский И.И., кандидат технических наук, Государственный университет инфраструктуры и технологий
Агарков А.В., кандидат технических наук, Государственный университет инфраструктуры и технологий

Колія й рухомий склад являють собою єдину механічну систему, складові частини якої працюють взаємозалежно і взаємопов’язано. Сучасний етап розвитку залізничного транспорту характеризується жорсткістю експлуатаційних параметрів (збільшенням потужностей тягового рухомого складу, збільшенням швидкостей руху, підвищенням вантажопідйомності й т.п.), що неминуче призводить до збільшення динамічних і теплових впливів на деталі машин і елементи конструкцій рухомого складу й рейкових колій. Екстремальні умови експлуатації викликають підвищене зношування робочих поверхонь пар тертя, що часто є причиною виходу їх із ладу.

Зношування характеризується видаленням матеріалу з контактуючих поверхонь у результаті зв'язаних механічних і хімічних процесів. Розрізняють наступні основні види зношування: адгезійне, абразивне, втомне і корозійне [1].

Адгезійне зношування відбувається внаслідок місцевого молекулярного схоплювання поверхонь, що не захищені оксидними й масляними плівками. Ступінь адгезійного зношування залежить від температури, виду напруженого стану в зоні контакту, матеріалу контактуючих поверхонь, швидкості їх відносного переміщення. Адгезійне зношування спостерігається в високонавантажених кулачкових механізмах, шарнірних з'єднаннях, підшипниках, золотникових пристроях і ін. Вважається, що це явище має місце й при контактній взаємодії вагонних коліс із рейками, особливо в кривих ділянках колії.

Під абразивним зношуванням зазвичай розуміють руйнування поверхні матеріалу абразивними частками мінерального або органічного походження. Залежно від умов взаємодії деталей з абразивними частками руйнування поверхні може відбуватися шляхом мікрорізання, поверхневого пластичного деформування мікрооб'ємів матеріалу або шляхом утворення

поверхневих мікротріщин з наступним викришуванням. Механізм абразивного зношування залежить від співвідношення твердості поверхні деталі й твердості абразивної частки, швидкостей відносного переміщення деталей, температури в зоні контакту, наявності змащення, форми абразивних часток і ін.

Специфікою експлуатації рейкового транспорту є наявність пилу, піску, промислових відходів, великих мінеральних часток у зонах контакту коліс із рейками, що й приводить до їхнього абразивного зношування.

Явище контактної втоми матеріалу поверхневих шарів деталі виникає в результаті багаторазового пружного або пружно-пластичного деформування матеріалу в зонах контакту й проявляється у виникненні мікро-, а потім макротріщин поблизу поверхні деталі з наступним відділенням часток матеріалу. На інтенсивність процесу накопичення втомних пошкоджень впливають частота навантаження, рівень і характер розподілу контактних напружень, рівень і характер розподілу залишкових (технологічних) напружень, температура, стан поверхневого шару деталі й ін. Наявність звичайного змащення на поверхнях контактуючих деталей, що вже мають втомні пошкодження (тріщини), може привести до інтенсифікації процесу втомного руйнування внаслідок так званого «розклинюючого» ефекту (ефекту Ребіндера).

Зазначений вид зношування характерний для деталей зубчастих передач, кулачкових механізмів, коліс рухомого складу й рейок.

Корозія при терті (фретинг-корозія) – це процес руйнування фрикційних поверхонь, що протікає при коливальному русі контактуючих поверхонь із малою амплітудою. Механізм фретинг-корозії – це процес періодичного руйнування й відновлення окісних плівок на границях зони контакту деталей (відзначимо, що на границях контактної зони напруження можуть бути розтягувальними). Ступінь зношування залежить від різниці електрохімічних потенціалів матеріалів деталей, частоти й амплітуди коливального процесу, величини контактних тисків. Звичайне змащення не усуває даний вид зношування. Такий вид зношування звичайно не спостерігається при взаємодії вагонних коліс із рейками, однак має місце у вузлах і механізмах стрілочних переводів.

Перераховані види зношування в «чистому» виді можна реалізувати лише в лабораторних умовах. У реальних умовах експлуатації фрикційних пар зношування контактуючих поверхонь відбувається, як правило, у результаті дії декількох механізмів. При цьому часто спостерігається синергетичний ефект, який полягає в тому, що одночасний вплив декількох факторів може збільшувати швидкість зношування на 1 … 2 порядки. Незважаючи на певні досягнення в області вивчення механізмів зношування, наразі поки не вдалося побудувати несуперечливої моделі зношування, що враховує все різноманіття явищ у поверхневих шарах матеріалу, що відбуваються при терті [2].

Проте, деякі теорії дають рекомендації про те, як зменшити ступінь зношування поверхні. Наприклад, на підставі теорії зношування шляхом відшарування [3] можна зробити висновок про те, що просте збільшення твердості контактуючих поверхонь, яке як правило супроводжується зниженням деформаційних характеристик матеріалу, приведе до збільшення ступеня зношування. Для зменшення швидкості зношування автори теорії рекомендують застосовувати в парах тертя матеріали, що володіють одночасно й високою твердістю й високою пластичністю. На жаль, таких конструкційних металевих матеріалів, що виготовляються традиційними методами, не існує, оскільки підвищення міцнісних характеристик, як правило, супроводжується зниженням деформаційних характеристик.

Певним виходом у ситуації, що склалася, є застосування або композиційних матеріалів, або традиційних металевих матеріалів із захисними зносостійкими покриттями[4,5].

Перейдемо тепер до розгляду основних експлуатаційних факторів, що впливають на інтенсивність зносу рейок і коліс рухомого складу.

Статичні й динамічні сили, що виникають при взаємодії рейкової колії й рухомого складу, прийнято [6] класифікувати в такий спосіб:

- вертикальні сили тиску рухомого складу на рейки, що складаються із: статичного тиску; додаткового тиску від коливань на ресорах; додаткового тиску, що виникає при перекочуванні коліс по ізольованим або безперервним нерівностям на рейковій колії; додаткового тиску, що виникає при русі коліс, що мають ізольовані або безперервні нерівності;

- горизонтальні поперечні сили, що складаються із: сил, які пов'язані з коливаннями при русі рухомого складу в горизонтальній площині; сил, що виникають при русі складу по кривих ділянках колії, стрілочним переводам, горизонтальним нерівностям колії;
- горизонтальні поздовжні сили, що виникають внаслідок трьох основних причин: зміни температури, динамічного впливу рухомого складу на рейки на ділянках гальмування й ударних впливів на рейки при проході екіпажем стиків рейок.

Ці сили, більша частина яких є динамічними, призводять до виникнення складних просторових, загалом кажучи, випадкових коливань як рухомого складу, так і рейкового полотна. Оцінки величин зазначених сил і амплітудно-частотних характеристик коливальних процесів можна знайти в літературі [6 – 8 і ін.]. Точне їхнє визначення можливе лише експериментальним шляхом. Однак навіть експериментальні дослідження будуть давати лише оцінки величин зазначених параметрів, оскільки більшість із них носить випадковий характер.

Природно, що в такій ситуації теоретично оцінити вплив якого-небудь одного фактора або навіть групи факторів на ступінь зношування поверхонь фрикційних пар (наприклад, коліс і рейок) досить проблематично, хоча такі спроби й відомі [9].

У цьому зв'язку для оцінки впливу експлуатаційних параметрів на ступінь зношування вводять деякі узагальнені показники, а саме: пропущений тоннаж, радіус кривих рейкової колії, нормативну твердість рейок, нормативні осьові навантаження рухомого складу, ухил поздовжнього профілю колії й т.п., а ступінь зношування визначають дослідним шляхом з наступною статистичною обробкою результатів.

Численні дослідження показують, що в якості одного з основних факторів, що впливають на інтенсивність зносу рейок, можна прийняти радіус кривих. Ступінь зношування при цьому тим більше, чим менше радіус кривої. У кривих малих радіусів (менш 400 м) на бічних гранях рейок спостерігаються сліди зношування у вигляді борозенок і безсистемно розташованих каверн різного розміру й глибини, що свідчить про те, що переважними механізмами зношування в цьому випадку є абразивний, адгезійний та контактно-втомний. За даними проф. Матвецова В.І. ступінь зносу рейок на ділянках колії, де переважають криві радіусом 350 … 400 м, інтенсивність бічного зношування в 5 раз вище, чим на ділянках, де переважають криві радіусом 500 … 600 м. Ефективним засобом боротьби із цим явищем, на його думку, є лубрикація (змащення) рейок. Причому для досягнення позитивного ефекту кількість проходів рейкозмащувачів по ділянкам з інтенсивним зношуванням повинне бути не менш двох у добу з подачею змащення типу РП у кількості 500 … 700 г/км.

Є й досить обґрунтовані заперечення із приводу застосування змащення для зменшення зношування рейкових колій у кривих. Так, у роботі [10] відзначається, що змащення впливає на довговічність пар тертя типу колесо-рейка. З одного боку, воно дійсно зменшує швидкість зношування фрикційних поверхонь. З іншого боку – уведення змащення змінює характер руйнування, оскільки змащення виявляє знеміцнюючу дію на поверхневі шари матеріалу. При цьому можливо зниження границі витривалості й, як наслідок, накопичення втомних пошкоджень із наступним утворенням втомних мікротріщин. При взаємодії коліс із рейками на площадках контакту виникають напруження, що значно перевищують границю текучості матеріалу, при цьому змащення, що потрапляє в мікротріщини виявляє додатковий розклинюючий вплив (т. наз. ефект Ребіндера), що сприяє інтенсифікації втомного викришування. У міру накопичення втомних пошкоджень згодом може відбутися інтенсивне руйнування поверхні з утворенням відколів, пітінгів і тому подібних дефектів. Таким чином, уведення змащення вирішує якоюсь мірою проблему підвищення зносостійкості, однак одночасно збільшує проблему контактної втоми. Ці ефекти часто спостерігаються й при контакті зубів шестерень у закритих зубчастих передачах.

Ширина колії в кривих у межах від 1520 до 1540 мм не виявляє істотного впливу на ступінь бічного зносу рейок. Бічний знос рейок на внутрішніх нитках колії не спостерігається. Більше того, на більшості робочих граней рейок внутрішніх ниток кривих радіусом 600 м і менше відсутні навіть сліди торкання гребенів коліс. На підставі цих спостережень, які протягом декількох років проводилися на Західно-Сибірській залізниці, проф. Карпушенко Н.І. робить висновок про необґрунтованість твердження про недостатність ширини колії в кривих ділянках колії.

Іншим істотним фактором, що впливає на величину зносу рейок, є комплекс їх фізико-механічних властивостей. Зокрема, проведені на Південно-Уральській дорозі дослідження

величини зносу рейок залежно від їхньої твердості показали, що після пропуску 350 млн. т. бр. вантажу ступінь зносу рейок підвищеної твердості (360 … 380 НВ) виявилася у два рази нижче, чим рейок із твердістю 330 … 350 НВ. Дослідження проводили на кривих ділянках колії радіусом 400 … 450 м і оцінювали величину бічного зношування.

За даними рейко-випробувальної лабораторії служби колії Жовтневої залізниці інтенсивність бічного зносу рейок Р65 у кривих ділянках колії знижується при переході від «сирих» до загартованих рейок 2-го класу (за ГОСТ 18267-82) в 1,7 … 2 рази, а до загартованих рейок 1-го класу – в 2,7 … 4 рази.

Відзначимо в цьому зв'язку, що у відповідності зі стандартом допускається зміна твердості рейок 1-го класу по довжині в межах 30 НВ [11]. Такі коливання твердості можуть мати технологічні причини. Однією з таких причин може бути виправлення рейок на роликових машинах. У цьому випадку по довжині рейки формуються періодичні поля залишкових напружень і твердість таких рейок також періодично змінюється по довжині. Це, як відзначається деякими дослідниками, може служити однієї із причин виникнення «хвилястого» зносу рейок [12]. У цей час основним способом боротьби із цим шкідливим явищем є періодичне шліфування рейок, що приводить до значних втрат металу.

Важливим фактором, що впливає на інтенсивність зносу рейок, є величина осьового навантаження рухомого складу. За останній час відбулися значні зміни в парку вагонів. Сучасні вагони мають навантаження на вісь, близьку до навантажень на вісь локомотивів. За даними В.І.Редькина, на Забайкальській залізниці, де осьові навантаження по парній і непарній коліях становлять відповідно 185 КН і 93 КН, інтенсивність бічного зношування по парній колії в 1,5 рази вище, чим по непарній. За даними Н.І.Карпушенко, інтенсивність бічного зносу рейок на першій колії ділянки Іркутськ – Слюдянка, де осьові навантаження дорівнювали 90 КН, склала 0,08 мм/млн. т. бр. На другій колії цієї ділянки, де осьові навантаження були на рівні 170 КН, інтенсивність зношування склала 0,13 мм/ млн. т. бр.

Профіль колії також значно впливає на знос рейок. У міру збільшення затяжних підйомів і спусків тягові й гальмові навантаження на локомотиви збільшуються, отже, збільшується й відносне ковзання їх коліс. За даними Л.Г.Крисанова зміна ухилів поздовжнього профілю від 5‰ до 10‰ приводить до росту інтенсивності бічного зносу рейок у кривих радіусом менше 350 м в 1,3 рази. За даними В.Б.Каратаєва при зміні ухилу від 6‰ до 18‰ бічний знос рейок збільшується в 1,4 рази.

Зазначені фактори рівною мірою впливають і на зношування бандажів колісних пар. Багато дослідників відзначають, що за останній час зношування гребенів вагонних і локомотивних коліс значно зросло. За даними В.І.Матвецова близько 60% усіх обточувань бандажів колісних пар електровозів проводиться через граничне зношування гребенів. Аномальне збільшення зношування бандажів за останні роки відзначається й у роботі [13] – стійкість бандажів з 6 років зменшилася до 2 років. Це призводить до необхідності частого переточування профілю. У той же час відомо, що після переточування знос рейок і бандажів різко зростає.

Серед безлічі факторів, що впливають на зношування колісних пар, виділимо температурний фактор. За даними роботи [14] температура на поверхні бандажа в процесі експлуатації може досягати 250ºС, а при гальмуванні 500 ºС і більше. У поверхневих шарах загартованих бандажів при тривалому високотемпературному впливі відбувається розпад загартованих структур з виділенням карбідів на границях зерен, що приводить до зниження деформаційних характеристик матеріалу, ударної в'язкості й, як наслідок, до схильності матеріалу до крихкого руйнування. В умовах контактного циклічного навантаження це може приводити до втомного викришування поверхні кочення бандажів. Аналіз дефектів колісних пар вагонів, проведений В.І.Матвецовим, показав, що основними з них є: тонкий гребін) – 41%, вищербини – 36%, повзун – 21%, різниця діаметрів коліс – 19%.

На думку ряду дослідників, підвищене зношування бандажів коліс, який повсюдно спостерігається останнім часом, пов'язане з використанням термозміцнених рейок з підвищеною твердістю головки. Однак відмінності у твердості поверхонь кочення дослідних ділянок рейок і бандажів становить усього лише 2 …7 % (за даними дослідницької групи БелГУТа), що навряд чи може пояснити підвищене зношування бандажів.

Наведені дані якоюсь мірою можуть слугувати в якості орієнтовних при складанні графіка ремонтних робіт із заміни зношених ділянок рейкових ниток. У той же час слід мати на увазі, що на ступінь зносу рейок можуть впливати й інші фактори, які не враховувалися в розглянутих вище дослідженнях, (наприклад, вертикальна й горизонтальна жорсткість колії, швидкість руху рухомого складу й ін.).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Поверхностная прочность при трении / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, А.К.Караулов и др. – Киев: Техніка, 1976. – 296 с.

2. Костецкий Б.И. Управление изнашиванием машин. – Киев: Изд-во «Знание», 1984. – 20 с.

3. Eyre T.S. Wear mechanisms // Pouder Metals. – 1981. – № 2. – p. 57 – 63.

4. Косарчук В.В. Сучасні методи зміцнення і підвищення зносостійкості пар тертя / Косарчук В.В., Кульбовський І.І., Агарков О.В. // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ,2015. – Випуск 31. – с. 263 – 268.

5. Косарчук В.В. Сучасні методи зміцнення і підвищення зносостійкості пар тертя / Косарчук В.В., Кульбовський І.І., Агарков О.В. // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ,2016. – Випуск 34. – с. 202 – 210.

6. Коган А.Я. Динамика пути и его взаимодействие с подвижным составом. – М.: Транспорт, 1997. – 326 с.

7. Xiaoyuan Liu. Analysis of vertical dynamic wheel/rail interaction caused by polygonal wheels on high-speed trains / Xiaoyuan Liu, Wanming Zhai // Wear. – 2014. – 314. – P. 282 – 290.

8. Javad Sadeghi. Investigation of rail irregularity effects on wheel/rail dynamic force in slab track: Comparison of two and three dimensional models / Javad Sadeghi, Amin Khajehdezfuly, Morteza Esmaeili, Davood Poorveis // Wear. – 2016. – 374. – P. 228 – 244.

9. Коган А.Я., Левинзон М.А. Теоретические исследования влияния различных эксплуатационных факторов на износ рельсов, гребней и бандажей колесных пар // М.: ВИНИТИ, 1996. – Деп. № 6054. – 119 с.

10.Загорский В.К., Хусаинов М.А., Загорский Я.В. Электродуговое упрочнение бандажей колесных пар на транспорте. Эксплуатационные испытания упрочненных бандажей колесных пар на электротранспорте // Вестник ГЭТ России. – 2001. - № 6. – с. 8 – 16.

11.Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України / Е.І. Даніленко, А.М. Орловський, М.Б. Курган, В.О. Яковлєв та інші. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.: іл.

12.Левочко Б.С., Махота А.О., Шехватов О.О. Дослідження хвилеподібного зносу рейок із застосуванням кореляційного аналізу / Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління: Тези доп. першої наук.-практ. конф. Частина 1: Техніка, технологія. – К.: КУЕТТ, 2003. – с. 59 – 60.

13.Седов В.М., Кузнецов О.Е. Износ гребней колесных пар электровозов // Железнодорожный транспорт. – 1997. - № 7. – с. 29 – 30.

14.Киселев С.Н. Плазменное упрочнение гребней колес: за и против // Железнодорожный транспорт. – 2000. - № 1. – с. 27 – 29.

REFERENCES

1. Poverhnostnaya prochnost pri trenii / B.I.Kostetskiy, I.G.Nosovskiy, A.K.Karaulov i dr. – Kiev: TehnIka, 1976. – 296 s. (Rus)

2. Kostetskiy B.I. Upravlenie iznashivaniem mashin. – Kiev: Izd-vo «Znanie», 1984. – 20 s. (Rus)

3. Eyre T.S. Wear mechanisms // Pouder Metals. – 1981. – № 2. – p. 57 – 63.

4. Kosarchuk V.V. Suchasni metody zmitsnennia i pidvyshchennia znosostiikosti par tertia / Kosarchuk V.V., Kulbovskyi I.I., Aharkov O.V. // Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. – K.:NTU,2015. – Vypusk 31. – s. 263 – 268.(Ukr)

5. Kosarchuk V.V. Suchasni metody zmitsnennia i pidvyshchennia znosostiikosti par tertia / Kosarchuk V.V., Kulbovskyi I.I., Aharkov O.V. // Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. – K.:NTU,2016. – Vypusk 34. – s. 202 – 210.(Ukr)

6. Kogan A.Ya. Dinamika puti i ego vzaimodeystvie s podvizhnyim sostavom. – M.: Transport, 1997. – 326 s. (Rus)

7. Xiaoyuan Liu. Analysis of vertical dynamic wheel/rail interaction caused by polygonal wheels on high-speed trains / Xiaoyuan Liu, Wanming Zhai // Wear. – 2014. – 314. – P. 282 – 290.

8. Javad Sadeghi. Investigation of rail irregularity effects on wheel/rail dynamic force in slab track: Comparison of two and three dimensional models / Javad Sadeghi, Amin Khajehdezfuly, Morteza Esmaeili, Davood Poorveis // Wear. – 2016. – 374. – P. 228 – 244.

9. Kogan A.Ya., Levinzon M.A. Teoreticheskie issledovaniya vliyaniya razlichnyih ekspluatatsionnyih faktorov na iznos relsov, grebney i bandazhey kolesnyih par // M.: VINITI, 1996. – Dep. № 6054. – 119 s. (Rus)

10. Zagorskiy V.K., Husainov M.A., Zagorskiy Ya.V. Elektrodugovoe uprochnenie bandazhey kolesnyih par na transporte. Ekspluatatsionnyie ispyitaniya uprochnennyih bandazhey kolesnyih par na elektrotransporte // Vestnik GET Rossii. – 2001. - № 6. – s. 8 – 16. (Rus)

11.Instruktsiya z ulashtuvannya ta utrymannya koliyi zaliznyts' Ukrayiny / E.I. Danilenko, A.M. Orlovs'kyy, M.B. Kurhan, V.O. Yakovlyev ta inshi. – K.: TOV «NVP Polihrafservis», 2012. – 456 s.: il. (Ukr)

12.Levochko B.S., Makhota A.O., Shekhvatov O.O. Doslidzhennya khvylepodibnoho znosu reyok iz zastosuvannyam korelyatsiynoho analizu / Problemy ta perspektyvy rozvytku transportnykh system: tekhnika, tekhnolohiya, ekonomika i upravlinnya: Tezy dop. pershoyi nauk.-prakt. konf. Chastyna 1: Tekhnika, tekhnolohiya. – K.: KUETT, 2003. – s. 59 – 60. (Ukr)

13.Sedov V.M., Kuznetsov O.E. Iznos grebney kolesnyih par elektrovozov // Zheleznodorozhnyiy transport. – 1997. - № 7. – s. 29 – 30. (Rus)

14.Kiselev S.N. Plazmennoe uprochnenie grebney koles: za i protiv // Zheleznodorozhnyiy transport. – 2000. - № 1. – s. 27 – 29. (Rus)

РЕФЕРАТ

Косарчук В.В. Аналіз умов роботи високонавантажених фрикційних пар відповідальних вузлів і агрегатів залізничного транспорту в експлуатаційних режимах / В.В. Косарчук, І.І. Кульбовський, О.В. Агарков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті виконано аналіз умов роботи високонавантажених фрикційних пар елементів рухомого складу та колії залізниць в експлуатаційних умовах.

Об’єкт дослідження – контактуючі поверхні пар тертя.

Мета роботи – провести аналіз умов роботи фрикційних пар високонавантажених агрегатів та вузлів в експлуатаційних умовах.

Метод дослідження – аналіз теоретичних та експериментальних даних проведених раніше досліджень.

Екстремальні умови експлуатації викликають підвищене зношування робочих поверхонь пар тертя, що часто є причиною виходу їх із ладу. Розрізняють наступні основні види зношування: адгезійне, абразивне, втомне і корозійне. У реальних умовах експлуатації фрикційних пар зношування контактуючих поверхонь відбувається, як правило, у результаті дії декількох механізмів. При цьому часто спостерігається синергетичний ефект.

Основними експлуатаційними факторами, що впливають на знос є статичні і динамічні сили, пропущений тоннаж, радіус кривих рейкової колії, нормативну твердість рейок, нормативні осьові навантаження рухомого складу, ухил поздовжнього профілю колії й т.п. В статті проведено аналіз відомих даних щодо впливу кожного із цих факторів.

Наведені дані можуть слугувати в якості орієнтовних при складанні графіка ремонтних робіт із заміни зношених ділянок рейкових ниток.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТОД, КРИТЕРІЇ, ЗМІЦНЕННЯ, ЗНОС, ВТОМА, КОЛЕСО, РЕЙКА, ФРИКЦІЙНА ПАРА.

ABSTRACT

Kosarchuk V.V., Kulbovskiy I.I., Agarkov O.V. Analysis of work heavy duty friction pairs responsible units of railway transport in operating conditions. Visnyk National Transport University. Series

«Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37)

This article gives an analysis of the working conditions of heavy duty friction element pairs rolling stock and track railways in operating conditions.

Object of study – contact surfaces of friction pairs.

Purpose of the study – to analyze the working conditions of friction pairs of heavy duty units and units under operating conditions.

Method of the study – analysis of theoretical and experimental results of previous studies.

Extreme operating conditions cause increased wear of the working surfaces of friction pairs, which is often caused by the release of their failure. There are the following main types of wear: adhesive, abrasive, fatigue and corrosion. In actual use of the friction pairs of contacting surfaces wear occurs, usually as a result of several mechanisms. It is often observed synergistic effect.

The main operational factors affecting the wear are static and dynamic strength, missed tonnage curve radius of the track, the hardness of the rail regulatory, standard axle load of the rolling stock, the slope of the longitudinal profile of the path, etc. The article analyzes the known data on the effect of each of these factors.

These data can serve as a guideline when scheduling repairs by replacing worn sections of rails.

KEYWORDS: METHODS, CRITERIA, HARDENING, WEAR, FATIGUE, WHEELS, RAILS, FRICTION PAIR.

РЕФЕРАТ

Косарчук В.В. Анализ условий работы высоконагруженных фрикционных пар ответственных узлов и агрегатов железнодорожного транспорта в эксплуатационных режимах / В.В. Косарчук, И.И. Кульбовський, А.В. Агарков // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37)

В статье выполнен анализ условий работы высоконагруженных фрикционных пар элементов подвижного состава и пути железных дорог в эксплуатационных условиях.

Объект исследования - контактирующие поверхности пар трения.

Цель работы - провести анализ условий работы фрикционных пар высоконагруженных агрегатов и узлов в эксплуатационных условиях.

Метод исследования - анализ теоретических и экспериментальных данных проведенных ранее исследований.

Экстремальные условия эксплуатации вызывают повышенный износ рабочих поверхностей пар трения, что часто является причиной выхода их из строя. Различают следующие основные виды износа: адгезионный, абразивный, усталостный и коррозионный. В реальных условиях эксплуатации фрикционных пар износ контактирующих поверхностей происходит, как правило, в результате действия нескольких механизмов. При этом часто наблюдается синергетический эффект.

Основными эксплуатационными факторами, влияющими на износ являются статические и динамические силы, пропущенный тоннаж, радиус кривых рельсового пути, нормативную твердость рельсов, нормативные осевые нагрузки подвижного состава, уклон продольного профиля пути и т.п. В статье проведен анализ известных данных о влиянии каждого из этих факторов.

Приведенные данные могут служить в качестве ориентировочных при составлении графика ремонтных работ при замене изношенных участков рельсовых нитей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МЕТОД, КРИТЕРИИ, УПРОЧНЕНИЕ, ИЗНОС, УСТАЛОСТЬ, КОЛЕСО, РЕЛЬС, ФРИКЦИОННАЯ ПАРА.

АВТОРИ:

Косарчук Валерій Володимирович, доктор технічних наук, професор кафедри теоретичної та прикладної механіки Державного університету інфраструктури та технологій, email: kvval@voliacable.com, тел. +380445915187, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 216

Кульбовський Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій і споруд Державного університету інфраструктури та технологій, email: kulbovskiy@bigmir.net, тел. +380679305928, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки Державного університету інфраструктури та технологій, email: agarcov@ukr.net, тел. +380443836397, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 802

AUTHOR:

Kosarchuk Valeriy V., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, department of theoretical and applied mechanics State University of Technology and Infrastructure, email: kvval@voliacable.com, +380445915187, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 216

Kulbovskiy Ivan I., Ph. D., associate professor, department of building structures and facilities State University of Technology and Infrastructure, email: kulbovskiy@bigmir.net, tel. +380679305928, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 208P

Agarkov Oleksandr V., Ph. D., associate professor, department of theoretical and applied mechanics State Economy and Technology University of Transport, email: agarcov@ukr.net, tel. +380443836397, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 802

АВТОРЫ:

Косарчук Валерий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной механики Государственного университета инфраструктуры и технологий, email: kvval@voliacable.com, тел. +380445915187, Украина, 03049, г. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 216

Кульбовский Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и сооружений Государственного университета инфраструктуры и технологий, email: kulbovskiy@bigmir.net, тел. +380679305928, Украина, 03049, г.. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Государственного университета инфраструктуры и технологий, email: agarcov@ukr.net, тел. +380443836397, Украина, 03049, г.. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 802

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Стасюк О.І., доктор технічних наук, професор, Державний економіко-технологічний університет транспорту, професор кафедри автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології транспорту, Київ, Україна.

Савенко В.Я., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівництва та експлуатації доріг Національного транспортного університету, Київ, Україна

REVIEWER:

Stasiuk O.I., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, State Economy and Technology University of Transport, professor, department of automation and computer-integrated technologies of transport, Kyiv, Ukraine

Savenko V.Y., Ph. D., professor, National University, professor, head of department of road construction and maintenance, Kyiv, Ukraine.

УДК 621.436:665.75
UDC 621.436:665.75

ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯМ ДОБАВОК ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ

Корпач А.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Філоненко О.Д., Національний транспортний університет, Київ, Україна

IMPROVING FUEL ECONOMY OF CAR IN OPERATION USING ADDITIVES HYDROGEN-CONTAINING GAS

Korpach A.O., candidate of technical sciences, National transport university, Kyiv, Ukraine
Filonenko O.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВОК ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА

Корпач А.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Филоненко А.Д., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Збільшення кількості автомобільного транспорту на дорогах України та зменшення кількості світових запасів палив нафтового походження загострює проблему пошуку нових нетрадиційних палив. До того ж значно збільшується забруднення навколишнього середовища викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів автомобілів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми - широке використання альтернативних палив.

Вуглеводневі палива (бензин та дизельне паливо), за прогнозами вчених, в найближчому майбутньому залишаться основним паливом для автомобільного транспорту. Однак, світові тенденції до поширення використання альтернативних палив з кожним роком все більш розповсюджуються, як у споживачів, так і на законодавчому рівні. Одним з найперспективніших палив виступає водень та його сполуки. Розробки нових силових установок для автомобілів та вдосконалення існуючих з метою використання водню та його сполук, в якості моторного палива, є актуальною задачею сучасності.

Постановка проблеми. Водневмісний газ, як вид альтернативного палива, що використовується в якості добавки до повітряного заряду на автомобільних двигунах різних типів в умовах експлуатації, призводить до зміни показників його роботи. Основна задача - визначення оптимальної величини добавки та її вплив на показники двигуна в умовах експлуатації, зокрема паливну економічність.

Мета роботи – визначення паливної економічності автомобіля в умовах експлуатації використанням добавок водневмісного газу.

Основна частина.

Використання водню, в якості самостійного моторного палива, значно перевищує традиційні палива вуглеводневого походження, оскільки має вищу нижчу теплоту згоряння, меншу енергію запалювання, вищу швидкість горіння, ширший діапазон меж запалювання[1]. Способи його зберігання та використання на борту автомобіля створюють складнощі через його високу пожежо- та вибухонебезпечність[2]. Найбільш перспективними, у широкому використанні, є водневмісні сполуки, які отримують на борту автомобіля шляхом електролізу водного розчину лугу або теплової конверсії метану[3].

На кафедрі «Двигуни та теплотехніка»Національного транспортного університету проводяться дослідження на двигунах різних типів, з різними системами живлення (карбюраторною – 4Ч 7,2/6,7 (МеМЗ-245) та системою розподіленого впорскування – 6Ч 9,5/6,98 (OPELC30NE) по використанню, в якості добавки до повітряного заряду, продуктів гідролізу 10% розчину лугу КОН. За результатами стендових випробувань встановлено підвищення паливної економічності на 4-7%[4,5] на двигунах з карбюраторної системою живлення та на 3%[6] на двигунах із системою розподіленого впорскування.

Під час проведення стендових випробувань, використовувались електролізери із живленням від мережі 220 В, а втрати на отримання водневмісного газу визначались розрахунковим методом.

Для визначення паливної економічності автомобіля в умовах експлуатації та достовірної оцінки ефективності використання водневмісного газу, як добавки до повітряного заряду двигуна, проведені дорожні випробування на автомобілі ЗАЗ-1102 «Таврія», який оснащено двигуном 4Ч 7,2/6,7 (МеМЗ-245) із карбюраторною системою живлення. Експериментальна установка, на базі автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія», оснащувалась електролізером SuperKit 10 із живленням від бортової системи (рис. 1).

Рисунок 1 – Експериментальна установка на базі автомобілі ЗАЗ-1102 «Таврія» під час випробувань на маршрутах по місту Києву

Рисунок 2 – Обладнання, що використовували під час дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія»

Перед початком проведення дорожніх випробувань на автомобілі ЗАЗ-1102 «Таврія» виконано ТО-2, відрегульовано кут випередження запалювання, згідно технічних умов, замінено свічки запалювання та відрегульовано зазор між електродами, відрегульовано зазори у впускних та випускних клапанах, замінено електронний блок управління системою холостого ходу (ЕПХХ) та електромагнітний клапан. Система холостого ходу відрегульована на вміст оксиду вуглецю (СО) та вуглеводнів (CmHn) згідно стандарту. Величина добавки водневмісного газу до повітряного заряду двигуна, яку використовували при проведенні дорожніх випробувань, складала 0,4 л/хв, а її величину визначали за допомогою ротаметра Р-0,063[7].Сила струму, що подавалась на електролізер в ході випробувань, становила 7,8А. Її вимірювали за допомогою цифрового мультиметра Digital Instrument DT9205A. Витрату палива, при русі автомобіля, вимірювали витратоміром об’ємного типу (рис.2) з ціною поділки 2,5 мл, який заповнювався за допомогою вакуумного насоса (рис.2).

Для визначення паливної економічності автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» в умовах експлуатації на вулицях міста з різною інтенсивністю руху складено два маршрути протяжністю 5,4 та 2,6 км відповідно (рис. 3, рис. 4).

Маршрут №1 проходив по вулицях: вул. Лаврська(Січневого повстання) – вул. Цитадельна – вул. Генерала Алмазова (вул. Кутузова) – бульвар Л. Українки – вул. Генерала Алмазова (вул. Кутузова) – вул. Московська – вул. Михайла Омельяновича-Павленка (вул. Суворова) (рис. 3).На маршруті чотирнадцять перехресть, з яких десять регульованих включно із пішохідними переходами та чотири нерегульовані. Випробування автомобіля включали серії із восьми заїздів при живленні штатним бензином А – 95 та використанні добавки водневмісного газу. Заїзди з використанням добавки водневмісного газу та без неї чергувались. Розбіжність часу між заїздами не перевищувала 3%. Результати випробувань на маршруті №1 наведено у табл.1. Аналіз результатів свідчить реальних умовах експлуатації згідно маршруту №1 по вулицям м. Києва свідчить, що витрата бензину А-95 зменшується на 1,6% при використанні добавки водневмісного газу до повітряного заряду двигуна 0,4 л/хв.

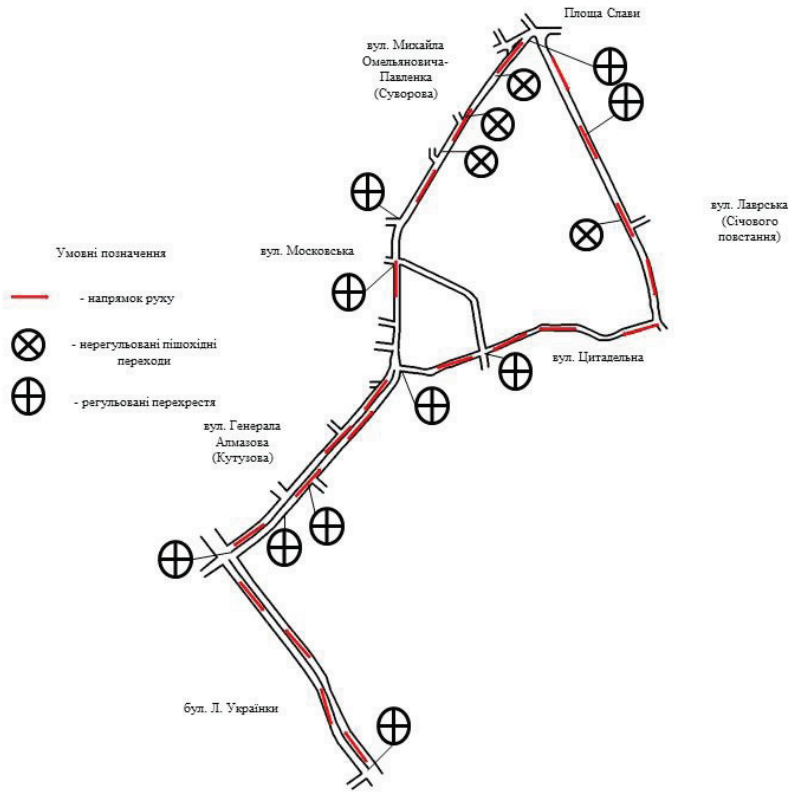


Рисунок 3 – Схема маршруту №1(протяжністю 5,4 км)

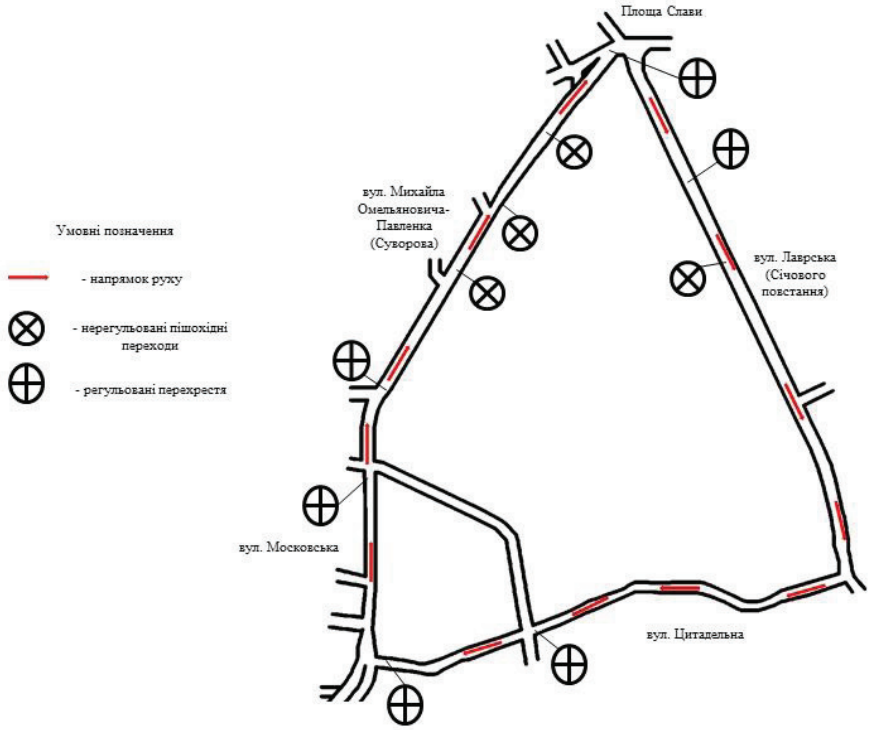


Рисунок 4 – Схема маршруту №2 (протяжністю 2,6 км)

Оцінку паливної економічності ЗАЗ-1102 «Таврія» було проведено і в тепловому еквіваленті – МДж/100 км, з врахуванням енергозатрат на виробництво водневмісного газу.

Таблиця 1 – Результати дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» по вулицях м. Києва за маршрутом №1

Параметр		Паливо	
		А–95;	А–95+H_2/O_2;
Середній час заїзду на маршруті, с		821,37	815,38
Середня швидкість руху автомобіля, км/год		23,66	23,84
Середня витрата бензину на маршруті	мл	416,67	410,0
	л/100 км	7,716	7,593
	МДж/100 км	251,23	247,23
Економія бензину	л/100 км	—	0,123
	%	—	1,6

Маршрут №2 проходив по вулицях: вул. Лаврська (Січневого повстання) – вул. Цитадельна – вул. Московська – вул. Михайла Омельяновича-Павленка (вул. Суворова) (рис. 4). На маршруті вісім перехресть, п'ять з яких не регульовані та шість відокремлених пішохідних переходів, один з яких регульований. Результати випробувань на маршруті №2 наведені у табл.2.

Таблиця 2 - Результати дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» по вулицях м. Києва за маршрутом №2

Параметр		Паливо	
		А–95;	А–95+H_2/O_2;
Середній час заїзду на маршруті, с		340,43	339,97
Середня швидкість руху автомобіля, км/год		27,49	27,53
Середня витрата бензину на маршруті	мл	183,13	180,38
	л/100 км	7,04	6,94
	МДж/100 км	229,33	225,89
Економія бензину	л/100 км	—	0,1
	%	—	1,51

З табл. 2 видно, що економія бензину на маршруті №2 становить 1,51%.

Висновок. За результатами дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» встановлено, що використання водневмісного газу в якості добавки до повітряного заряду автомобільного двигуна з іскровою системою запалювання та карбюраторною системою живлення в умовах експлуатації знизило витрату бензину на 1,6%, при русі автомобіля за маршрутом №1 та на 1,51% при русі автомобіля за маршрутом №2. Величина добавки, яку використовували під час проведення дорожніх випробувань, становила 0,4л/хв.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бахман Н.Н., Біляєв А.Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. - М.: Наука, 1967.Глава 1

2. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В. та ін.. Екологія та автомобільний транспорт. Навчальний посібник 2-ге вид., перероблене та доповнене. – К.: Арістей, 2008. – 296с.

3. В.М. Фомин, Р.Р. Хакимов, Д.В. Шевченко. Водород как химический реагент в кинетическом механизме образования углерода в дизеле / Международный научно-технический журнал «Транспортна альтернативном топливе» - № 3 (21) - 2011 г.- с.10-14.

4. Гутаревич Ю.Ф.Вплив додавання суміші водню з киснем на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, А. О. Корпач, Є.В. Шуба, О. Д. Філоненко, І. В. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. –Вип. 29. http//www.ntu.edu.ua

5. Гутаревич Ю.Ф.Використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду для покращення показників двигунів з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 30. http//www.ntu.edu.ua

6. Гутаревич Ю. Ф. Ефективність добавки водневмісного газу до повітряного заряду бензинових двигунів./Гутаревич Ю. Ф., Корпач А.А., Карєв С.В., Філоненко О.Д., Шуба Є.В.//Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №1(3). С. 59-63.

7. Корпач А.О. Вплив добавки водневмісного газу на зміну показників двигуна автомобіля в умовах експлуатації/ А.О. Корпач, О.Д. Філоненко//Вісник ЖДТУ: Наук. журн. Вип. 2(77)/2016. Серія: Технічні науки. –Житомир, 2016. С. 122-126.

REFERENCES

1. Bachmann N.N., Bilyaev A.F. Combustion of heterogeneous condensed systems. - M.: Nauka, 1967. Chapter 1 (Rus)

2. Gutarevich Y.F., Zerkalov D.V. &other ..Ecology of automobile transport. Navchalna posibnik 2-n species. Pereroblene that dopovnene. - K.: Aristey 2008. – 296p. (Ukr).

3. Fomin V.M., Hakymov R.R., Shevchenko D.V. Hydrogen chemical reactant in kinetical mechanism of forming of carbon in diesel / International Scientific and Technical Journal "Transport Alternative Fuel» - № 3 (21) - 2011 g - p.10-14. (Rus)

4. GutarevychY.F. Influence of adding a mixture of hydrogen and oxygen to fuel efficiency and toxicity petrol engine idling. / Y.F.Gutarevych, A.O.Korpach, E.V.Shuba, A.D.Filonenko, I.V.Samoilenko // Proceedings of the National Transport University. - K., NTU, 2014. -Vyp. 29. http // www.ntu.edu.ua (Ukr)

5. Gutarevych Y.F. The use of additives hydrogen-containing gas to air charge for improvement of engines carburetor system power when idling. / Y.F. Gutarevych, E.V. Shuba // Proceedings of the National Transport University. - K., NTU, 2015. -Vyp. 30. http // www.ntu.edu.ua (Ukr)

6. Gutarevych Y.F. Efficiency additives hydrogen-containing gas to the air charge gasoline engines. / Gutarevych Y.F., Korpach AA Karev SV Filonenko AD, Shuba EV .// Modern technology engineering vehicles. Science journal. - Lutsk. Lutsk National Technical University, 2015.- №1 (3). p. 59-63. (Ukr)

7. Korpach A.A. Effect of additives on the changing engine car indicators by hydrogen-containing gas in terms of operation / A.A. Korpach, A.D. Filonenko // Vestnik ZDTU: Science. Zh. Vol. 2 (77) / 2016 Series: Technical science. -Zhitomir, 2016 p. 122-126. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Корпач А.О. Поліпшення паливної економічності автомобіля в умовах експлуатації використанням добавок водневмісного газу / А.О. Корпач, О.Д. Філоненко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті приведені дані дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія», метою яких було визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням на показники його роботи в умовах експлуатації.

Мета роботи – визначення паливної економічності двигуна з іскровим запалюванням та карбюраторною системою живлення, що встановлений на автомобілі ЗАЗ-1102 «Таврія», при використанні добавки водневмісного газу до повітряного заряду в умовах експлуатації.

Метод дослідження –проведення дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія», що обладнаний двигуном з іскровим запалюванням та карбюраторною системою живлення.

Проаналізовано можливість використання водневмісного газу, як добавки до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням та карбюраторною системою живлення, який встановлено на автомобілі в умовах експлуатації. Визначена паливна економічність автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія»при дорожніх випробуваннях.

Результати, висвітлені у статті, можуть бути використані при розробці нових та вдосконаленні існуючих систем живлення двигунів з іскровим запалюванням.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДВИГУНИ З ІСКОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ, ДОРОЖНІ ВИПРОБУВАННЯ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ВОДНЕВМІСНИЙ ГАЗ

ABSTRACT

Korpach, A.O., Filonenko O.D. Improving fuel economy of car in operation using additives hydrogen-containing gas. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article presents the data of road tests of the car ZAZ - 1102 "Tavria", the purpose of which was to determine the influence of the addition of hydrogen-containing gas to the engine air charge spark ignition on the performance of his work in the field.

Objective - defining the fuel efficiency of the engine with spark ignition and carburetor feed system mounted on the car ZAZ - 1102 "Tavria", when using supplements hydrogen-containing gas in the air charge in the field.

Method of research - conducting road tests car ZAZ - 1102 "Tavria", equipped with an engine with spark ignition and carburetor feed system.

The possibility of using hydrogen-containing gas as an additive to the air charge of the engine with spark ignition and carburetor feed system mounted on the car in the field.Determined fuel economy of the car ZAZ - 1102 "Tavria" during road tests.

Results, highlighted in the article, can be used when working with mathematical models of vehicle movement on the European driving cycle and determine the optimal use of hydrogen-containing gas to different modes of engine operation.

KEY WORDS: ENGINES WITH SPARK IGNITION, ROAD TEST, FUEL ECONOMY, HYDROGEN CONTAINIG GAS

РЕФЕРАТ

Корпач А.А. Улучшение топливной экономичности автомобиля в условиях эксплуатации использованием добавок водородсодержащего газа. / А.А. Корпач, А.Д. Филоненко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. · НТУ, 2017. – Вып.1 (37)

В статье приведены данные дорожных испытаний автомобиля ЗАЗ-1102 «Таврия», целью которых было определение влияния добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду двигателя с искровым зажиганием на показатели его работы в условиях эксплуатации.

Цель работы - определение топливной экономичности двигателя с искровым зажиганием и карбюраторной системой питания, установленного на автомобиле ЗАЗ-1102 «Таврия», при использовании добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду в условиях эксплуатации.

Метод исследования - проведение дорожных испытаний автомобиля ЗАЗ-1102 «Таврия», оборудованный двигателем с искровым зажиганием и карбюраторной системой питания.

Проанализирована возможность использования водородсодержащего газа, в качестве добавок к воздушному заряду двигателя с искровым зажиганием и карбюраторной системой питания, установленного на автомобиле в условиях эксплуатации. Определена топливная экономичность автомобиля ЗАЗ-1102 «Таврия» при дорожных испытаниях.

Результаты, освещенные в статье, могут быть использованы при разработке новых и совершенствовании существующих систем питания двигателей с искровым зажиганием.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДВИГАТЕЛИ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ, ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ

АВТОРИ:

Корпач Анатолій Олександрович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка»,e-mail: Korpach@mail.ru, тел. +38 (044) 280- 47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1

Філоненко Олександр Дмитрович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигунів і теплотехніки», e-mail: charone@ukr.net, тел. +380936405226, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

AUTHORS:

Korpach Anatoliy Oleksandrovich, Ph.D., professor, National transport university, professor of the department «Motors and heating», e-mail: Korpach@mail.ru, тел. +38 (044) 280- 47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str. 1

Filonenko Oleksandr Dmytrovich, National transport university, postgraduate department of «Motors and heating», e-mail: charone@ukr.net.+3800936405226, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str. 1.

АВТОРЫ:

Корпач Анатолий Александрович, кандидат технических наук, профессор,. Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: Korpach@mail.ru, тел. +38 (044) 280- 47-16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1

Филоненко Александр Дмитриевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: charone@ukr.net, тел. +380936405226, Украина, 01010, г.Киев, ул. Суворова 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Кравченко О.П., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, професор кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Житомир, Україна

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна

REVIEWER:

Kravchenko O.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Zhytomyr State Technological University, professor of department of automobiles and automobile economy, Zhytomyr, Ukraine.

Sahno V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of the department of automobiles, Kyiv, Ukraine.

УДК 628.477
UDC 628.477

ЕКОЛОГІЧНА ЛОГІСТИКА НАКОПИЧЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ МІСТА ЖИТОМИРА

Коцюба І.Г., кандидат технічних наук, Житомирський державний технологічний університет, Житомир, Україна
Лико С.М., кандидат сільськогосподарських наук, Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне, Україна
Лук’янова В.В., кандидат хімічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

ECOLOGICAL LOGISTIC OF ACCUMULATION OF HARD DOMESTIC WASTES OF CITY ZHYTOMYR

Kotsiuba I.G., Candidate of Technical Sciences, Zhytomyr State Technological Universit, Zhytomyr, Ukraine
Lyko S.M., Candidate of Agricultural Sciences, Rivne State Humanitarian University, Rivne, Ukraine
Lukianova V.V., Candidate of Chemical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЛОГИСТИКА НАКОПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА ЖИТОМИРА

Коцюба И.Г., кандидат технических наук, Житомирский государственный технологический университет, Житомир, Украина
Лыко С. М., кандидат сельскохозяйственных наук, Ровенский государственный гуманитарный университет, Ровно, Украина
Лукьянова В.В., кандидат химических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

У той момент, як передові країни світу вже давно почали задумуватися про те, що робити із твердими побутовими відходами і знайшли шляхи та рецепт вирішення цієї проблеми, наша країна починає масово та, дивно звучатиме, у форматі проведення децентралізації централізовано задумуватися над вирішенням цього питання, яке, здебільшого, вирішується лише створенням відповідних умов матеріально та на словах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження теми екологічно логістики розпочалися на початку 1990-х років, коли уряди держав і керівники підприємств розпочали реформування управління відходами, скорочення частки відходів, що захоронюють на звалищах або спалюються і збільшення частки відходів, що перероблюються чи використовуються повторно [1].

У сучасних умовах в Україні мають місце застарілі технології переробки відходів, зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів і всіх видів їх транспортування, скорочення діяльності заготівельних організацій. Немає засобів ефективного впливу на підприємства, вони здійснюють лише таке використання відходів, яке дає негайний прибуток. Не використовуються численні зарубіжні розробки щодо впровадження нових технологій, устаткування та обладнання у сфері використання вторинної сировини. У зв’язку з цим набувають актуальності дослідження світового досвіду щодо використання вторинних ресурсів.

За останні роки питання ресурсозбереження та ефективного використання вторинних ресурсів широко розглядається й аналізується у монографічній і періодичній літературі. Проблематика досліджень цієї сфери завжди була у колі особливої уваги таких вітчизняних учених, як С. Бєляєва, Р. Берлінг, Г. Виговська, Т. Галушкіна, О. Губанова, Н. Зіновчук, О. Кашенко, В. Кислий, Л. Мельник, О. Оксанич, Ю. Стадницький, С. Харічков та ін [1-4]. Питання, що стосуються включення екологічної складової до системи логістичного управління, розглядаються в працях Є.В. Крикавського, Н.В. Пахомової, Т.М. Скоробогатова, В.П. Мєшалкіна, М.М. Некрасової [5]. Слід зазначити, що їх дослідження найчастіше зосереджені в рамках однієї функціональної області логістики, наприклад, ресурсозбереженні Однак питання стосовно удосконалення системи поводження з відходами

потребують більш детального розгляду. Отже, необхідність вивчення зарубіжного досвіду використання вторинних ресурсів і впровадження його вітчизняними підприємствами зумовили проведення відповідного дослідження.

Метою статті є розроблення концептуальних засад формування стратегії реалізації екологічної логістики відходів з позицій сталого екологічно збалансованого розвитку та визначення обсягів накопичення відходів.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі **завдання**:

- проаналізувати основні задачі екологічної логістики;
- визначити причини, що спонукають впроваджувати систему екологічної логістики;
- оцінити обсяги накопичення відходів міста залежно від сезонів року та згідно річних змін.

Матеріали та методи дослідження.

З традиційних загальнонаукових методів застосовувалися: аналіз і синтез (дослідження властивостей і факторів впливу обсяг накопичення ТПВ); порівняння та аналогія; узагальнення та абстрагування; математичне програмування, теорія графів і теорія множин (розробка системи збирання та транспортування ТПВ); управління проектами (планування і здійснення проекту транспортування ТПВ); моделювання і прогнозування (перевірка розроблених концепцій і верифікація запропонованих моделей).

Аналіз та узагальнення вітчизняних та закордонних підходів до трактування поняття «екологічна логістика» дозволив визначити основну задачу екологічної логістики в поводженні з відходами з подальшим проведенням відходів до утилізації або безпечного зберігання в навколишньому середовищі. Екологічна логістика також забезпечує збір і сортування відходів, їх транспортуванні, утилізації (рекуперації) або безпечному зберіганні в довкіллі [6 - 8].

Отримані результати та висновки.

Питання твердих побутових відходів турбує Житомирщину не один десяток років, адже, щоб не робили, завжди щось залишається, що не можемо, або не хочемо, використати повторно. Для прикладу, щорічно на одного житомирянина припадає близько 300 кг відходів, які десь потрібно подіти. І їх кількість від року в рік зростає (Рис. 1).

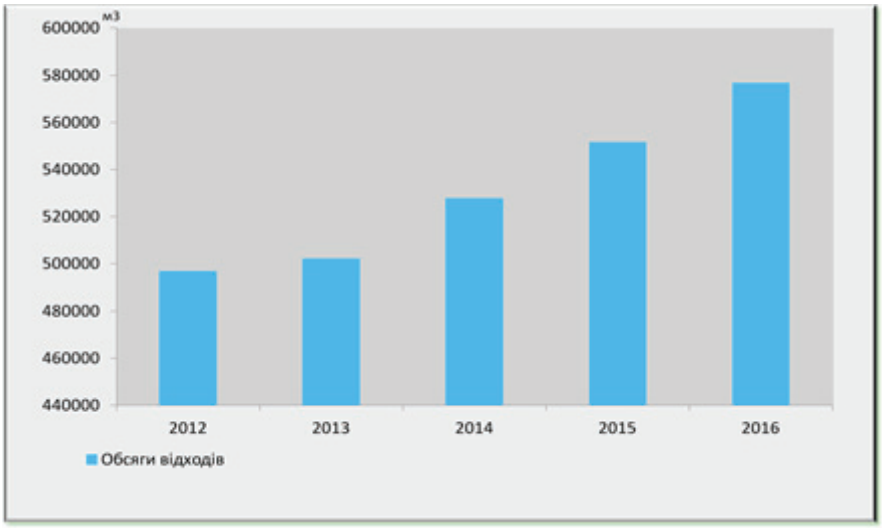


Рисунок - 1 Річні обсяги накопичення твердих комунальних відходів міста Житомир

Славнозвісне Житомирське сміттєзвалище, яке обслуговується КАТП-0628, вже не спроможне близько 60 років акумулювати щорічно сотні тисяч тонн решток людської життєдіяльності. Але це згідно документації, а згідно фактів – сміття туди звозиться, що “аж гай гуде”, у прямому сенсі. І все було б добре, якби не одне “але” – це сміттєзвалище, а не полігон твердих побутових відходів, як це має бути, адже воно формувалося без дотримання норм щодо будівництва. Як результат: масив звалища утворений з важких металів та органічних речовин створює фільтрат, який негативно впливає на підземні водоносні горизонти та питну воду прилеглих населених пунктів. Озеро фільтрату в сукупності з гризунами, шумом від транспортних засобів, пиловими продуктами змінює екологічний фон піддаючи під небезпечний ризик не лише стан навколишнього природного середовища, а й регіону загалом.

Існуюча структура системи санітарного очищення Житомира недосконала, її фрагментарність, роз'єднаність та різнорідність за відсутності взаємодії з органами державної санітарно-епідеміологічної служби та охорони навколишнього природного середовища не забезпечує достатнього контролю за санітарним станом територій, а також збиранням, транспортуванням, знешкодженням та захороненням побутових відходів. Отже, система екологічної логістики ТПВ потребує вдосконалення

Впровадження єдиної екологічної логістики твердих побутових відходів поводження з відходами має включати в себе аналіз руху відходів від утворення в будь-яких виробничих процесах до перетворення в товарний продукт чи наступну утилізацію або безпечне зберігання в навколишньому середовищі. Дотримання законодавства України повинно бути в пріоритеті, адже з 1 січня 2018 року буде діяти заборона на захоронення ТПВ без переробки. Тобто область, якщо поділиться на 5 субрегіонів, за 5-10 років зменшить кількість сміттєзвалищ. Отже, розробка логістичних систем поводження з відходами з мінімізацією впливів на довкілля є актуальною.

При впровадженні екологізації логістичних процесів поводження з відходами важливо враховувати тенденцію обмежитися ініціативами прийняття рішень, де вони визначаються як економічними, так і екологічними вигодами. Рішення функціонального рівня найчастіше зосереджені на підвищення ефективності збирання, транспортування та зберігання відходів. Хоч вони, безумовно, необхідні і ефективні, більша частина екологічних наслідків може бути досягнута на верхньому рівні стратегічних і комерційних рішень, які стосуються, наприклад, централізації регіональної логістичної системи при поводженні з відходами, її інвентаризації або ширший пошук методів підвищення екологічної безпеки при збільшенні інтенсивності транспортних систем. Основне завдання в даний час полягає в інтеграції екологічних принципів у стратегічне планування логістики та визначенні обсягів накопичення відходів.

На сьогодні в Житомирі в сфері управління та поводження з твердими побутовими відходами, постали ряд проблем, а саме: збільшилась кількість стихійних сміттєзвалищ (які з кожним роком зростає, хоч комунальні служби і прибирають); недостатня кількість сучасних контейнерів для збору побутових відходів та відсутність контейнерів для роздільного збирання відходів; неналежна якість надання послуг з вивезення твердих побутових відходів; відсутність в сміттєпереробного заводу; велика кількість побутових відходів на території міського звалища та не проведення моніторингу його впливу на довкілля. З цього постає проблема про впровадження екологічної логістики ТПВ, як комплексної системи управління та поводження з відходами на прикладі середнього міста України - Житомир.

Дослідження проводилися на місцевому полігоні ТПВ у м. Житомирі. Всі побутові відходи міста Житомира без попереднього сортування складуються на цьому полігоні, що став джерелом інтенсивного забруднення атмосфери, підземних вод (а загалом загрозою епідемічного стану) та потребує удосконалення процесу складування відходів. За даними, які було представлено на 12 сесії VI скликання Житомирської міської ради з початку експлуатації міського полігону (з 1957 року) накопичилось близько 12–15 млн. м^3 різних відходів. В 1957 році досить було вибрати місце, зробити огорожу і можна було приступати до вивезення відходів. Екологічну проблему, яку несе для довкілля ця велетенська хімічна бомба, важко переоцінити .

За роки експлуатації терикон звалища виріс до 30 метрів, площа його складає 21,6 га (згідно державного акту на виділення земельної ділянки загальний розмір – 21,5670 га); площа ділянки складування – 18,7 га, а решта поділена на 6 карт, які продовжують експлуатувати. По периметру полігону проведена обваловка. В кінці 1998 р. проведено вилучення 10 га. земель ПАТ «Крошенського цегельного заводу» і надано управлінню житлово-комунального господарства під розширення міського звалища. Щорічно на міське звалище вивозиться біля 300 тис. м^3 сміття. До полігону прокладена під’їзна дорога з твердим покриттям, організована пропускна система. Полігон розміщений в північній частині міста по вулиці Андріївській. Відстань від території полігону до житлових одноповерхових індивідуальних будинків 500 м.

Сміття від житлових будинків вивозиться транспортом КАТП-0628. З підприємств та організацій, які самі вивозять відходи, пропуск на полігон здійснюється по талонах, які реалізує фірма. Проводиться поверхневий огляд відходів перед виїздом на карту, з метою недопущення складування токсичних відходів. На міському звалищу захоронено до 30 млн. т відходів різних класів небезпеки.

Аналіз стану збирання та захоронення ТПВ комунальними підприємствами м. Житомира показав, що проблема поводження з ними надзвичайно гостра. Також установлено, що полігон ТПВ

не відповідає санітарним нормам та екологічним вимогам. Відсутність сучасного полігона для захоронення побутових відходів створює реальну загрозу довкіллю.

Протягом останнього десятиріччя в Україні продовжується прогресуюче накопичення відходів, не є винятком і м. Житомир. Розрив між прогресуючим обсягом відходів і заходами, спрямованими на запобігання їх утворенню, розширення утилізації, знешкодження та видалення, загрожує не тільки поглибленням екологічної кризи, а й загостренням соціальної ситуації в цілому. Місто Житомир у сучасних умовах зіткнулося із труднощами, які стосуються екологічній логістиці ТПВ, основними з яких є:

- зміна морфологічних властивостей ТПВ зі збільшенням частки компонентів, які не піддаються процесам біологічного розкладання (папір, поліетилен тощо);
- низька інвестиційна активність суб’єктів господарської діяльності екологічної логістики ТПВ;
- низький рівень системи роздільного збору відходів мешканцями міста;
- попадання у контейнери для ТПВ небезпечних та специфічних відходів.

За останніми даними, утворення ТПВ коливається між 0,5 і 1,2 кг на людину в день. Ці показники мають тенденцію до постійного збільшення, що викликано економічним розвитком країн. Існують також періоди, коли виробництво ТПВ значно зростає. В підсумку вважається, що показник утворення ТПВ на людину в день дорівнює 1 кг.

Сезонне накопичення обсягів ТПВ на міському полігоні наведено на рис. 2.

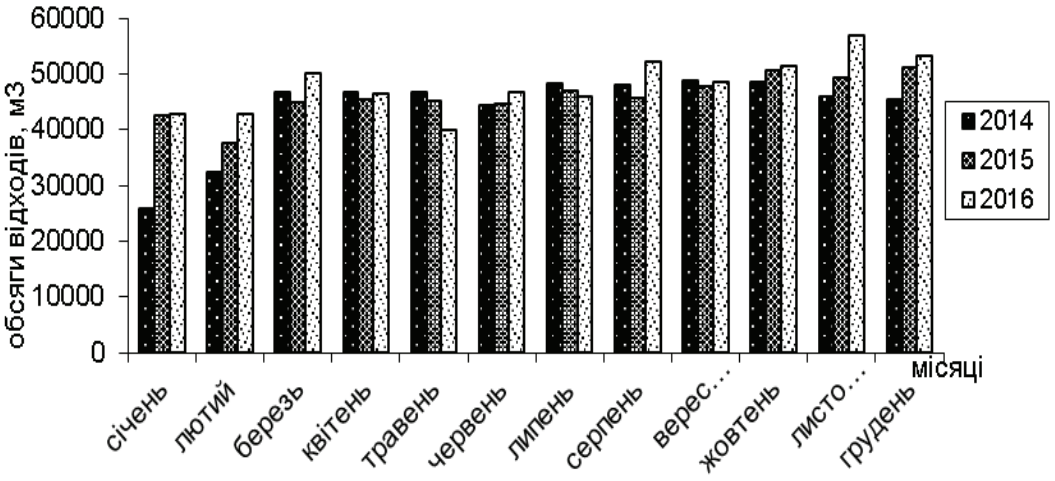


Рисунок 2 – Сезонні зміни накопичення твердих комунальних відходів м. Житомира (визначено експериментальним шляхом)

Аналіз процесу накопичення ТПВ у місті Житомирі дозволив виявити залежність їхньої структури і об’ємів від основних чинників. Під контроль узято ті чинники, які істотно впливали на вихід досліджуваного об’єкта, якщо кількість була великою, вдавалися до відсіювання менш істотних чинників. При досліджені врахували, якщо виключити з обліку хоча б один чинник, то це негативно позначиться на результатах дослідження. Отже, на об’єм утворення ТПВ у місті впливають такі фактори як кліматичні умови, рівень життя населення тощо, кількість яких обмежимо найбільш вагомими.

Відходи є важливим місцевим фактором забруднення та основним джерелом довготривалої негативної дії на довкілля. Низький рівень використання відходів для переробки призводить до накопичення їх у навколишньому природному середовищі і спричиняє його забруднення.

Висновки.

Забезпечення сталого розвитку поводження з відходами потребує формування логістичних структур нового формату, у яких екологічно орієнтоване логістичне управління має комплексний характер. Стратегія реалізації сталого екологічно збалансованого розвитку екологічної логістичної системи потребує еколого-економічної оцінки логістичної технології організації виробничих процесів поводження з відходами. У разі створення відповідних умов для збирання від населення, логістичного транспортування, сортування, акумуляції, переробки та захоронення непридатних для повторного використання відходів Житомирщина матиме лише позитивні результати – окрім покращених екологічних показників отримаємо нове еко-свідоме покоління, яке раціонально користуватиметься благами, що колись були недоступні для їхніх предків.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Управління відходами: вітчизняний та зарубіжний досвід: посіб. / [О.І. Бондар, В.Є. Барановська, М.О. Баринов та ін.]; за ред. О.І. Бондаря. – К.: Айва Плюс Лтд, 2008. – 196 с.

2. Воробйов А.Е. Принципи управління твердими побутовими відходами / А.Е. Воробйов, Е.В. Чекушина // Співпраця для вирішення проблеми відходів: Зб. наук. праць. – Харків: ХНЕУ, 2009. – С. 65−69.

3. Ільченко А. В. Підвищення ефективності керування процесів перевезення твердих побутових відходів міста Житомира [Електронний ресурс] / А. В. Ільченко, І. Г. Коцюба // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – № 2. – С. 150–153. – Режим доступу : http://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2011/02/150.pdf

4. Методика розроблення оцінки впливу на навколишнє природне середовище для об'єктів поводження з твердими побутовими відходами : Наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10 січня 2006 року №8. – К.: Держбуд України, 2006. – 21 с. Режим доступа: http://ua-info.biz/legal/basert/ua-dmpwje.htm

5. Хрутьба В.О. Реформування регіональної системи поводження з відходами на основі європейського досвіду / В.О. Хрутьба, А.Г. Картавий, В.А. Зерук // Вісник НТУ. – №22. – 2011. – с.92-99.

6. Коцюба І. Г. Прогнозування обсягів утворення твердих побутових відходів в місті Житомирі / Коцюба І. Г., Щербатюк А. Ф., Годовська Т.Б. // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Серія: «Механіко-технологічні системи та комплекси». – Харків: НТУ "ХПІ". – 2016. – № 7 (1179). – с.95-100.

7. Методичні рекомендації з організації збирання, перевезення, перероблення та утилізації побутових відходів: наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України 07.06.2010 № 176. – К., 2010. – 18 с.

8. Silvia Cosimato, Orlando Troisi The Influence of Green Innovation in Logistics Competitiveness and Sustainability. The DHL Case Study // Liverpool (2014): 17th Toulon-Verona Conference "Excellence in Services". – 28-29 august, 2014. – p.95-112.

REFERENCES

1. Management wastes: home and foreign experience: посіб. / [O.I. Bondar, B.E. Baranovska, M.O. Barynov and other]; for red. O.I. Bondar. - K.: Aiva Plus Ltd, 2008. - 196 p. (Ukr)

2. Vorobjov A.E. Principles of management hard domestic wastes / of A.E. Vorobjov, E.V. Chekushina // Collaboration for the decision of problem of wastes : Collection of scientific works.- Kharkiv: KhNEU, 2009. - P. 65-69. (Ukr)

3. Ilchenko A. V. Increase of efficiency of management of processes of transportation of hard domestic wastes of city of Zhytomyr [Electronic resource] / A. V. Ilchenko, I. G. Kocuba // Announcer of the Poltava state agrarian academy. - 2011. - № 2. - P. 150-153. Access mode: http://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2011/02/150.pdf (Ukr)

4. Methodology of development of estimation of influence on a natural environment for the objects of handling hard domestic wastes: Order of Ministry of building, architecture and housing and communal services of Ukraine from January, 10, 2006 №8. - K.: Dergbud of Ukraine, 2006. Access mode: http://ua-info.biz/legal/basert/ua-dmpwje.htm (Ukr)

5. Khrutba V.O. There is reformation of the regional system of handling wastes on the basis of European experience / of V.O. Chrutba, A.G. Kartavij, V.A. Zeruk // Visnik NTU. - №22. - 2011. - p.92-99. (Ukr)

6. Kotsiuba I. G. Prognostication of volumes of formation of hard domestic wastes in city Zhytomyr / Kotsiuba I. G., Sherbatuk A. F., Godovska T.B. // An announcer of the National technical university is the "Kharkiv polytechnic institute". Collection of scientific works. Series: "Mechaniko-technologic systems and complexes". - Kharkiv: NTU "XPI". - 2016. - № 7 (1179). - p.95-100. (Ukr)

7. Methodical recommendations from organization of collection, transportation, redoing and utilization of domestic wastes : order of Ministry on questions housing and communal services of Ukraine 07.06.2010 № 176. - K., 2010. - 18 p. (Ukr)

8. Silvia Cosimato, Orlando Troisi The Influence of Green Innovation in Logistics Competitiveness and Sustainability. The DHL Case Study // Liverpool (2014): 17th Toulon-Verona Conference "Excellence in Services". – 28-29 august, 2014. – p.95-112.

РЕФЕРАТ

Коцюба І.Г. Екологічна логістика накопичення твердих побутових відходів міста Житомира / І.Г. Коцюба, С.М. Лико, В.В. Лук’янова // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Визначено особливості екологічної політики в Україні в умовах розвитку євроінтеграційних процесів.

Метою статті є розроблення концептуальних засад формування стратегії реалізації екологічної логістики відходів з позицій сталого екологічно збалансованого розвитку та визначення обсягів накопичення відходів.

Методи дослідження: аналіз і синтез (дослідження властивостей і факторів впливу обсяг накопичення ТПВ); порівняння та аналогія; узагальнення та абстрагування; математичне програмування, теорія графів і теорія множин (розробка системи збирання та транспортування ТПВ); управління проектами (планування і здійснення проекту транспортування ТПВ); моделювання і прогнозування (перевірка розроблених концепцій і верифікація запропонованих моделей).

Доведено актуальність формування управлінських рішень екологічної логістики твердих побутових відходів задля зниження негативного впливу на довкілля. Показано роль логістики у зменшенні кількості відходів та в досягненні його економічних, соціальних та екологічних цілей. Підкреслено роль екологічної інформації та екологічних знань як особливого ресурсу в інноваційній економіці. Виявлено особливості впровадження екологічного підходу у сфері логістики. Екологістика розглядається як органічна складова загальної стратегії розвитку міста.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ЕКОЛОГІЧНА КРИЗА, ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, ЛОГІСТИКА, ЕКОЛОГІСТИКА, ЗВАЛИЩЕ, ПОЛІГОН.

ABSTRACT

Kotsiuba I.G., Lyko S.M., Lukjanova V.V. Ecological logistic of accumulation of hard domestic wastes of city Zhytomyr. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The paper proposes approach to identify the influence of structural defects on the electrical characteristics in silicon solar cells and the methodology for the study of the *p-n* junctioThe features of ecological politics are certain in Ukraine in the conditions of development of eurointegration processes.

The aim of the article is development of conceptual principles of forming of strategy of realization ecological logistic of wastes from positions the steady ecologically balanced development and determination volumes of accumulation of wastes.

Research methods: analysis and synthesis (research of properties and factors of influence is a volume of accumulation of HDW); comparison and analogy; generalization and abstracting; mathematical programming, theory of the graphs and theory of sets (development of the system of collection and transporting of HDW); management projects (planning and realization of project of transporting of HDW); design and prognostication (verification of the worked out conceptions and verification of the offered models).

Actuality of forming of administrative decisions of ecological logistic of hard domestic wastes is well-proven for the sake of decline negative influence on an environment. The role of logistic is shown in reduction to the amount of wastes and in the achievement of him economic. The role of ecological information and ecological knowledge is underline as the special resource in an innovative economy. The features of introduction of ecological approach are educed in the field of logistic. The ecologistic is examined as an organic constituent of general strategy of development of city.

KEYWORDS: ENVIRONMENT, ECOLOGICAL CRISIS, HARD DOMESTIC WASTES, LOGISTIC, ECOLOGISTIC, DUMP, GROUND.

РЕФЕРАТ

Коцюба И.Г. Экологическая логистика накопления твердых бытовых отходов города Житомира / И.Г. Коцюба, С.М. Лыко, В.В. Лукьянова // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Определены особенности экологической политики в Украине в условиях развития евроинтеграционных процессов.

Целью статьи является разработка концептуальных принципов формирования стратегии реализации экологической логистики отходов с позиций устойчивого экологически сбалансированного развития и определения объемов накопления отходов.

Методы исследования: анализ и синтез (исследование свойств и факторов влияния объем накопления ТБВ); сравнение и аналогия; обобщение и абстрагирование; математическое программирование, теория графов и теория множеств (разработка системы сбора и транспортировки ТБВ); управление проектами (планирование и осуществление проекта транспортировки ТБВ); моделирование и прогнозирование (проверка разработанных концепций и верификация предложенных моделей).

Доказана актуальность формирования управленческих решений экологической логистики твердых бытовых отходов ради снижения негативного влияния на окружающую среду. Показана роль логистики в уменьшении количества отходов, и в достижении его экономических, социальных и экологических целей. Подчеркнута роль экологической информации и экологических знаний как особенного ресурса в инновационной экономике. Выявлены особенности внедрения экологического подхода в сфере логистики. Экологистика рассматривается как органическая составляющая общей стратегии развития города.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС, ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ, ЛОГИСТИКА, ЭКОЛОГИСТИКА, СВАЛКА, ПОЛИГОН.

АВТОРИ:

Коцюба Ірина Григорівна, кандидат технічних наук, доцент, Житомирський державний технологічний університет, доцент, e-mail: kotsuba28@yandex.ua, тел.+380975396983, Україна, 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103, к.119а

Лико С. М., кандидат сільськогосподарських наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, доцент, тел.+380673827752, 033000, Україна, м. Рівне, вул. Пластова, 12

Лук’янова Віталіна Віталіївна, кандидат хімічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, e-mail: vitalina_lk@i.ua, тел. +380677985533, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 312.

AUTHOR:

Kotsyuba I. G., Ph.D., Associate Professor, Zhytomyr State Technological University, Associate Professor, e-mail: kotsuba28@yandex.ua, tel. + 380975396983, Ukraine, 10005, Zhytomyr, vul. Chudnivsk, 103, k.119a

Lyko S.M., candidate of agricultural sciences, professor, Zhytomyr State Technological University, Associate Professor, tel. + 380673827752, 033000, Ukraine, Rivne, str. Plast 12

Lukjanova V.V., Candidate of Chemical Science, National Transport University, associate professor department of The Department of Ecology and Safety of Vital Functions, e-mail: vitalina_lk@i.ua, tel. +380677985533, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 312.

АВТОРЫ:

Коцюба И. Г., кандидат технических наук, доцент, Житомирский государственный технологический университет, доцент, e-mail: kotsuba28@yandex.ua, тел. +380975396983, Украина, 10005, г. Житомир, ул. Чудновская, 103, к.119

Лыко С. М., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, Житомирский государственный технологический университет, доцент, тел. + 380673827752, 033000, Украина, Ровно, ул. Пластова, 12

Лукьянова Виталина Витальевна, кандидат химических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: vitalina_lk@i.ua, тел. +380677985533, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 312.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Хрутьба В.О., доктор технічних наук, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного університету, Київ, Україна

Подчашинський Ю.О., доктор технічних наук, професор кафедри комп’ютеризованих систем управління та автоматики Житомирського державного технологічного університету, Житомир, Україна

REVIEWER:

Khrutba V.O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Ecology and Safety of Vital Functions, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Podchashinskiy Y.O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of computerized control systems and automation Zhytomyr State Technological University, Zhytomyr, Ukraine

УДК 625.07
UDC 625.07

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІТИЧНОЇ ІЄРАРХІЇ (МЕТОДУ САТІ) ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ СКЛАДСЬКОГО КОМПЛЕКСУ

Куницька О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Джигир В.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна

USING ANALYTICAL METHOD HIERARCHY (SAATY’S METHOD) TO LOCATE WAREHOUSE COMPLEX

Kunitska O.M., candidate of science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Dzhyhyr V.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ (МЕТОДА САТИ) ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОЛОЖЕНИЯ СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Куницкая А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Джигир В.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

В статті подано аналіз існуючого методу розрахунку вибору складського приміщення. Запропонована методика реалізації методу аналітичних ієрархій для вибору оптимального складського приміщення для збільшення прибутку підприємства.

Об’єкт дослідження

У даній роботі застосовується метод аналітичної ієрархії (метод Сааті), за допомогою якого вирішується, яке складське приміщення слід обрати підприємству. Цей метод було обрано, оскільки він дозволяє зробити оптимальний вибір при обмеженій кількості інформації, при цьому, водночас, дає можливість врахувати відразу декілька критеріїв, на основі яких приймається рішення, яке якнайкраще задовольнить підприємство.

Постановка завдання.

При розширенні географії збуту товарів та збільшенні обсягів продажів багато фірм (промислові компанії, дистриб’ютори, мережеві роздрібні оператори) стикаються з проблемою необхідності створення нового власного або використанням комерційного складського приміщення. Створення (власне будівництво або оренда) необхідного складу дозволяє суттєво зменшити логістичні витрати на зберігання товару, збільшити прибуток від продажів, збільшити товарообіг, а також збільшення номенклатури товарів.

Головне завдання полягає у виборі найкращої альтернативи складського приміщення із запропонованих експертами за певними критеріями, які є важливими для підприємства.

Мета роботи – оцінити запропоновані складські приміщення за допомогою методу аналізу ієрархій і обрати оптимальний, порівнюючи їх згідно з важливими для підприємства критеріями.

Виклад основного матеріалу

Завдання оптимального розміщення логістичних потужностей давно вже стало класичним в логістиці. Серед існуючих методів, що дозволяють знайти оптимальне розташування складу відносно своїх постачальників і споживачів, при якому сумарні логістичні витрати досягнуть мінімального значення, є:

- метод повного перебору;
- метод центру тяжіння;
- метод пробної точки.

Метод повного перебору передбачає оцінку всіх можливих варіантів розташування складу. Трудомісткий і може бути реалізований лише за рахунок розробленого програмного забезпечення.

Метод центру тяжіння – для його реалізації необхідно мати дані щодо відстаней між складом та постачальниками і одержувачами, а також об’єми вантажів, що перевозяться. Також, в методі може

бути врахований транспортний тариф. Це досить популярний метод і зручний для визначення місця складу, що обслуговує деяку спільність клієнтів одного регіону.

Проте метод не дає мінімуму цільової функції, а забезпечує лише певний баланс. Знайдене місце зосередження складських приміщень є не стільки оптимальним, скільки дозволяє звести до рівноваги сумарні логістичні витрати для будь-яких двох діаметрально протилежних точках області споживання і постачання. Ця умова зовсім не забезпечує оптимального розміщення складу з точки зору мінімуму цільової функції сумарних витрат.

Метод пробної точки – дозволяє визначити оптимальне місце розташування складу у випадку прямокутної конфігурації автомобільних доріг на ділянці, що обслуговується. Суть методу полягає у послідовній перевірці кожного відрізку ділянки. Пробною точкою відрізку називається будь-яка точка, що розташована на цій ділянці і не належить її кінцям. Його недоліком є занадто спрощене представлення вихідних даних, і вкрай рідкі ситуації щодо представлення прямокутної конфігурації автомобільних доріг на ділянці, що обслуговується.

В роботі пропонується розглянути метод аналітичної ієрархії (метод Сааті), який був розроблений на початку 1970 року американським математиком Томас Сааті. Він створив процедуру підтримки прийняття рішень, яку назвав "Analityc hierarchy process" (AHP). Автори російського видання перевели цю назву як "Метод аналізу ієрархій" Цей метод відноситься до класу критеріальних і займає особливе місце, завдяки тому, що він отримав виключно широке поширення і активно застосовується донині, особливо в США. На основі метода Сааті, не зважаючи на його простоту, розробляються обґрунтовані системи підтримки прийнятого рішення.

За основу проведення дослідження щодо використання методу було взято підприємство ТОВ “Атонстар”. Компанії необхідно обрати один з чотирьох запропонованих варіантів складів.

В якості альтернативи запропоновано 4 склади класу D:

1) Склад за містом в сторону Борисполя, 20км від Києва (А).
2) Склад за містом в сторону Одеси, 25км від Києва (Б).
3) Склад в м. Києві Голосієвський район (В).
4) Склад в м. Києві Дарницький район (Г).

Критеріями прийняття рішення є:

1) Вартість купівлі складу
2) Віддаленість від перевізника
3) Розмір складу
4) Оснащення складу

Крок 1. Формування і побудова графіку ієрархії:

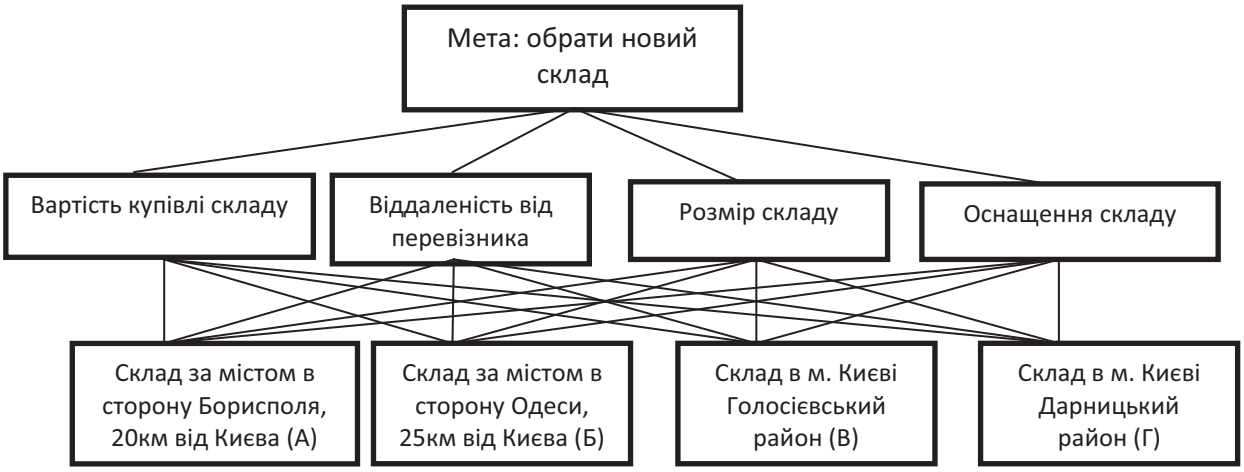


Рисунок 1 – Ієрархічна схема вибору місця для оптимального розміщення розподільного центру

Крок 2. Проведемо оцінку кожної альтернативи, по кожному критерію.

При оцінці кожної альтернативи по кожному критерію треба попарно порівняти альтернативи, а результати зафіксувати у таблицю.

Шкала порівнянь становить від 1 до 9, де

1 – це рівноцінність варіантів
3 – це помірна перевага
5 – це сильна перевага
7 – дуже сильна перевага
9 – найвища перевага

Таблиця 1 – Оцінка порівнянь по критерію "Вартість купівлі складу"

	А	Б	В	Г
А	1/1	4/1	6/1	6/1
Б	1/4	1/1	3/1	3/1
В	1/6	1/3	1/1	1/2
Г	1/6	1/3	2/1	1/1

Склад А до складу Б 4/1, це означає, що склад А помірно кращий за склад Б в критерії вартості купівлі складу.

Далі ці значення приводяться у десяткові і нормуються приводячи їх до відсоткового значення.

Таблиця 2 – Оцінка порівнянь по критерію "Вартість купівлі складу"

	А	Б	В	Г	Норм сума	%
А	1,00	4,00	6,00	6,00	17,00	0,53
Б	0,25	1,00	3,00	3,00	7,25	0,23
В	0,17	0,33	1,00	0,50	2,00	0,06
Г	0,17	0,33	2,00	1,00	5,5	0,17
Сума			**31,75**		**1**	

Одержані нормовані суми в методі Сааті мають назву оцінка альтернатив по критерію. Ці оцінки відображають точку зору лише людини, яка приймає рішення.

Аналогічним чином розраховуємо альтернативи по 3 іншим критеріям.

Крок 3. Одержання ваги критерію.

Таблиця 3 – Вага критерію

	Вартість складу	Віддаленість від перевізника	Розмір складу	Оснащення складу
Вартість складу	1/1	1/2	1/3	4/1
Віддаленість від перевізника	2/1	1/1	1/2	3/1
Розміру складу	3/1	2/1	1/1	3/1
Оснащення складу	1/4	1/3	1/3	1/1

Таблиця 4 – Оцінка ваги критерію

	Вартість складу	Віддаленість від перевізника	Розмір складу	Оснащення складу	Норм сума	%
Вартість складу	1,00	0,50	0,33	4,00	5,83	0,25
Віддаленість від перевізника	2,00	1,00	0,50	3,00	6,50	0,28
Розміру складу	3,00	2,00	1,00	3,00	9,00	0,39
Оснащення складу	0,25	0,33	0,33	1,00	1,91	0,08
Сума					**23,24**	**1**

Отже одержаній ваги критеріїв вибору складського мають такі значення:

Вартість складу W1 = 0,25

Віддаленість від перевізника W2 = 0,28

Розміру складу W3 = 0,39

Оснащення складу W4 = 0,08

Як видно з результату, найбільш цінним критерієм для підприємства є розмір складу.

Крок 4. Визначення функцій корисності

Одержимо значення інтегральних оцінок по кожній альтернативі, шляхом поєднання ваги критерію та оцінок альтернатив по кожному критерію.

Склад А = 0,53 * 0,25 + 0,11 * 0,28 + 0,32 * 0,39 + 0,35 * 0,08 = **0,3161**

Склад Б = 0,23 * 0,25 + 0,04 * 0,28 + 0,46 * 0,39 + 0,11 * 0,08 = 0,2569

Склад В = 0,06 * 0,25 + 0,42 * 0,28 + 0,11 * 0,39 + 0,35 * 0,08 = 0,2035

Склад Г = 0,17 * 0,25 + 0,42 * 0,28 + 0,11 * 0,39 + 0,20 * 0,08 = 0,219

При прийнятті рішення, до уваги приймається максимальне значення серед оцінок. В розглянутій ситуації компанії зупиниться на виборі розміщення складу в варіанті А.

Висновки

У роботі розглянуто актуальну проблему прийняття рішення щодо вибору оптимального складського приміщення. За допомогою метода аналітичних ієрархій (методу Сааті) серед запропонованих складів було обрано оптимальний, визначено критерії, які є важливими для підприємства.

Перевагою запропонованого підходу є той факт, що ваги критеріїв і оцінки за суб'єктивними критеріями не призначаються прямим вольовим методом, як найчастіше намагаються робити, при використанні експертних підходів, а на основі парних порівнянь. Інша перевага – представлення критеріїв у вигляді ієрархії (дерева).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Саати Т., Кернс К.П. Аналитическое планирование. Организация систем / Саати Т., Кернс К.П.- Пер. с англ. Под ред. И.А. Ушакова. – М.: –Радио и связь.– 1991. – 244 с.

2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий /Саати Т – М.: Радио и связь.– 1993.

3. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций / Хемди А. Таха // Вильямс, 2005. – 912 с; – с. 893–901.

4. Дыбская В.В. Логистика для практиков. Эффективные решения в складировании и грузопереработке./В.В.Дибская// — М.: ВИНИТИ РАН, 2002. 264 с.

5. Скітер І.С., Ткаленко Н.В., Трунова О.В. Математичні методи прийняття управлінських рішень: Навч. пос. – Чернігів: ЧДІЕУ, 2011. – 250 с.

REFERENCES

1. Saaty T., Kearns, KP Analytical planning. Organisation of the systems / Saaty T. Kearns K.P.- Trans. from English. Ed. IA Ushakov. - M .: -Radio and communication.- 1991. - 244 p. (Rus)

2. Saaty T. Decisions. The method of analysis of hierarchies / Saaty T - M .: Radio and communication.- 1993. (Rus)

3. Taha, Hemdi A. Introduction to Operations Research / Hemdi A. Taha // Williams, 2005. - 912 p; - p. 893-901. (Rus)

4. Dybskaya VV Logistics for practitioners. Effective solutions in warehousing and material handling / V.V.Dibskaya // -. M .: VINITI RAN, 2002. 264 p. (Rus)

5. Skeeter IS, Tkalenko NV Trunov AV Mathematical methods of decision-making: Training. Ref. - Chernihiv: CHDIEU, 2011. - 250 p. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Куницька О.М. Використання методу аналітичної ієрархії (методу Сааті) для визначення місця розташування складського комплексу / О.М. Куницька, В.А. Джигир // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті подано аналіз існуючого методу розрахунку вибору складського приміщення. Запропонована методика реалізації методу аналітичних ієрархій для вибору оптимального складського приміщення для збільшення прибутку підприємства.

Об’єкт дослідження - у даній роботі застосовується метод аналітичної ієрархії (метод Сааті), за допомогою якого вирішується, яке складське приміщення слід обрати підприємству. Цей метод було

обрано, оскільки він дозволяє зробити оптимальний вибір при обмеженій кількості інформації, при цьому, водночас, дає можливість врахувати відразу декілька критеріїв, на основі яких приймається рішення, яке якнайкраще задовольнить підприємство.

Мета роботи – оцінити запропоновані складські приміщення за допомогою методу аналізу ієрархій і обрати оптимальний, порівнюючи їх згідно з важливими для підприємства критеріями.

Метод дослідження – критеріальний метод прийняття рішення.

Завдання оптимального розміщення логістичних потужностей давно вже стало класичним в логістиці. Існує декілька можливих методів для вирішення даної задачі, але в даному дослідженні пропонується розглянути метод аналітичної ієрархії (метод Сааті). На основі метода Сааті, не зважаючи на його простоту, розробляються обґрунтовані системи підтримки прийнятого рішення. За основу проведення дослідження щодо використання методу було взято підприємство ТОВ “Атонстар”.

Перевагою запропонованого підходу є той факт, що ваги критеріїв і оцінки за суб'єктивними критеріями не призначаються прямим вольовим методом, як найчастіше намагаються робити, при використанні експертних підходів, а на основі парних порівнянь. Інша перевага – представлення критеріїв у вигляді ієрархії (дерева).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЛОГІСТИКА, СКЛАДСЬКА ЛОГІСТИКА, УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ, ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ СКЛАДУ

ABSTRACT

Kunitska O.M., Dzhyhyr V.A. Using analytic hierarchy (Saaty’s method) to determine the location of a warehouse complex. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article analyzes the current method of calculating the selection of warehouse space. The technique of implementing the method of analytic hierarchy process for choosing the optimal warehouse to increase profits.

Research object - in this paper, the method of analytic hierarchy (Saaty method) by which decided that warehouse should select company. This method was chosen because it allows you to make the best choice with a limited amount of information, while at the same time, makes it possible to take into account several criteria on which the decision that best meet enterprise.

Objective - to evaluate the proposed warehouses using the analytic hierarchy process and choose the best, comparing them according to criteria important for the enterprise.

The research method - criterial decision-making methods.

Task optimal placement of logistics facilities has long been a classic in logistics. There are several possible methods to solve this problem, but in this research is invited to consider the method of analytic hierarchy (Saaty method). Based Saaty method, despite its simplicity, proved developed support system decision. The basis of the research on the use of the method was taken by the company LLC "Atonstar."

The advantage of the proposed approach is the fact that the weight criteria and subjective criteria for evaluation are not appointed directly willed by how often try to do, using peer approaches, based on pairwise comparisons. Another advantage - a presentation of criteria in a hierarchy (tree).

KEYWORDS: WAREHOUSE, WAREHOUSE MANAGEMENT, LOGISTICS, DETERMINE THE LOCATION OF A WAREHOUSE

РЕФЕРАТ

Куницкая О.М. Использование метода аналитической иерархии (метода Саати) для определения местоположения складского комплекса / О.М. Куницкая, В.А. Джигир // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье представлен анализ существующего метода расчета выбора складского помещения. Предложенная методика реализации метода аналитических иерархий для выбора оптимального складского помещения для увеличения прибыли предприятия.

Объект исследования - в данной работе применяется метод аналитической иерархии (метод Саати), с помощью которого решается, которое складское помещение следует выбрать предприятию. Этот метод был выбран, поскольку он позволяет сделать оптимальный выбор при ограниченном количестве информации, при этом одновременно дает возможность учесть сразу несколько критериев, на основе которых принимается решение, которое лучше удовлетворит предприятие.

Цель работы - оценить предложенные складские комплексы с помощью метода анализа иерархий и выбрать оптимальный, сравнивая их согласно важными для предприятия критериям.

Метод исследования - критериальный метод принятия решения.

Задача оптимального размещения логистических мощностей давно уже стало классическим в логистике. Существует несколько возможных методов для решения данной задачи, но в данном исследовании предлагается рассмотреть метод аналитической иерархии (метод Саати). На основе метода Саати, несмотря на его простоту, разрабатываются обоснованные системы поддержки принятого решения. За основу проведения исследования по использованию метода было взято предприятие ООО "Атонстар".

Преимуществом предлагаемого подхода является тот факт, что веса критериев и оценки по субъективным критериям не назначаются прямым волевым методом, как чаще всего пытаются делать, при использовании экспертных подходов, а на основе парных сравнений. Другое преимущество - представление критериев в виде иерархии (дерева).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЛОГИСТИКА, СКЛАДСКАЯ ЛОГИСТИКА, УПРАВЛЕНИЕ СКЛАДОМ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СКЛАДА

АВТОР:

Куницька Ольга Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортні системи і безпека дорожнього руху», e-mail: tsbdr@ukr.net. Тел 0442804885, Україна, 01010, м. Київ вул. Суворова 1, к. 435

Джигир Владислав Анатолійович, магістр, Національний транспортний університет, e-mail: vladdzhygir@ukr.net. Тел 0662141220, Україна, 01010, м. Київ вул. Суворова 1, к. 435

AUTHOR:

Kunitska Olga, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, assistant professor of «Transport systems and traffic safety », e-mail: tsbdr@ukr.net. Tel 0442804885, Ukraine, 01010, m. Kyiv st. Suvorov 1, k. 435

Dzhyhyr Vlad, master, National Transport University, e-mail: vladdzhygir@ukr.net. Tel 0662141220, Ukraine, 01010, m. Kyiv st. Suvorov 1, k. 435

АВТОР:

Куницкая Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Транспортные системы и безопасность дорожного движения», e-mail: tsbdr@ukr.net. Тел 0442804885, Украина, 01010, г. Киев. ул. Суворова 1, к. 435

Джигир Владислав Анатольевич, магистр, Национальный транспортный университет, e-mail: vladdzhygir@ukr.net. Тел 0662141220, Украина, 01010, г. Киев ул. Суворова 1, к. 435

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Юн Геннадій Миколайович, доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри організації авіаційних перевезень м. Київ, Україна.

Прокудін Георгій Семенович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль» м. Київ, Україна.

REVIEWERS:

Yun Gennady, PhD, Professor, National Aviation University, head of the organization of the Department «Air transport». Kyiv, Ukraine.

Prokudin Georgiy Semenovych, D.Sc., Ph.D., professor, National Transport University, head of the Department of «International Freights Shipments and Customs Control» Kyiv, Ukraine.

УДК 656.078
UDC 656.078

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ РІВНІВ УЧАСНИКІВ

Куницька О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Приходько Д Р., Національний транспортний університет, Київ, Україна

PROBLEMS IN MANAGEMENT OF INCREASE PARTICIPANTS IN THE SUPPLY CHAIN

Kunitska O.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Prikhodko D. R., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПОЧКОЙ ПОСТАВОК ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ УРОВНЯ УЧАСТНИКОВ

Куницкая О.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Приходько Д.Р., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

Концепція управління ланцюгами поставок (Supply Chain Management SCM) сучасний напрямок, який дозволяє організувати взаємозв’язок між підприємствами і забезпечити клієнтоорієнтованість сучасного бізнесу. На початковому етапі свого формування SCM трактувалося як деяке доповнення до логістики, сьогодні ж воно є самостійною науковою дисципліною, що включає логістику як найважливішу складову. Трансформації лінійного ланцюга поставок у мережу поставок призвели до виникнення ускладнень управлінського та організаційного характеру.

Виклад основного матеріалу.

Управління ланцюгом поставок - це організація, планування, контроль і регулювання товарного потоку, починаючи з отримання замовлення і закупівлі сировини і матеріалів для забезпечення виробництва товарів, і далі через виробництво і розподіл доведення його з оптимальними витратами ресурсів до кінцевого споживача відповідно до вимог ринку.

Об’єкти управління ланцюгами постачань - матеріальні потоки і сервісні потоки (потоки послуг), а також супутні інформаційні, фінансові потоки.

Ключове завдання управління - оптимальне управління ланцюгами поставок, з метою мінімізації витрат, термінів доставки матеріальних ресурсів, а також підвищення якості матеріальних ресурсів і сервісу.

Основні функціональні області управління ланцюгами поставок: логістичне адміністрування, розробка схем поставок,міжфункціональна і міжорганізаційна координація, управління закупкою МТР, логістичною підтримкою виробництва, запасами (транспортування, зберігання, логістичним інформаційно-комунікаційних забезпеченням).

Типові проблеми УЛП на підприємствах:

- зайві запаси товаро-матеріальних цінностей і тривалі терміни зберігання;
- збільшення рівнів учасників;
- неоптимальні партії і ціни на закуповування ТМЦ;
- зриви термінів поставки матеріально-технічних ресурсів і готової продукції;
- високі логістичні витрати;
- низька якість закуповування ТМЦ та логістичного сервісу.[1]

На рисунку 2 представлені уявні варіанти формування ланцюгів поставок [2]. У першому випадку (варіант а) постачальники "Г" і "Д" поставляють свою продукцію постачальникам "Б" і "В", які у свою чергу поставляють свою продукцію постачальнику "А". Цей постачальник обслуговує кінцевих споживачів "І" і "ІІ". Тож постачальник "В" поставляє частину своєї продукції споживачеві "ІІ" напряму.

У такому випадку виникає досить складна за структурою мережа поставок, яка породжує досить різноманітні відносини всередині ланцюга поставок. Постачальник "Г" може конкурувати з постачальником "Д", оскільки вони працюють із одним споживачем. У свою чергу цей споживач, як постачальник "в", конкурує з постачальником "А", оскільки вони мають одного й того ж споживача "ІІ".

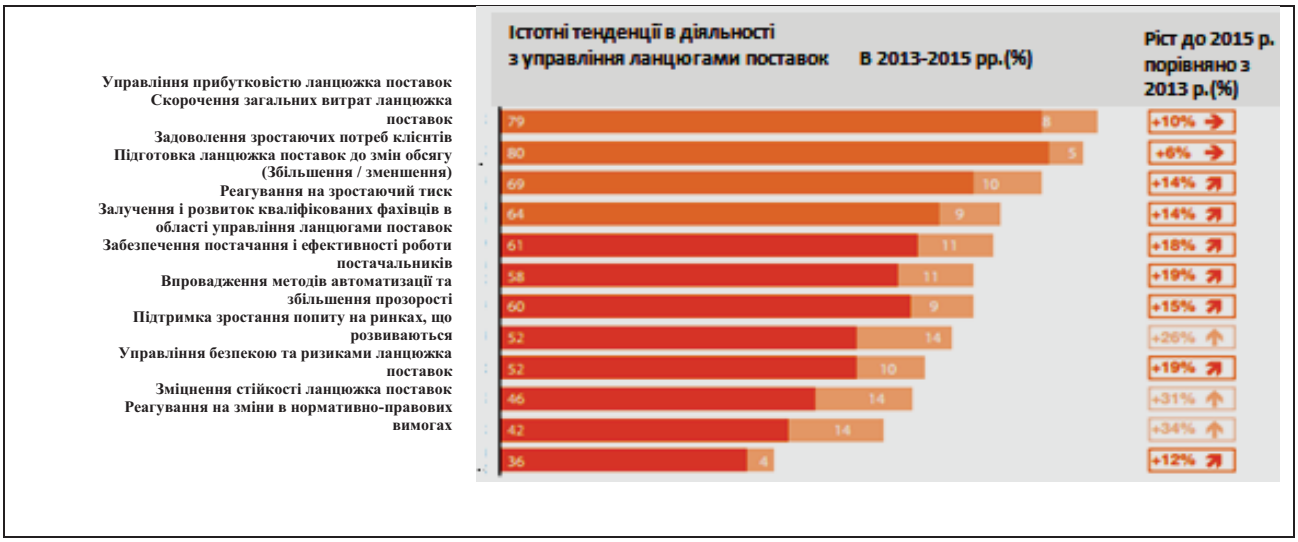


Рисунок 1 - Витрати, прибутковість і вимоги клієнтів - головні проблеми УЛП

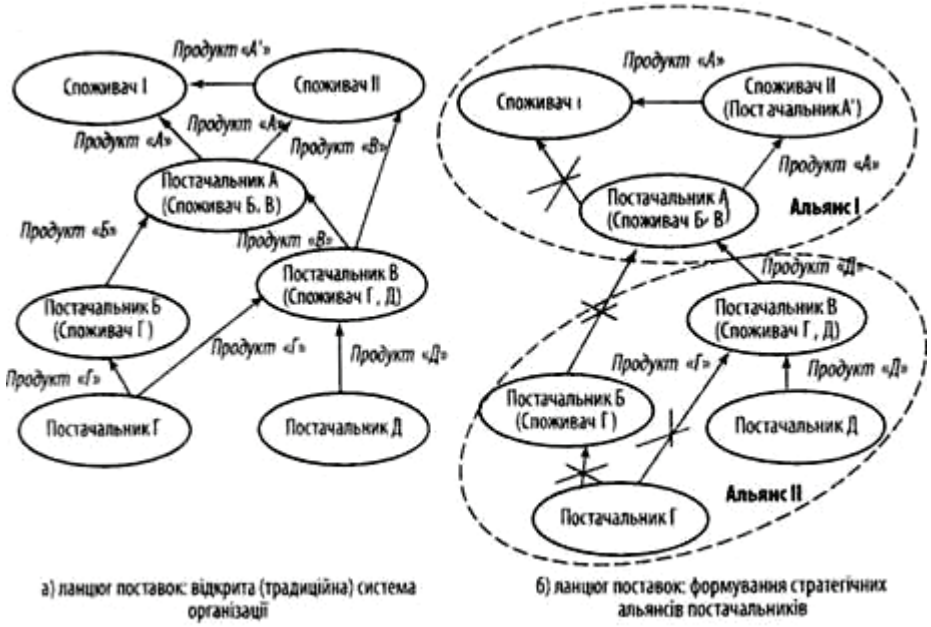


Рисунок 2 - Схеми формування ланцюгів поставок з різною тіснотою зв'язків

В іншому випадку (варіант б) у ланцюгу поставок можуть формуватися стратегічні альянси постачальників. Так, споживач I приймає рішення повністю зосередитися на взаємодії зі споживачем "II", розміщуючи у нього замовлення на поставку продукту "А'" (продукт "А", що пройшов додаткові технологічні операції з метою підвищення його якісних показників). Підставою для цього є більш високі економічні показники діяльності постачальника А' порівняно з постачальником "А". Постачальник "А" гарантує розширення й "оптимізацію" своєї бази поставок з урахуванням інтересів споживача "II". У свою чергу постачальники "В", "Г" і "Д" утворюють альянс, звільнившись від дій, які не сприяють формуванню вартості. Вони поставляють свої види продукції за умов більш ефективного спільного використання інформації щодо виробничих проблем споживачеві "Г", "Д". За певних умов постачальники "В", "Г" і "Д" можуть домовитися про розподіл своїх зобов'язань по відношенню до продукту "А" (можливе досягнення ефекту синергізму, коли постачальник "А" здатний буде запропонувати продукт "А" з новими унікальними властивостями).[3]

Розглянемо приклад УЛП: своєрідну «мережеву структуру ланцюгів поставок», в якій кожна компанія (організація або окремий структурний підрозділ) поставляють один одному матеріально-товарну продукцію або послуги, додаючи певну вартість до товару.

В кінці 1988 р. компанія Volkswagen запустила два нові складальних конвеєра для моделі Passat на заводі в місті Емден. Компанія «Пегюформ», що спеціалізується на виробництві комплектуючих,

була обрана постачальником бамперів Passat. На новому заводі «Пегюформ» в Олденбург в 50 км від Емдена план збірки компанією Volkswagen складається за шість місяців до фактичного початку робіт, він постійно коригується, враховуючи необхідну форму і колір бамперів, які зберігаються на складі в 84 варіантах. За шість годин до фактичної збірки в Емдені в «Пегюформ» надходить план кінцевої збірки. Кожні 39 секунд комплект бамперів передається з проміжного складу в правильній послідовності, щоб співпасти з кінцевою збіркою в Емдені через шість годин. Комплекти переміщаються на два складальних конвеєра, де бампер укомплектовують сталевими інкрустаціями, лампами та іншими пристосуваннями. Існує більше 300 варіантів комплектації. Складальний конвеєр випускає бампери кожних 78 секунд. Бампери встановлюються на спеціальні піддони, які занурюються на вантажівки. Як тільки автомобіль повністю завантажений, він відправляється на завод компанії Volkswagen в місті Емден. Завантаження в Олденбург і розвантаження в Емдені організовують так, щоб кінцева збірка не переривалася. З моменту розвантаження автомобіля до початку збірки проходить 1год.[4]

Таким чином, ланцюги поставок - це послідовності постачальників і споживачів: кожен споживач потім стає постачальником для наступних (у більш нижній ланці) видів діяльності або функцій, і так продовжується до тих пір, поки готовий продукт не надійде до кінцевого користувача.

Ланцюг поставок складається з безлічі взаємин між партнерами (продавець – покупець), де одна сторона виступає в якості покупця, а інша – продавця. І хоча прямо або опосередковано всі учасники ланцюга орієнтуються на кінцевого клієнта, пріоритетними для продавця будуть потреби його безпосереднього покупця, а не кінцевого клієнта. Чим "далі" від кінцевого клієнта знаходиться продавець, тим більш значущим буде цей пріоритет.[5]

Постачальники і споживачі першого рівня - це ті організації, які взаємодіють (купують або продають товари і послуги) безпосередньо з фокусною (центральної) компанією. Постачальники і споживачі другого рівня - це постачальники постачальників і споживачі споживачів першого рівня і т.д. аж до початкового постачальника (постачальника природних ресурсів) і кінцевого споживача. Кожна компанія може вибудовувати свою ланцюг поставок, оскільки її керівництво бачить саме свою компанію в якості центральної і тому розглядає потенційних учасників мережевої структури, виходячи в основному з інтересів своєї компанії.[6]

Чим більше рівнів управління ланцюгів постачань, тим безліч загроз організаційно-економічної надійності ланцюга поставок, кожна з яких характеризується коефіцієнтом небезпеки Р.[8]

Показниками надійності процесів є дані ймовірнісних значень в інтервалі $0 \leq P \leq 1$. Тут "0" є показником повного припинення функціонування (відмови), а "1" – показником повної взаємодії.

Під надійністю процесів в ланцюзі постачань розуміється ймовірність того, що в певний період часу та в рамках заданих допусків будуть досягнуті узгоджені результати. Наприклад, замовлення на перевезення вважається виконаним, якщо реалізоване в межах заданого діапазону допуску. Завдання з розрахунку показників надійності розв'язується зі застосуванням методів теорії ймовірностей, теорії ризиків, теорії множин та ін. У найзагальнішому вигляді надійність процесів поставки розраховується як різниця :

$$P=1- P_{відм}$$

де Р – надійність поставок;

$P_{відм}$ – ймовірність відмови в задовільнені заявки на поставку або ймовірність відмови з боку і-го постачальника.

У взаємодії з ланцюгом постачальників попередня формула набуває вигляду[8]:

$$P = 1 – П^{n}_{i=1} (1 – P_i),$$

де P_i – надійність і-го постачальника.

Під надійністю постачання в ланцюзі буде розглядатися набір таких критеріїв, як ефективність виконання замовлень з точки зору дотримання термінів поставки, якості послуг, що надаються, асортименту продукції і сукупних витрат. Перешкоди в системі постачання розуміються, з точки зору кібернетики, як випадкові відхилення від нормальної поведінки. Цим відхилень відповідають зміни параметрів процесів і / або результатів взаємодії елементів ланцюга. Порушення, як наслідок впливу небезпечних чинників, можуть взаємно компенсуватися («складатися»). Таким чином, вплив перешкод на взаємодії в ланцюзі завжди проявляється через надійність постачальників. У зв'язку з прискоренням темпів зміни транспортного ринку виникають нові, підвищені, вимоги до надійності поставок, яким відповідають показники надійності, гнучкості і часу реагування (реактивності) постачальника на зміни ринку. Для їх задоволення необхідно більш ефективне використання ресурсів, засноване на технологіях автоматичної ідентифікації. Для підвищення ефективності та якості послуг постачальника необхідно скорочення термінів поставки і підвищення реактивності, тобто скорочення часу реагування на заявки споживачів. Швидке здійснення етапів поставки вимагає

нових організаційних і технологічних заходів. Вони спрямовані на підтримку високого рівня передпродажної підготовки, скорочення їх життєвого циклу, термінів закупівлі та поставки, зниження запасів ресурсів.

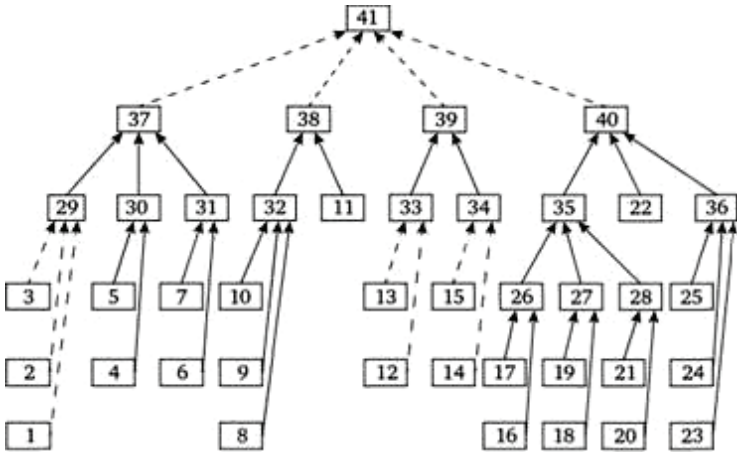


Рисунок 3 - Сценарій небезпечного стану ланцюга поставок:
→ - диз'юнктивні зв'язки (OR); - - -> - кон’юнктиві зв'язки (AND)[7]

Побудова дерев відмов починається з визначення поломки або відмови окремих елементів системи та складання причинно-наслідкових ланцюгів, що показують, до яких подальших подій це може призвести. При побудові дерев подій починають з небажаної події (наприклад, відмова події) і простежують причини, які можуть його викликати.

Дерева відмов пророкують, у що може розвинутися відмова того чи іншого елемента, а дерева подій допомагають простежити всі причини, здатні викликати небажана подія.

З рисунку 3 видно, що ланцюг поставок обов'язково втратить надійність, якщо одночасно відбудуться такі події:

1) поставка продукції в неповному обсязі через зниження потужності промислового підприємства або зниження потужності логістичних посередників;

2) зниження якості продукції у зв'язку з псуванням продукції через порушення технології складування, або транспортування, або виробництва продукції з неякісної сировини;

3) зрив термінів постачання через: а) збільшення часу виконання замовлення через збільшення технологічного часу виконання замовлення або збільшення часу простоїв обладнання; або б) збільшення часу доставки чинності не оптимальності транспортних маршрутів або зниження швидкості пробігу транспортних засобів;

4) підвищення загальних логістичних витрат, пов'язаних із збільшенням транспортних тарифів або вартості логістичних або посередницьких послуг, або зростанням цін на сировину.[7]

Висновки.

Отже, надійність сьогодні виступає не тільки в якості комплексного показника діяльності логістичних систем і ланцюгів поставок, але і є одним із основних сучасних логістичних пріоритетів, що закладені в загальну стратегію діяльності логістичних компаній.

Для створення стійких і надійних ланцюгів постачання необхідною умовою є узгодження стратегій і тактик учасників ланцюгів постачання, формування єдиної системи, здатної задовольнити найскладніші потреби кінцевих споживачів. Нові логістичні ланцюги повинні вибудовуватися на основі інноваційних технологій, що автоматизують процеси управління матеріальними, фінансовими та інформаційними потоками.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Логистика и управление цепями поставок, С. Б. Болховитинов– 74 с. Режим доступа: https://mipt.ru/upload/1bb/f_fy3g-arpgxa6mq5q.pdf

2. Цепочки поставок нового поколения .Эффективные, быстрые и соответствующие индивидуальным потребностям клиентов, 2013. – 35 с. Режим доступа: https://www.pwc.ru/en/performance-management/assets/global-supply-_chain-survey-2013-rus.pdf

3. Логістичний менеджмент : підручник / В. С. Пономаренко, К. М. Таньков, Т. І. Лепейко / За ред. проф. д-ра екон. наук В. С. Пономаренка. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2010. – 440 с.

4. Корпоративна логістика. 300 відповідей на питання професіоналів / В.І. Сергєєв./ За заг. і наук. редакцією проф. а. - М.: ИНФРА-М, 2005. - 976 с.

5. Управління ланцюгами поставок : навчальний посібник / Т. О. Колодізєва. ─ Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. ─ 164 с.

6. Комерція і логістика: збірник наукових праць. К 63 Випуск 9 / під ред. В.В. Щербакова А.В. Парфьонова і Е.А. Смирнова. - СПб. : Видавництво СПбГУЕФ, 2011. - 315 с.

7. Інтегроване планування ланцюгів поставок: підручник для бакалаврату та магістратури / І. А. Пузанова; під ред. Б. А. Анікіна. - М.: Издательство Юрайт, 2014. - 320 с.

8. Основы менеджмента безопасности цепей поставок: учеб. пособие / А.Г. Некрасов.- МАДИ.- М., 2011.-130 с.

REFERENCES

1. *Logistics and supply chain management*, Bolkhovitinov SB - 74 p. Access: https://mipt.ru/upload/1bb/f_fy3g-arpgxa6mq5q.pdf (Rus)

2. *The new generation of supply chain. Effective, fast and tailored to individual customer needs*, 2013. - 35 p. Access: https://www.pwc.ru/en/performance-management/assets/global-supply-_chain-survey-2013-rus.pdf(Rus)

3. *Logistics Management: textbook* / VS Ponomarenko, K. Tankov, TI Lepeyko / Ed. prof. Dr. Sc. Science VS Ponomarenko. - H., WA "INZHEK", 2010. - 440 p. (Ukr)

4. *Corporate Logistics. 300 replies to question professionals* / VI Sergeyev. / Pod Society. and Sciences. Edited by prof. and. - M .: INFRA-M, 2005. - 976 p. (Ukr)

5. *Supply Chain Management: Textbook* / TA Kolodizyeva. ─ Kharkov: Abstract of them. S. Kuznets, 2016. ─ 164 p. (Ukr)

6. *Commerce and Logistics: technologies.* K 63 Issue 9 / ed. VV Scherbakov AV Parfenov and EA Smirnov. - SPb. : SPbHUEF Publishing, 2011. - 315 p. (Ukr)

7. *Integrated supply chain planning: a textbook for undergraduate and graduate* / IA Puzanova; ed. BA Anikin. - M .: Publishing Yurayt, 2014. - 320 p. (Ukr)

8. *Fundamentals of Management Supply Chain Security*: Proc. Benefit / AG Nekrasov.- MADI.- M., 2011.-130 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Куницька О.М. Проблеми управління ланцюгами постачань при збільшенні рівнів учасників / О.М. Куницька, Д. Р. Приходько // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті проаналізовано взаємовідносини між учасниками ланцюга постачань.

Об’єкти управління ланцюгами постачань - матеріальні потоки і сервісні потоки (потоки послуг), а також супутні інформаційні, фінансові потоки.

Мета управління - оптимальне управління ланцюгами поставок, з метою мінімізації витрат, термінів доставки матеріальних ресурсів, а також підвищення якості матеріальних ресурсів і сервісу.

Прямо або опосередковано всі учасники ланцюга орієнтуються на кінцевого клієнта, пріоритетними для продавця будуть потреби його безпосереднього покупця, а не кінцевого клієнта. Чим "далі" від кінцевого клієнта знаходиться продавець, тим більш значущим буде цей пріоритет. При чому, чим більше рівнів управління ланцюгів постачань, тим більше загроз організаційно-економічної надійності ланцюга поставок, кожна з яких характеризується коефіцієнтом надійності.

В роботі визначено показник надійності процесів ланцюга постачань. Під надійністю процесів розуміється ймовірність того, що в певний період часу та в рамках заданих допусків будуть досягнуті узгоджені результати.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЛОГІСТИКА, ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ, НАДІЙНІСТЬ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ

ABSTRACT

Kunitska O.M., Prikhodko D.R. Problems in management of increase participants in the supply chain. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article analyzes the relationship between supply chain members.

The objects of supply chain management are the material flows and service flows (service flows), as well as related information, financial flows.

The goal of management - optimal supply chain management, in order to minimize costs, the timing of delivery of material resources, as well as improving the quality of material resources and services.

A chain of the final customer guides all participants; the priority for the seller will need its direct buyer and not the end user. The "farther" from the end customer is a dealer the more significant will be the priority.

Moreover, the greater the level of supply chain, the greater the risks of organizational and economic reliability of the supply chain, each of which is characterized by the reliability factor.

The paper defines the index of the reliability of the supply chain processes. Under the process reliability is the probability that consistent results achieved in a specific period of time and within the specified tolerances.

KEYWORDS: LOGISTICS, TRANSPORTATION SYSTEMS, SUPPLY CHAIN MANAGEMENT, SUPPLY CHAIN RELIABILITY

РЕФЕРАТ

Куницкая О.Н. Проблемы управления цепочкой поставок при увеличении уровня участников / О.Н. Куницкая, Д.Р. Приходько // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье проанализированы взаимоотношения между участниками цепи поставок.

Объектами управления цепями поставок являются материальные потоки и сервисные потоки (потоки услуг), а также сопутствующие информационные, финансовые потоки.

Цель управления - оптимальное управление цепями поставок, с целью минимизации затрат, сроков доставки материальных ресурсов, а также повышения качества материальных ресурсов и сервиса.

Прямо или косвенно все участники цепи ориентируются на конечного клиента, приоритетными для продавца будут необходимости его непосредственного покупателя, а не конечного клиента. Чем «дальше» от конечного клиента находится продавец, тем более значимым будет этот приоритет. Причем, чем больше уровней управления цепей поставок, тем больше угроз организационно-экономической надежности цепи поставок, каждая из которых характеризуется коэффициентом надежности.

В работе определены показатель надежности процессов цепи поставок. Под надежностью процессов понимается вероятность того, что в определенный период времени и в рамках заданных допусков будут достигнуты согласованные результаты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЛОГИСТИКА, ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ, УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК, НАДЕЖНОСТЬ ЦЕПИ ПОСТАВОК

АВТОР:

Куницька Ольга Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортні системи і безпека дорожнього руху», e-mail: tsbdr@ukr.net. Тел 0442804885, Україна, 01010, м. Київ вул. Суворова 1, к. 435

Приходько Діана Русланівна бакалавр, Національний транспортний університет,e-mail: diana11071994@gmail.com. Тел+38(097)-321-83-72, Україна, 01010, м. Київ вул. Суворова 1, к. 435

AUTHOR:

Kunitska Olga, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, assistant professor of «Transport systems and traffic safety », e-mail: tsbdr@ukr.net. Tel 0442804885, Ukraine, 01010, m. Kyiv st. Suvorov 1, k. 435

Prikhodko Diana Ruslanivna bachelor, National Transport University, e-mail: diana11071994@gmail.com. Tel +38 (097) -321-83-72, Ukraine, 01010, m. Kyiv street. Suvorov 1, k. 435

АВТОР:

Куницкая Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Транспортные системы и безопасность дорожного движения», e-mail: tsbdr@ukr.net. Тел 0442804885, Украина, 01010, г. Киев. ул. Суворова 1, к. 435

Приходько Диана Руслановна бакалавр, Национальный транспортный университет, e-mail: diana11071994@gmail.com. Тел + 38 (097) -321-83-72, Украина, 01010, г. Ул. Суворова 1, к. 435

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Юн Геннадій Миколайович, доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри організації авіаційних перевезень м. Київ, Україна.

Прокудін Георгій Семенович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль» м. Київ, Україна.

REVIEWERS:

Yun Gennady, PhD, Professor, National Aviation University, head of the organization of the Department «Air transport». Kyiv, Ukraine.

Prokudin Georgiy Semenovych, D.Sc., Ph.D., professor, National Transport University, head of the Department of «International Freights Shipments and Customs Control» Kyiv, Ukraine.

УДК 621.43.056
UDC 621.43.056

ПРОГРІВ КАТАЛІТИЧНОГО НЕЙТРАЛІЗАТОРА ПІСЛЯ ЗАПУСКУ ХОЛОДНОГО ДВИГУНА І ЙОГО ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Кухтик Н.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

CATALYTIC CONVERTER WARMING UP AFTER A COLD START AND ITS IMPACT ON THE EFFICIENCY OF HARMFUL SUBSTANCE NEUTRALIZATION

Kukhtyk N.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПРОГРЕВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА ПОСЛЕ ПУСКА ХОЛОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Кухтик Н.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Сучасні бензинові двигуни повинні відповідати жорстким екологічним стандартам, які вже впроваджені в Європі і які також впроваджує Україна. З 2016 року Україна підтвердила своє прагнення підтримувати стандарти Євро-5. Але і попередні вимоги стандартів Євро-3 та Євро-4 встановлюють низький рівень викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Забезпечення цих вимог можливе тільки завдяки використанню додаткового обладнання (нейтралізаторів) у системі випуску відпрацьованих газів (ВГ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Європі та США ведуться роботи, в основному, з пошуку ефективних матеріалів, що замінять коштовні платину, паладій, родій в блоках каталітичних нейтралізаторів. Більшої інформації відносно ефективності роботи нейтралізатора за різних температур відпрацьованих газів виробники не надають.

Дослідженнями щодо пошуку нових технічних рішень при розробці нових нейтралізаторів займалися відомі вчені, а саме: Камєнєв В.Ф., Фомін В.М., Папкін Б.А., Соловйов С.О., Орлик С.М., Сініцин В.А. [1-3].

Мета дослідження. Визначення температурного режиму як двигуна так і каталітичного нейтралізатора, за якого можлива ефективна робота щодо зменшення викидів забруднюючих речовин. Визначення мінімальних і максимальних меж (за температурою) окислювальних реакцій із зменшенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Результати дослідження. Викиди забруднюючих речовин автомобільними двигунами тісно пов’язані з особливістю протікання робочих процесів в циліндрах двигуна, а особливо процесів згоряння. Процес згоряння характеризується як швидкоплинна реакція окислення вуглеводнів, що проходить певну низку хімічних перетворень. Повнота перетворень вуглеводнів в двооксид вуглецю CO_2 та пари води H_2O залежить від складу робочої суміші, швидкості реакції і від часу, що виділяється в реальному робочому циклі, на здійснення реакції. Із збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигунів цей час суттєво зменшується і складає близько 0,003 с.

За такий короткий період, навіть досконала система, не в змозі забезпечити повне окислення вуглеводнів.

Саме це спонукало автовиробників до використання систем нейтралізації забруднюючих речовин відпрацьованих газів двигунів.

За характером основної реакції, видалення забруднюючих речовин, нейтралізатори можуть бути окислювальними, відновлювальними і трикомпонентними чи біфункціональними.

В каталітичних нейтралізаторах реакції перетворення шкідливих компонентів відпрацьованих газів двигуна здійснюються протіканням безполум’яних процесів окислення і відновлення в присутності каталізатора. Каталізатори – це речовини, які самі не приймають участі в термохімічних реакціях, але, послаблюючи молекулярні зв’язки в газах, забезпечують протікання реакцій за нижчих температур [1].

За відсутності каталітичних нейтралізаторів повне перетворення оксиду вуглецю і незгорівших вуглеводнів відбувається в діапазоні температур від 700 до 850°С при умові надлишку кисню. Нейтралізувати оксиди азоту при цьому неможливо, оскільки обов’язковою умовою їх відновлення є відсутність вільного кисню [2].

Одним з недоліків каталітичних нейтралізаторів є суттєва залежність ефективності роботи нейтралізатора від його температури.

Каталітичний процес нейтралізації продуктів згоряння протікає, як правило, за температури вище 300°С за малого часу контакту, що пов’язано з великими швидкостями потоку відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння.

Блочні сотові носії і каталізатори випускають відомі світові фірми, а саме: «Corning», «Engelhard» (США), «Siemens», «Degussa», «BASF» (Німеччина), «NGK» (Японія), «Holdor Topsoe» (Данія), «Bosal» (Бельгія) та інші.

На ефективність нейтралізатора великий вплив чинять конструкція і матеріал носія каталізатора, та матеріали, які використовують в якості напиленого активного шару нейтралізатора.

Хімікам відомо безліч каталізаторів – мідь, хром, нікель, паладій, родій. Але самою стійкою до впливу сірчистих сполук, які утворюються при згорянні наявної в бензині сірки, виявилася платина. На частку каталізаторів доводиться до 60% собівартості всього нейтралізатора.

В багатьох випадках, носієм в нейтралізаторі слугує спецкераміка – моноліт з безліччю поздовжніх сот-осередків, на які нанесена спеціальна шорстка підкладка. При цьому вага благородних металів, нанесених на підкладку, становить всього 2–3 грами.

На сьогоднішній день виробники каталітичних нейтралізаторів та автовиробники віддають перевагу в конструкції нейтралізаторів металевим стільникам. Це дозволяє збільшити площу робочої поверхні, отримати менший протитиск, прискорити розігрів каталітичного нейтралізатора до робочої температури і, головне, розширити температурний діапазон до 1000–1050°С. Прикладом можуть слугувати каталітичні нейтралізатори Metalit. Стільники цих нейтралізаторів зроблені з тонкостінного (товщиною 0,04 мм, а не 0,15 мм як у кераміки) листа хромалюмінієвої сталі, для кращої адгезії каталітичного шару легованої рідкоземельним металом ітрієм [3]. Такий нейтралізатор витримує пікові температури до 1300°С.

Зазвичай, в якості каталізаторів напилюють платину і родій у співвідношенні 5:1. В останній час замість платини використовують паладій [1].

Ефективна робота каталітичного нейтралізатора відповідає достатньо вузькому діапазону зміни значень коефіцієнта надміру повітря $\alpha = 0{,}995...1{,}005$ (рис. 1) і оцінюється коефіцієнтом ефективності перетворень речовин

$$K = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

де C_1 – концентрація компонента ВГ на вході в нейтралізатор;

C_2 – концентрація компонента ВГ на виході з нейтралізатора.

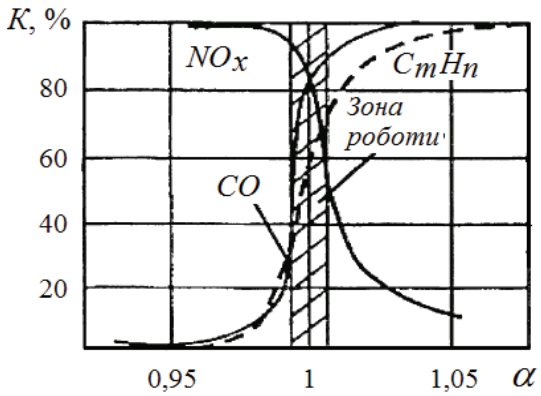


Рисунок 1 – Характеристика ефективності нейтралізатора [1]

За відхилення складу суміші від оптимального (заштрихована зона роботи), ефективність перетворення одразу всіх трьох компонентів суттєво знижується. За збіднення суміші більше $\alpha = 1{,}005$ ефективність окислювальних реакцій збільшується, а відновлення NO_x знижується до

10%. За збагачення суміші ($\alpha < 0{,}995$) ефективність відновлення оксидів азоту збільшується, а ефективність окислення CO і C_mH_n знижується до 0%.

Крім цього, ефективність роботи нейтралізатора суттєво залежить від температури розігріву активного елемента. Показовим виступає показник мінімальної температури нейтралізатора, за якої ефективність перетворення оксиду вуглецю CO сягає 50%. Значення цієї температури залежить від багатьох факторів, але в першу чергу від матеріалів нейтралізатора і технології виготовлення нейтралізатора.

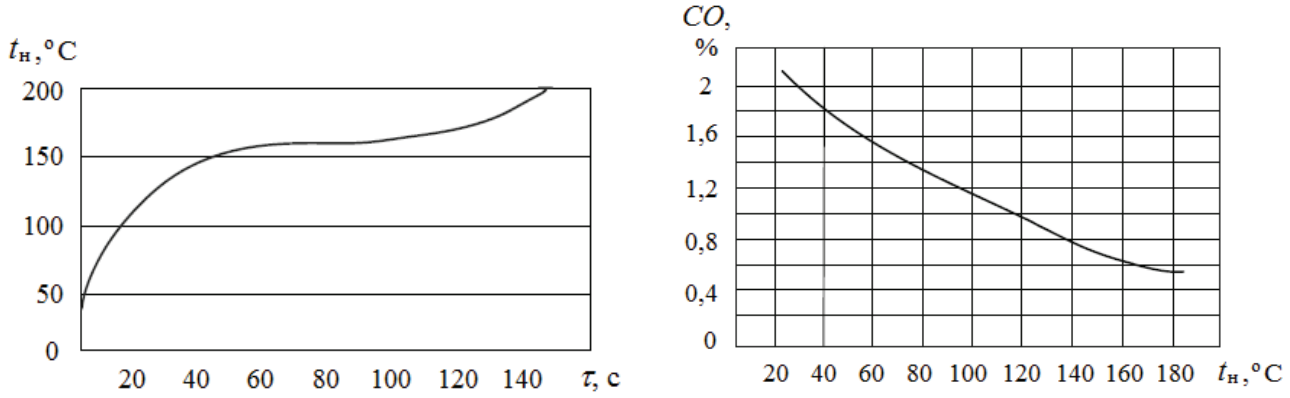
Усереднюючи інформацію про різноманітні нейтралізатори можна стверджувати, що за температури активного елемента 50°С окислення CO в CO_2 забезпечується тільки на 25%. За більш високої температури (близько 300°С) перетворення складає вже 90%.

Приблизно така ж тенденція спостерігається і відносно вуглеводнів C_mH_n, але при цьому температури 25% перетворень складає 200°С і 90% перетворень 450°С.

В автомобільних двигунах температура відпрацьованих газів за різних режимів роботи та різних навантажень також суттєво відрізняється.

Приблизно можна характеризувати роботу двигуна наступними температурами відпрацьованих газів. В двигуні з іскровим запалюванням в режимі активного холостого ходу температура становить 285–315°С, в режимі середніх навантажень – 530–600°С, за повних навантажень – 750–800°С. Більш точно можна встановити температури відпрацьованих газів для кожного конкретного двигуна тільки в ході додаткових стендових випробувань двигуна.

Разом з тим, необхідно відзначити, що дані діапазони температур приведені для вже прогрітого двигуна, а після запуску двигуна діапазони температур інші. За холодного запуску двигуна, навіть в теплу пору року, вихід на робочі режими каталітичного нейтралізатора відбувається за 100–120 секунд (рис. 2) [4].



а) *б*)

Рисунок 2 – Залежність температури нагрівання каталізатора t від часу (а) та зниження концентрації CO від температури (б) [4]

Характеристики різних каталітичних нейтралізаторів відрізняються в залежності від використаних матеріалів та технологій виготовлення.

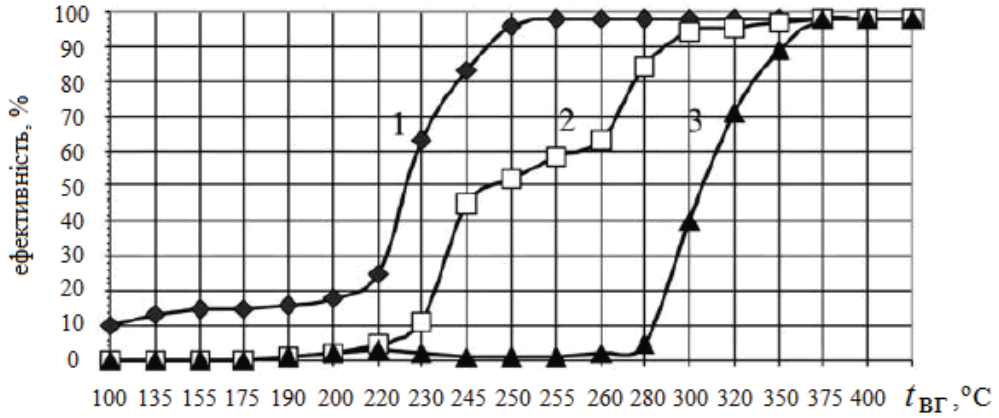
В дослідженнях науковців Інституту фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України приведені порівняльні характеристики нейтралізаторів різних виробників. Вони показують суттєві відмінності температур ефективної роботи (рис. 3).

З рисунка можна визначити, що 60% ефективності по CO різні нейтралізатори можуть досягти за температур 230, 255 та 310°С, тобто температура відрізняється на 80°С.

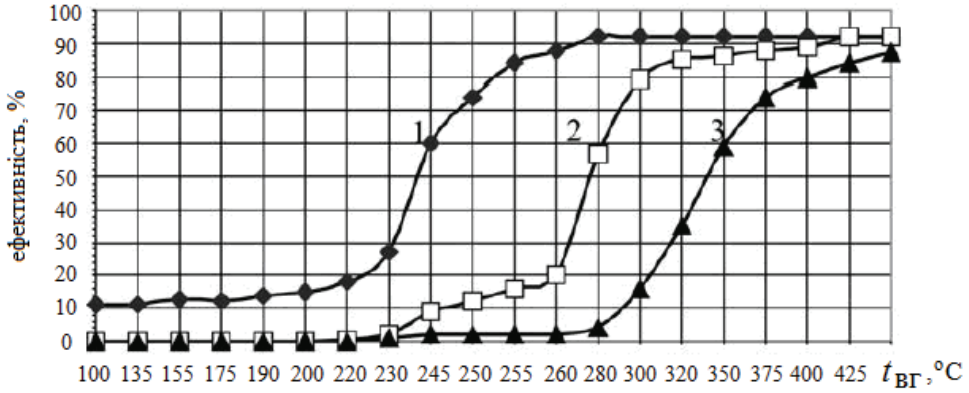
Температура 60% ефективності нейтралізації C_mH_n становить відповідно 245, 280 та 350°С.

Подібні результати приведені і в дослідженнях ГОСНІТІ [5]. Порівняння п’яти каталітичних нейтралізаторів показане на рис. 4.

Порівняння графіків ефективності нейтралізаторів показує, що нейтралізатори ГОСНІТІ, ІМЕТ РАН, «Енгельгард» за температури до 240°С вже можуть забезпечувати до 95% перетворення оксиду вуглецю CO у вуглекислий газ CO_2.



а)



б)

Рисунок 3 – Ефективність процесу очистки газів від CO (а) і C_mH_n (б) на каталізаторах:
1 – ІФХ НАН України; 2 – Walker (Німеччина); 3 – Linda Gobex (Польща) [2]

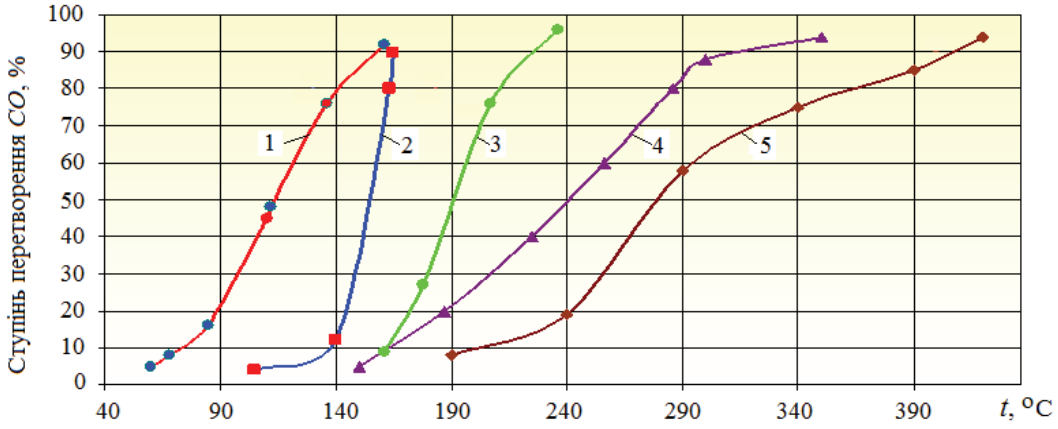


Рисунок 4 – Порівняльні характеристики ефективності каталітичних покриттів для нейтралізації відпрацьованих газів ДВЗ:
1 – оксидний каталізатор з підкладкою з нанокристалічного беміта (ГОСНІТІ); 2 – платинове ІМЕТ РАН (Росія); 3 – платинове «Енгельгард» (США); 4 – платинове «Унікат» (Швеція);
5 – платинове Уральський електрохімічний комбінат (Росія) [5]

В проаналізованих роботах не приведено чітких рекомендацій про режими доцільного прогріву для забезпечення більш швидкого включення в ефективну роботу нейтралізатора.

В роботі [6] відмічається, що один з методів, який дозволяє прискорити розігрів нейтралізатора – це підвищення температури відпрацьованих газів на впуску в нейтралізатор. При цьому зазначається, що температура ВГ залежить від низки факторів, а саме: від регулювання і режиму роботи двигуна, від місця встановлення нейтралізатора, від конфігурації випускної системи.

В роботі зазначено, що за зміни кута випередження запалювання в бік пізнього запалювання, забезпечується більша тривалість згоряння в період розширення, що призводить до зниження максимального тиску в циліндрі і підвищення температури ВГ у випускному трубопроводі.

Також зазначено підвищення температури ВГ у випускному каналі за збільшення частоти обертання колінчастого вала двигуна з 1000 до 2000 хв$^{-1}$, що пояснюється інтенсифікацією заряду в циліндрі і покращенням його згоряння.

Аналіз місця встановлення каталітичного нейтралізатора показав, що за зменшення відстані від випускного клапану двигуна до нейтралізатора, ефективність перетворення CO і C_mH_n може підвищитися на 5–10% [6].

В більшості приведені приклади прискореного прогріву нейтралізатора забезпечуються конструктивними засобами.

До таких конструктивних засобів можна віднести і обладнання двигунів спеціальними системами підігріву нейтралізаторів, приклад якої показано на рис. 5.

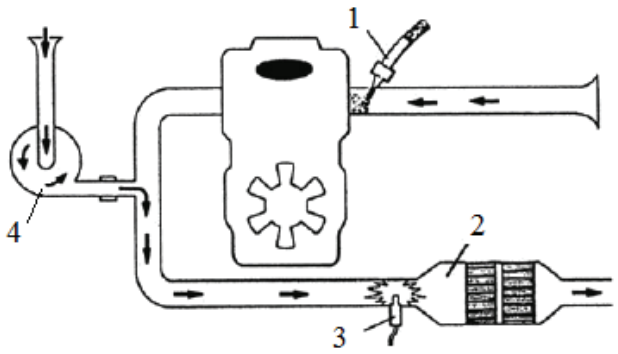


Рисунок 5 – Схема системи підігріву нейтралізатора:
1 – паливна форсунка; 2 – нейтралізатор; 3 – свічка для підпалювання суміші;
4 – насос для подачі додаткового повітря

На рис. 5 показана схема подавання додаткового повітря у випускну систему. Після запуску двигуна система керування двигуном збагачує суміш для ефективного прогріву двигуна і забезпечення стабільної роботи. При цьому відпрацьовані гази вміщують підвищену кількість оксидів вуглецю та незгорівших вуглеводнів.

Подача додаткового повітря насосом 4 може забезпечити доокислення CO та C_mH_n у випускній системі і одночасно прискорити прогрів нейтралізатора до робочої температури. Для активації процесу згоряння використовується додаткова свічка запалювання 3.

Подача додаткового повітря в залежності від початкової температури запуску двигуна може тривати до 100 секунд.

Більшість дослідників також пропонують конструктивне обладнання двигуна для зменшення викидів забруднюючих речовин в режимах запуску двигуна і холостого ходу.

Пропонується розігрів нейтралізатора НВЧ-випромінюванням, встановлення додаткових ТЕНів в контур системи охолодження, використання електрохімічних методів з введенням у канал нейтралізатора водневого реагента.

Всі ці методи можна використати в період конструювання і виготовлення автомобіля та двигуна. Після отримання автомобіля споживачем втручання в роботу систем небезпечне, хоча б втратою гарантії на автомобіль і, тому недопустиме.

Тому, основними залишаються методи покращення екологічних показників, які не потребують втручання в конструкцію двигуна і автомобіля, а забезпечують споживача чітким розумінням можливості зменшення викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин та економії при цьому палива.

Висновки. Аналіз попередніх досліджень показав, що ефективна робота каталітичного трикомпонентного нейтралізатора залежить від температури його активного шару.

Для зменшення викидів забруднюючих речовин необхідно якнайшвидше забезпечити прогрів нейтралізатора до робочої температури близько 240°С.

Не допускається перевищення критичної температури (близько 1100°С), що може вивести з ладу нейтралізатор.

Для прискорення прогріву найчастіше пропонується встановлення додаткового обладнання.

Вплив режимних параметрів роботи двигуна на оптимальність прогріву двигуна і нейтралізатора вивчений недостатньо і потребує подальших досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Папкин Б. Разработка и исследование каталитических нейтрализаторов бензиновых двигателей для автомобилей массой до 3,5 т, обеспечивающих выполнение экологических требований: дис. … канд. техн. наук: 05.04.02 / Папкин Борис Аркадьевич. –М., 2009. – 188 с.

2. Соловйов С.О. Каталітичні нейтралізатори відпрацьованих газів / Соловйов С.О., Орлик С.М. // Наука та інновації, 2005. –Т. 1. –№ 2. С. 58–72.

3. Гандзюк М.О. Проблема створення каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 134/2012. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – Вип. 134. –С. 234–237.

4. Замкнутая система управления нейтрализацией отработавших газов автомобилей / Р.И.Сольницев [та ін.] // Информационно-управляющие системы. – 2015. –№ 2. – С. 37–39**.**

5. Каталитические нейтрализаторы отработавших газов двигателей внутреннего сгорания / Инновационный проект ГОСНИТИ. [Електронний ресурс] // ГОСНИТИ. –Режим доступу: http://www.gosniti.ru.

6. Апелинский Д. Повышение эффективности нейтрализации отработавших газов бензинового двигателя на режимах холостого пуска и прогрева: дис … канд. техн. наук: 05.04.02. / Апелинский Дмитрий Викторович. –М., 2003. –135 с.

REFERENCES

1. Papkin B. Razrabotka i isledovanie kataliticheckyh neitralizatorov benzinovih dvigateley dlya avtomobiley massoy do 3,5 t, obespechivauchih vipolnenie ekologicheskih trebovaniy: dis. … cand. tehn. Sciences: 05.04.02 / Papkin Boris Arkadievich. –M., 2009. – 188 P.(Rus)

2. Solovyov S.O. Katalituchni neitralizatoru vidpraciovanuh gasiv / Solovyov S.O., Orluk S.M. // Nauka ta innovacii, 2005. –T. 1. –№ 2. P. 58–72.(Ukr)

3. Gandzuk M.O. Problema stvorenya kataliticheckyh neitralizatorov vidpraciovanuh gasiv // Visnyk SevNTU: zb. nauk. pr. Vip. 134/2012. Series: Mashinopriladobuduvanya ta transport. – 2012. – Vip. 134. – P. 234–237 (Ukr).

4. Zamknutaya systema upravlenya neitralizaciey otrabotavshih gazov avtomobiley / R.I.Solnicev [and other] // Informacionno-upravlyauchie systemu. – 2015. –№ 2. – P. 37–39 (Rus)**.**

5. Katalitucheskie neitralizatoru orabotavshih gazov dvigatelei vnutrenego sgoranya / Innovacionniy proekt GOSNITI [Electronic resource] // GOSNITI. –Regim dosupu: http://www.gosniti.ru (Ukr).

6. Apelinsky D. Povishenie effektivnosty neitralizacii otrabotavshih gazov benzinovogo dvigatelya na regimah holostogo puska I progreva: dis. … cand. tehn. Sciences:: 05.04.02. / Apeninsky Dmitriy Viktorovich. –M., 2003. –135 P. (Rus)

РЕФЕРАТ

Кухтик Н.О. Прогрів каталітичного нейтралізатора після запуску холодного двигуна і його вплив на ефективність нейтралізації забруднюючих речовин / Н.О. Кухтик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Сучасні бензинові двигуни повинні відповідати жорстким екологічним стандартам, які вже впроваджені в Європі і які також впроваджує Україна. Забезпечення цих вимог можливе тільки завдяки використанню додаткового обладнання (нейтралізаторів) у системі випуску відпрацьованих газів.

Мета дослідження – визначення температурного режиму як двигуна так і каталітичного нейтралізатора, за якого можлива ефективна робота щодо зменшення викидів забруднюючих речовин. Визначення мінімальних і максимальних меж (за температурою) окислювальних реакцій із зменшенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Викиди забруднюючих речовин автомобільними двигунами тісно пов’язані з особливістю протікання робочих процесів в циліндрах двигуна, а особливо процесів згоряння. Із збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигунів тривалість згоряння складає близько 0,003 с, що примушує використовувати для нейтралізації забруднюючих речовин каталітичні нейтралізатори. В каталітичних нейтралізаторах реакції перетворення шкідливих компонентів відпрацьованих газів

двигуна здійснюються протіканням безполум’яних процесів окислення і відновлення в присутності каталізатора. Каталітичний процес нейтралізації продуктів згоряння протікає, як правило, за температури вище 300°С за малого часу контакту, що пов’язано з великими швидкостями потоку відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння.

Ефективність роботи нейтралізатора суттєво залежить від температури розігріву активного елемента. За холодного запуску двигуна, навіть в теплу пору року, вихід на робочі режими каталітичного нейтралізатора відбувається за 100–120 секунд.

В статті приведені порівняльні дослідження нейтралізаторів різних виробників. Вони показують суттєві відмінності температур ефективної роботи.

В проаналізованих роботах не приведено чітких рекомендацій про режими доцільного прогріву для забезпечення більш швидкого включення в ефективну роботу нейтралізатора. Для прискорення прогріву нейтралізатора більшість дослідників пропонують дообладнання спеціальними системами підігріву.

Аналіз попередніх досліджень показав, що вплив режимних параметрів роботи двигуна на оптимальність прогріву двигуна і нейтралізатора вивчений недостатньо і потребує подальших досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ПРОГРІВ НЕЙТРАЛІЗАТОРА, ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ

ABSTRACT

Kukhtyk N.O. Catalytic converter warming up after a cold start and its impact on the efficiency of harmful substance neutralization. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

Modern gasoline engines must meet strict environmental standards that have been already implemented in Europe and which are also being implemented in Ukraine. Ensuring these requirements is possible only through the use of additional equipment (converters) in the exhaust system.

The aim of the study is to determine temperature conditions of both the engine and the catalytic converter under which it is possible to reduce harmful emissions effectively. The objective is to determine the minimum and maximum limits (by temperature) of oxidation reactions with the reduction of emissions into the atmosphere.

Automobile engine emissions are closely related with the peculiarity of engine cylinder operation, especially combustion processes. With the increasing crankshaft rotating frequency the duration of combustion is about 0,003 s. To neutralize pollutants it causes catalytic converters to be used. To neutralize harmful components of exhaust gases in catalytic converters, flameless processes of oxidation and neutralization take place. The catalytic process of combustion product neutralization occurs typically at temperatures above 300°C for small contact time. It is due to the high speed of exhaust gas flow.

The efficiency of the catalytic converter substantially depends on heating temperature of the active element. For a cold engine start, even in warm weather, the catalytic converter starts its operation in 100-120 seconds.

The article presents the comparative study of converters from different manufacturers. They show significant differences in effective operation temperatures.

The analyzed papers do not suggest clear guidelines about appropriate heating modes for faster and effective converter operation. To speed up the converter warming-up, most researchers offer special heating system equipment.

The analysis of the previous studies showed that the impact of engine operational parameters on optimal heating of the engine and the converter is not studied enough and it needs further research.

KEY WORDS: EXHAUST GASES, HARMFUL SUBSTANCES, CATALYTIC CONVERTER WARMING-UP, NEUTRALIZATION EFFICIENCY

РЕФЕРАТ

Кухтик Н.А. Прогрев каталитического нейтрализатора после пуска холодного двигателя и его влияние на эффективность нейтрализации загрязняющих веществ / Н.А. Кухтик // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Современные бензиновые двигатели должны соответствовать жестким экологическим стандартам, которые уже внедрены в Европе и которые так же внедряет Украина. Обеспечение этих

требований возможно только с помощью использования дополнительного оборудования (нейтрализаторов) в системе выпуска отработавших газов.

Цель исследования – определение температурного режима как двигателя так и каталитического нейтрализатора, при котором возможна эффективная работа по уменьшению выбросов загрязняющих веществ. Определение минимальных и максимальных границ (по температуре) окислительных реакций по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Выбросы загрязняющих веществ автомобильными двигателями тесно связаны с особенностью протекания рабочих процессов в цилиндрах двигателя, а особенно процессов сгорания. С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя продолжительность сгорания составляет около 0,003 с, что вынуждает использовать для нейтрализации загрязняющих веществ каталитические нейтрализаторы. В каталитических нейтрализаторах реакции преобразования вредных отработавших газов двигателя осуществляется протеканием беспламенных процессов окисления и восстановления в присутствии катализатора. Каталитический процесс нейтрализации продуктов сгорания протекает, как правило, при температуре свыше 300°С при малом времени контакта, что связано с высокими скоростями потока отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

Эффективность работы нейтрализатора существенно зависит от температуры разогрева активного элемента. При холодном запуске двигателя, даже в теплое время года, выход на рабочий режим каталитического нейтрализатора осуществляется за 100–120 секунд.

В статье приведены сравнительные исследования нейтрализаторов разных производителей. Они показывают существенные отличия температур эффективной работы.

В проанализированных работах не приведено четких рекомендаций про режимы целесообразного прогрева для обеспечения более быстрого включения в эффективную работу нейтрализатора. Для ускорения прогрева нейтрализатора большинство исследователей предлагают использовать дополнительное оборудование специальными системами подогрева.

Анализ предыдущих исследований показал, что влияние режимных параметров работы двигателя на оптимальность прогрева двигателя и нейтрализатора изучено недостаточно и требует дальнейших исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОТРАБОТАВШИЕ ГАЗЫ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ПРОГРЕВ НЕЙТРАЛИЗАТОРА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

АВТОР: Кухтик Наталія Олександрівна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигуни і теплотехніка», старший викладач кафедри «Екологія та безпека життєдіяльності», e-mail: natakuchtik@mail.ru, тел. (044)288 51 00, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омеляновича-Павленка, 1, к. 312.

AUTHOR: Kukhtyk Nataliya O., National Transport University, graduate student of department Engines and Heating Engineering, Senior Lecturer of Department of Ecology and Safety of Vital Functions, e-mail: natakuchtik@mail.ru, тел. (044)288 51 00, Ukraine, 01010, Kyiv, M.Omelyanovych-Pavlenko str., 1, of. 312.

АВТОР: Кухтик Наталия Александровна, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигатели и теплотехника», старший преподаватель кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», e-mail: natakuchtik@mail.ru, тел. (044)288 51 00, Украина, 01010, н. Киев, ул. М.Омеляновича-Павленка, 1, к. 312.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Пасічник В.А, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», завідувач кафедри «Інтегровані технології машинобудування», Київ, Україна.

Матейчик В. П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, Київ, Україна.

REVIEWER:

Pasichnyk V.A., Doctor of Technical Science, Professor, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Head of Department of Integrated Mechanical Engineering, Kyiv, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Dean of Automechanical Faculty, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.078.1
UDC 656.078.1

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Лебідь В.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Кунда Н.Т., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

PROJECT MANAGEMENT OF LOADS LIFE CYCLE OF INTERNATIONAL FREIGHT TRANSPORTATION

Lebid V.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Kunda N.T., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТОВ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

Лебедь В.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Кунда Н.Т., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми та її зв’язки з науковими та практичними завданнями.

Сучасний стан перевезень вантажів у міжнародному сполученні посилює конкуренцію серед українських перевізників. Саме зростаюча конкуренція на ринку міжнародних автомобільних перевезень змушує проектно-орієнтовані підприємства транспортної галузі України шукати нові можливості для зниження витрат на перевезення. А відтак, успішне втілення транспортного забезпечення проекту перевезення вантажів на проектно-орієнтованому підприємстві транспортної галузі та ефективна реалізація запланованого продукту є результатом дотримання чітко сформульованих дій на всіх етапах життєвого циклу проекту [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій та виділення невирішених частин загальної проблеми.

Проблемами вдосконалення процесів перевезення вантажів у міжнародному сполученні займаються багато вчених. Як приклад, проблема організації транспортно-логістичних послуг при перевезенні вантажів висвітлюється в роботах А.І Воркута, Т.А. Воркут, В.А. Рача, Г.С. Прокудіна, В.Л. Диканя, К.В. Кошкіна, А.М. Новікової. Але, як правило, розглядаються окремі питання розвитку процесів перевезення, які не споріднюються з елементами управління проектами. На сьогодні науковці широко, але найчастіше відокремлено від транспортного забезпечення, розглядають питання управління проектами, які висвітлені у роботах С.Д. Бушуєва, Н.С. Бушуєвої, Т.А. Воркут, С.В. Цюцюри, В.А. Рача, Ю.М. Теслі, І.В. Чумаченка та інших вчених. Однак на даний час комплексному розв’язанню питань з управління проектами транспортного забезпечення перевезення вантажів приділяється надто мало уваги, тому цей напрямок наукових досліджень потребує значної уваги і має цікаві перспективи.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Сьогодні в умовах швидкого розвитку трансферу технологій, термінологічний словник керівників транспортних підприємств збагатився новими термінами. Широкого впровадження в бізнес - операціях проектно-орієнтованого підприємства набувають такі поняття як методологія організації планування, контролю та ефективності реалізації продукту проекту протягом його життєвого циклу [2]. Адже для керівництва підприємства важливою задачою є ефективна реалізація продукту проекту, тобто досягнення заданого ефекту при мінімальних затратах.

Для транспортного забезпечення проектів перевезення вантажів (надалі ППВ), які реалізуються у конкурентному середовищі автотранспортних послуг, слід використовувати теорію управління проектами. При проектуванні різних видів проектів транспортного забезпечення, використовуючи елементи управління проектами, слід дотримуватися таких етапів життєвого циклу проекту як формулювання бізнес-ідеї проекту, постановка цілей і задач, поетапна їх реалізація та створення продукту проекту перевезення (транспортної послуги). Надання якісних транспортних послуг при перевезенні вантажів як реалізація продукту проекту є динамічним процесом, що реалізується за умов невизначеності (впливу внутрішніх та зовнішніх факторів), має обмеження в часі (оскільки залежить

від виду вантажу) і характеризується наявними ресурсами та особливостями експлуатації продукту проекту.

Відповідно до стандарту Project Management Body of Knowledge (PMBoK) Американського інституту управління проектами (PMI), проект – це окреме завдання з конкретними цілями, які обов’язково включають вимоги до часу, вартості та якості результатів, що досягаються [3,4]. Відповідно до роз’яснення тлумачного словника з управління проектами, проект – це певне завдання з визначеними вихідними даними й встановленими результатами (цілями), що обумовлюють спосіб його вирішення.

Вважаємо, якщо результатом проектної діяльності проектно-орієнтованого підприємства транспортної галузі є суттєве покращення бізнес-операцій підприємства, збільшення контрактів на доставку вантажів та укладених угод між усіма учасниками транспортного процесу, то такий проект є ефективним і конкурентоспроможним.

Визначення 1. Проект транспортного забезпечення вантажних перевезень – це унікальна діяльність проектно-орієнтованого підприємства, яка спрямована на задоволення потреб замовника на перевезення вантажів у внутрішньому і міжнародному сполученні та створення унікального продукту проекту з урахуванням правил «комерційного трикутника» час доставки- сервіс- тариф.

Стратегічною метою такого проекту є підвищення результативності бізнес-процесів підприємства на ринку транспортних послуг шляхом дотримання сукупності зобов’язань, урегульованих нормативно-правовими актами українського та європейського законодавства.

Визначення 2. Продукт проекту перевезення – це транспортна послуга, яка може бути нестійкою і змінюваною, формується керівництвом підприємства та надається суб’єктам міжнародного ринку вантажних перевезень, націлена на задоволення потреб вантажовласників та інших учасників процесу доставки вантажів.

Важливим питанням реалізації продукту проекту перевезення є територія, тобто де саме поширюється «дія» ринку транспортних послуг. Якщо реалізація продукту проекту перевезення відбувається лише в межах території України – то в такому випадку учасники ППВ дотримуються законодавчої бази України. Проте на сьогодні українські перевізники широко надають послуги і на міжнародному ринку (виконують перевезення автомобільними маршрутами європейського значення та міжнародними транспортними коридорами) і саме виконуючи міжнародні перевезення, перевізник зазнає впливу ринку міжнародних транспортних послуг (Директива 2003/59/ЄС, Директива 2014/45/ЄС, Директива 2007/46/ЄС).

Визначення 3. Результат проекту перевезення вантажів – підвищення якості продукту проекту шляхом застосування проектного підходу в управлінні підприємством, а також розширення бізнес-процесів проектно-орієнтованого підприємства з метою підвищення конкурентоспроможності. Однак варто зазначити, що вимоги вантажовласників до результату проекту відрізняються за своєю суттю, змістом, часом та вартістю реалізації проекту. І саме результат проекту залежить від можливості керівництва підприємства приймати та впроваджувати виважені логістичні рішення на етапі планування проекту для отримання більш якісного продукту.

Якість за стандартами PMBok – це сукупність властивостей та характеристик послуг, які надають можливість задовольняти зумовлені чи передбачені потреби споживача [4,6,9]. Таким чином, враховуючи таке означення якості, сформуємо власне трактування поняття якості транспортної послуги як продукту проекту.

Визначення 4. Якість транспортної послуги як продукту проекту - це ступінь відповідності сукупності властивостей та характеристик проекту вимогам вантажовласників, перевізників, експедиторів та інших учасників ринку міжнародних перевезень вантажів. Забезпечення якості транспортних послуг у проектах перевезення дозволяє підприємству, з одного боку, зменшити собівартість наданих послуг шляхом мінімізації витрат, а з іншого боку – збільшити дохід шляхом підвищення привабливості якості наданих послуг для клієнтів.

Основою для реалізації проекту перевезення вантажів у міжнародному сполученні є його стислий опис з урахуванням життєвого циклу проекту [5,7]. Адже вимоги до ефективності проекту і якості продукту проекту відноситься не тільки до надання транспортних послуг як кінцевого результату транспортної діяльності, але і безпосередньо до життєвого циклу продукту проекту. Тому проект має включати набір вимог клієнтів щодо маршрутів перевезень, обов’язково погоджених із замовником послуг, з урахуванням можливостей виконання послуги. Варто зазначити, що закінчення життєвого циклу проекту перевезення не обов’язково означає, що перевезення виконане згідно з умовами договору. На практиці у багатьох випадках вантажовласники можуть вимагати і супутні

послуги, які керівництво проектно-орієнтованого підприємства включає в бізнес-операції проекту перевезення задля задоволення вимог клієнтів.

Керівництво проектно-орієнтованого підприємства затверджує порядок і процедури розробки конкретної послуги по перевезенню вантажу, організації надання послуги і визначає відповідальність кожного учасника процесу проектування послуги на кожному етапі життєвого циклу (рис. 1).

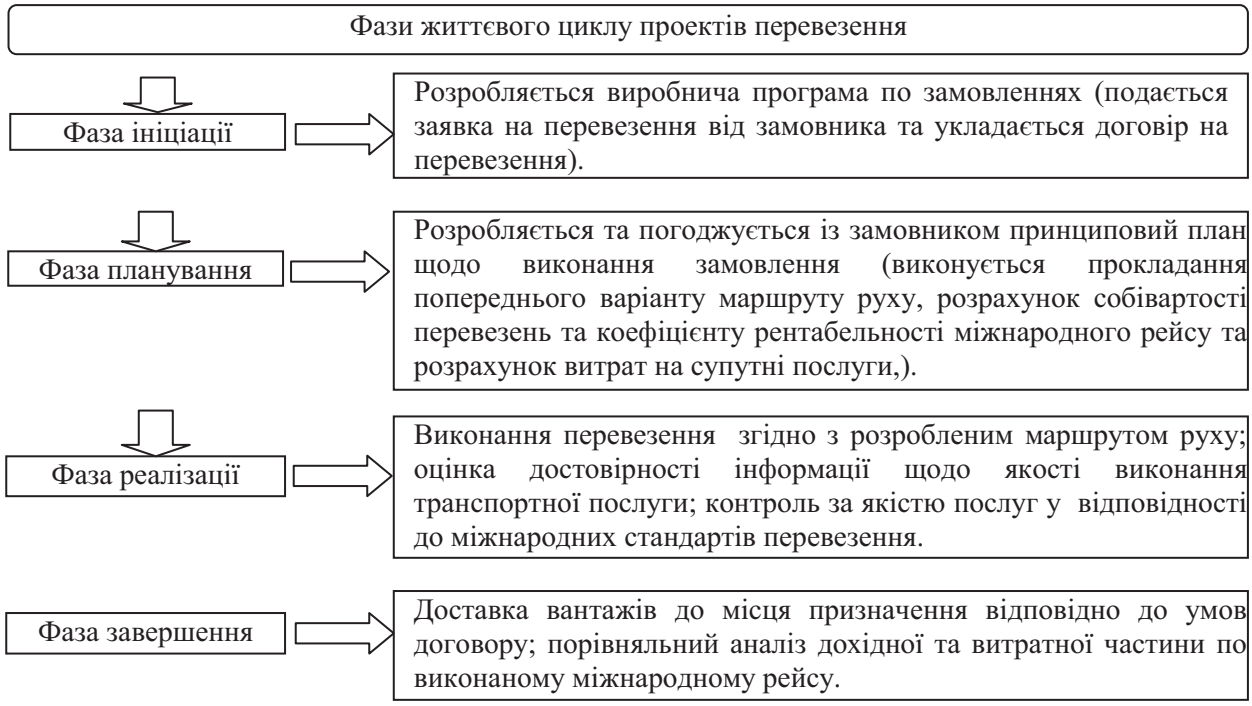


Рисунок 1 – Структуризація завдань за етапами життєвого циклу проекту

Керівництво проектно-орієнтованого підприємства при реалізації проекту транспортного забезпечення ставить перед проектною командою дві цілі, перша з яких є доставка вантажу від пункту відправлення до пункту призначення з дотриманням всіх європейських стандартів та вимог замовника.

Головна умова досягнення цієї цілі полягає у виконанні робіт на фазі планування проекту перевезення, оскільки успішна реалізація продукту проекту залежить від розроблення конкретного маршруту перевезення та оформлення необхідних проектних документів, які дають можливість замовнику прийняти рішення щодо доцільності вибору підприємства. Друга ціль, яка є важливою для керівництва підприємства – отримання максимального прибутку вже на фазі реалізації та завершення проекту. Не менш важливою є остання фаза закриття проекту, яка передбачає досягнення кінцевої мети як замовником проекту (тобто вчасна та якісна доставка вантажу в пункт призначення), так і виконавцем проекту (задоволення потреб клієнта і отримання прибутку).

Висновки. Отже, саме дотримання усіх фаз життєвого циклу проекту є запорукою успіху транспортного підприємства в умовах жорсткої конкуренції на ринку перевезення. І інтереси та дії кожної із сторін на кожній фазі проекту визначають, чи отримають вони прибуток від реалізації транспортної послуги як продукту проекту або, навпаки, втратять.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лебідь В.В. Основні принципи реалізації проектів перевезення у міжнародному сполученні / В.В. Лебідь // Тези XIII Міжнародної конф. «PM Kiev’16», Київ, 13-14.05.2016 р. «Управління проектами в розвитку суспільства» на тему «Проекти в умовах глобальних загроз, ризиків і викликів». – К.: КНУБА, 2016 – С. 142-143.

2. Рач В.А. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку / В.А. Рач, О.В. Россошанська, О.М. Медведєва // навч. посіб. за ред. В.А. Рача. – К.: «К.І.С.», 2010. – 276 с.

3. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. (Руководство PMBOK) . – 3-е изд. – Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA, 2004. – 388 с.

4. Бушуєв С.Д. Словник-довідник з питань управління проектами / С.Д. Бушуєв // Українська асоціація управління проектами. – К.: Видавничий дім «Ділова Україна», 2001. – 640 с.

5. Воркут Т.А. Методичні основи формування стратегічного портфеля проектів систем перевезень в організаціях термінальної доставки вантажів автомобільним транспортом / Т.А. Воркут, О.Є. Білоног // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип. №9. – К.: НТУ, 2012. – 462 с.: іл. – С. 15-24.

6. Kaplan, Norton, 2000 – Kaplan R.S., Norton D.P. The Strategy- Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment. Boston: Harvard Business School Press, 2000. [Рус.изд.: Каплан Р.С., Нортон Д.П. Организация, ориентированная на стратегию. Как в новой бизнес-среде преуспевают организации, применяющие сбалансированную систему показателей. М.: Олимп-Бизнес, 2004].

7. Бушуєв С.Д. Технологічна зрілість як інструмент стратегічного розвитку компаній на основі управління проектами / С.Д. Бушуєв, Н.С. Бушуєва, О.О. Покровицька // Управління проектами та розвито виробництва : зб. наук. пр. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2004. - № 1 (9). – С.5-16.

8. Лебідь В.В. Підходи до прийняття оптимального рішення щодо вибору проекту перевезення вантажів / В.В. Лебідь, Н.Т. Кунда // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2016) [Збірка матеріалів VIII Міжнар. наук.-практ. конференції (24-26 травня 2016 р., м. Херсон)] : Херсонська державна морська академія, 2016. – С.25-28.

9. Kerzner H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling / Harold Kerzner. – [8 ed.]. – New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2003. – 891 p.

REFERENCES

1. Lebid V.V. Osnovni pryntsypy realizatsii proektiv perevezennia u mizhnarodnomu spoluchenni. Tezy XIII Mizhnarodnoi konf. «PM Kiev’16. Upravlinnia proektamy v rozvytku suspilstva». Kyiv, National University bidivnytstva and Architecture, 2016. (Ukr)

2. Rach V.A., Rossoshanska O.V., Medvedeva O.M. Upravlinnia proektamy: praktychni aspekty realizatsii strategii regionalnogo rozvytku. Kyiv, «K.I.C.», 2010. 276 p. (Ukr)

3. Rukovodstvo k Svodu znanii po upravleniiu proektami (Rukovodstvo PMBOK). Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA, 2004. 388 p. (Rus)

4. Bushuev S.D. Slovnyk-dovidnyk z pytan upravlinnia proektamy. Ukrainska asotsiatsiia upravlinnia proektamy. Kyiv, Vydavnychyi dim «Dilova Ukraina». 2001. 640 p. (Ukr)

5. Vorkut T.A., Bilonog O. Ye.. Metodychni osnovy formuvannia strategichnogo portfelia proektiv sysyem perevezen v organizatsiiah terminalnoi dostavky vantazhiv avtomobilnym transportom. Management of projects, system analysis and logistics. Kyiv. National Transport University. 2012. Vol. 9. 462 p. (Ukr)

6. Kaplan, Norton, 2000 – Kaplan R.S., Norton D.P. The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment. Boston: Harvard Business School Press, 2000.

7. Bushuev S.D., Bushueva N.S., Pokrovytska O.O. Tehnologichna zrilist iak instrument strategichnogo rozvytku kompanii na osnovi upravlinnia proektamy. Upravlinnia proektamy ta rozbytok vyrobnytstva. Lygansk. 2004. Vol. 1 (9). (Ukr)

8. Lebid V.V., Kunda N.T. Pidhody do pryiniattia optymalnogo rishennia shchodo vyboru proektu perevezennia vantagiv. Suchasni informatsiini ta innovatsiini tehnologii na transporti (MINTT – 2016). Kharkiv. Kherson Maritime State Academy. 2016. 428 p. (Ukr)

9. Kerzner H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling / Harold Kerzner. [8 ed.]. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2003. 891 p.

РЕФЕРАТ

Лебідь В.В. Системний підхід до управління життєвим циклом проектів перевезення вантажів / В.В. Лебідь, Н.Т. Кунда // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип.1 (37).

У статті запропоновано підходи до організації планування, контролю та ефективності реалізації продукту проекту протягом його життєвого циклу.

Об’єкт дослідження – проект транспортного забезпечення вантажних перевезень, що реалізується в конкурентному середовищі автотранспортних послуг.

Мета роботи – дослідження впливу якості транспортної послуги як продукту проекту протягом його життєвого циклу на стан бізнес-операцій проектно-орієнтованого підприємства автотранспортної галузі.

Методи дослідження – елементи системного підходу, методи управління проектами.

Авторами досліджено, якщо результатом проектної діяльності проектно-орієнтованого підприємства в галузі міжнародних автомобільних перевезень є суттєве покращення бізнес-операцій, збільшення контрактів на доставку вантажів та укладення угод між всіма учасниками транспортного процесу, то такий проект є ефективним і конкуренто-спроможним. Для досягнення поставленої мети рекомендується строго дотримуватися чітко сформованих дій на всіх етапах життєвого циклу проекту.

Відповідно до умов стандарту PMBoK Американського інституту управління проектами PMI розроблено і запропоновано ввести такі поняття як «проект транспортного забезпечення вантажних перевезень», «продукт проекту перевезення», «результат проекту перевезення вантажів», «якість транспортної послуги як продукту проекту». Це дасть можливість однозначного підходу і спрощення процедури розробки і реалізації конкретної послуги по перевезенню вантажу, а також визначення відповідальності кожного учасника проекту на всіх етапах життєвого циклу.

Результати, викладені у статті, можуть бути впроваджені при розробці проектів перевезень вантажів у міжнародному сполученні на проектно-орієнтованих підприємствах, також можуть зацікавити фахівців з вантажних перевезень, менеджмент проектно-орієнтованих підприємств, студентів та аспірантів , які навчаються за напрямом підготовки «Управління проектами».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ПРОДУКТ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, РЕЗУЛЬТАТ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ, ЯКІСТЬ ТРАНСПОРТНОЇ ПОСЛУГИ ЯК ПРОДУКТУ ПРОЕКТУ.

ABSTRACT

Lebid' V.V., Kunda N.T. Project management of loads life cycle of international freight transportation. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The paper proposes approach to the organization of planning, control and efficiency of realization of project product during it1s life cycle.

Object of the study – project of transport providing of freight transportations, realized in the competitive environment of auto transportation services.

Purpose of the study – influence research of transport services quality as the project product during its life cycle on the business operations state of the project-oriented enterprise of auto transportation industry.

Method of the study – elements of system approach, methods of projects management.

The authors investigated that if the project activity result of the project-oriented enterprise in the auto transport international industry is a substantial business operations improvement, increase of loads delivery contracts and agreements between all the transport process participants, so such a project is effective and competitive. For the achievement of the aimed purpose it is recommended to adhere strictly he expressly formed actions on all life cycle stages of the project.

In accordance with the terms of the standard of PMBok of the American management institute of the RMI projects it is developed and suggested to enter such concepts as «project of transport providing of freight transportations», «product of transportation project», «result of loads transportation project», «quality of transport service as the project product». It will enable synonymous approach and simplification of procedure of the development and realization of concrete service in load transportation and also determine every project participant`s responsibility on all life cycle stages.

The results, presented in the article, can be introduced into the international development of loads transportations projects on the project-oriented enterprises, it can cause specialists interest in freight transportations, management of the project-oriented enterprises, students and graduate students in the field «Management projects».

KEYWORDS: PROJECT of TRANSPORT PROVIDING of FREIGHT TRANSPORTATIONS, PRODUCT of TRANSPORTATIONPROJECT, RESULT of LOADSTRANSPORTATION PROJECT, TRANSPORT service QUALITY, AS the PROJECTPRODUCT.

РЕФЕРАТ

Лебедь В.В. Системный подход к управлению жизненным циклом проектов перевозки грузов / В.В. Лебедь, Н.Т. Кунда // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложены подходы к организации планирования, контроля и эффективности реализации продукта проекта в течение его жизненного цикла.

Объект исследования – проект транспортного обеспечения перевозки грузов, реализуемый в конкурентной среде автотранспортных услуг.

Цель работы – исследование влияния качества транспортной услуги как продукта проекта в течение его жизненного цикла на состояние бизнес-операций проектно-ориентированного предприятия автотранспортной отрасли.

Методы исследования – элементы системного подхода, методы управления проектами.

Авторами исследовано, если результатом проектной деятельности проектно-ориентированного предприятия в отрасли международных автомобильных перевозок является существенное улучшение бизнес-операций, увеличения контрактов, на доставку грузов и заключение соглашений между всеми участниками транспортного процесса, то такой проект является эффективным и конкурентоспроможним. Для достижения поставленной цели рекомендуется строго придерживаться четко сформированных действий на всех этапах жизненного цикла проекта.

В соответствии с условиями страндарту PMBoK Американского института управления проектами PMI разработано и предложено ввести такие понятия как «проект транспортного обеспечения грузовых перевозок», «продукт проекта перевозки», «результат проекта перевозки грузов», «качество транспортной услуги как продукта проекта». Это даст возможность однозначного подхода и упрощения процедуры разработки и реализации конкретной услуги по перевозке груза, а также определение ответственности каждого участника проекта на всех этапах жизненного цикла.

Результаты, изложенные в статье, могут быть внедрены при разработке проектов перевозок грузов в международном сообщении на проектно-ориентированных предприятиях, также могут заинтересовать специалистов по грузовым перевозкам, менеджмент проектно-ориентированных предприятий, студентов и аспирантов, обучающихся по направлению подготовки «Управление проектами».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК, ПРОДУКТ ПРОЕКТА ПЕРЕВОЗКИ, РЕЗУЛЬТАТ ПРОЕКТА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ, КАЧЕСТВО ТРАНСПОРТНОЙ УСЛУГИ КАК ПРОДУКТА ПРОЕКТА.

АВТОРИ:

Лебідь Вікторія Вікторівна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: Vikky85@ukr.net, тел. +380678959339, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437, тел. 044-280-84-02.

Кунда Неля Тарасівна, кандидат технічних наук, доцент, відмінник освіти України, Національний транспортний університет, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, ntkunda@gmail.com, тел. +380673665979, Україна, м.Київ, 01010, вул. Суворова,1, к.437, тел. 044-280-84-02.

AUTHOR:

Lebid Victoria Viktorivna, National Transport University, senior lecturer in International Transportation and Customs Enforcement, e-mail: Vikky85@ukr.net, tel. +380678959339, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Suvorov 1, k 437. tel. 044-280-84-02.

Kunda Nelia T., Ph.D., associate professor, Excellence in education of Ukraine, National Transport University, professor of department of international transportations and custom control, ntkunda@gmail.com, tel. +380673665979, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, aud. 437. tel. 044-280-84-02.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Воркут Т.А., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

Стасюк О.І., доктор технічних наук, професор, Державний економіко-технологічний університет транспорту, в.о. проректора з наукової роботи, лауреат Державної премії України, Київ, Україна.

REVIEWER:

Vorkut T.A., Ph.D, Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Head of Law and transport logistics, Kyiv, Ukraine.

Stasuk O.I., Ph.D, Engineering (Dr.), professor, State Economy and Technology University of Transport, acting Rector for Research, State Prize of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.078.1
UDC 656.078.1

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Лебідь В.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Кунда Н.Т., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

PROJECT MANAGEMENT OF LOADS LIFE CYCLE OF INTERNATIONAL FREIGHT TRANSPORTATION

Lebid V.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Kunda N.T., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТОВ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

Лебедь В.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Кунда Н.Т., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми та її зв’язки з науковими та практичними завданнями.

Сучасний стан перевезень вантажів у міжнародному сполученні посилює конкуренцію серед українських перевізників. Саме зростаюча конкуренція на ринку міжнародних автомобільних перевезень змушує проектно-орієнтовані підприємства транспортної галузі України шукати нові можливості для зниження витрат на перевезення. А відтак, успішне втілення транспортного забезпечення проекту перевезення вантажів на проектно-орієнтованому підприємстві транспортної галузі та ефективна реалізація запланованого продукту є результатом дотримання чітко сформульованих дій на всіх етапах життєвого циклу проекту [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій та виділення невирішених частин загальної проблеми.

Проблемами вдосконалення процесів перевезення вантажів у міжнародному сполученні займаються багато вчених. Як приклад, проблема організації транспортно-логістичних послуг при перевезенні вантажів висвітлюється в роботах А.І Воркута, Т.А. Воркут, В.А. Рача, Г.С. Прокудіна, В.Л. Диканя, К.В. Кошкіна, А.М. Новікової. Але, як правило, розглядаються окремі питання розвитку процесів перевезення, які не споріднюються з елементами управління проектами. На сьогодні науковці широко, але найчастіше відокремлено від транспортного забезпечення, розглядають питання управління проектами, які висвітлені у роботах С.Д. Бушуєва, Н.С. Бушуєвої, Т.А. Воркут, С.В. Цюцюри, В.А. Рача, Ю.М. Теслі, І.В. Чумаченка та інших вчених. Однак на даний час комплексному розв’язанню питань з управління проектами транспортного забезпечення перевезення вантажів приділяється надто мало уваги, тому цей напрямок наукових досліджень потребує значної уваги і має цікаві перспективи.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Сьогодні в умовах швидкого розвитку трансферу технологій, термінологічний словник керівників транспортних підприємств збагатився новими термінами. Широкого впровадження в бізнес - операціях проектно-орієнтованого підприємства набувають такі поняття як методологія організації планування, контролю та ефективності реалізації продукту проекту протягом його життєвого циклу [2]. Адже для керівництва підприємства важливою задачою є ефективна реалізація продукту проекту, тобто досягнення заданого ефекту при мінімальних затратах.

Для транспортного забезпечення проектів перевезення вантажів (надалі ППВ), які реалізуються у конкурентному середовищі автотранспортних послуг, слід використовувати теорію управління проектами. При проектуванні різних видів проектів транспортного забезпечення, використовуючи елементи управління проектами, слід дотримуватися таких етапів життєвого циклу проекту як формулювання бізнес-ідеї проекту, постановка цілей і задач, поетапна їх реалізація та створення продукту проекту перевезення (транспортної послуги). Надання якісних транспортних послуг при перевезенні вантажів як реалізація продукту проекту є динамічним процесом, що реалізується за умов невизначеності (впливу внутрішніх та зовнішніх факторів), має обмеження в часі (оскільки залежить

від виду вантажу) і характеризується наявними ресурсами та особливостями експлуатації продукту проекту.

Відповідно до стандарту Project Management Body of Knowledge (PMBoK) Американського інституту управління проектами (PMI), проект – це окреме завдання з конкретними цілями, які обов’язково включають вимоги до часу, вартості та якості результатів, що досягаються [3,4]. Відповідно до роз’яснення тлумачного словника з управління проектами, проект – це певне завдання з визначеними вихідними даними й встановленими результатами (цілями), що обумовлюють спосіб його вирішення.

Вважаємо, якщо результатом проектної діяльності проектно-орієнтованого підприємства транспортної галузі є суттєве покращення бізнес-операцій підприємства, збільшення контрактів на доставку вантажів та укладених угод між усіма учасниками транспортного процесу, то такий проект є ефективним і конкурентоспроможним.

Визначення 1. Проект транспортного забезпечення вантажних перевезень – це унікальна діяльність проектно-орієнтованого підприємства, яка спрямована на задоволення потреб замовника на перевезення вантажів у внутрішньому і міжнародному сполученні та створення унікального продукту проекту з урахуванням правил «комерційного трикутника» час доставки- сервіс- тариф.

Стратегічною метою такого проекту є підвищення результативності бізнес-процесів підприємства на ринку транспортних послуг шляхом дотримання сукупності зобов’язань, урегульованих нормативно-правовими актами українського та європейського законодавства.

Визначення 2. Продукт проекту перевезення – це транспортна послуга, яка може бути нестійкою і змінюваною, формується керівництвом підприємства та надається суб’єктам міжнародного ринку вантажних перевезень, націлена на задоволення потреб вантажовласників та інших учасників процесу доставки вантажів.

Важливим питанням реалізації продукту проекту перевезення є територія, тобто де саме поширюється «дія» ринку транспортних послуг. Якщо реалізація продукту проекту перевезення відбувається лише в межах території України – то в такому випадку учасники ППВ дотримуються законодавчої бази України. Проте на сьогодні українські перевізники широко надають послуги і на міжнародному ринку (виконують перевезення автомобільними маршрутами європейського значення та міжнародними транспортними коридорами) і саме виконуючи міжнародні перевезення, перевізник зазнає впливу ринку міжнародних транспортних послуг (Директива 2003/59/ЄС, Директива 2014/45/ЄС, Директива 2007/46/ЄС).

Визначення 3. Результат проекту перевезення вантажів – підвищення якості продукту проекту шляхом застосування проектного підходу в управлінні підприємством, а також розширення бізнес-процесів проектно-орієнтованого підприємства з метою підвищення конкурентоспроможності. Однак варто зазначити, що вимоги вантажовласників до результату проекту відрізняються за своєю суттю, змістом, часом та вартістю реалізації проекту. І саме результат проекту залежить від можливості керівництва підприємства приймати та впроваджувати виважені логістичні рішення на етапі планування проекту для отримання більш якісного продукту.

Якість за стандартами PMBok – це сукупність властивостей та характеристик послуг, які надають можливість задовольняти зумовлені чи передбачені потреби споживача [4,6,9]. Таким чином, враховуючи таке означення якості, сформуємо власне трактування поняття якості транспортної послуги як продукту проекту.

Визначення 4. Якість транспортної послуги як продукту проекту - це ступінь відповідності сукупності властивостей та характеристик проекту вимогам вантажовласників, перевізників, експедиторів та інших учасників ринку міжнародних перевезень вантажів. Забезпечення якості транспортних послуг у проектах перевезення дозволяє підприємству, з одного боку, зменшити собівартість наданих послуг шляхом мінімізації витрат, а з іншого боку – збільшити дохід шляхом підвищення привабливості якості наданих послуг для клієнтів.

Основою для реалізації проекту перевезення вантажів у міжнародному сполученні є його стислий опис з урахуванням життєвого циклу проекту [5,7]. Адже вимоги до ефективності проекту і якості продукту проекту відноситься не тільки до надання транспортних послуг як кінцевого результату транспортної діяльності, але і безпосередньо до життєвого циклу продукту проекту. Тому проект має включати набір вимог клієнтів щодо маршрутів перевезень, обов’язково погоджених із замовником послуг, з урахуванням можливостей виконання послуги. Варто зазначити, що закінчення життєвого циклу проекту перевезення не обов’язково означає, що перевезення виконане згідно з умовами договору. На практиці у багатьох випадках вантажовласники можуть вимагати і супутні

послуги, які керівництво проектно-орієнтованого підприємства включає в бізнес-операції проекту перевезення задля задоволення вимог клієнтів.

Керівництво проектно-орієнтованого підприємства затверджує порядок і процедури розробки конкретної послуги по перевезенню вантажу, організації надання послуги і визначає відповідальність кожного учасника процесу проектування послуги на кожному етапі життєвого циклу (рис. 1).

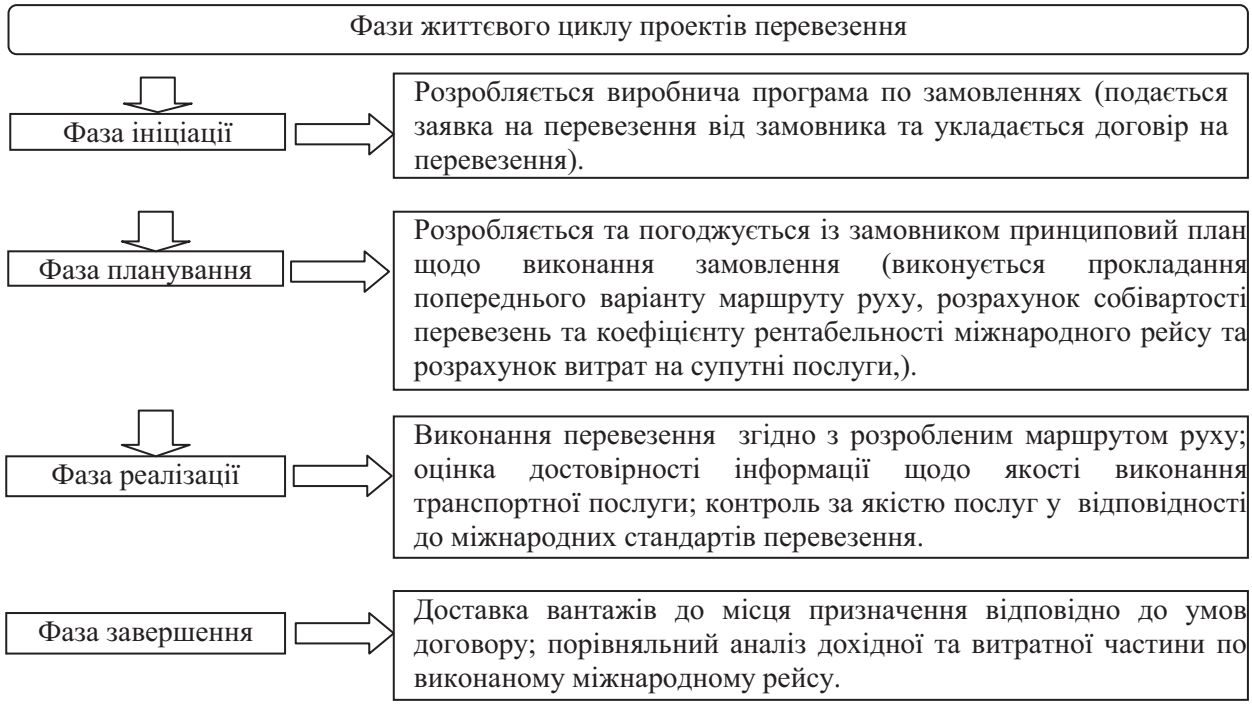


Рисунок 1 – Структуризація завдань за етапами життєвого циклу проекту

Керівництво проектно-орієнтованого підприємства при реалізації проекту транспортного забезпечення ставить перед проектною командою дві цілі, перша з яких є доставка вантажу від пункту відправлення до пункту призначення з дотриманням всіх європейських стандартів та вимог замовника.

Головна умова досягнення цієї цілі полягає у виконанні робіт на фазі планування проекту перевезення, оскільки успішна реалізація продукту проекту залежить від розроблення конкретного маршруту перевезення та оформлення необхідних проектних документів, які дають можливість замовнику прийняти рішення щодо доцільності вибору підприємства. Друга ціль, яка є важливою для керівництва підприємства – отримання максимального прибутку вже на фазі реалізації та завершення проекту. Не менш важливою є остання фаза закриття проекту, яка передбачає досягнення кінцевої мети як замовником проекту (тобто вчасна та якісна доставка вантажу в пункт призначення), так і виконавцем проекту (задоволення потреб клієнта і отримання прибутку).

Висновки. Отже, саме дотримання усіх фаз життєвого циклу проекту є запорукою успіху транспортного підприємства в умовах жорсткої конкуренції на ринку перевезення. І інтереси та дії кожної із сторін на кожній фазі проекту визначають, чи отримають вони прибуток від реалізації транспортної послуги як продукту проекту або, навпаки, втратять.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лебідь В.В. Основні принципи реалізації проектів перевезення у міжнародному сполученні / В.В. Лебідь // Тези XIII Міжнародної конф. «PM Kiev’16», Київ, 13-14.05.2016 р. «Управління проектами в розвитку суспільства» на тему «Проекти в умовах глобальних загроз, ризиків і викликів». – К.: КНУБА, 2016 – С. 142-143.

2. Рач В.А. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку / В.А. Рач, О.В. Россошанська, О.М. Медведєва // навч. посіб. за ред. В.А. Рача. – К.: «К.І.С.», 2010. – 276 с.

3. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. (Руководство PMBOK) . – 3-е изд. – Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA, 2004. – 388 с.

4. Бушуєв С.Д. Словник-довідник з питань управління проектами / С.Д. Бушуєв // Українська асоціація управління проектами. – К.: Видавничий дім «Ділова Україна», 2001. – 640 с.

5. Воркут Т.А. Методичні основи формування стратегічного портфеля проектів систем перевезень в організаціях термінальної доставки вантажів автомобільним транспортом / Т.А. Воркут, О.Є. Білоног // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип. №9. – К.: НТУ, 2012. – 462 с.: іл. – С. 15-24.

6. Kaplan, Norton, 2000 – Kaplan R.S., Norton D.P. The Strategy- Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment. Boston: Harvard Business School Press, 2000. [Рус.изд.: Каплан Р.С., Нортон Д.П. Организация, ориентированная на стратегию. Как в новой бизнес-среде преуспевают организации, применяющие сбалансированную систему показателей. М.: Олимп-Бизнес, 2004].

7. Бушуєв С.Д. Технологічна зрілість як інструмент стратегічного розвитку компаній на основі управління проектами / С.Д. Бушуєв, Н.С. Бушуєва, О.О. Покровицька // Управління проектами та розвито виробництва : зб. наук. пр. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2004. - № 1 (9). – С.5-16.

8. Лебідь В.В. Підходи до прийняття оптимального рішення щодо вибору проекту перевезення вантажів / В.В. Лебідь, Н.Т. Кунда // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2016) [Збірка матеріалів VIII Міжнар. наук.-практ. конференції (24-26 травня 2016 р., м. Херсон)] : Херсонська державна морська академія, 2016. – С.25-28.

9. Kerzner H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling / Harold Kerzner. – [8 ed.]. – New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2003. – 891 p.

REFERENCES

1. Lebid V.V. Osnovni pryntsypy realizatsii proektiv perevezennia u mizhnarodnomu spoluchenni. Tezy XIII Mizhnarodnoi konf. «PM Kiev’16. Upravlinnia proektamy v rozvytku suspilstva». Kyiv, National University bidivnytstva and Architecture, 2016. (Ukr)

2. Rach V.A., Rossoshanska O.V., Medvedeva O.M. Upravlinnia proektamy: praktychni aspekty realizatsii strategii regionalnogo rozvytku. Kyiv, «K.I.C.», 2010. 276 p. (Ukr)

3. Rukovodstvo k Svodu znanii po upravleniiu proektami (Rukovodstvo PMBOK). Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA, 2004. 388 p. (Rus)

4. Bushuev S.D. Slovnyk-dovidnyk z pytan upravlinnia proektamy. Ukrainska asotsiatsiia upravlinnia proektamy. Kyiv, Vydavnychyi dim «Dilova Ukraina». 2001. 640 p. (Ukr)

5. Vorkut T.A., Bilonog O. Ye.. Metodychni osnovy formuvannia strategichnogo portfelia proektiv sysyem perevezen v organizatsiiah terminalnoi dostavky vantazhiv avtomobilnym transportom. Management of projects, system analysis and logistics. Kyiv. National Transport University. 2012. Vol. 9. 462 p. (Ukr)

6. Kaplan, Norton, 2000 – Kaplan R.S., Norton D.P. The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment. Boston: Harvard Business School Press, 2000.

7. Bushuev S.D., Bushueva N.S., Pokrovytska O.O. Tehnologichna zrilist iak instrument strategichnogo rozvytku kompanii na osnovi upravlinnia proektamy. Upravlinnia proektamy ta rozbytok vyrobnytstva. Lygansk. 2004. Vol. 1 (9). (Ukr)

8. Lebid V.V., Kunda N.T. Pidhody do pryiniattia optymalnogo rishennia shchodo vyboru proektu perevezennia vantagiv. Suchasni informatsiini ta innovatsiini tehnologii na transporti (MINTT – 2016). Kharkiv. Kherson Maritime State Academy. 2016. 428 p. (Ukr)

9. Kerzner H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling / Harold Kerzner. [8 ed.]. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2003. 891 p.

РЕФЕРАТ

Лебідь В.В. Системний підхід до управління життєвим циклом проектів перевезення вантажів / В.В. Лебідь, Н.Т. Кунда // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип.1 (37).

У статті запропоновано підходи до організації планування, контролю та ефективності реалізації продукту проекту протягом його життєвого циклу.

Об’єкт дослідження – проект транспортного забезпечення вантажних перевезень, що реалізується в конкурентному середовищі автотранспортних послуг.

Мета роботи – дослідження впливу якості транспортної послуги як продукту проекту протягом його життєвого циклу на стан бізнес-операцій проектно-орієнтованого підприємства автотранспортної галузі.

Методи дослідження – елементи системного підходу, методи управління проектами.

Авторами досліджено, якщо результатом проектної діяльності проектно-орієнтованого підприємства в галузі міжнародних автомобільних перевезень є суттєве покращення бізнес-операцій, збільшення контрактів на доставку вантажів та укладення угод між всіма учасниками транспортного процесу, то такий проект є ефективним і конкуренто-спроможним. Для досягнення поставленої мети рекомендується строго дотримуватися чітко сформованих дій на всіх етапах життєвого циклу проекту.

Відповідно до умов стандарту PMBoK Американського інституту управління проектами PMI розроблено і запропоновано ввести такі поняття як «проект транспортного забезпечення вантажних перевезень», «продукт проекту перевезення», «результат проекту перевезення вантажів», «якість транспортної послуги як продукту проекту». Це дасть можливість однозначного підходу і спрощення процедури розробки і реалізації конкретної послуги по перевезенню вантажу, а також визначення відповідальності кожного учасника проекту на всіх етапах життєвого циклу.

Результати, викладені у статті, можуть бути впроваджені при розробці проектів перевезень вантажів у міжнародному сполученні на проектно-орієнтованих підприємствах, також можуть зацікавити фахівців з вантажних перевезень, менеджмент проектно-орієнтованих підприємств, студентів та аспірантів , які навчаються за напрямом підготовки «Управління проектами».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ПРОДУКТ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, РЕЗУЛЬТАТ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ, ЯКІСТЬ ТРАНСПОРТНОЇ ПОСЛУГИ ЯК ПРОДУКТУ ПРОЕКТУ.

ABSTRACT

Lebid' V.V., Kunda N.T. Project management of loads life cycle of international freight transportation. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The paper proposes approach to the organization of planning, control and efficiency of realization of project product during it1s life cycle.

Object of the study – project of transport providing of freight transportations, realized in the competitive environment of auto transportation services.

Purpose of the study – influence research of transport services quality as the project product during its life cycle on the business operations state of the project-oriented enterprise of auto transportation industry.

Method of the study – elements of system approach, methods of projects management.

The authors investigated that if the project activity result of the project-oriented enterprise in the auto transport international industry is a substantial business operations improvement, increase of loads delivery contracts and agreements between all the transport process participants, so such a project is effective and competitive. For the achievement of the aimed purpose it is recommended to adhere strictly he expressly formed actions on all life cycle stages of the project.

In accordance with the terms of the standard of PMBok of the American management institute of the RMI projects it is developed and suggested to enter such concepts as «project of transport providing of freight transportations», «product of transportation project», «result of loads transportation project», «quality of transport service as the project product». It will enable synonymous approach and simplification of procedure of the development and realization of concrete service in load transportation and also determine every project participant`s responsibility on all life cycle stages.

The results, presented in the article, can be introduced into the international development of loads transportations projects on the project-oriented enterprises, it can cause specialists interest in freight transportations, management of the project-oriented enterprises, students and graduate students in the field «Management projects».

KEYWORDS: PROJECT of TRANSPORT PROVIDING of FREIGHT TRANSPORTATIONS, PRODUCT of TRANSPORTATIONPROJECT, RESULT of LOADSTRANSPORTATION PROJECT, TRANSPORT service QUALITY, AS the PROJECTPRODUCT.

РЕФЕРАТ

Лебедь В.В. Системный подход к управлению жизненным циклом проектов перевозки грузов / В.В. Лебедь, Н.Т. Кунда // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложены подходы к организации планирования, контроля и эффективности реализации продукта проекта в течение его жизненного цикла.

Объект исследования – проект транспортного обеспечения перевозки грузов, реализуемый в конкурентной среде автотранспортных услуг.

Цель работы – исследование влияния качества транспортной услуги как продукта проекта в течение его жизненного цикла на состояние бизнес-операций проектно-ориентированного предприятия автотранспортной отрасли.

Методы исследования – элементы системного подхода, методы управления проектами.

Авторами исследовано, если результатом проектной деятельности проектно-ориентированного предприятия в отрасли международных автомобильных перевозок является существенное улучшение бизнес-операций, увеличения контрактов, на доставку грузов и заключение соглашений между всеми участниками транспортного процесса, то такой проект является эффективным и конкурентоспроможним. Для достижения поставленной цели рекомендуется строго придерживаться четко сформированных действий на всех этапах жизненного цикла проекта.

В соответствии с условиями страндарту PMBoK Американского института управления проектами PMI разработано и предложено ввести такие понятия как «проект транспортного обеспечения грузовых перевозок», «продукт проекта перевозки», «результат проекта перевозки грузов», «качество транспортной услуги как продукта проекта». Это даст возможность однозначного подхода и упрощения процедуры разработки и реализации конкретной услуги по перевозке груза, а также определение ответственности каждого участника проекта на всех этапах жизненного цикла.

Результаты, изложенные в статье, могут быть внедрены при разработке проектов перевозок грузов в международном сообщении на проектно-ориентированных предприятиях, также могут заинтересовать специалистов по грузовым перевозкам, менеджмент проектно-ориентированных предприятий, студентов и аспирантов, обучающихся по направлению подготовки «Управление проектами».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК, ПРОДУКТ ПРОЕКТА ПЕРЕВОЗКИ, РЕЗУЛЬТАТ ПРОЕКТА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ, КАЧЕСТВО ТРАНСПОРТНОЙ УСЛУГИ КАК ПРОДУКТА ПРОЕКТА.

АВТОРИ:

Лебідь Вікторія Вікторівна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: Vikky85@ukr.net, тел. +380678959339, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437, тел. 044-280-84-02.

Кунда Неля Тарасівна, кандидат технічних наук, доцент, відмінник освіти України, Національний транспортний університет, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, ntkunda@gmail.com, тел. +380673665979, Україна, м.Київ, 01010, вул. Суворова,1, к.437, тел. 044-280-84-02.

AUTHOR:

Lebid Victoria Viktorivna, National Transport University, senior lecturer in International Transportation and Customs Enforcement, e-mail: Vikky85@ukr.net, tel. +380678959339, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Suvorov 1, k 437. tel. 044-280-84-02.

Kunda Nelia T., Ph.D., associate professor, Excellence in education of Ukraine, National Transport University, professor of department of international transportations and custom control, ntkunda@gmail.com, tel. +380673665979, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, aud. 437. tel. 044-280-84-02.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Воркут Т.А., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

Стасюк О.І., доктор технічних наук, професор, Державний економіко-технологічний університет транспорту, в.о. проректора з наукової роботи, лауреат Державної премії України, Київ, Україна.

REVIEWER:

Vorkut T.A., Ph.D, Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Head of Law and transport logistics, Kyiv, Ukraine.

Stasuk O.I., Ph.D, Engineering (Dr.), professor, State Economy and Technology University of Transport, acting Rector for Research, State Prize of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

УДК 005.8
UDC 005.8

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ТА ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ БАЗИС ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ МЕДИЧНИМИ ЗАКЛАДАМИ

Лепський В.В., кандидат медичних наук, Східноєвропейський університет економіки і менеджменту, Черкаси, Україна

CONCEPTUAL MODELS AND TERMINOLOGY BASE OF INTAGRATED MANAGEMENT OF MEDICAL INSTITUTIONS

Lepskiy V.V., Candidate of Medical Sciences, East European University of Economics and management, Cherkasy, Ukraine

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ

Лепский В.В., кандидат медицинских наук, Восточноевропейский университет экономики и менеджмента, Черкассы, Украина

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасний складний стан та національні особливості Системи охорони здоров’я в Україні, необхідність її реформування згідно до міжнародних вимог і стандартів, впровадження проектно-орієнтованого підходу в усі галузі народного господарювання, у тому числі і в систему охорони здоров’я та необхідність забезпечення її сталого ефективного і конкурентоздатного функціонування та подальшого розвитку вимагають уважного розгляду наявної концепції стратегічного управління у сфері медичних послуг та її адаптації до нових вимог сьогодення у розрізі проектно-орієнтованого підходу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Управлінню медичними закладами присвячено чимало праць українських вчених Радиша Я. Ф., Білинської М. М., Лехана В. М., Слабкого Г. О., Солоненко І. М., Долота В. Д. [1-4]; напрямки, перспективи розвитку і реформування системи охорони здоров’я Україні висвітлюються у [5-6]. Системний підхід до управління медичними закладами запропоновано Клименком П. М., Грабовським В. А. [7]. Масауд Али Алгхдафи А. Султан, Романенко М.В., Ровинская Н.Ю., Данченко О.Б. процес управління та стратегічного планування медичними закладами, як проектно-орієнтованими організаціями, розглядають в розрізі проектного підходу через управління програмами, проектами та портфелями проектів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.

Особливість медичних проектів та структури управління проектно-орієнтованим медичним закладом (ПОМЗ) сформували особливість наскрізного процесу, який має ознаки стратегічного управління.

У [12] була висунута гіпотеза про те, що мають місце розриви у системі стратегічного управління медичним закладом.

Для підтвердження або спростування цієї гіпотези слід розглянути процес формування стратегічного плану ПОМЗ та процес досягнення стратегічних цілей. Тобто проаналізувати два протинаправлених процеси.

Процес формування стратегічного розвитку представлено на рис. 1.

Сталий розвиток медичного закладу у стратегічній перспективі, як, до речі, і будь-якої проектно-орієнтованої організації, треба розуміти як досягнення таких макроекономічних показників діяльності, які забезпечать основним стейкхолдерам задоволення їх очікувань. У стратегічній перспективі до основних стейкхолдерів медичного закладу віднесено інвесторів, або власників бізнесу, та споживачів медичних послуг. Це саме та особливість предметної області додають додаткові обмеження до цільової функції та системи управління.

Сталий розвиток ПОМЗ забезпечуватиметься у вигляді конкурентної переваги серед установ, які надають аналогічні послуги, що у свою чергу забезпечить приріст доходності. Цей показник у свою чергу може бути декомпозований на кілька: приріст кількості споживачів медичних послуг,

підвищення якості обслуговування, збільшення цінності для учасників та приріст фінансових показників. Але, надалі, як і для будь якого процесу управління, має місце конфлікт інтересів основних стейкхолдерів проектно-орієнтованої організації (ПОО), який формує відповідне протиріччя.

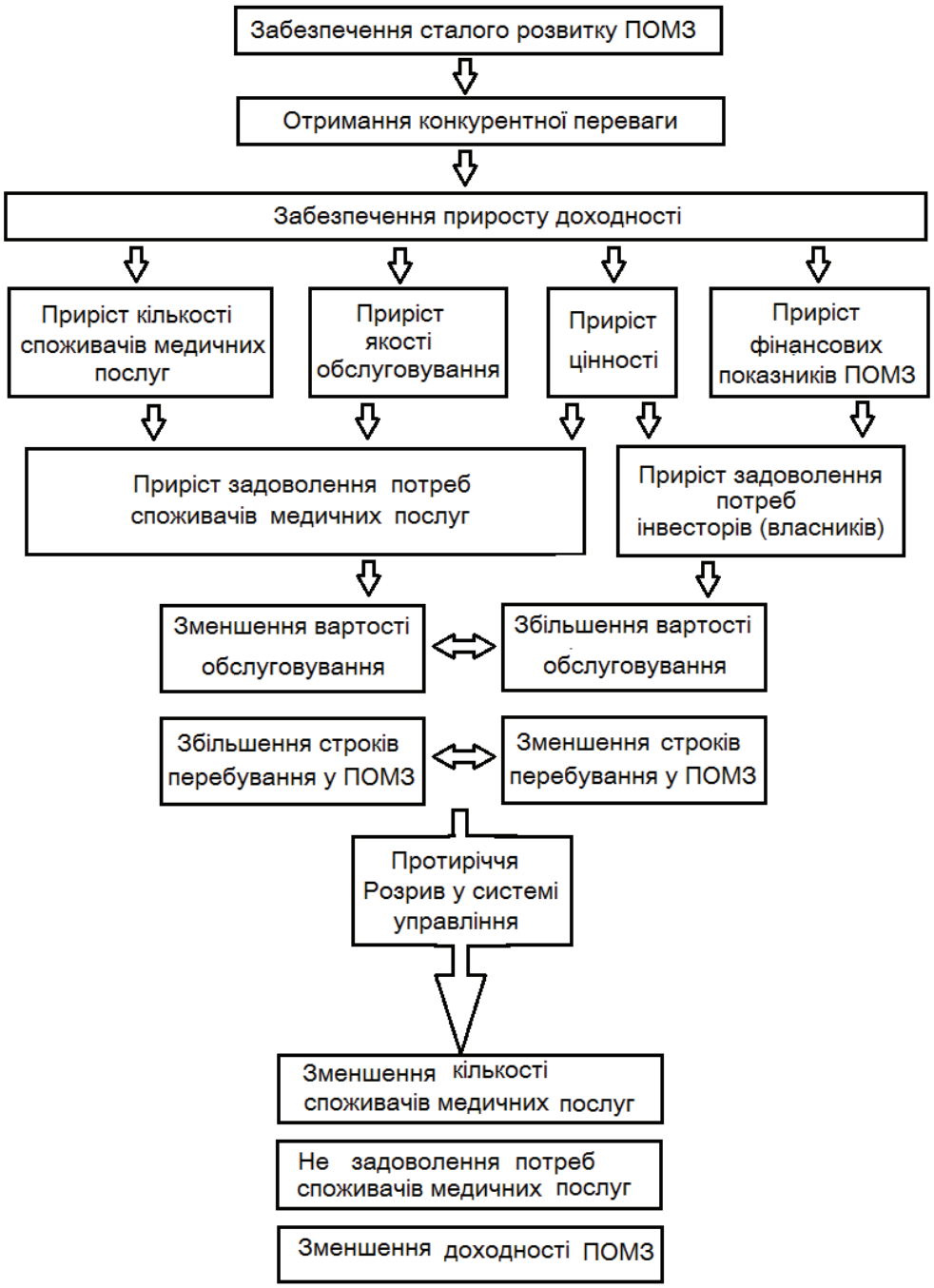


Рисунок 1 – Процес формування стратегії ПОМЗ

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є пошук шляхів усунення протиріч та формування таких механізмів управління, що задовольнятимуть усіх стейкхолдерів медичних закладів та забезпечуватимуть їх ефективну діяльність та розвиток, як проектно-орієнтованих організацій.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Особливою рисою проектів ПОМЗ є те, що серед усіх проектів, які реалізує медичний заклад, як проектно-орієнтовна організація, лише лікувальні проекти формують фінансовий результат. Усі інші - проекти забезпечення та наукові проекти - є лише витратними, та беруть участь у формуванні фінансового результату опосередковано, через формування приросту цінності для лікувальних проектів.

Але, у будь-якому випадку, формування керуючих впливів для задоволення стейкхолдерів медичних проектів та ПОМЗ на лікувальні проекти має значні обмеження. Ці обмеження мають як зовнішній, по відношенню до ПОМЗ, характер, так і внутрішній. До таких обмежень віднесено: науково доведена ефективність лікування відповідного профілю, протоколи лікування, відповідний перелік ліків, їх вартість, наявність та якість лікувального обладнання, наявність та кваліфікація медичного персоналу.

Тобто, виконання лікувальних проектів жорстко регламентовано протоколом, незважаючи на те, що кожен пацієнт, споживач медичних послуг, є унікальним, його хвороба унікальна, і лікувальний проект у будь-якому випадку має ознаки унікальності.

Ці обмеження унеможливлюють застосування стандартних моделей, методів та механізмів проектного управління лікувальними проектами для досягнення стратегічних цілей. Наприклад, пряме застосування інструментів управління вартістю лікувального проекту задля збільшення доходності ПОМЗ у стратегічній перспективі неможливе. У конкурентному оточенні ми не можемо збільшити вартість послуги, у рамках протоколу лікування ми не можемо змінити ліки (на дешеві чи дорогі), у рамках наявного обладнання ми не можемо надавати інші послуги.

Це означає, що для стратегічного задоволення основних стейкхолдерів ПОМЗ та забезпечення тим самим його сталого розвитку, задля зміни структури лікувального проекту або додання йому додаткової цінності у рамках діючої структури треба ініціювати додаткові проекти забезпечення, наукові проекти, комплекс проектів у формі портфелю та спеціальні програми. Наприклад, це може бути програма інформатизації закладу, або програма/портфель освоєння нового протоколу лікування, програма/портфель впровадження нового медичного обладнання, яка включатиме підготовку приміщення, підвищення кваліфікації та навчання персоналу, зміну протоколу лікування та зміну проектів забезпечення.

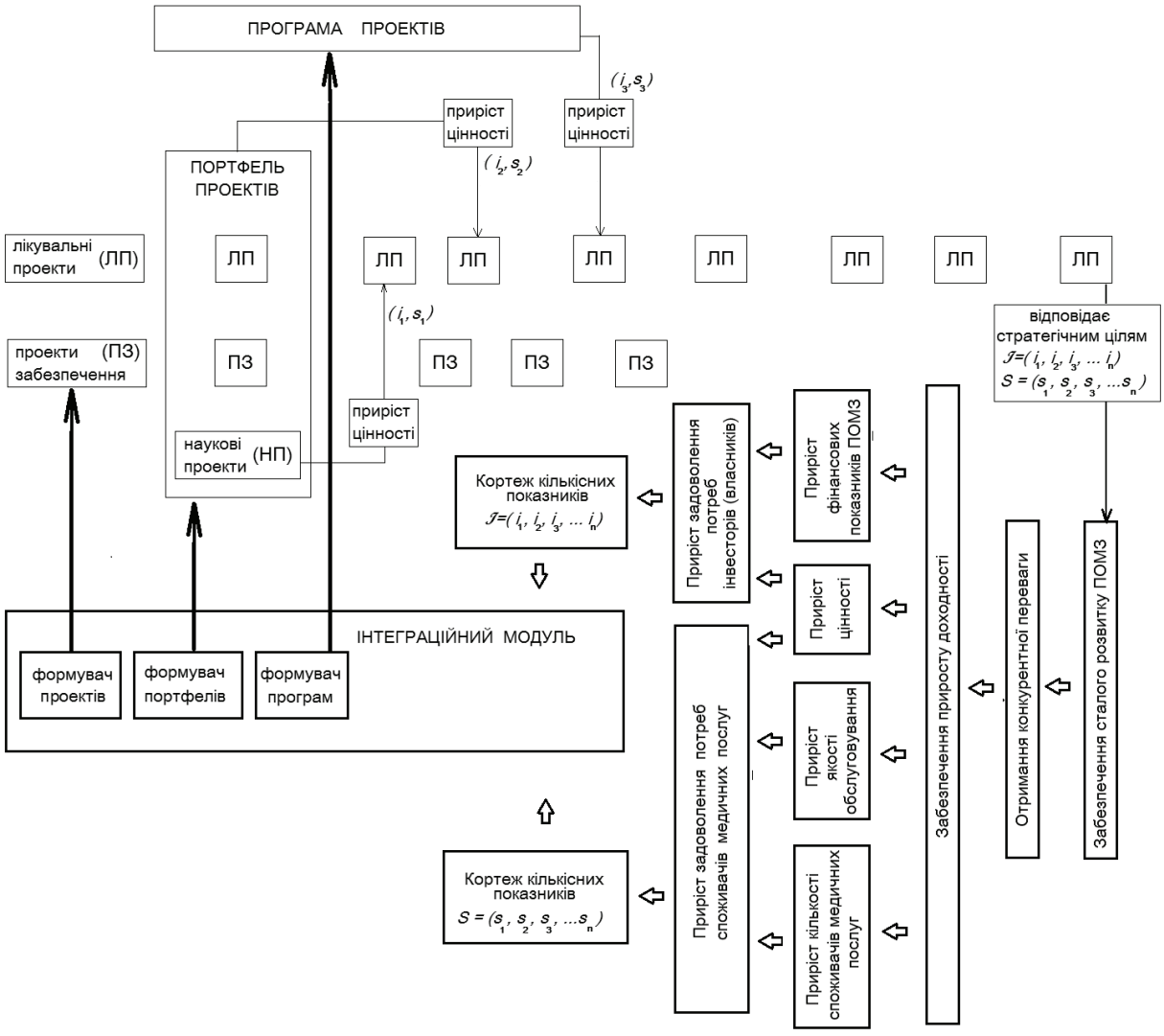


Рисунок 2 – Концептуальна схема інтегрованого управління ПОМЗ

Лише за таких умов можуть бути задоволені інтереси стейкхолдерів: зменшення вартості медичної послуги для пацієнтів, задоволення персоналу лікарні та збільшення доходності для інвесторів, при цьому сам медичний заклад залишиться фінансово-стійким та конкурентно-привабливим у зовнішньому оточенні.

Механізм, що забезпечить таке становище, пропонується реалізувати через інтеграцію проектних, портфельних, програмних та стратегічних інструментів з урахуванням специфіки проектно-орієнтованого медичного закладу. Концептуальна схема інтеграційних механізмів приведена на рис. 2.

На схемі показано, що для будь-яких змін у кількісних та якісних показниках лікувальних проектів, що відповідатимуть стратегічним цілям ПОМЗ, треба ініціювати інші, так би кажучи, додаткові проекти, які і забезпечать додану цінність. Це завдання виконує інтеграційний модуль, який фактично є конструктором проектів та програм. Конструювання відбувається за результатами аналізу кількісних показників очікувань інвесторів/власників ПОМЗ та споживачів медичних послуг/пацієнтів відповідно: $S = (s_1, s_2, \ldots s_n)$; $I = (i_1, i_2, \ldots i_n)$. Фактично виконується гармонізація очікувань з урахуванням зовнішнього конкурентного середовища та нормативно-правової бази медичної галузі.

Розробка методології інтегрованого управління ПОМЗ потребує використання певної групи означень та термінів, задля забезпечення сталого розвитку медичного закладу у прогнозованому горизонті планування. Як було показано в аналізі, «медичний» сегмент проектного управління формується та використовує певний термінологічний апарат. В рамках проведеного дослідження виявилася необхідність узагальнення, уточнення та подекуди введення нових термінів, що доповнюють термінологічну базу управління проектами.

Тобто, інтегроване управління сталим розвитком ПОМЗ, управління медичними проектами, програмами та портфелями, стратегічне, тактичне та оперативне управління, потребує сформувати термінологічний базис задля управління проектно-орієнтованими організаціями в медичному сегменті економіки.

Існуючий термінологічний апарат управління проектами потребує наукового редагування, бо результати медичних проектів є різноплановими, визначаються ціннісно-орієнтованими показниками та також потребують інтегративного управління. Стратегічні результати розвитку ПОМЗ визначаються не лише одержанням прибутку, а й збереженням та покращенням здоров’я пацієнтів, що може проявлятися в далекій перспективі.

Тому, складність поведінки, складність структури та складність управління ПОМЗ вимагатимуть не тільки розширити термінологічну базу знань з методології проектно-орієнтованого управління проектами, програмами, та портфелями проектів, але й формалізувати алгоритм управління отриманням очікуваної цінності усіма учасниками процесів функціонування ПОМЗ.

Існуючий тезаурус управління проектами, програмами, портфелями характеризується відсутністю уніфікованої термінологічної бази знань з медичного сегменту управління.

Тому, впровадження до управління проектами нових визначень розширить термінологічну базу знань, забезпечить гармонійну інтеграцію процесів стратегічного та проектно-орієнтованого управління медичними закладами.

Аналіз проектів, портфелів і програм ПОМЗ дозволив сформувати такий тезаурус.

Означення 1. *Проектно-орієнтований медичний заклад* — це будь-який медичний заклад (будь-якої форми власності, підпорядкованості, рівня надання медичної допомоги), який домінуючу частину доходу отримує як результат проектної діяльності.

Означення 2. *Управління ПОМЗ* – це формування та впровадження сукупності керуючих впливів для забезпечення досягнення результатів/продуктів поточних проектів та операційної діяльності.

Означення 3. *Стратегічне управління ПОМЗ* – це формування та впровадження сукупності керуючих впливів на проекти, портфелі, програми, для забезпечення досягнення сталого розвитку медичного закладу через досягнення кількісних та якісних результатів/продуктів поточних проектів, портфелів, програм.

Означення 4. *Інтегроване управління ПОМЗ* – це формування та впровадження сукупності керуючих впливів для конструювання проектів, портфелів, програм, їх взаємодії, для забезпечення

досягнення сталого розвитку медичного закладу через досягнення кількісних та якісних результатів/продуктів поточних проектів, портфелів, програм.

Означення 5. *Медичний проект* P^{M} *(МП)* – це складна система взаємопов'язаних медичних процесів $\{Y\}$, які на виході формують медичний продукт/результат/цінність $\{V\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M, R, I, B, T, V, Risk\}$.

$$P^{M} = \{M, Y, R, I, B, T, V, S, Risk\}$$

де M – мета проекту; Y – комплекс медичних процесів; R – ресурси проекту; I – інвестиційні/фінансові надходження; B - бюджет проекту; T – часові обмеження проекту, V – (value) продукт/результат/цінність; S – стейкхолдери медичного проекту; Risk – ризики медичного проекту.

Означення 6. *Управління МП* – це формування та впровадження сукупності керуючих впливів для забезпечення досягнення результатів/продуктів $\{V\}$ поточних проектів та задоволення очікувань всіх учасників $\{S\}$.

Означення 7. *Портфель медичних проектів* PfP^{M} *(ПМП)* – це складна система взаємопов'язаних медичних проектів $\{P^{M}\}$, які на виході формують медичні продукти/результати/цінність $\{V_i\}$ для досягнення стратегічних цілей $\{M_i^{St}\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M_i^{St}, R, I, B, T, V, Risk\}$.

$$PfP^{M} = \{P^{M}, M_i^{St}, Y, R, I, B, T, V_i, S, Risk\}$$

Означення 8. *Управління ПМП* – це формування та впровадження сукупності керуючих впливів для забезпечення досягнення стратегічних цілей $\{M_i^{St}\}$ та задоволення очікувань всіх учасників $\{S\}$.

Означення 9. *Програма медичних проектів* PrP^{M} *(ПрМП)* – це складна система взаємопов'язаних медичних проектів $\{P^{M}\}$, які на виході формують продукт/результат/цінність програми $\{V^{Pr}\}$, який забезпечить формування доданої стратегічної цінності $\{\Delta V^{St}\}$ для досягнення стратегічних цілей $\{M_i^{St}\}$ та цілей програми $\{M^{Pr}\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M^{Pr}, M_i^{St}, R, I, B, T, \Delta V^{St}, V^{Pr}, Risk\}$.

$$PrP^{M} = \{M^{Pr}, M_i^{St}, R, I, B, T, \Delta V^{St}, V^{Pr}, Risk\}.$$

Означення 10. *Управління ПрМП* – це формування та впровадження сукупності керуючих впливів для забезпечення досягнення продукту/результату/цінності програми $\{V^{Pr}\}$, який забезпечить формування доданої стратегічної цінності $\{\Delta V^{St}\}$, з урахуванням допусків та стратегічних цілей $\{M_i^{St}\}$ та цілей програми $\{M^{Pr}\}$та задоволення очікувань всіх учасників $\{S\}$.

Означення 11. *Лікувальний проект* P_{mt}^{M} – це складна система взаємопов'язаних лікувальних процесів $\{Y_{mt}\}$, які на виході формують лікувальний продукт/результат/цінність $\{V_{mt}\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M, R, I, B, T, V_{mt}, Risk\}$. Різновид медичного проекту.

$$P_{mt}^{M} = \{M, Y_{mt}, R, I, B, T, V_{mt}, S, Risk\},$$

де M – мета проекту; $\{Y_{mt}\}$ – (medical treatment) комплекс лікувальних процесів; R – ресурси проекту; I – інвестиційні/фінансові надходження; B - бюджет проекту; T – часові обмеження проекту, V_{mt} – (medical treatment value) лікувальний продукт/результат/цінність; S – стейкхолдери лікувального проекту; Risk – ризики лікувального проекту.

Означення 12. *Організаційний проект* P_o^M – це складна система взаємопов’язаних організаційних процесів $\{Y_o\}$, які на виході формують організаційний продукт/результат/цінність $\{V_o\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M, R, I, B, T, V_o, Risk\}$. Різновид медичного проекту.

$$P_o^M = \{M, Y_o, R, I, B, T, V_o, S, Risk\},$$

де M – мета проекту; $\{Y_o\}$ – (organizational) комплекс організаційних процесів; R – ресурси проекту; I – інвестиційні/фінансові надходження; B - бюджет проекту; T – часові обмеження проекту, V_o – організаційний продукт/результат/цінність; S – стейкхолдери організаційного проекту; Risk – ризики організаційного проекту.

Означення 13. *Науковий проект* P_s^M – це складна система взаємопов’язаних організаційних процесів $\{Y_s\}$, які на виході формують організаційний продукт/результат/цінність $\{V_s\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M, R, I, B, T, V_s, Risk\}$. Різновид медичного проекту.

$$P_s^M = \{M, Y_o, R, I, B, T, V_s, S, Risk\},$$

де M – мета проекту; $\{Y_s\}$ – (science) комплекс наукових процесів; R – ресурси проекту; I – інвестиційні/фінансові надходження; B - бюджет проекту; T – часові обмеження проекту, V_s – науковий продукт/результат/цінність; S – стейкхолдери наукового проекту; Risk – ризики наукового проекту.

Означення 14. *Портфель лікувальних проектів* PfP_{mt}^M *(ПМП)* – це складна система взаємопов’язаних лікувальних проектів $\{P_{mt}^M\}$, які на виході формують лікувальні продукти/результати/цінність $\{V_i\}$ для досягнення стратегічних цілей $\{M_i^{St}\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M_i^{St}, R, I, B, T, V, Risk\}$. Різновид медичного портфелю.

$$PfP_{mt}^M = \{P_{mt}^M, M_i^{St}, Y, R, I, B, T, V_i, S, Risk\},$$

Означення 15. *Портфель організаційних проектів* PfP_o^M *(ПМП)* – це складна система взаємопов’язаних організаційних проектів $\{P_o^M\}$, які на виході формують організаційні продукти/результати/цінність $\{V_i\}$ для досягнення стратегічних цілей $\{M_i^{St}\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M_i^{St}, R, I, B, T, V, Risk\}$. Різновид медичного портфелю.

$$PfP_o^M = \{P_o^M, M_i^{St}, Y, R, I, B, T, V_i, S, Risk\}$$

Означення 16. *Портфель наукових проектів* PfP_s^M *(ПМП)* – це складна система взаємопов’язаних наукових проектів $\{P_s^M\}$, які на виході формують наукові продукти/результати/цінність $\{V_i\}$ для досягнення стратегічних цілей $\{M_i^{St}\}$ для всіх учасників $\{S\}$, з урахуванням допусків та обмежень $\{M_i^{St}, R, I, B, T, V, Risk\}$. Різновид медичного портфелю.

$$PfP_s^M = \{P_s^M, M_i^{St}, Y, R, I, B, T, V_i, S, Risk\}$$

Означення 17. *Продукт медичного проекту* – те, що замовник отримує в результаті реалізації лікувального, організаційного та наукового проекту.

Продукт лікувального проекту – це стан споживача продукту проекту (пацієнта), при якому з регламентованою ймовірністю забезпечується порятунок його життя, стабілізація стану, покращення якості життя. Під «забезпеченням» розуміється повне і своєчасне надання медичної допомоги за діючим на даний час протоколом лікування.

Особливістю медичного та лікувального проекту є оцінка роботи лікувального та допоміжного персоналу у випадку, коли життя не врятоване, стабілізація стану не настала та покращення якості життя не отримано, але протокол лікування виконано у повному обсязі та своєчасно.

Як оцінювати даний випадок, за умов, що всі необхідні ресурси було витрачено?

З точки зору управління ПОМЗ пропонується вважати, що у даному випадку продукт проекту сформовано, тобто лікувальну послугу надано, але цінність — не отримана.

Означення 18. *Цінність лікувального проекту* – гармонійна характеристика стану пацієнта (споживача продукту лікувального проекту), яка визначається задоволенням його потреб та оцінюється за суб'єктивною оцінкою пацієнта та стандартизованими кількісними медичними показниками.

Означення 19. *Стейкхолдери медичного проекту* – це сукупність фізичних осіб та організацій, що можуть позитивно або негативно вплинути на результати медичних проектів (на продукт та цінність). У контексті ПОМЗ до стейкхолдерів медичних проектів віднесено: інвестори або власники ПОМЗ, адміністрація, медичний та допоміжний персонал, постачальники та обслуговуючі організації, пацієнти та їх рідні. Для кожного з видів медичних проектів слід уточнити групу стейкхолдерів, що планується зробити у наступних дослідженнях.

Означення 20. *Споживачі продукту медичного проекту* також розподіляються за видами: ЛП — пацієнти та їх рідні; ОП — пацієнти та їх рідні; медичний та допоміжний персонал; НП — медичний персонал та пацієнти.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. У результаті дослідження виділено проблему протиріччя інтересів основних стейкхолдерів проектів ПОМЗ, до яких відносяться інвестори або власники бізнесу та споживачі медичних послуг, основні обмеження лікувальних проектів і запропоновано концептуальну схему інтегрованого управління ПОМЗ, що дозволяє керувати змінами у кількісних та якісних показниках лікувальних проектів, що відповідатимуть стратегічним цілям ПОМЗ, через ініціацію інших, додаткових проектів, які і забезпечать додану цінність.

Крім того, виявлено відсутність уніфікованої термінологічної бази знань з медичного сегменту управління проектами, програмами і портфелями та запропоновано впровадити до управління проектами нових визначень саме у медичному сегменті, що є невід’ємним фактором гармонійної інтеграції процесів стратегічного та проектно-орієнтованого управління медичними закладами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державна політика у сфері охорони здоров’я : кол. моног. : у 2 ч. / [кол. авт. ; упоряд. проф. Я. Ф. Радиш ; передм. та за заг. ред. проф. М. М. Білинської, проф. Я. Ф. Радиша]. – К. : НАДУ, 2013. – 396 с.

2. Лехан В. М. Стратегія розвитку системи охорони здоров’я: український вимір / В. М. Лехан, Г. О. Слабкий, М. В. Шевченко. – К., 2009. – 34 с.

3. Солоненко І. М. Управління організаційними змінами у сфері охорони здоров’я : монографія / І. М. Солоненко, І. В. Рожкова. – К. : Фенікс, 2008. – 276 с.

4. Долот В. Д. Основні напрями та пріоритети реформування сфери охорони здоров'я України [Електронний ресурс] / В. Д. Долот // Державне управління: удосконалення та розвиток. – 2012. – № 12. – Режим доступу : http://www.du.nayka.com.ua.

5. Національна стратегія реформування системи охорони здоров’я в Україні на період 2015–2020 років [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://healthsag. org.ua/strategiya/

6. Про внутрішнє та зовнішнє становище України у сфері національної безпеки : аналіт. доп. Нац. ін-ту стратег. дослідж. до позачергового Послання Президента України до Верховної Ради України. – К. : НІСД, 2014. – 148 с.

7. Клименко П. М., Грабовський В. А. Системний підхід до управління закладами охорони здоров'я // Клименко П. М., Грабовський В. А. // К.,Вісник НАДУ. Серія: державне управління. Соціальна і гуманітарна політика - 2014 - №3 – с.136-141

8. Масауд Али Алгхдафи А. Султан. Формирование портфеля проектов малых медицинских предприятий на основе оппортунистического похода / Масауд Али // Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук. [Електронний ресурс] — Режим доступу:

http://ubgd.lviv.ua:8080/bitstream/handle/123456789/609/%D0%A1%D1%83%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%9C%D0%B0%D1%81%D0%B0%D1%83%D0%B4_dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

9. Романенко М.В. Механізми проектно-орієнтованого управління в галузі охорони здоров’я / М.В. Романенко. [Рукопис] // Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – Управління проектами і програмами. – Одеський національний морський університет, Одеса, 2012р.

10. Ровинская Н.Ю. Модель жизненного цикла проекта организационных изменений / Н.Ю. Ровинская // Управление развитием сложных систем. – 2016. – № 26. – С. 98 – 104.

11. Данченко Е.Б., Принципы стратегического управления проектами, программами и портфелями медицинского учреждения / Данченко Е.Б., Лепский В.В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 1 (117_).

12. Лепский В.В. Концепция стратегического управления проектами, программами и портфелями медицинского учреждения. Управління проектами, програмами, портфелями: Тези доповідей 1-ї Міжнародної науково-практичної конференції: [у 2т.] // Відповідальний за випуск Тесленко П.О. – Том 2. – Одеса: Бондаренко М.О., 2016. – 148 с., с.75-77.

REFERENCES

1. Bilyns’ka, M.M. and Radysh, Ya.F. (Editors). (2013). Derzhavna polityka u sferi okhorony zdorov’ia [Public policy in health care]. Kyiv, Ukraine: National Academy for Public Administration under the President of Ukraine, 396. (Ukr)

2. Lekhan, V.M., Slabkyj, H.O. and Shevchenko, M.V. (2009). Stratehiia rozvytku systemy okhorony zdorov’ia: ukrains’kyj vymir [The development strategy of the health system: Ukrainian Dimension], Kyiv, Ukraine, 34. (Ukr)

3. Solonenko, I.M. and Rozhkova, I.V. (2008). Upravlinnia orhanizatsijnymy zminamy u sferi okhorony zdorov’ia [Management of organizational changes in health care]. Kyiv, Ukraine: Feniks, 276. (Ukr)

4. Dolot V.D. (2012). Osnovni napryamy ta priorytety reformuvannya sferyokhorony zdorov'ya Ukrayiny [The main directions and priorities of healthcare reform Ukraine]. Derzhavne upravlinnya: udoskonalennya ta rozvytok - Public administration, improvement and development., 12. Retrieved from: http://www.du.nayka.com.ua. (Ukr)

5. National strategy for healthcare reform in Ukraine in 2015-2020 years [National strategy for healthcare reform in Ukraine in 2015-2020 years]. Retrieved from: http://healthsag.org.ua/ strategiya/. (Ukr)

6. (2014), Pro vnutrishnie ta zovnishnie stanovysche Ukrainy u sferi natsional’noi bezpeky: Analitychna dopovid’ Natsional’noho instytutu stratehichnykh doslidzhen’ do pozacherhovoho Poslannia Prezydenta Ukrainy do Verkhovnoi Rady Ukrainy [On the internal and external situation of Ukraine in the sphere of national security: Analytical report of the National Institute for Strategic Studies extraordinary President of Ukraine to the Verkhovna Rada of Ukraine], Kyiv, Ukraine. (Ukr)

7. Klymenko P. M., Hrabovskyi V. A. (2014). Systemnyi pidkhid do upravlinnia zakladamy okhorony zdorovia [Systemnyi pidkhid do upravlinnia zakladamy okhorony zdorovia]. Kyiv, Ukraine: National Academy for Public Administration under the President of Ukraine. Governance. The social and humanitarian policy, 3 – 136-141. (Ukr)

8. Masaud Ali Alghdafi A. Sultan. Formirovanie portfelya proektov malyih meditsinskih predpriyatiy na osnove opportunisticheskogo pohoda [Formation of a portfolio of small business health projects on the basis of the opportunist campaign] // Thesis for the degree of candidate of technical sciences. Available: http://ubgd.lviv.ua:8080/bitstream/handle/123456789/609/%D0%A1%D1%83%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%9C%D0%B0%D1%81%D0%B0%D1%83%D0%B4_dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Rus)

9. Romanenko M.V. (2012). Mekhanizmy proektno-oriientovanoho upravlinnia v haluzi okhorony zdorovia [Mechanisms of project-oriented management in health care], [handwriting]. Candidate’s thesis. Odessa: Odessa National Maritime University. (Ukr)

10. Rovinska, N. (2016). Model zhiznennogo tsikla proekta organizatsionnyih izmeneniy [The model of life cycle project of organization changes]. Management of Development of Complex Systems, 26, 98-104. (Ukr)

11. Danchenko E.B. & Lepskiy V.V. (2017). Pryntsypyi stratehycheskoho upravlenyia proektamy, prohrammamy y portfeliamy medytsynskoho uchrezhdenyia [Pryntsypyi stratehycheskoho upravlenyia proektamy, prohrammamy y portfeliamy medytsynskoho uchrezhdenyia]. Vistnyk NTU "KPI". Series: Strategic management, portfolio management, program and project. Kharkiv, Ukraine: NTU "KPI",1. (Rus)

12. Lepskiy V.V. (2016). Kontseptsiya strategicheskogo upravleniya proektami, programmami i portfelyami meditsinskogo uchrezhdeniya [Concept stratehycheskoho management projects, programs and portfolios of medical institutions]. Proceedings from MIIM '16: I Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia « Upravlinnia proektamy, prohramamy, portfeliamy » – The First International Scientific and Practical Conference «Management of projects, programs, portfolios». (Vol. 2), (pp. 75-77). Odessa, Ukraine:: Bondarenko M.O., 148. (Rus)

РЕФЕРАТ

Лепський В.В. Концептуальна модель та термінологічний базис інтегрованого управління медичними закладами / В.В. Лепський // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті запропоновано концептуальну схему інтегрованого управління проектно-орієнтованими медичними закладами (ПОМЗ) та розширення термінологічної бази управління проектами, програмами та портфелями проектів визначеннями саме у медичному сегменті.

Об’єкт дослідження – інтегроване управління медичними закладами України як проектно-орієнтованими організаціями.

Мета роботи – пошук шляхів усунення протиріч та формування таких механізмів управління медичних закладів, що задовольнятимуть усіх стейкхолдерів медичних проектів, програм, портфелів, та забезпечуватимуть ефективну діяльність закладів та їх розвиток, як проектно-орієнтованих організацій.

Методи дослідження – системний підхід та системний аналіз процесу управління ПОМЗ.

Для подолання протиріч і розривів у процесі управління ПОМЗ, стратегічного задоволення основних стейкхолдерів та забезпечення тим самим його сталого розвитку, задля зміни структури лікувального проекту або додання йому додаткової цінності у рамках діючої структури пропонується ініціювати додаткові проекти забезпечення, наукові проекти, комплекс проектів у формі портфелю та спеціальні програми. Це може бути програма інформатизації закладу, або програма/портфель освоєння нового протоколу лікування, програма/портфель впровадження нового медичного обладнання, яка включатиме підготовку приміщення, підвищення кваліфікації та навчання персоналу, зміну протоколу лікування та зміну проектів забезпечення.

Лише за таких умов можуть бути задоволені інтереси стейкхолдерів: зменшення вартості медичної послуги для пацієнтів, задоволення персоналу лікарні та збільшення доходності для інвесторів, при цьому сам медичний заклад залишиться фінансово-стійким та конкурентно-привабливим у зовнішньому оточенні.

Механізм, що забезпечить таке становище, пропонується реалізувати через інтеграцію проектних, портфельних, програмних та стратегічних інструментів з урахуванням специфіки проектно-орієнтованого медичного закладу. Для забезпечення такої інтеграції також пропонується розширити термінологічну базу управління проектами, програмами та портфелями проектів термінами саме медичного сегменту, що має свою специфіку.

Результати статті можуть бути використані в управлінні проектно-орієнтованими медичними закладами. Доповнення термінологічної бази управління проектами термінами медичного сегменту є доцільним для застосування методологій та стандартів управління проектами, програмами і портфелями проектів саме у сфері охорони здоров’я.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ, ПРОГРАМАМИ, ПОРТФЕЛЯМИ, МЕДИЧНИЙ ЗАКЛАД, ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ МЕДИЧНИМ ЗАКЛАДОМ, ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНА ОРГАНІЗАЦІЯ, ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ БАЗИС.

ABSTRACT

Lepskiy V.V. Conceptual model and terminology base of integrated management of medical institutions. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The author in this article proposes a conceptual scheme of integrated management of project-oriented medical institutions (POMI) and addition the terminological database of management of projects, programs and portfolios by designations in the medical segment.

Object of study - Integrated Management of Ukrainian medical institutions as the project-oriented organizations.

Purpose - search for ways to eliminate contradictions and formation mechanisms of management of medical institutions that satisfy all stakeholders in health projects, programs and portfolios, and ensure effective operation of institutions and their development as project-oriented organizations.

Research methods - systematic approach and systematic analysis of the management of POMI.

To overcome contradictions and gaps in the management POMI strategic meeting basic stakeholders and ensuring thereby sustainable development, in order to change the structure of the medical project or give it added value within the existing structure is proposed to initiate additional projects of support, research projects, complex projects in the form of portfolios and special programs. It can be a program of informatization of institution, or program/portfolio of development of a new treatment protocol, program/portfolio of introduction of new medical equipment, which will include training facilities, training and education of personnel, change of treatment protocol and software projects.

Only under these conditions can be met stakeholder interests: reducing the cost of medical services for patients, hospital staff satisfaction and increased profitability for investors, and the very institution remains financially sustainable, competitive and attractive in the external environment.

The mechanism, which will ensure a position to implement proposed through the integration of projects, portfolios, programs and strategic tools specific to the design-oriented medical establishment. To ensure this integration also proposed to expand the terminological database of management of projects, programs and portfolios by terms in a medical segment that has their personal characteristics.The results of the article can be used in the management of project-oriented medical institutions. Supplement terminological database of project management by terms of medical segment is appropriate for applying the methodologies and standards at managing of projects, programs and portfolios of projects in health care.

KEY WORDS: MANAGEMENT OF PROJECTS, PROGRAMS, PORTFOLIOS, INTEGRATED FACILITY MANAGEMENT, MEDICAL INSTITUTION, PROJECT-ORIENTED ORGANIZATION, TERMINOLOGICAL BASE.

РЕФЕРАТ

Лепский В.В. Концептуальная модель и терминологический базис интегрированного управления медицинскими учреждениями / В.В. Лепский // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложены концептуальная схема интегрированного управления проектно-ориентированными медицинскими учреждениями (ПОМУ) и расширение терминологической базы управления проектами, программами и портфелями проектов определениями именно в медицинском сегменте.

Объект исследования - интегрированное управление медицинскими учреждениями Украины как проектно-ориентированными организациями.

Цель работы - поиск путей устранения противоречий и формирование таких механизмов управления медицинских учреждений, которые позволят удовлетворять всех стейкхолдеров медицинских проектов, программ, портфелей, и обеспечивать эффективную деятельность учреждений и их развитие, как проектно-ориентированных организаций.

Методы исследования - системный подход и системный анализ процесса управления ПОМУ.

Для преодоления противоречий и разрывов в процессе управления ПОМУ, стратегического удовлетворения основных стейкхолдеров и обеспечения тем самым его устойчивого развития, для изменения структуры лечебного проекта или придания ему дополнительной ценности в рамках

действующей структуры предлагается инициировать дополнительные проекты обеспечения, научные проекты, комплекс проектов в форме портфеля и специальные программы. Это может быть программа информатизации учреждения, или программа / портфель освоения нового протокола лечения, программа / портфель внедрение нового медицинского оборудования, которая будет включать подготовку помещения, повышение квалификации и обучение персонала, изменение протокола лечения и изменение проектов обеспечения.

Только при таких условиях могут быть удовлетворены интересы стейкхолдеров: уменьшение стоимости медицинской услуги для пациентов, удовлетворения персонала больницы и увеличение доходности для инвесторов, при этом само медицинское учреждение останется финансово-устойчивым и конкурентно-привлекательным во внешнем окружении.

Механизм, который обеспечит такое положение, предлагается реализовать через интеграцию проектных, портфельных, программных и стратегических инструментов с учетом специфики проектно-ориентированного медицинского учреждения. Для обеспечения такой интеграции также предлагается расширить терминологическую базу управления проектами, программами и портфелями проектов терминологией именно медицинского сегмента, который имеет свою специфику.

Результаты статьи могут быть использованы в управлении проектно-ориентированными медицинскими учреждениями. Дополнение терминологической базы управления проектами терминами медицинского сегмента целесообразно для применения методологий и стандартов управления проектами, программами и портфелями проектов именно в сфере здравоохранения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ, ПРОГРАММАМИ, ПОРТФЕЛЯМИ, МЕДИЦИНСКОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ, ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕДИЦИНСКИМ УЧРЕЖДЕНИЕМ, ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС.

АВТОР:

Лепський В.В., кандидат медичних наук, Східноєвропейський університет економіки і менеджменту, доцент кафедри менеджменту та економіки охорони здоров’я, e-mail: cherkassymsek@ukr.net, тел.. +38 (067)-593-11-02, Україна, 18000, м. Черкаси, вул. В'ячеслава Чорновола, 164/2

AUTHOR:

Lepskiy V.V., Candidate of Medical Sciences, East European University of Economics and Management, Associate Professor, Department of Management and Health Economics, e-mail: cherkassymsek@ukr.net, tel. +38 (067) – 593-1-02, Ukraine, 18000, Cherkassy, st. Chornovil, 164/2

АВТОР:

Лепский В.В., кандидат медицинских наук, Восточно-европейский университет экономики и менеджмента, доцент, кафедра менеджмента и охраны здоровья, e-mail: cherkassymsek@ukr.net, тел. +38 (067)-593-1102, Украина, 18000, г. Черкассы, ул. Вячеслава Черновола, 164/2

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Данченко О.Б., доктор технічних наук, доцент, Університет економіки та права «КРОК», завідуюча кафедрою бізнес адміністрування та управління проектами, Київ, Україна.

Мельниченко О.І., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

REVIEWER:

Danchenko E.B., doctor of Technical Science, docent, University of Economics and Law "KROK", head of department of business administration and project management, Kyiv, Ukraine.

Melnichenko A.I., candidate of Technical Science, professor, National transport university, professor of department of a transport law and logistic, Kyiv, Ukraine.

УДК 621.43
UDC 621.43

СТРУКТУРА ТА ЕТАПИ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ДВИГУНА

Лісовал А.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Свистун Ю.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Штрибець В.В., Київська державна академія водного транспорту, Київ, Україна

STRUCTURE AND STAGES DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF ENGINE

Lisoval A.A., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
SvystunYu.A, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Shtribets V.V., Kyiv State Academy of Water Transport, Kyiv, Ukraine

СТРУКТУРА И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

Лисовал А.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Свистун Ю.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Штрибец В.В., Киевская государственная академия водного транспорта, Киев, Украина

Вступ. В дизелебудуванні інтенсивно впроваджуються електронні системи автоматичного керування (САК) двигуном і його системами. Цей процес відбувається, в першу чергу, в швидкодіючих системах подачі палива з високою енергією впорскування. Акумуляторні системи паливоподачі типу Common Rail неможливо використовувати без мікропроцесорної САК, але функція системи автоматичного регулювання частоти (САРЧ) обертання колінчастого вала дизеля залишається обов'язковою [1, 2].

Кафедра двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету (НТУ) має багаторічний досвід розробки і впровадження САК для різних двигунів: дизелів, бензинових і газових з іскровим запалюванням, газодизелів та інших. У напрямку розробки і впровадження електронного керування (мікропроцесорні САК) кафедра двигунів і теплотехніки НТУ співпрацює з Інститутом газу НАН України. Спільно розроблено і випробувано конструкції дворежимного і всережимного мікропроцесорних САРЧ для автотракторних дизелів [3, 4].

Мікропроцесорний всережимний регулятор з ПІД-алгоритмом керування був створений на базі стандартних вузлів фірми HEINZMANN [4]. Цей регулятор став базою для розробки мікропроцесорної САК швидкості газового двигуна. Газовий двигун 8ГЧ10/8,8 працює на привод електричного генератора потужністю 30 кВт, мікропроцесорна САК для підтримання стабільної швидкості обертання колінчастого вала діє на приводу газової заслінки дозатора газу, що виконує функцію газоповітряного змішувача (ГЗ) [5].

Розробка і налаштування мікропроцесорних САК неможлива без застосування математичного моделювання і програм, створених для їх реалізації. Для реалізації математичних моделей мікропроцесорних САК двигуном застосовано математичний комплекс програмування Matlab з графічним розширенням SIMULINK [6, 7].

Мета роботи – узагальнення досвіду розробки математичних моделей мікропроцесорних САК двигунів внутрішнього згорання. В статті описано етапи розробки моделей, структуру і принцип роботи математичної моделі всережимної САРЧ дизеля з електронним ПІД-алгоритмом керування дизелем та особливості математичної моделі для мікропроцесорної САК швидкості газового двигуна.

Етапи розробки математичної моделі САК двигуна внутрішнього згорання.

Під час розробки математичних моделей САРЧ дизелів розповсюдження отримав метод динамічного моделювання на основі використання дослідних статичних характеристик інерційних ланок, що входять до неї. Основні положення цього методу надруковано в працях Крутова В.І., Долганова К.Є. і започатковано як “квазістатичний” підхід для складання математичних моделей САРЧ [8].

Процес розробки математичної моделі САК двигуна з наступним використанням комплексу Matlab розбили на 7 етапів:

– розробка найвищого ієрархічного рівня, до якого входить «САК двигуна», зовнішнє навантаження та інші зовнішні фактори або збурення;

– деталізація блоку «САК двигуна» на не менше, ніж дві підсистеми: безпосередньо двигун, мікропроцесорна система – це середній ієрархічний рівень замаскований в «САК двигуна»;

– за необхідності деталізація середнього ієрархічного рівня на додаткові блоки, які описують роботу відповідних систем двигуна (паливоподачі, газотурбінного наддуву та інші);

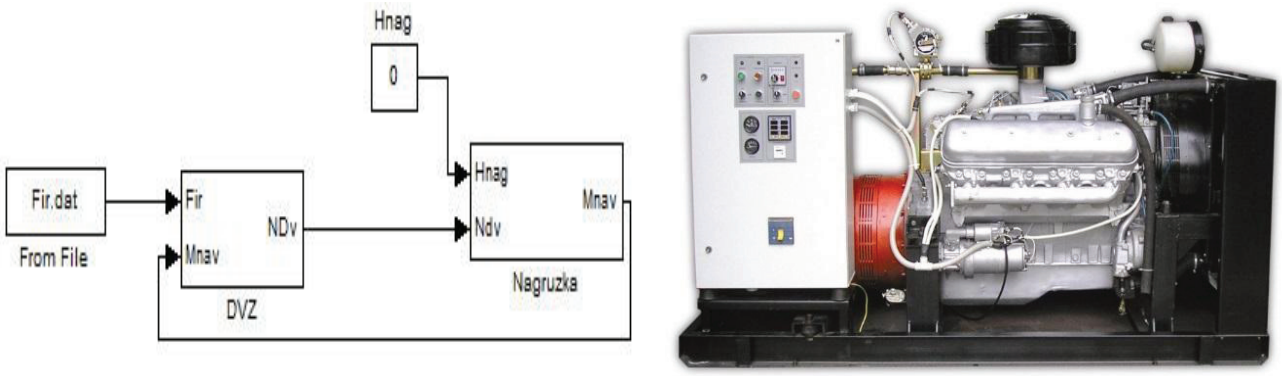
– деталізація підсистеми «мікропроцесорна система» за розробленою функціональною схемою – це найнижчий ієрархічний рівень моделі замаскований в блоці «мікропроцесорна система»;

– за необхідності розширення кількості блоків найнижчого ієрархічного рівня моделі;

– поетапне налаштування всіх блоків і рівнів моделі;

– перевірка адекватності математичної моделі в цілому. Методика перевірки адекватності математичної моделі САРЧ дизеля за усталених і перехідних режимів описано в праці [9].

Математична модель САРЧ дизеля. Математичну модель розділено за ієрархічно-блочним принципом. Кожен з блоків відповідно функціональному призначенню описує певну складову двигуна або його підсистеми. Найчастіше в кожен блок входить одна або більше інерційних ланок, які описуються диференціальними рівняннями [8]. Верхній ієрархічний рівень математичної моделі показано на рис. 1, а. Поруч розміщено фото, як приклад складної технічної системи двигун-навантаження (рис. 1, б).



а) б)

Рисунок 1 – Технічна система двигун-навантаження:
а) найвищий ієрархічний рівень моделі двигуна обладнаного електронною САК в програмному комплексі Matlab; б) фото дизель-генератора (на базі двигуна ЯМЗ-238М2)

Найвищий ієрархічний рівень (рис. 1, а) складається з математичних блоків DVZ – розрахунковий блок дизеля зі встановленою САРЧ та Nagruzka – розрахунковий блок зовнішнього навантаження. Параметри та зв’язки для цих блоків: Fir – переміщення цифрової педалі газу, NDv – частота обертання колінчастого вала, Mnav – момент навантаження на колінчастому валу дизеля, Hnag – початкове значення навантаження.

Блок зовнішнього навантаження, що відтворює роботу електричного генератора або гальмівного стенда, було задано рівнянням:

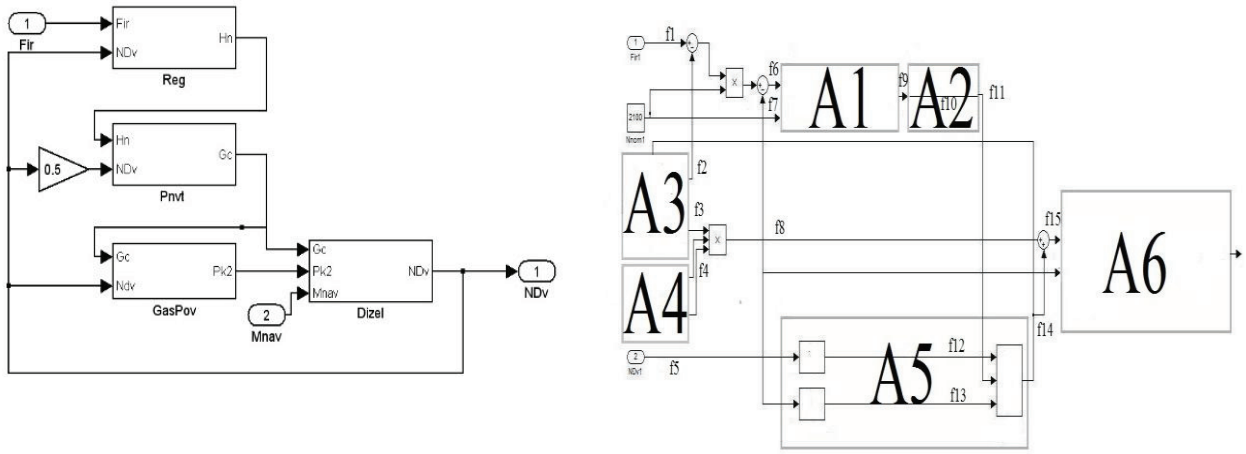
$$M_{нг} = A_{нг} \cdot n_д + H_{нг}, \quad (1)$$

де $M_{НГ}$ – момент зовнішнього навантаження;

$n_д$ – частота обертання колінчастого вала дизеля;

$A_{НГ}$ та $H_{НГ}$ – коефіцієнти апроксимації.

Блок DVZ укрупнено розділили на чотири структурно-функціональні ланки, три з яких описали як інерційні – це безпосередньо дизель, система турбонаддуву та електронного регулятора. Систему паливоподачі, яка об’єднує паливний насос високого тиску (ПНВТ), трубопроводи високого тиску, форсунки, описали як безінерційну ланку. Математичну модель блоку DVZ в програмному комплексі Matlab/ SIMULINK показано на рис. 2, а – це середній ієрархічний рівень моделі.



а) б)

Рисунок 2 – Математичні моделі середнього а) і найнижчого б) ієрархічного рівнів:
Reg – блок електронного регулятора (або мікропроцесорна система); Pnvt – блок ПНВТ;
GasPov - блок турбонаддуву; Dizel – блок дизеля; Hn – переміщення рейки ПНВТ;
Gc – циклова подача палива, Pk2 – тиск у впускному колекторі; A1-A6 – функціональні блоки електронної САРЧ спільно з ПНВТ; f1-f15 – зв'язки між функціональними блоками моделі

Математична модель електронної САРЧ з ПНВТ дизеля (рис. 2, б) складається з блоків-підсистем A1-A6 та зв’язків між ними f1-f15.

У функціональному блоці A1 відбувається моделювання роботи мікропроцесорного блоку керування з ПІД-алгоритмом регулювання частотою обертання колінчастого вала дизеля. В основу цього блоку закладено рівняння

$$e_{PID}(t) = K_p \cdot e\ (t) + K_I \cdot \int_{t}^{t0} e\ (t)dt + K_D \cdot \frac{de(t)}{dt} \qquad (2)$$

де $e_{PID}(t)$ – вихідний сигнал мікропроцесорного блоку керування;

e(t) – вхідний сигнал блоку керування;

K_P, K_I и K_D – пропорційний, інтегральний і диференціальний коефіцієнти підсилення відповідних ПІД-параметрів.

Функціональний блок A2 моделює роботу виконавчого механізму, який кінематично з'єднаний з рейкою ПНВТ. Блок A3 дозволяє змінювати кут нахилу регуляторної гілки. Функціональний блок A4 введено для імітації впливу зовнішніх вібрацій від дизеля до електронної САРЧ і навпаки – впливу вібрацій від САРЧ на дизель. Блок A5 обмежує верхні і нижні граничні значення циклових подач палива. Верхнє обмеження формує зовнішню швидкісну характеристику дизеля, нижнє – характеристику холостого ходу.

Блок A6 відтворює роботу безінерційної ланки «ПНВТ». Характеристики конкретного ПНВТ задавали графічно-матричним способом за результатам обробки експериментальних характеристик насоса з фіксованою рейкою. В результаті застосування блоку A6 в програмі Reg найнижчого ієрархічного рівня (рис. 2, б) відмовились від блоку Pnvt на середньому ієрархічному рівні (рис. 2, а).

Блок GasPov (рис. 2, а) описує роботу системи газотурбінного наддуву і відноситься до середнього рівня ієрархії моделі. Цей блок об’єднує три інерційні ланки (турбокомпресор, впускний трубопровід і випускний колектор) та безінерційну ланку проміжного охолоджувача повітря наддуву. За необхідності досліджень цей блок можна деталізувати і створити додатковий найнижчий ієрархічний рівень.

Особливості математичної моделі САК швидкості газового двигуна.

Як писали вище розроблена мікропроцесорна САРЧ дизеля була випробувана на дизель-генераторі, автотракторних дизелях 8Ч13/14 та 4ЧН12/14. Ця мікропроцесорна система стала основою для розробки САК швидкості газового двигуна, який працює на привод електричного генератора [5]. Газовий двигун конвертували з бензинового двигуна з іскровим запалюванням для роботи на природному газі і дали маркування 8ГЧ10/8,8.

Найвищий ієрархічний рівень моделі (рис. 1, а) залишився, в основному, без змін. В блок зовнішнього навантаження в формулу (1) внесли зміни відповідно використаному генератору.

На рис. 3 зображено виконавчий механізм САК швидкості газового двигуна.

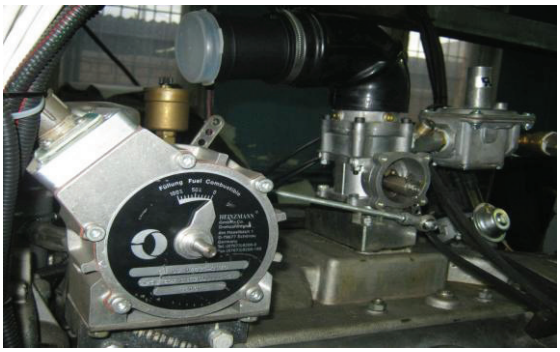


Рисунок 3 – Фото виконавчого механізму на газовому двигуні 8ГЧ10/8,8

Виконавчий механізм (ліворуч) електромагнітного типу через тягу з’єднано з дросельною заслінкою газоповітряного змішувача (ГЗ), який розміщений праворуч. Зверху до ГЗ подається повітря, а з правої сторони надходить газове паливо після вирівнювання тиску в редукторі (крайній вузол праворуч). ГЗ встановлено на верхній частині V-подібного впускного колектора двигуна 8ГЧ10/8,8.

Виконавчий механізм отримує електричний сигнал управління від мікропроцесорного блоку керування з ПІД-алгоритмом регулювання частотою обертання колінчастого вала двигуна, має зворотній зв'язок за положенням свого вихідного вала.

Мікропроцесорна САК швидкості через ГЗ здійснює відповідне дозування газоповітряної горючої суміші для підтримання стабільної частоти обертання колінчастого вала газового двигуна, який працює на привод електрогенератора.

Розроблену функціональну схему САК швидкості газового двигуна показано на рис. 4.

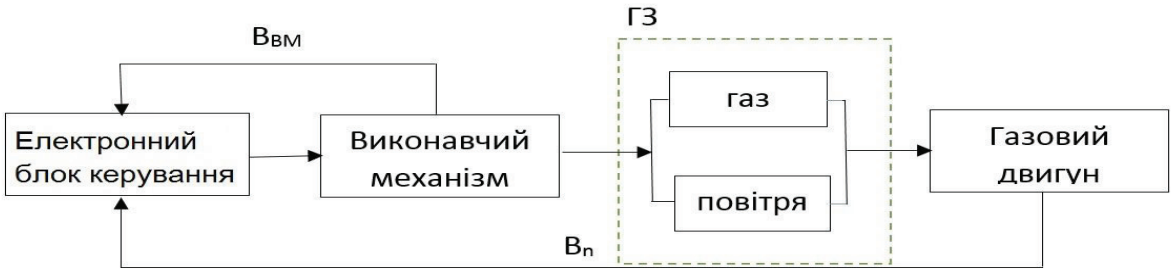


Рисунок 4 – Функціональна схема САК швидкості газового двигуна 8ГЧ10/8,8:
ГЗ – газовий змішувач з дросельною заслінкою; Bn – електричний сигнал частоти обертання колінчастого вала двигуна; $B_{ВМ}$ – зворотній зв'язок за положенням вала виконавчого механізму.

Відповідно функціональній схемі (рис. 4) середній ієрархічний рівень моделі (рис. 2, а) містить два блоки. Це блоки Reg – мікропроцесорної САК швидкості і блок Dizel, який тепер описує обертальний рух газового двигуна за диференціальним рівнянням

$$\frac{dn_{Д}}{dt} = \frac{30}{J_{C} \cdot \pi} (M_{i} - M_{М} - M_{НГ}), \qquad (3)$$

де $n_{Д}$ – частота обертання колінчастого вала газового двигуна;

$J_{C} = J_{д} + J_{a}$ – приведений до колінчастого вала двигуна сумарний момент інерції рухомих мас двигуна і електричного генератора;

M_{i}, $M_{М}$, $M_{НГ}$ – індикаторний крутний момент, момент умовних механічних втрат в газовому двигуні, момент зовнішнього навантаження з формули (1).

Блок GasPov (рис. 2 а) відсутній, бо двигун 8ГЧ10/8,8 без газотурбінного наддуву. Блок Pnvt, як і у дизеля, увійшов до блоку А6 найнижчого ієрархічного рівня (рис. 2 б). Відповідно функціональній схемі (рис. 4) блок А6 описує роботу ГЗ.

На відміну від дизеля, САК швидкості газового двигуна регулює два канали – повітря і газового палива. Принцип роботи розробленого САК швидкості для різного типу двигунів однаковий – це регулювання за ПІД-алгоритмом руху виконавчого механізму, який взаємодіє з органом дозування палива або горючої суміші. У дизелі це рейка, у газовому двигуні – дросельна заслінка.

Блоки А1-А5 (рис. 2 б) моделювання мікропроцесорного блоку керування і виконавчого механізму залишились без змін.

Функціональний блок А6, який моделює ГЗ, описано рівняннями секундних витрат (кг/с) повітря і газового палива

$$G_{\text{пов}} = f_{\partial}\rho_{\text{пов}}W_{\text{пов}}\,, \tag{4}$$

$$G_{\text{пал}} = f_{ж}\rho_{\text{пал}}W_{\text{пал}}\,, \tag{5}$$

де f_{∂}, $f_{ж}$ – площі мінімального перерізу дифузора і газового жиклера відповідно;

$\rho_{пов..}$, $\rho_{\text{пал}}$ – густина повітря і газового палива;

$W_{\text{пов..}}$, $W_{\text{пал}}$ – швидкості руху повітря в перерізі дифузора та газового палива в жиклері відповідно.

Швидкості руху повітря в перерізі дифузора та газового палива в жиклері описані рівняннями

$$W_{пов} = \mu_{\partial}\sqrt{\frac{2}{\rho_{пов}}\Delta p_{Д}}\,, \tag{6}$$

$$W_{пал} = \mu_{ж}\sqrt{\frac{2}{\rho_{пал}}\Delta p_{Д}}\,, \tag{7}$$

де μ_{∂}, $\mu_{ж}$ – коефіцієнти витрат повітря крізь дифузор і газу крізь жиклер відповідно;

$\Delta p_{\text{Д}}$ – перепад тисків в камері змішування ГЗ.

Функціональний блок А4 створено на основі генератора випадкових коливань. Змінюючи період і амплітуду коливань можна імітувати можливі та реальні коливання (або вібрації), які передаються на привод дросельної заслінки. Цю робочу функцію важливо мати при налаштуванні ПІД-параметрів.

Висновки.

Використання мікропроцесорних систем керування двигуном є актуальним питанням для автомобільної і енергетичної галузі в цілому та потребує при розробці, налаштуванні використання динамічних математичних моделей. Для реалізації розроблених математичних моделей бажано використовувати комплекс програмування Matlab з графічним розширенням SIMULINK, що дозволяє створити модель ідентичну за видом до функціональної схеми САК двигуна, спростити налаштування моделі і досліджувати кожний (блок) рівень моделі самостійно. Ієрархічно-блочна побудова моделі дозволяє в подальшому деталізувати необхідні блоки, вводити нові зв’язки.

Етапи розробки і структура побудови математичних моделей в Matlab/SIMULINK пройшли апробацію при розробці САРЧ дизеля 4ЧН12/14 і САК швидкості газового двигуна 8ГЧ10/8,8, які були розроблені на базі стандартних вузлів фірми HEINZMANN та випробувані в моторних і дорожніх умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Прохоренко А.А. Математическое моделирование и расчетно-экспериментальное исследование механизма регулирования подачи ТНВД аккумуляторной топливной системы дизеля [Текст] / А.А. Прохоренко, И.Г. Пожидаев // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – №2. – С. 3–8.

2. Прохоренко А.А. Математическая модель САР дизеля с аккумуляторной ТС в пространстве состояний [Текст] / А.А. Прохоренко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – №1. – С. 14–19.

3. Лисовал А.А. Микропроцессорный регулятор дизеля и расчёт цикловой подачи топлива [Текст] / А.А. Лисовал, С.В. Кострица, А.В. Вербовский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 2. – С. 58–61.

4. Лисовал А.А. Всережимный электронный регулятор дизеля колесного транспортного средства [Текст] / А.А. Лисовал, А.В. Вербовский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2012. – №1. – С. 49–52.

5. Лисовал А.А. Моделирование работы электронного ПИД-регулятора скорости двигателя внутреннего сгорания [Текст] / А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, Ю.А. Свистун // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – №2. – С. 51–54.

6. Дэбни Дж. Simulink 4. Секреты мастерства / Дж.Б. Дэбни, Т.Л. Харман: пер. с анг. М.Л. Симонова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 403 с.

7. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основные применения. Серия «Библиотека профессионала» / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.

8. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания / В.И. Крутов: учебник для студ. вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». – [5-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 516 с.

9. Лисовал А.А. Проверка адекватности математической модели системы автоматического регулирования дизеля [Текст] / А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, С.В. Кострица // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2. – С. 64–69.

REFERENCES

1. Prokhorenko A.A. Mathematical modeling and computational and experimental investigation of the mechanism of regulation of the fuel supply pump of the storage system of a diesel engine / A.A. Prokhorenko, I.G. Pozhidaev // Internal combustion engines. – 2014. – №2. – P. 3–8. (Rus)

2. Prokhorenko A.A. A mathematical model with ATS diesel storage vehicle in the state space / AA Prokhorenko // Internal combustion engines. – 2015. – №1. – P. 14–19. (Rus)

3. Lisoval A.A. The microprocessor control of diesel and calculation of the cycle fuel supply / A.A. Lisoval, S.V. Kostritsa, A.V. Verbovsky // Internal combustion engines. – 2010. – № 2. – P. 58–61. (Rus)

4. Lisoval A.A. All-speed electronic diesel control wheeled vehicle / A.A. Lisoval, A.V. Verbovsky // Internal combustion engines. – 2012. – №1. – P. 49–52. (Rus)

5. Lisoval A.A. Modeling of electronic PID speed of the internal combustion engine / A.A. Lisoval, A.V. Verbovsky, Yu.A. Svystun // Internal combustion engines. – 2016. – №2. – P. 51–54. (Rus)

6. J. Dabney. Simulink 4. Secrets Excellence / J.B. Dabney, T.L. Harman: Per. with Eng. M.L. Simonov. - M.: Binom. Knowledge Laboratory, 2003. – 403 p. (Rus)

7. V.P. Dyakonov MATLAB 6.5 SP1 / 7 + Simulink 5/6. Main applications. «Library professional» series / VP Deacons. – M.: SOLON-Press, 2005. – 800 p. (Rus)

8. Vladimir Krutov Automatic regulation and control of internal combustion engines / V.I. Krutov: the textbook for students. Higher education institutions, students majoring in «Internal Combustion Engines». – [Fifth edition revised and updated] – M.: Engineering, 1989. – 516 p. (Rus)

9. A.A. Lisoval Check the adequacy of the mathematical model of the automatic control system of diesel / A.A. Lisoval, A.V. Verbovsky, S.V. Kostritsa // Internal combustion engines. – 2011. – №2. – P. 64-69. (Rus)

РЕФЕРАТ

Лісовал А.А. Структура та етапи розробки математичної моделі системи автоматичного керування двигуна / А.А. Лісовал, Ю.А. Свистун, В.В. Штрибець // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Мета роботи – узагальнення досвіду розробки математичних моделей мікропроцесорних систем автоматичного керування (САК) двигунів внутрішнього згорання. В статті описано етапи розробки моделей, структуру і принцип роботи математичної моделі всережимної системи автоматичного регулювання частоти обертання (САРЧ) колінчастого вала дизеля з електронним ПІД-алгоритмом керування дизелем та особливості математичної моделі для мікропроцесорної САК швидкості газового двигуна.

Використання мікропроцесорних систем керування двигуном є актуальним питанням для автомобільної і енергетичної галузі в цілому та потребує при розробці, налаштуванні використання динамічних математичних моделей. Для реалізації розроблених математичних моделей бажано використовувати комплекс програмування Matlab з графічним розширенням SIMULINK, що дозволяє

створити модель ідентичну за видом до функціональної схеми САК двигуна, спростити налаштування моделі і досліджувати кожний (блок) рівень моделі самостійно. Ієрархічно-блочна побудова моделі дозволяє в подальшому деталізувати необхідні блоки, вводити нові зв’язки.

Етапи розробки і структура побудови математичних моделей в Matlab/SIMULINK пройшли апробацію при розробці САРЧ дизеля 4ЧН12/14 і САК швидкості газового двигуна 8ГЧ10/8,8, які були розроблені на базі стандартних вузлів фірми HEINZMANN та випробувані в моторних і дорожніх умовах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ДИЗЕЛЬ, ІСКРОВЕ ЗАПАЛЮВАННЯ, ГАЗОВИЙ ДВИГУН, АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ABSTRACT

Lisoval A.A., Svystun Yu.A., Shtribets V.V. Structure and stages development of mathematical model for automatic control system of engine. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

Purpose – to summarize the experience of the development of mathematical models of microprocessor automatic control systems of internal combustion engines. The article describes how the modeling, structure and principle of operation mathematical all-mode model of automatic frequency control diesel engine with electronic PID control algorithm of diesel and features of mathematical model for microprocessor automatic control speed of gas engine.

The use of microprocessor engine control is a key issue for the automotive and energy industry as a whole and requires the development, customization using dynamic mathematical models. To implement the developed mathematical models is desirable to use a set of Matlab programming with graphical extension SIMULINK, allowing you to create a model identical in appearance to a functional model of automatic control of the engine, to simplify setup and explore each model (block) level models of their own. Hierarchical-blok building model allows further detail necessary blocks to introduce new connections.

Stages of development and structure of constructing mathematical models in Matlab / SIMULINK were tested in the development of automatic control of speed of the diesel engine with four-cylinders (diameter of the cylinders – 120 mm, piston stroke – 140 mm) and automatic control of speed of the gas engine with eight-cylinders (diameter of the cylinders – 100 mm, piston stroke - 88 mm). They were developed and based on the company's HEINZMANN and tested.

KEYWORDS: INTERNAL COMBUSTION ENGINE, DIESEL, SPARK IGNITION, GAS ENGINE, AUTOMATIC CONTROL, MATHEMATICAL MODELING.

РЕФЕРАТ

Лисовал А.А. Структура и этапы разработки математической модели системы автоматического управления двигателя / А.А. Лисовал, Ю.А. Свистун, В.В. Штрибец // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Цель работы - обобщение опыта разработки математических моделей микропроцессорных систем автоматического управления (САУ) двигателей внутреннего сгорания. В статье описаны этапы разработки моделей, структура и принцип работы математической модели всережимной системы автоматического регулирования частоты (САРЧ) вращения коленчатого вала дизеля с электронным ПИД-алгоритмом управления дизелем и особенности математической модели для микропроцессорной САУ скорости газового двигателя.

Использование микропроцессорных систем управления двигателем является актуальным вопросом для автомобильной и энергетической отрасли в целом и требует при разработке, настройке использования динамических математических моделей. Для реализации разработанных математических моделей желательно использовать комплекс программирования Matlab с графическим расширением SIMULINK, что позволяет создать модель идентичную по виду к функциональной модели САУ двигателя, упростить настройки модели и исследовать каждый (блок) уровень модели самостоятельно. Иерархически блочная построение модели позволяет в дальнейшем детализировать необходимые блоки, вводить новые связи.

Этапы разработки и структура построения математических моделей в Matlab/SIMULINK прошли апробацию при разработке САРЧ дизеля 4ЧН12/14 и САУ скорости газового двигателя 8ГЧ10/8,8, которые были разработаны на базе стандартных узлов фирмы HEINZMANN и испытаны в моторных и дорожных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ДИЗЕЛЬ, ИСКРОВОЕ ЗАЖИГАНИЕ, ГАЗОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

АВТОРИ:

Лісовал Анатолій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: li-dvz@bigmir.net, тел. +380988222541, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Свистун Юрій Анатолійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: svystun_yurec@ukr.net, тел. +380633529751, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Штрибець Валерій Валерійович, Київська державна академія водного транспорту, аспірант кафедри суднових енергетичних установок, допоміжних механізмів суден та їх експлуатації, e-mail: engeneer11@rambler.ru, тел. +380678715782, Україна, 04071, м. Київ, вул. Фрунзе 9, к. 204.

AUTHORS:

Lisoval Anatoliy A., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of the Department of engines and heat engineering, e-mail: li-dvz@bigmir.net, tel. +380988222541, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a.

Svystun Yuriy A., National Transport University, Postgraduate of the Department of engines and heating engineering, e-mail: svystun_yurec@ukr.net, tel. +380633529751, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a.

Shtribets Valeriy V., Kyiv State Academy of Water Transport, Postgraduate of the Department of ship power plants, auxiliary machinery of ships and their operation, e-mail: engeneer11@rambler.ru, tel. +380678715782, Ukraine, 04071, Kyiv, 9 Frunze St., of. 204.

АВТОРЫ:

Лисовал Анатолий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: li-dvz@bigmir.net, тел . +380988222541, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Свистун Юрий Анатольевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: svystun_yurec@ukr.net, тел. +380633529751, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Штрибец Валерий Валерьевич, Киевская государственная академия водного транспорта, аспирант кафедры судовых энергетических установок, вспомогательных механизмов судов и их эксплуатации, e-mail: engeneer11@rambler.ru, тел. +380678715782 , Украина, 04071, г. Киев, ул. Фрунзе 9, к. 204.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Майборода Олександр Миколайович, доктор технічних наук, професор, Київська державна академія водного транспорту, завідувач кафедри судноводіння та керування судном, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Sakhno V.P., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Head of the Automobile department, Kyiv, Ukraine.

Mayboroda A.N., Doctor of Technical Science, Professor, Kyiv State Academy of Water Transport, Head of the Navigation and vessel control department, Kyiv, Ukraine.

УДК 638.7.(075.8)
UDC 638.7.(075.8)

РОЗВИТОК АВТОСЕРВІСУ В ІНВЕСТИЦІЙНО НЕПРИВАБЛИВИХ РЕГІОНАХ ЗА РАХУНОК СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ ТА МАРКЕТИНГОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Марков О.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна,

DEVELOPMENT OF SERVICE CENTERS IN THE INVESTMENT UNATTRACTIVE AREAS BY MODERN INFORMATION-ANALYTICAL AND MARKETING TECHNIQUES

Markov O.D., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

РАЗВИТИЕ АВТОСЕРВИСА В ИНВЕСТИЦИОННО НЕПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫХ РЕГИОНАХ ЗА СЧЕТ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ И МАРКЕТИНГОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Марков О.Д., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина,

Постановка задачі. Автосервіс в Україні за останні 25 років отримав значного розвитку. Послідовність розвитку (за територіями та терміном) закономірно підпорядкована інвестиційній привабливості, тому території, які мають незначну кількість і незначну щільність автомобілів або взагалі не мають автосервісу, або мають його в недостатній кількості та недостатнього рівня.

В Україні є 459 міст, 8800 населених пунктів міського типу та більш 30 000 сіл. Станом на 2015р. в Україні є біля 500 – 600 авторизованих авто центрів 55 автомобільних брендів, які територіально розташовані у найбільш розвинутих індустріальних інвестиційно привабливих обласних містах та містах області. В цілому лише 5,7% міст України мають авторизовані підприємства автосервісу, а якщо розглядати з урахуванням кількості авто центрів різних брендів у місті, то вони є у 3,6% міст України.

Що ж стосується підприємств незалежного автосервісу (Aftermarket), то кількість таких підприємств значно більша – біля 10 000 СТО, але вони мають малу потужність, в середньому до 5 працюючих. Експертно співвідношення Aftermarket та авторизованого автосервісу за кількістю підприємств можна оцінити як 94:6%, а за потужністю (кількістю постів) – як 5:1,тобто авторизований автосервіс займає не більше 15-20% ринку. Така ситуація (вона суттєво відрізняється від ситуації в ЄС) є природною, тому що автомобільний парк України має біля 5 % автомобілів «дилерського» віку (до 4 років). Є області де автомобільний парк Aftermarket становить 98,5% і в цих областях взагалі немає авторизованого автосервісу.

Наведені в таблиці 1 дані про кількість незалежних СТО в областях не є свідченням того, що незалежний автосервіс розвинутий достатньою мірою. За даними нашого аналізу, наприклад, в Сумській області, із 137 СТО 124 розташовані в обласному центрі. [8] Така ж ситуація і інших областях. Вона обумовлена інвестиційною непривабливістю автосервісу в населених пунктах та селах, характерною особливістю яких є незначна кількість автомобілів та відсутність у мешканців коштів.

Порівняння парку автомобілів в обласних містах та області показує, що на території області (в містах області, населених пунктах та селах) знаходиться від 81 до 4 % (4 -7% всього в сіми областях), а це означає, що переважна більшість з них не забезпечені автосервісом, що становить біля 50% парку автомобілів (таблиця 1). При цьому питома вага автомобілів старше 20 років знаходиться в межах від 20,3 до 64,4% (таблиця 2).

Таке становище висуває на перший план проблему підтримки технічного стану автомобілів якраз в сільській місцевості. Але там немає автосервісу. Цей звично низький рівень культури технічної експлуатації автомобілів має катастрофічні наслідки з погляду безпеки руху.

Таблиця 1 – Структура парку автомобілів в областях та обласних містах

№	Області	К-ть СТО	Авт/1000 в області	Авто/1000 обласному місті	% авто в області	Питома вага авто віком більш 20 р
1	АР Крим	674				35
2	Вінницька	364	170	210	81	62
3	Волинська	212	209	288	72,6	27
4	Дніпропетровськ	865	166	273	61	45,8
5	Донецька	929	168	273	85	45,3
6	Житомирська	201	147	197	74,6	31,8
7	Закарпатська	269	142	283	50	48,2
8	Запорізька	558	238	247	96	45,2
9	Івано-Франківська	289	119	254	47	50,4
10	Київ					
11	Київська	611				53,5
12	Кропівницька	251	177	276	64	52,3
13	Луганська	426	156	233	67	54,8
14	Львівська	621	144	249	57,7	60,5
15	Миколаївська	332	11	250	4,2	46,8
16	Одеська	690	120	294	41	54,1
17	Полтавська	473	126	196	64	58,1
18	Ровенська	191	72	255	28	48,8
19	Сумська	183	137	213	64	64,4
20	Тернопільс	163	11	232	5	20,3
21	Харківська	824	15,6	211	7,4	51,1
22	Херсонська	236	15,5	210	7.4	50
23	Хмельницька	262	13.,3	263	5,1	50,2
24	Черкаська	308	13,3	233	5,7	48,2
25	Чернігівська	190	11	171	6,4	43
26	Чернівецька	236	16	234	6,8	47,7
	Всього	*12876*				
	різні джерела	*8000*				
		5361				

Таблиця 2 – Питома вага автомобілів старше 20 років

#	Область	% Авто	#	Область	% Авто	#	Область	% Авто
1	Крим	35	10	м .Київ	54,5	19	Сумська	64,4
2	Вінниця	62	11	Київська	53,5	20	Тернопільська	20,3
3	Волинь		12	Кропівницька	52,5	21	Харьківська	51,1
4	Дніпро	45, 8	13	Луганська	54,8	22	Херсонськ	50
5	Донецьк	45,3	14	Львівськ	60,5	23	Хмельницк	50,2
6	Житомирська	31,8	15	Миколаєвська	46,8	24	Черксс	48,2
7	Закарпатська	48,2	16	Одеська	54,1	25	Черніговс	43
8	Запорыжська	45,2	17	Полтавська	58,1	26	Черновіц	47,7
9	Івано_Франківськ	50,4	18	Рівненсьа	48,8			

Причина – незадовільний технічний стан автомобілів не є проблемою для їх власників тому, що вони з давніх часів звиклися до відсутності автосервісу і обходяться «підручними засобами». В разі необхідності, вони самі ремонтують автомобілі, але це не означає, що вони здатні самостійно привести автомобіль у відповідність з технічними вимогами виробника та нерідко використовують автомобіль з явними несправностями.

Коли автомобілів було мало, і коли власники «сільських автомобілів» використовували їх в межах району, проблема технічного стану автомобілів не мала суттєвого впливу на безпеку руху в

цілому. Сьогодні ситуація змінилася: і навіть, якщо припустити, що «сільські автомобілі», як і раніше, мають локальне використання, то інші автомобілі, кількість яких значно зросла, інтенсивно проникають в сільську місцевості і будь-який місцевий несправний автомобіль може стати причиною значного погіршення безпеки руху в цілому. Якраз тому проблема покращення технічного стану «сільські автомобілі» стає актуальною та потребує вирішення. У цьому перш за все зацікавлені ті власники транспортних засобів, які маючи бізнес, не лише придбали нові автомобілі, але і купили в сільській місцевості нерухомість і часто бувають в цій місцевості. Локальне сільське середовище перестало бути локальним, та стало «глобальним» з погляду насиченості парку за рахунок екзогенного напливу автомобілів. Ця тенденція отримує все більшого розвитку і проблема підтримки технічного стану старих автомобілів стала важливою не лише для їх власників, але і для всього парку.

Результати досліджень.

На сьогодні 70% території України не має автосервісу.

Спад економіки та необхідність виживати в складних економічних умовах стимулюють сільських фахівців до створення пунктів обслуговування чи навіть авто майстерень хоча б для яких заробітків, у зв’язку з чим вони з’являються в місцях, де мало автомобілів та де їх власники прагнуть самостійно вирішувати питання обслуговування та ремонту. Періодично існуючий екзогенний попит (з траси чи дачники) , практично надає власникам цих майстерень певну надію на клієнтів та заробіток. Власник шиномонтажу, який розташований у дворі приватного будинку, буде радий заробітку у разі навіть незначної кількості звернень, тому, що без нього він взагалі не має ніякого заробітку. Авто майстерня, яка орієнтована на випадкового клієнта, також буде існувати на рівні випадкового (додаткового) заробітку, але не буде процвітати, на що її власник з самого початку не розраховує. Ця патріархальна тенденція народилася в надрах народного побуту та відсутності робочих місць. Вона – ця система «несистемного автосервісу» не має навіть думки про те, щоб вирішити проблему підтримки технічного стану автомобілів в сільській місцевості. Вона навіть не знає про існування такої проблеми. ЇЇ мета – хоча б щось заробити.

Незважаючи на таку ситуацію проблема підтримки технічного стану переважної більшості автомобілів у сільській місцевості залишається поза увагою і автосервісу і державних управлінських та контролюючих органів. Значення цієї проблеми обумовлена тим, що в Україні автомобілів старше 20 років більше половини парку, а також тим, що власники цих автомобілів – мало імущі громадяни. І вони поки що не мають перспектив.

Оновлення парку значною мірою пов’язано з рівнем доходу. Відомо, що індустріальні та економічно розвинуті міста мають вищий рівень національного валового доходу на душу населення, а, відповідно, і вищий рівень оновлення парку. Висновок: переважна більшість невеликих міст, населених пунктів та сіл мають нижчий рівень розвитку економіки та більш старий автомобільний парк. Надія на те, що старий парк в найближчі часи буде знятий з експлуатації марна. А це означає, що проблема безпеки автомобілів цих міст та населених пунктів буде в подальшому погіршуватися, а вже сьогодні має пріоритетне значення та повинна вирішуватися в першу чергу.

На теперішній час ми маємо парадоксальну ситуацію: з одного боку держава призначає власника відповідальним за технічний стан автомобіля, з іншого – власник незабезпечений можливістю, тому що немає автосервісу для виконання робіт з такої підтримки, у нього для цього немає грошей, він не мотивований до підтримки, тому що немає контролю технічного стану. Якби хтось і хотів насправді забезпечити технічно справний стан автомобіля, він би стикнувся з значними перешкодами до вирішення цього питання.

Реальна ситуація з погляду безпеки руху виглядає катастрофічною. Тому задача підтримки справного стану цих автомобілів не може бути вирішена покладанням та власників автомобілів відповідальність за їх технічний стан. Сьогодні питання підтримки технічного стану автомобілів, які мають значний термін служби, та які належать власникам з дуже низькою плати здатністю та які експлуатуються в інвестиційно непривабливих територіях з погляду розвитку автосервісу має вирішуватися на рівні загально державної програми безпеки руху за рахунок стратегічного законодавчого регулювання. Контроль має бути реальним та ефективним. Але одного контролю, очевидно, недостатньо для вирішення проблеми.

Вирішення цієї проблеми лежить крім законодавчого регулювання контролю технічного стану автомобілів у застосуванні сучасних маркетингових та інформаційних технологій. Якраз ці технології здатні змінити ситуацію з підтримкою технічного стану старого парку автомобілів, які експлуатуються в місцевості, де створення автосервісних підприємств не є інвестиційна привабливим. Інвестиційно привабливими можуть бути інтелектуальні системи моніторингу

наявності, стану та експлуатаційних характеристик парку автомобілів та маркетингових характеристик власників цих автомобілів. Застосування цих технологій дає можливість підняти цей ринок на новий рівень на основі інформаційного забезпечення та нових маркетингових можливостей. Разом з законодавчою регламентацією вимог до контролю технічного стану автомобілів інформаційно-аналітичні системи можуть не лише вирішити питання підтримки технічного стану автомобілів, а й забезпечити прибутковість бізнесу. При такій постановці питання проблема інвестиційної привабливості змінюється: інвестиції потрібні для інвестиційно привабливих інформаційних та маркетингових технологій, а автосервіс потребує незначного розширення потужностей, які забезпечуються попитом за рахунок нових технологій. Зміна акцентів розширює можливості вирішення суттєвої суспільних проблем.

За даними аналізу стану безпеки руху в Україні [18] серед причин ДТП управління несправним транспортним засобом становить 0, 3%. З цим тяжко погодитися, посилаючись хоча б на статистику програми «Надзвичайних новин» та недавній випадок, коли з причини технічної несправності причепа вантажного автомобіля загинуло десяток людей, а також тому, що в благополучних з погляду безпеки автомобілів країнах (Німеччина, Франція) з причин несправностей автомобіля відбувається більше 10 - 15% ДТП. Давно відомо, що ДАІ не мала засобів визначення технічних причин та відносила ДТП на інші причини (наприклад, «не справився з управлінням»)

Якщо ж розглядати сучасну ситуацію на дорогах з погляду безпеки руху, то підтримувати технічний стан автомобіля також сприятиме покращенню ситуації у випадках перевищення швидкості, яке стоїть на першому місці серед причин ДТП (28,6%)[18].

У будь-якому разі автомобіль, незалежно від його віку та інших обставин може бути допущеним до експлуатації лише у разі його відповідності технічним умовам виробника. Якщо цієї відповідності немає, автомобіль не може бути допущений до експлуатації.

Держава в особі законодавчих, виконавчих та контролюючих органів поклала відповідальність за технічний стан автомобіля на власника, але цим самим не лише не вирішила проблему, а тільки зняла з себе відповідальність та загнала цю проблему в глухий кут. Держава за таких умов мала б забезпечити цю відповідальність хоча б наявністю автосервісу та запасних частин, не кажучи про постійний контроль технічного стану автомобілів, контроль причин відхилень від вимог законодавства та розробки заходів з покращення ситуації чи вирішення проблеми. На практиці нічого такого не існує, а в своїй поведінці чиновники державних установ виходять з права вирішувати та забувають про відповідальність. Якби така відповідальність хоча б декларувалась, то ми б отримали інформацію про засідання, наприклад, Кабінету Міністрів чи міністерства, на якому б розглядалося це питання та приймалися хоча формальні рішення. Нічого такого не існує.

Проблема, яка не може бути вирішена в рамках старих технологій – за рахунок будівництва станцій та складів там, де ніхто ними не збирається користуватися, реально вирішується за рахунок застосування нових сучасних технологій, в яких першорядна роль належить не потужностям, а інформаційним технологіям, які дозволяють максимально ефективно використовувати і те, що є, і те. що реально створити за умов ефективного його використання.

Перш за все проект підтримки технічного стану автомобілів в місцевості, де цього ніхто ніколи не робив – комерційний. Він може бути реалізований за умов його прибутковості.

В його основі лежить алгоритм вирішення проблеми. Він включає в себе певну послідовність вимог, законодавчих актів, нормативних документів та інформації.

Вимоги – це технічні умови виробника та інші регламентуючі документи, які регламентують параметри та характеристики технічного та екологічного стану автомобіля та його складових.

Законодавчі акти затверджують вимоги до технічного стану, порядок його перевірки та відповідальність за використання технічно несправного автомобіля. Законодавчо також затверджуються вимоги до обов’язкової перевірки технічного стану автомобіля. Алгоритмом передбачається порядок ліцензування суб’єктів господарювання на право перевірки та підтримки технічного стану автомобілів.

Алгоритм роботи системи перевірки та підтримки технічного стану автомобілів передбачає створення інформаційно-аналітичної системи для набору баз даних та управління параметрами парку, власників, технічного стану, умов використання, підтримки технічного стану. Система створюється на основі інформації:

- про парк автомобілів, використовується як статистична для вирішення маркетингових проблем;
- про динаміку парку та його параметрів, використовується для аналізу стану парку автомобілів та змін характеристик та параметрів цього стану;

- про власників, зміни їх стану та характеристик;
- про умови та параметри використання та експлуатації автомобілів;
- про факти проведення операцій обслуговування та ремонту автомобілів;
- про перевірку технічного стану автомобілів та необхідність усунення несправностей;
- про проведення операцій обслуговування та ремонту та характеристик технічного стану автомобілів,
- про терміни наступної перевірки технічного стану автомобілів.

Бази даних охоплюють певну територію, доцільну з погляду клієнтського радіусу. (наприклад, району області). Організаційно підтримка технічного стану автомобілів на території здійснюється автосервісом ліцензованого підприємства, але може здійснюватися і безпосередньо власниками з використанням придбаних ним запасних частин навіть за межами системи перевірки чи СТО, яка здійснює поставку ЗЧ та ремонт автомобілів. Вимога – перевірка має підтвердити відповідність автомобіля технічним вимогам виробника.

Програмне забезпечення дозволяє накопичувати та управляти базами даних, здійснювати аналітичні операції стосовно цієї інформації, формувати маркетингові характеристики системи, класифікувати автомобілі та власників за параметрами, які дозволяють локалізувати рішення до конкретного власника чи автомобіля, відслідковувати технічний стан автомобілів та операції з його підтримки тощо.

Організаційно система може мати таку принципову схему:

- інформаційно-аналітична система, яка у залежності від баз даних може охоплювати район, області, всю країну. У залежності від масштабу система може мати периферійні підсистеми, які деталізують інформацію на локальному рівні та можуть бути джерелом узагальненої інформації для системи в цілому.
- У залежності від кількості автомобілів в регіоні обслуговування оптимально розташовуються потужності автосервісу та склади запасних частин чи створюється система поставок.
- Операції обслуговування та ремонту автомобілів можуть виконуватися як на ліцензованій СТО, так і методом самообслуговування. Перевірка автомобіля має підтвердити його справний технічний стан.
- Автомобілі, технічний стан яких не відповідає технічним умовам виробника не допускаються до експлуатації. Контроль та управління процесом допуску до експлуатації здійснюється відповідними уповноваженими органами.
- Асоціація власників автомобілів наділяється правом контролю діяльність уповноважених органів.

Система підтримки технічного стану автомобілів в інвестиційно непривабливих регіонах сприяє розвитку автосервісу в цих регіонах за рахунок приєднання місцевих ліцензованих СТО до інформаційно-аналітичної системи, яка може охоплювати і окремий район, і країну (ринок) в цілому.

Створюються умови контролю та підтримка технічного стану автомобілів неплатоздатних власників за рахунок права купувати самостійно запасні частини та виконувати ТО та ремонт шляхом самообслуговування. Введення контролю технічного стану піднімає рівень технічної культури експлуатації транспортних засобів та упорядковую ставлення власників до автомобіля, та виключає довільне ставлення до нього.

Система контролю та підтримки сприяє розвитку бізнесу та проникнення автосервісу в традиційно сільські райони, що сприяє їх технічному розвитку.

Висновки: сучасні технології та застосування їх в галузі автосервісу є умовою вирішення проблем автомобільного транспорту та безпеки руху, а також сприяє розвитку автосервісного бізнесу в традиційно інвестиційно непривабливих регіонах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту дорожніх транспортних засобів : наук.-практ. коментар-довідник / А. М. Редзюк, В. В. Бутрименко, В. В. Мержієвський [та ін.]. – К., 2004. – 400 с.

2. Технічний регламент з обслуговування та ремонту колісних транспортних засобів : постанова Кабінету Міністрів України № 643 від 3.07.2013. – К., 2013.

3. Про дорожній рух : закон України *№ 234/94–ВР від 10.11.1994* (розд. V. Транспортні засоби)*, зі змінами та допов. – К., 1994.*

4. Волгин В. В. Автобизнес / В. В. Волгин. – М., 2003. – 930 с.

5. Управление и организация в сфере услуг / К. Хакссевер, Б. Рендер, Р. Рассел [и др.] ; пер. с англ. под ред. В. В. Кулибановой. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2002. – 752 с.: ил.

6. Березняцький В. В. Щодо етимології та тлумачення тер-мінів “сервіс”, “автосервіс”, “обслуговування” / В. В. Березняцький // Вісн. НТУ. – 2012. – № 12.

7. Сервісні стандарти офіційного дистрибьютора автомобілів ŠKODA в Україні. ЄвроКар, 2003. – 26 с.

8. Марков О. Д. Автосервіс: організація роботи з клієнтурою / О. Д. Марков. – К. : Міжнародна агенція “BeeZone”, 2003. – 352 с.

9. Андрусенко С. І. Організація фірмового обслуговування / С. І. Андрусенко. – К., 1996. – 216 с.

10. Друкер П. Задачи менеджмента XXI века / П. Друкер ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2004. – 272 с.

11. Котлер Ф. Основы маркетинга / Ф. Котлер ; пер. с англ. ; общ ред. Е. М. Пеньковой. – М. : Прогресс, 1990. – 736 с.

12. Маркетинговий аналіз Мерседес Бенц : руководящий документ фирмы Мерседес Бенц / Подразделение Daimler AG, 2007. – 74 с.

13. Шмилович М. Организация маркетинга *[Электронный ре-сурс]. – Режим доступа:* www.marketing.spb.ru

.14. Мескон Альберт, Ходуори. Основи менеджменту / Мескон Альберт, Ходуори ; пер. с англ. – М. : Дело, 2000. – 704 с.

15. Марков О. Д. Станции технического обслуживания авто-мобилей / О. Д. Марков. – К.: Кондор, 2008. – 536 с.

16. Маркетинг : учебник / А. Н. Романов, Ю. Ю. Корлюгов, С. А. Красильников [и др.] ; под ред. А. Н. Романова. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1996. – 560 с.

17. Сьюєлл К. Клиенты на всю жизнь / К. Сьюєлл, П. Браун ; пер. с англ. М. Иванова и М. Фарбера. – 4-е изд. – М., 2007. – 240 с.

18. Журнал Новое время(НВ) ,19.08.2016 № 30

REFERENCES:

1. Rules for maintenance services and re¬montu road vehicles: nauk. and practical. Comment-dovid¬nyk / AM Redzyuk, Butrymenko VV VV Merzhiyevskyy [et al.]. - K., 2004. - 400 p. (Ukr)

2. Technical Regulation on maintenance and repair of motor vehicles, the Cabinet of Ministers of Ukraine number 643 of 03/07/2013. - K., 2013. (Ukr)

3. Road Traffic Law of Ukraine № 234/94-VR of 10.11.1994 (Ch. V. vehicles), as amended and supplemented. - K., 1994. (Ukr)

4. Volgin VV Autobusiness / V. Volgin. - M., 2003. - 930 p. (Rus)

5. Management and organization in the field of services / K. Haksever, Render B., R. Russell [et al.]; per. from English. ed. VV Kulibanova. - 2nd ed. - SPb. : Peter, 2002. - 752 p .: silt. (Rus)

6. Bereznyatskyi V. As for the etymology and interpretation ter-miniv "service", "car service", "service" / VV Bereznyatskyi // Visn. NTU. - 2012. - № 12. (Ukr)

7. Service standards for official distributor ŠKODA cars in Ukraine. Eurocar, 2003. - 26 p. (Ukr)

8. Markov OD Car: organization works with clients / AD Markov. - K.: International Agency "BeeZone", 2003. - 352 p. (Ukr)

9. Andrusenko SI Organization of corporate services / SI Andrusenko. - K., 1996. - 216 p (Ukr)

10. Mr. Drucker Management Tasks XXI century / P. Drucker; Per. with English. - Moscow: Williams, 2004. - 272 p. (Rus)

11. F. Kotler Principles of Marketing / Kotler; Per. with English. ; Society ed. EM Penkovoy. - Moscow: Progress, 1990. - 736 p. (Rus)

12. Marketing analysis Mercedes Benz: rukovodyaschyy doku¬ment firm Mercedes Benz / Podrazdelenye Daimler AG, 2007. - 74 p. (Rus)

13. Shmylovych M. Organization of marketing [Electronic re-Zurza]. - Access: www.marketing.spb.ru (Rus)

14. Meskon Albert Hoduory. Fundamentals of Management / Meskon Albert Hoduory; Per. with English. - Moscow: Delo, 2000. - 704 p. (Ukr)

15 Markov O. D. service Station car / O. D. Markov. – K.: Kondor, 2008. – 536 p (Rus)

16. Marketing: Textbook / AN Romanov, Yu Korlyuhov, SA Krasilnikov [et al.] ed. A. Romanov. - M: Banks and exchanges, Unity, 1996. - 560 p. (Rus)

17. Syuєll K. Customers for Life / Syuєll K., P. Brown; pee. from English. Ivanova and M. Farber. - 4th ed. - M., 2007. - 240 p. (Rus)

18 magazine Novoye Vremya (NV), 19.08.2016 № (Rus)

РЕФЕРАТ

Марков О.Д. Розвиток автосервісу в інвестиційно непривабливих регіонах за рахунок сучасних інформаційно-аналітичних та маркетингових технологій / О.Д. Марков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Половина автомобільного парку України (а це біля 5 млн.) територіально знаходяться в областях та сільській Половина місцевості. У зв’язку з відсутністю автосервісу в цих місцевостях підтримка технічного стану автомобілів здійснюється шляхом самообслуговування на рівні забезпечення можливості використання, а не на рівні відповідності технічним вимогам.

Переважна більшість автомобілів старі, а половина з них має термін служби більш 20 років.. Підтримка технічного стану цього парку ускладнюється у зв’язку з відсутністю там автосервісу та низькою плати здатністю власників автомобілів. Відсутність автосервісу обумовлена інвестиційною непривабливістю сільських регіонів.

Проблема, яка не може бути вирішена в рамках старих технологій – за рахунок будівництва станцій та складів там, де ніхто ними не збирається користуватися, реально вирішується за рахунок застосування нових сучасних інформаційних та маркетингових технологій, в яких першорядна роль належить не потужностям, а інформаційним технологіям, які дозволяють максимально ефективно використовувати і те, що є, і те. що реально створити за умов ефективного його використання.

Алгоритм роботи системи перевірки та підтримки технічного стану автомобілів передбачає створення крім інформаційно-аналітичної системи баз даних та управління параметрами парку, власників, технічним станом в реальних умовах використання. Система створюється на основі інформації про автомобілі, зміни їх параметрів в процесі експлуатації, обслуговування та ремонту та інформації про власників.

Пропонується вирішення проблеми за рахунок застосування сучасних інформаційно-аналітичних та маркетингових технологій, які здатні вирішувати питання як на локальному, так і на загальному рівні.

КЛЮЧЕВІ СЛОВА: ПАРК АВТОМОБІЛІВ; ПІДТРИМКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ: АВТОСЕРВІС: ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ABSTRACT

Markov O.D. Development unity investment unattractive regions through modern information-analytical and marketing techniques. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

Half of the car park of Ukraine (which is about 5 million.) geographically located in the provinces and rural areas. In the absence of service centers in these areas support the technical condition of vehicles is carried out by self-service at the level of providing the possibility of using, and not on the level of compliance with the specifications.

The vast majority of older cars, and half of them has a lifespan of over 20 years. Support for the technical condition of this park is complicated due to the lack there car service and low ability to pay car owners. Lack of service centers due to the unsightly investment in rural areas.

A problem that can not be solved within the framework of the old technology through the construction of stations and depots where no one are not going to use really is achieved through the use of new modern information and marketing techniques in which the primary role belongs not to capacity, and information technology that allow the best use of what is, and what can really be created for effective use.

The algorithm of the inspection and maintenance of the technical condition of vehicles in addition to the system provides for the creation of information-analytical database management systems and fleet options, owners, technical condition in real conditions of use. The system is created on the basis of information about the cars, change their parameters in the operation, maintenance and repair, and information about the owners.

It is proposed to solve the problem through the use of modern information and analytical and marketing techniques that are able to address issues on a local and on a general level.

KEYWORDS: CAR; SUPPORT TECHNICAL STATE VEHICLES: CAR: INFORMATION-ANALYTICAL TECHNOLOGIES

РЕФЕРАТ

Марков О.Д. Развитие автосервиса в инвестиционно непривлекательных регионах за счет современных информационно-аналитических и маркетинговых технологий / О.Д. Марков // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Половина автомобильного парка Украины (а это около 5 млн.) территориально находятся в областях и сельской местности. В связи с отсутствием автосервиса в этих местностях поддержка технического состояния автомобилей осуществляется путем самообслуживания на уровне обеспечения возможности использования, а не на уровне соответствия техническим требованиям.

Подавляющее большинство автомобилей старые, а половина из них имеет срок службы более 20 лет. Поддержка технического состояния этого парка усложняется в связи с отсутствием там автосервиса и низкой платы способностью владельцев автомобилей. Отсутствие автосервиса обусловлена инвестиционной неприглядностью сельских регионов.

Проблема, которая не может быть решена в рамках старых технологий – за счет строительства станций и складов там, где никто ими не собирается пользоваться, реально решается за счет применения новых современных информационных и маркетинговых технологий, в которых первостепенная роль принадлежит не мощностям, а информационным технологиям , которые позволяют максимально эффективно использовать то, что есть, и то, что реально может быть создано для эффективного его использования.

Алгоритм работы системы проверки и поддержания технического состояния автомобилей предусматривает создание помимо информационно-аналитической системы баз данных и управления параметрами парка, владельцев, техническим состоянием в реальных условиях использования.

Система создается на основе информации об автомобилях, изменения их параметров в процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта и информации о владельцах. Предлагается решение проблемы за счет применения современных информационно-аналитических и маркетинговых технологий, которые способны решать вопросы как на локальном, так и на общем уровне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПАРК АВТОМОБИЛЕЙ; ПОДДЕРЖКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ: АВТОСЕРВИС: ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

АВТОР:

Марков О.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу. Електронна пошта: markovod@mail.ru; тел. 050-334-11-44, Україна, м. Київ-01010, Печерський район, вул. Суворова, 1

AUTHOR:

Markov O.D., Ph.D., National Transport University, Associate Professor of the technical operation of vehicles and service centers. e-mail: markovod@mail.ru; tel. 050-334-11-44, Ukraine, city Kiev 01010, pecherskyi district have. Suvorov, d. 1.

АВТОР:

Марков О.Д., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедри технической эксплуатации автомобилей и автосервиса. e-mail: markovod@mail.ru ; тел. 050-334-11-44, Україна, г. Киев-01010, Печерський район, у. Суворова, д. 1

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Бідняк М.Н., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри Менеджменту м. Київ, Україна м. Київ, Україна

Хабутдінов Р.А, доктор технічних наук, професор, Національний транспортный университет. Завідувач кафедри транспортних технологій, м. Київ, Україна.

REVIEWER:

Bidnyak M.N., tehnichnih Doctor of Science, professor, Natsionalny transport University, Department of Management zaviduvach m. Kyiv, Ukraine m. Kyiv, Ukraine

Habutdinov R.A., Doctor tehnichnih Sciences, professor, National Transport University. Zaviduvach tehnologiy Department of Transport,m. Kyiv, Ukraine.

УДК 638.7.(075.8)
UDC 638.7.(075.8)

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОЗУМОВОЇ ПРАЦІ У СФЕРІ ПОСЛУГ (НА ПРИКЛАДІ АВТОСЕРВІСУ)

Марков О.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна,

FAKTOY, AFFECT THE PERFORMANCE OF MENTAL WORK IN THE SERVICE SECTOR (CAR-CARE CENTER FOR EXAMPLE)

Markov O.D., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УМСТВЕННОГО ТРУДА В СФЕРЕ УСЛУГ (НА ПРИМЕРЕ АВТОСЕРВИСА)

Марков О.Д., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка задачі.

Як і товар, послуги це те, що задовольняє певні потреби, надає блага чи вирішує проблему споживача. Послуга відрізняється від товару тим, що цінність для споживача створює надавач і чим ця цінність більшою мірою відповідає потребам та очікуванням споживача, тим більш лояльним буде споживач в наслідок чого продуктивність надавача послуг може зростати. Таким чином аксіоматичним є висновок у відповідності до якого продуктивність праці у сфері послуг тісно пов’язана з їх якістю. Якість послуг – це якість процесу обслуговування, яка залежить не від кількості праці, а, перш за все, від її якості. Враховуючи те, що у переважній більшості випадків споживач оцінює послуги як особистість, (по критерію ставлення до нього), продуктивність праці надавача послуг залежить від якістю не стільки фізичної а, перш за все, розумової праці.

Якість послуг складається з якості обслуговування та ремонту автомобіля та якості обслуговування клієнта. Якість ремонту автомобіля забезпечується, в першу чергу, роботою механіка, тобто – результатом фізичної праці. Якість обслуговування клієнтів, яка включає в себе соціальні, психологічні складові та інші нематеріальні елементи процесу обслуговування, можуть бути забезпечені результатом кваліфікованої розумової праці персоналу.

Рівень якості обслуговування клієнтів залежить від створених розумовою працею процесів та кваліфікованого (на основі, знову ж таки, розумової праці чи інших надбань інтелектуального характеру) їх виконання , а також від стану середовища, в якому відбувається обслуговування. Саме середовище також створюється та є продуктом розумової праці. Його якість та спрямованість також залежить від кількості та якості кваліфікованої розумової праці, що втілена в його створення. Таким чином, ми приходимо до висновку, що продуктивність праці в сфері обслуговування залежить не стільки від результатів стандартних операцій фізичної праці фахівців з ремонту автомобілів, скільки від кваліфікації та розумової творчої праці персоналу підприємства, яка спрямована на задоволення потреб клієнтів. В умовах конкуренції не автомобіль, а клієнт має альтернативи, з яких він вибираю найкращу та найпривабливішу. Висновок – продуктивність у сфері послуг залежить від кількості та якості розумової праці, спрямованої на якість обслуговування клієнта.

Коли надавач має споживача він здійснює процес обслуговування, тобто виконує певні операції у відповідності з технологією та стандартами обслуговування. Для того ж, щоб надавач послуг мав споживача, він повинен зробити так, щоб споживач мав бажання користуватися його послугами, був лояльним до нього. А для цього йому треба дати цінність, яка перевищує таку у інших надавачів. Досягнення переваг залежить не лише від того, що надавач робить, (це роблять однаково всі надавачі), а і, перш за все, від того як він це робить. Інакше кажучи, продуктивність праці надавача залежить від якості праці, тому що кількість праці також залежить від її якості. (надавач має клієнтів у разі їх задоволеності).

Таким чином, продуктивність розумової праці у сфері послуг залежить від її якості, можливість самої праці також залежить від її якості. В автосервісі, підприємства якого мають в середньому 5 –

10 робітників і де присутність розумової праці в переважній більшості випадків не відділена від фізичної, виникає питання, яким чином можна забезпечити якість результатів якраз розумової праці, які забезпечують наявність самої праці, а простіше кажучи – клієнтів.

Результати досліджень.

1.Продуктивність в автосервісі.

Продуктивність праці – це те, від чого залежить розвиток суспільства , добробут та якість життя людей. В суспільстві вона вимірюється національним валовим доходом на душу населення. В розвинутих країнах НВД знаходиться на рівні 20 – 50 тисяч доларів США, в Україні він не перевищує 2,5 тисяч доларів США. Продуктивність праці в Україні в тричі нижча ніж в Білорусії, в 4 рази нижча ніж в Європі та в 6,5 рази нижча ніж в США. НВД в Україні з 1991 року по 2013 рік зменшився на 30%.

В цілому продуктивність – це відношення виробленої продукції до витрат на її виробництво. Продуктивність праці – це кількість продукції випущеної за час роботи.[1]

Продуктивність праці в автосервісі – це дохід поділений на кількість працюючих чи кількість основних робочих. Цей дохід залежить від багатьох факторів, але автосервіс, як і будь - яка інша сфера послуг в першу чергу залежить від клієнтів. Клієнт є головної постаттю бізнесу.

Аналіз діяльності автосервісу свідчить про те, що продуктивність його працівників (дохід на одного працюючого протягом року) формується на рівні ефективності, яка не перевищує 60 – 70%.

Під ефективністю ми розуміємо міру використання ресурсів відносно можливих 100%. В автосервісі ефективність умовно можна оцінити продуктивністю працюючих віднесеною до потужності СТО. Наприклад, Bosch Car Service, який має 16500 автосервісів в 150 країнах світу та в якому працює понад 90 000 працюючих та який обслуговує протягом року 50 млн. автомобілів, має продуктивність 550 - 600 автомобіле-заїздів на одного працюючого чи приблизно 1600 -1700 нормо – годин продуктивності.[2]

При мінімальному фонді часу поста 2500 годин на рік коефіцієнт ефективності дорівнює 0,65 – 0,7 (1600/2500) Це світова практика, яка свідчить про те, що сфера послуг, зокрема, автосервіс, виходить з концепції надлишкових потужностей заради забезпечення якості обслуговування клієнтів. Можна зробити висновок, що продуктивність працівників на рівні 1600 – 1700 нормо - годин протягом року є нормальною з погляду завантаження авто сервісного підприємства.

Якщо розглядати продуктивність безпосередньо механіків, тобто основних робочих, то її фактична (не звітна, яка основана на приписках, обмані клієнтів та на такій, що не відповідає фактам статистиці) величина коливається в межах 70 – 130% норми продуктивності, але середнє її значення ближче до 100%.

Пояснюється це тим, що на практиці з 10 механіків, один має найвищу продуктивність, наприклад 130%, два мають продуктивність 120%, один – 110%, один – 100%, два – 90%, один – 80%, один – 70%. Цей розподіл не придуманий, від відображує нормальний закон розподілу нормального явища – продуктивності механіків. Середня зважена величина продуктивності в наведеному прикладі дорівнює 91%. Втрати продуктивності дорівнюють 9%. Виходячи з цього прикладу можна зробити висновок, що продуктивність безпосередньо механіків немає суттєвого впливу на продуктивність підприємства в цілому і вирішення задачі підвищення продуктивності механіків не є складною задачею. Ця задача лежить в іншій площині – в якості послуг від якої залежить кількість та лояльність клієнтів.

Розглянемо рівень завантаженості потужностей СТО. Він в окремі періоди (сезони) дні неділі та години доби має суттєві коливання, які значною мірою впливає на продуктивність підприємства в цілому.

В таблиці 1 наведений приклад аналізу завантаження 60 механіків станції протягом місяця.

Як видно з таблиці 1, протягом місяця з 60 механіків не мали завантаження 16 (27%).

А це означає, що втрати продуктивності за рахунок недостатньої кількості клієнтів і, як наслідок, недостатнього завантаження механіків в 3,85 рази перевищують втрати їх продуктивності.

(1600:12 =133 н/г); (133х0,91 = 121н/г); (133 – 121) х 60 = 720 н/г; 2772,9 /720 = 3,85)

Можна зробити простий висновок: продуктивність станції залежить від ефективної роботи з клієнтами, правильної маркетингової та торгівельної політики, інакше кажучи, від наявності клієнтів.

Таблиця 1

№	дата	Сумма н. годин по ЗН	Потужність, люд/год	Недостат -), надлишок (+), час	К-сть незаван механіків (человек)
1	1.02.14	420,67	496	- 75,33	9,4
2	2.02.14	450,55	496	- 45,45	5,7
3	3.02. 14	354,4	496	- 141,6	17,7
4	4.0214	167,2	496	- 328,8	41
5	5.02	507	496	+ 11	1,4
6	6.02	514,1	496	+ 18,1	
7	7.02	392	496	- 104	13
8	8.02	314,5	496	- 181,5	22,6
9	9.02	320,7	496	- 175,3	22
10	10.02	396	496	- 100	12,5
11	11.02	199,4	496	- 296,6	37
12	12.02	0	0	0	0
13	13.02	676,3	496	+ 180,3	
14	14.02	262,8	496	- 233,2	29
15	15.02	401,8	496	- 94,2	12
16	16.02	564,8	496	+ 68,8	
17	17.02.	328,5	496	- 167,5	21
18	18.02	248,6	496	- 247,4	31
19	19.02	0	0	0	0
20	20.02	605,4	496	+ 109,4	
21	21. 02	459,9	496	- 36,1	4, 5
22	22/02	312,2	496	- 183,8	23
23	23/02	392,8	496	- 103,1	12,8
24	24/03	306	496	- 190	24
25	25.02	159,4	496	- 159,4	20
26	26.02	0	0	0	0
27	27.02	578,9	496	+ 82,9	
28	28.02	607,7	496	+111,7	
Всьог		9627,1	12400	- 2772,9	387 людино/змін

2. Теоретичні аспекти прихильності клієнтів

Теорія та практика сфери послуг, зокрема, автосервісу, має достатньо напрацювань в галузі формування якості послуг. Одним з важливих висновків є те, що лояльність клієнтів, як важливий показник їх прихильності до надавача послуг залежить, в першу чергу, від ставлення до них. Як свідчать результати досліджень, 68% клієнтів лишають станцію з цієї причини. Виникає питань, що означає «належне» чи «неналежне» ставлення. Не вдаючись в подробиці поняття «належне» ставлення можна зробити очевидний висновок, який зводиться до того, що клієнт лише в тому випадку сприймає автосервіс як такий, що має «належне» ставлення, якщо від повністю, без сумніву довіряє йому та впевнений в тому, що ставлення до нього щире, таке, як до самого себе. При такому ставлені, надавач послуг забезпечує якість не лише базової послуги – ремонту автомобіля, а і широкого спектру додаткових послуг, наявність яких є вагомим внеском в отримання конкурентних переваг.

Цей висновок ставить перед керівником станції, окрім інших, питання: яким чином можна досягти такого сприйняття клієнтом результатів роботи СТО. Найважливіша задача полягає в тому, щоб видалити з свідомості клієнта будь - які сумніви стосовно щирої турботи про нього. Станція має довести, що щире ставлення – це не разова показна акція, а політика взаємовідносин, в основі якої лежить справжнє, щире бажання вирішити проблеми клієнта. Питання це зрозуміле: немає нічого простішого, а ніж насправді щиро турбуватися про клієнта. Запорукою довіри клієнта є довгострокові підтверджені якістю послуг стосунки.

Пояснимо механізм сприйняття. Психологічно людина на рівні підсвідомості відрізняє щире ставлення від будь - якого іншого, наприклад, такого, що несе в собі загрозу та викликає недовіру, тому, що щире ставлення спрямоване на задоволення певних життєво важливих потреб. Розуміння щирого ставлення чи ставлення, яке несе в собі загрозу та викликає внутрішню емоційну напругу основується на інстинкті самозбереження. В цьому інстинкті природа не дала людині права на помилку; цей інстинкт безпомилково відрізняє будь-які загрози і призводить до мобілізації усіх можливих внутрішніх сил для захисту від неї. Будь-які фактори сприйняття не можуть вплинути на прояв інстинкту самозбереження людини і він проявляється абсолютно і безпомилково . І якщо в межах терміну психологічного сприйняття зовнішнього впливу можна обійти інстинкт самозбереження, то він протягом короткого часу спрацює та виявить загрозу, у якому б виді вона не проявлялась та включить механізми самозахисту. Якщо надавач послуг має бажання обійти інстинкт самозбереження заради створення економічної вигоди для себе чи обману клієнта, то єдине, що він може отримати – це обманути самого себе тому, що, в кінцевому результаті, втрати понесе саме він. Клієнт, навіть на рівні підсвідомості має можливість правильно оцінити ставлення до себе, а це приведе до втрати клієнта. Клієнту не потрібно розуміти, в чому може проявляється загроза; йому достатньо на рівні підсвідомості відчути можливість її виникнення, чого достатньо для того сприйняття ставлення як нещирого та прийняти рішення не на користь подальших взаємин.

В сфері послуг , зокрема, автосервісі, механізми самозахисту – це втрата лояльності , прихильності та зміна надавача послуг.

За даними досліджень 38% клієнтів побоюються їхати на сервіс, так як не довіряють його співробітникам. У США, та в Росії, 66% автовласників вважають, що їм нав'яжуть непотрібні додаткові роботи. 77% жінок вважають, що з їх машинами проведуть більше непотрібних операцій. Проведені в Росії дослідження показали, що недовіра при зверненні в сервісний центр відчувають 56% взяли в опитуванні власників автомобілів. З них 64% побоюються обману і нав'язування додаткових робіт.[8]

Таким чином, є лише один шлях підвищення продуктивності в галузі обслуговування (в автосервісі) – це щире ставлення до клієнта та виконання його потреб. Прагнення надавача послуг до щирої турботи про клієнта є найважливішою передумовою зростання продуктивності розумової праці.

Щире ставлення до клієнта має особливе значення в сфері ремонту автомобіля у зв’язку з тим, що він не може оцінити якість ремонту складної технічної системи, про яку він, у переважній більшості випадків, не має будь-якої уяви, і тому єдиний спосіб такої оцінки – це довіра до надавача послуг. Чим складніший ремонт та чим вища його вартість – тим більше значення набуває феномен довіри.

Практика передових сервісних фірм в різних галузях обслуговування повністю підтверджує той факт, що клієнт практично не помиляється у сприйнятті щирого сервісу та щирої турботи про нього і у цьому випадку практично не має приводу (за винятком об’єктивних причин) змінювати надавача послуг. Недовіра володіє клієнтом на рівні підсвідомого інстинкту самозбереження, задача надавача послуг полягає в тому, щоб завоювати довіру. Вона вимагає рішення двох питань: 1.усунути недовіру, 2. створити довіру.

3. Фактори продуктивності

Їх можна розділити на об’єктивні, суб’єктивні, зовнішні та внутрішні. Об’єктивні – це ті, які створилися за певних умов та не залежать від підприємств автосервісу. До них відносяться: рівень розвитку економіки, плати здатність власників автомобілів, структура сегментів ринку, яка залежить , наприклад, від структура парку, економічна ситуація,(наприклад, фінансова чи економічна криза), структура попиту (наприклад, обслуговування, регламентне обслуговування чи ремонти), сезонні коливання.

До суб’єктивних факторів відносяться ті, які формуються на різних рівнях економічної системи органів влади та підприємств. До них відносяться законодавство та підзаконні регламентуючі акти, маркетингова політика – (що та де продавати), ринкова політика – (кому та як продавати). Зрозуміло, що суб’єктивні фактори розділяються на зовнішні – ті, що приймаються на рівні вище підприємства, та внутрішні – ті, що приймаються на рівні підприємства. Враховуючи те, що продуктивність автосервісу розглядається стосовно внутрішньої структури автосервісу країни, можна стверджувати, що всі вони (автосервіси) знаходяться практично в однокових умовах з погляду впливу зовнішніх об’єктивних та суб’єктивних факторів, та їх продуктивність залежить в основному від внутрішніх суб’єктивних факторів, тобто системи управління та конкурентних переваг. Цей

висновок підтверджується практикою: незважаючи на складні економічні умови, в яких на даний момент працюють підприємства автосервісу, є багато тих хто має високу продуктивність, і є ті, які мають низьку продуктивність. Таким чином можна зробити висновок, що продуктивність залежить, в першу чергу, від факторів якості праці в аспекті впливу на лояльність та прихильність споживачів.

Внутрішні фактори продуктивності можна, в свою чергу, розділити на *організаційні*, тобто ті, які відповідають на питання, що робити, та *суттєві*, тобто такі, які відповідають на питання як робити, – як реалізувати процеси, процедури та забезпечити виконання обумовлених та латентних потреб клієнтів.

Про те, що робити ми знаємо із стандартів та процедур обслуговування клієнтів, форм організації підприємства та його структурних підрозділів, принципів менеджменту якості, місії та цілей підприємства, корпоративної культури, цінностей організації та її персоналу, його мотивації , структури ресурсів, техніки та технологій обслуговування та ремонту автомобілів та обслуговування клієнтів, методів та системи управління підприємством, системи управління якістю.

Для того, щоб знати, що робити ми створюємо систему маркетингу – від дослідження ринку, вивчення потреб клієнтів до маркетингової та ринкової стратегії, вносимо інновацій та постійно покращуємо процес обслуговування, створюємо систему обслуговування клієнтів, обслуговування та ремонту автомобілів; створюємо систему моніторингу рівня задоволеності клієнтів, навчаємо персонал та підвищуємо його кваліфікацію тощо.

Стосовно того, як робити ми не завжди вирішуємо (а частіше – і не можемо вирішувати) питання, віддаючи це на розсуд того, хто надає послугу. А «він», той хто це робіть, має своє уявлення про те, як він це повинен робити, а, можливо, взагалі не переймається таким питанням. У нього є своє уявлення про те, що добре та що краще; він, частіше за все, навіть не вислуховує клієнта та приймає своє бачення за його потребу.

«Він» – це перший керівник, який формує та формулює місію, ставить цілі та формує корпоративну культуру, підбирає персонал та благословляє систему його мотивації. «Він» вносить своє бачення в стандарти обслуговування, формує структуру ресурсів та несе відповідальність за результати роботи підприємства.

«Він» – це майстер – прийомщик, якій безпосередньо представляє станцію перед клієнтом, якій працює у відповідності зі стандартами обслуговування, який впевнений в тому, що якраз те, як він це робить і є зразком виконання стандарті.в та бажань клієнта

«Він» – це механік, який ремонтує автомобіль та маючи досвід такої роботи вважає образою особистої гідності спів ставлення свого досвіду з вимірюванням моменту затяжки динамометричним ключем.

«Він» – це бухгалтер, якій знає, що йому треба здати документи в податкову та робить це в час максимального напливу клієнтів, яким він має підписати податкову накладну.

«Він» – це охоронець, який «більше католик, ніж Папа Римський» у ставленні до клієнтів.

«Він» – це кожен працюючий на підприємстві.

Тому – «як робити» – є чи не основною проблемою, яку має вирішувати підприємство заради підвищення продуктивності. Якщо підприємство створило найбільш досконалу систему організації, але не створило середовища, в якому ця досконала система організації має таку ж досконалу систему реалізації, то воно не буде приваблювати та утримувати клієнтів, а відтак, не буде продуктивним.

В основі того, як робити, лежить Правили «4 по 100» відповідно до якого 100% співробітників на 100% відповідають за 100% задоволеності клієнтів у 100% випадків.

Чому це важливо? Розглянемо процес обслуговування клієнтів з погляду виконання стандартів та встановлених правил. (таблиця 2): відповідь на питання: чи ідентифіковані потреби клієнтів насправді, чи ми видаємо наше уявлення про них за таке, тягне за собою правильну чи неправильну відповідь на питання про відповідність стандартів потребам клієнтів. Чи є у нас механізми, які дозволяють відслідковувати зміну потреб клієнтів в часі. Чи достатньою мірою ми вивчили потреби клієнтів та чи приклали ми достатньо зусиль та кваліфікації для розробки стандартів. Наступне на шляху до реалізації стандартів та форм організації є питання стосовно того, наскільки виконуються стандарти обслуговування. На це питання можна дати позитивну відповідь у разі, якщо той, хто обслуговує клієнтів знає стандарти, розуміє їх у контексті процесного підходу до обслуговування, знає потреби клієнта та володіє методами їх задоволення, щиро прагне задовольнити ці потреби. Особиста інтерпретація процесу обслуговування є природною та необхідною умовою пристосованості виконавця до конкретної ситуації та конкретних потреб клієнта. Ця конкретність потребує від виконавця не лишу бажання задовольнити потреби клієнта, не лише знань, як це робити

краще, але й щирого бажання зробити для клієнта все, щоби вирішити його проблеми та задовольнити його потреби. *Оце і є момент істини*: щире бажання чи формальне виконання стандартів. Розбіжності на цьому етапі ведуть чи до довіри клієнта, чи до недовіри. Надавач послуг маючи навички роботи з клієнтами може видати свої вигоди за щире ставлення до клієнта, але це, в кінцевому результаті, обернеться тим, що клієнт, з часом, прийде до розуміння істини і назавжди залишить станцію в разі виявлення відхилень. Клієнт навіть не буде прагнути до розуміння того, що насправді надавач послуг зробив не так; йому достатньо розуміти, чи, навіть, просто відчувати, що щось зроблено не так, для того, щоб нічого не висловлюючи більш ніколи не користуватися послугами цієї станції. Якщо виконання не відповідає обіцянкам, то очікування клієнта не оправдовуються.

Таблиця 2 – Відхилення в процесі надання послуг

Потреби Клієнта	Стандарти обслуговування	Виконання стандартів обслуговування	Обіцянки	Очікування клієнта
100%	100%	100%	100%	100%
Рівень ідентифікації потреб клієнта	Відповідність стандартів потребам клієнтів	Рівень виконання стандартів обслуговування	Відповідність обіцянок та їх виконання	Відповідність очікувань та сприйняття послуги
0.99	0.99	0.99	0,99	**0,96**
0,9	0,9	0,9	0,9	**0,656**
9,8	0,8	0,8	0,8	**0,41**
0,7	0.7	0,7	0,7	**0,24**
0.99	0.99	0.99	0	**0**

Як видно з таблиці 1 навіть за умов мінімальної розбіжності вимог та реалізації рівень очікувань клієнта катастрофічно зменшується, а у випадку невиконання бодай одного з елементів обслуговування – очікування не оправдовуються.

Етап реалізації стандартів є переломним моментом системи реалізації всього, в що вкладено багато зусиль, знань та ресурсів. Якщо дія з реалізації не буде спрямована на вирішення потреб клієнтів, то вони, ці потреби, не будуть задоволені. Таким чином , все що було зроблено в рамках організації процесів, залишиться просто паперами, які нічого не варті. Внаслідок – простий висновок: *велика робота з створення системи обслуговування перетворюється у незворотні втрати у разі, якщо не створена система реалізації, а безпосередні виконавці не мають системи цінностей та, до того ж, відсутнє середовище, яке спонукає кожного виконавця до щирої турботи про клієнта.*

Розглядаючи всі системи, які необхідні для того, щоб залучати та утримувати клієнтів можна констатувати, що самою простою та зрозумілою є технічна та технологічна система тому, що ми її просто закуповуємо у готовому вигляді разом з інструкціями та рекомендаціями щодо розміщення, експлуатації та використання. Що ж стосується систем управління, організації та стандартів, то і в цьому випадку є очевидні рішення, які може реалізувати будь-який керівник.

В разі необхідності удосконалення процесів та процедур підприємство може скористатися послугами спеціалізованих фірм, консультантів чи літературою. Що ж стосується системи цінностей, щирого сервісу та клієнтоорієнтованого середовища, то у цьому випадку вся складність, невизначеність, неоднозначність, динамічність, ентропія явища та процесу повністю покладається на конкретних виконавців, першого керівника та його команду і значною мірою залежить від його зусиль, особистого рівня можливостей та зацікавленості у вирішені питання.

Керівників, які здатні створити клієнто орієнтоване середовище щирого сервісу значно менше тих, хто цього зробити не може чи не ставить перед собою таку задачу. Прикладами створення клієнтоорієнтованого середовища є деякі фірми готельного бізнесу чи авіаційні перевізники, які за рахунок відмінностей у сервісі та сервісного середовища забезпечують конкурентні переваги у довгостроковій конкуренції. Прикладом клієнтоорієнтованого середовища є автосервіс Тойота Сіті Плаза (Київ) – дилер Тойоти в Україні, в основі організації якого лежить японський менеджмент.

Створення клієнтоорієнтованого середовища не є разовою акцією, а є постійною, повсякденною роботою з його формування та розвитку. Задача зводиться до формування клієнто орієнтованої корпоративної культури. Корпоративна культура, в основі якої лежить ідея щирої

турботи про клієнта, зовні формує імідж та репутацію підприємства щирого сервісу. Першорядне значення в формуванні іміджу мають відгуки клієнтів, особливо в умовах інтенсивного та широкого розвитку соціальних мереж, в яких реферальна інформації швидко та інтенсивно поширюється та набуває значення якраз тому, що вона втрачає персоніфіковане значення, а стає узагальненою. Навіть ті, хто не може бути клієнтом конкретного автосервісу, мають можливість при нагоді сформувати своє ставлення до нього.

На практиці не існує встановлених правил, які регламентують способи подолання складностей у встановлені клієнтоорієнтованою культури – кожна організація напрацьовує свою стратегію. [3]. Щоб створити середовище щирого сервісу треба сформувати систему цінностей як у кожного співробітника, так і в цілому в колективі, а також змінити поведінку в цілому та кожного. Треба створити середовище, в якому прийняті норми ставлення до клієнта не можуть бути порушені.

Реально те, що має відбуватися, складається наступним чином.

1. Будь-яке нововведення спочатку сприймається з ентузіазмом, а в подальшому ставлення до нього погіршується, відбувається повернення до звичного.
2. Керівник, не стає лідером в реалізації нововведень, у нього безліч нагальних та більш важливих проблем.
3. Без безпосередньої участі першого керівника ніхто не бере на себе право та відповідальність за вирішення цього питання, а реакція персоналу в цьому разі відсторонена тому, що всі реагують на ставлення до неї першого керівника. За таких умов заведений (чи такий, що склався) порядок дій домінує та не сприяє змінам.
4. Співробітники, які бачать відстороненість першого керівника від програми покращення, не вірять в її необхідності.
5. Стабільність внутрішніх проблем відсторонює проблеми клієнтів на задній план і на них ніхто не звертає уваги та працює з ними в рамках вирішення своїх обов’язків та внутрішніх оперативних задач.
6. Звична діяльність на рівні зрозумілих та звичних операцій, які постійно повторюються та не потребують додаткових зусиль приваблює тому, що виконавець відчуває себе комфортно у разі, якщо він виконує те, що йому зрозуміло.
7. Навіть стикаючись з бар’єрами в оперативних задачах ніхто не бере на себе відповідальність за їх усунення у зв’язку з чим все залишається як було.
8. Навчання персоналу відбувається не з погляду створення середовища, а з погляду виконання своїх обов’язків службою підготовки персоналу.

Таким чином, висновок зводиться до того, що тільки перший керівник є натхненником і організатором змін і лише він може довести цю справу до кінця. Чи є у першого керівника важливіша задача, це має вирішувати він. Якщо станція має достатню кількість клієнтів та достатньою мірою завантажена, то питання начеб-то вирішене. Якщо ні – то ця задача прирівнюється до існування бізнесу: без її вирішення він має мало шансів на успіх, існування та розвиток.

ПЕРЛІК ПОСИЛАНЬ:

1 Хакссевер К, Рендер Б., Рассел Р., Мердик Р. Управление и организация в сфере услуг. 2-е изд./Пер. с англ. Под ред. В.В. Кулибановой. – СПб.: Питер, 2002. – 752 с.: ил.

2. Новости рынка автозапчастей и автосервиса. Автосервисные концепции Bosch: успех мирового масштаба. Автопортал carway.com.ua

3. Кук Сара Клиент в фокусе. Как поместить интересы клиента в центр внимания вашей организации / Пер. с англ.: – Днепропетровск. Баланс-Клуб, 2004. – 272.

4. Недякин М.В. Искренний сервис, Как мотивировать сотрудников сделать для клиента больше, чем достаточно. Даже когда шеф не смотрит./Максим Недякин. – М.:Манн, Иванов и Фарбер, 2014. – 192 с.

5. Чалдини Р. Психология влияния. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 272 с.

6. Хъелл Л., Зиглер Д. Теория личности (Основные положения, исследования и применение). – СПб Пите Ком. 1999. – 1999. – 608 с.

7. Психология человека. Сайт Максима Власова. Инстинкт самосохранения. http://psichel.ru/instinkt-samosoxraneniya.

8. Чего боятся автовладельцы при посещении автосервиса? Інтернет ресурс. Режим доступу Info-Parts.com.ua

REFERENCES

1 Hakssever K Render B., Russell R., R. Merdyk. Management and Organization in the sphere of services. 2nd ed. / Per. with English. Ed. VV Kulybanovoy. - SPb .: Peter, 2002. - 752 p .: ill. (Rus)

2. News and avtoservysa Spare parts market. Avtoservysnыe concept Bosch: Success magistrate scale. Avtoportal carway.com.ua (Rus)

3. Cook Sara client focus. How to put the client's interests in the spotlight your organization / Trans. with Eng .: - Dnepropetrovsk. Balance Club, 2004. - 272. (Rus)

4Nedyakin MV Sincere service, How to motivate employees to do for the customer more than enough. Even when the boss is not looking. / Maxim Nedyakin. - Moscow: Mann, Ivanov and Farber, 2014. - 192 p. (Rus)

5. Robert Cialdini Psychology influence. - SPb .: Peter Kom, 1999. - 272 p. (Rus)

6. Hъell L. Zyhler D. Theory of personality (Basic Situation, Research and Application). - St. Petersburg pitey Com. 1999. - 1999. - 608 p. (Rus)

7. Psychology person. Website Maxim Vlasov. Samosohranenyya instinct. http://psichel.ru/instinkt-samosoxraneniya. (Rus)

8 What are afraid of car owners when visiting a service center? Internet resource. Access Mode Info-Parts.com.ua(Rus)

РЕФЕРАТ

Марков О.Д. Фактори, що впливають на продуктивність розумової праці у сфері послуг (на прикладі автосервісу) / О.Д. Марков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Розглянуті питання продуктивності в сфері обслуговування на прикладі автосервісу. Дано порівняння впливу на продуктивність факторів фізичної та розумової праці. Доведена домінуюча залежність продуктивності автосервісу від результатів розумової праці, перш за все, забезпечення якості обслуговування клієнтів та ставлення до них.

Показано, що продуктивність розумової праці тісно пов'язана з якістю результату, який ця праця забезпечує. Для автосервісу це досягнення розумових результатів в середовищі зовнішньої взаємодії, тому, що клієнти знаходяться якраз в цьому середовищі, та в створенні на основі розумової праці середовища щирого сервісу, завдяки чому досягається головний результат – створюється цінність для клієнтів, які і є основою продуктивності тому, що вони приносять прибутки. Показано, що більше половини клієнтів не довіряють персоналу автосервісу і це є основна причина низької його продуктивності. Дано порівняння втрат продуктивності фізичної праці при ремонті автомобілів та розумової праці, результатом якої є наявність та довіра клієнтів.

Втрати від низької продуктивності розумової праці майже в чотири рази перевищують втрати від недостатньої продуктивності фізичної праці.

Показана залежність продуктивності від сервісного середовища та системи цінностей, спрямованих на вирішення проблем клієнтів. Дані пропозиції щодо підвищення продуктивності в автосервісі на основі моделі створення клієнтоорієнтованого середовища. Продуктивність розумової праці – це довіра та лояльність клієнтів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА:. ПРОДУКТИВНІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРАЦІ, АВТОСЕРВІС, КЛІЄНТООРІЄНТОВАНІСТЬ, СЕРВІСНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ПОТРЕБИ, ЗАГРОЗИ.

ABSTRACT

Markov O.D. Factors affecting the performance of mental work in the service sector (on the example of car-care center). Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The questions of productivity in the service sector for example car service. Given comparing the impact on performance factors of physical and mental work. Proven Performance Car dominant dependence on the results of mental work, above all, quality customer service and attitude towards them.

It is shown that the productivity of knowledge workers is closely related to the quality of outcome that this work provides. Car service is to achieve mental results among external cooperation, so that customers are just in this environment, and to create based mental work environment sincere service, thus fulfilling the main result creating value for customers is the basis of performance is they bring profits. It is shown that more than half of customers do not trust the staff service centers and this is the main cause of low productivity. Given the loss of performance comparison of physical work in the repair of cars and mental work, which results in the presence and confidence of customers.

Losses from low productivity of mental work is almost four times larger than the loss of insufficient physical labor productivity.

Dependence performance of the service environment and value system designed to solve customer problems. These proposals for improving productivity in the service station on the model of creating client-oriented environment. The performance of mental work is trust and customer loyalty.

KEYWORDS:. PERFORMANCE, SAFETY, AUTO REPAIR, SERVICE, ENVIRONMENT, NEEDS, THREATS.

РЕФЕРАТ

Марков О.Д. факторы, влияющих на производительность умственного труда в сфере услуг (на примере автосервиса) / О.Д. Марков // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Рассмотрены вопросы производительности в сфере обслуживания на примере автосервиса. Дано сравнение влияния на производительность факторов физического и умственного труда. Доказана доминирующая зависимость производительности автосервиса от результатов умственного труда, прежде всего, качества обслуживания клиентов и отношение к ним. Показано, что производительность умственного труда тесно связана с качеством результата, который эта работа обеспечивает. Для автосервиса это достижение умственных результатов в среде внешнего взаимодействия, потому что клиенты находятся как раз в этой среде, и в создании на основе умственного труда среды всего сервиса, благодаря чему создается ценность для клиентов,–достигается главный результат которые и являются основой производительности том, что они приносят прибыль. Показано, что более половины клиентов не доверяют персонала автосервиса и это основная причина низкой его производительности. Дано сравнение потерь производительности физического труда при ремонте автомобилей и умственного труда, результатом которой является наличие и доверие клиентов.

Потери от низкой производительности умственного труда почти в четыре раза превышают потери отнедостаточной производительности физического труда.

Показана зависимость производительности от сервисного среды и системы ценностей, направленных на решение проблем клиентов. Данные предложения по повышению производительности в автосервисе на основе модели создания клиентоориентированного среды.

Производительность умственного труда это доверие и лояльность клиентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА, АВТОСЕРВИС, КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТЬ, СЕРВИСНОЕ СРЕДА, ПОТРЕБНОСТИ, УГРОЗЫ,

АВТОР:

Марков О.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу. Електронна пошта: markovod@mail.ru; тел. 050-334-11-44, Україна, м. Київ-01010, Печерський район, вул. Суворова, 1

AUTHOR:

Markov O.D., Ph.D., National Transport University, Associate Professor of the technical operation of vehicles and service centers. e-mail: markovod@mail.ru; tel. 050-334-11-44, Ukraine, city Kiev 01010, pecherskyi district have. Suvorov, d. 1.

АВТОР:

Марков О.Д., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедри технической эксплуатации автомобилей и автосервиса. e-mail: markovod@mail.ru ; тел. 050-334-11-44, Україна, г. Киев-01010, Печерський район, у. Суворова, д. 1

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Бідняк М.Н., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри Менеджменту м. Київ, Україна м. Київ, Україна

Хабутдінов Р.А, доктор технічних наук, професор, Національний транспортный университет. Завідувач кафедри транспортних технологій, м. Київ, Україна.

REVIEWER:

Bidnyak M.N., tehnichnih Doctor of Science, professor, Natsionalny transport University, Department of Management zaviduvach m. Kyiv, Ukraine m. Kyiv, Ukraine

Habutdinov R.A., Doctor tehnichnih Sciences, professor, National Transport University. Zaviduvach tehnologiy Department of Transport, m. Kyiv, Ukraine.

УДК 539.3
UDC 539.3

ЧИСЕЛЬНО-АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ ВОЛОКНИСТИХ ПОРОЖНИСТИХ ВАЛІВ З УРАХУВАННЯМ ДИСИПАЦІЇ ЕНЕРГІЇ

Марчук О.В., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Гнєдаш С.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Левківський С.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна

NUMERICAL AND ANALYTICAL MODEL OF CALCULATION OF FIBER HOLLOW SHAFTS FORCED VIBRATIONS TAKING INTO ACCOUNT THE ENERGY DISSIPATION

Marchuck O.V., Eng.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Gnedash S.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Levkivskiy S.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛЫХ ВАЛОВ С УЧЕТОМ ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ

Марчук А.В., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Гнедаш С.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Левковский С.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ

Нині все більшого застосування в різних галузях техніки набувають пластикові волокнисті порожнисті вали. Шари таких конструкцій володіють анізотропією властивостей. Вони схильні до динамічних, близьких до резонансних навантажень, що призводять до тривимірного напружено-деформованого стану з високими градієнтами його зміни. Це обумовлює необхідність розвитку відповідних підходів до розрахунку подібного роду конструкцій. Розрахунку вільних коливань в тривимірній постановці присвячено досить велику кількість робіт, огляд яких можна знайти в [1-2,4-12,16-27]. Вільні та вимушені коливання товстостінних оболонок з урахуванням дисипації енергії на частотах близьких до резонансних практично не розглядалися.

Завданням даної роботи є розробка підходу, який дозволяє розглядати вимушені коливання товстостінних оболонок в умовах осесиметричного згину з урахуванням дисипації енергії.

1. Побудова рішення

Рівняння динамічної рівноваги *k*-того анізотропного шару оболонки в змішаній формі мають вигляд:

$$\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial r}+\frac{\partial U_r^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}-B_{55}^{(k)}\sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t)-B_{54}^{(k)}\sigma_{r\theta}^{(k)}(x,r,t)=0;$$

$$B_{13}^{(k)}\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+\frac{\partial U_r^{(k)}(x,r,t)}{\partial r}+B_{23}^{(k)}\frac{1}{r}U_r^{(k)}(x,r,t)+B_{63}^{(k)}\frac{\partial U_\theta^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}-B_{33}^{(k)}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)=0;$$

$$\frac{\partial U_r^{(k)}(x,r,t)}{\partial r}-\frac{1}{r}U_r^{(k)}(x,r,t)-B_{45}^{(k)}\sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t)-B_{44}^{(k)}\sigma_{r\theta}^{(k)}(x,r,t)=0;$$

$$B_{11}^{(k)}\frac{\partial^2 U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial x^2}+B_{12}^{(k)}\frac{1}{r}\frac{\partial U_r^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+B_{16}^{(k)}\frac{\partial^2 U_\theta^{(k)}(x,r,t)}{\partial x^2}+\frac{\partial \sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t)}{\partial r}+$$

$$+\frac{1}{r}\sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t)+B_{13}^{(k)}\frac{\partial \sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}-\rho\frac{\partial^2 U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial t^2}-2\rho\eta\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial t}=0;$$

$$B_{21}^{(k)}\frac{1}{r}\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+B_{22}^{(k)}\frac{1}{r^2}U_r^{(k)}(x,r,t)+B_{26}^{(k)}\frac{1}{r}\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+\frac{\partial \sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}-\frac{\partial \sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)}{\partial r}+$$
$$+B_{23}^{(k)}\frac{1}{r}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)-\frac{1}{r}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)-\rho\frac{\partial^2 U_r^{(k)}(x,r,t)}{\partial t^2}-2\rho\eta\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial t}=0;$$
$$B_{16}^{(k)}\frac{\partial^2 U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial x^2}+B_{26}^{(k)}\frac{1}{r}\frac{\partial U_r^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+B_{66}^{(k)}\frac{\partial^2 U_\theta^{(k)}(x,r,t)}{\partial x^2}+B_{36}^{(k)}\frac{\partial \sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+$$
$$+\frac{\partial \sigma_{r\theta}^{(k)}(x,r,t)}{\partial r}+\frac{2}{r}\sigma_{r\theta}^{(k)}(x,r,t)-\rho\frac{\partial^2 U_\theta^{(k)}(x,r,t)}{\partial t^2}-2\rho\eta\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial t}=0, \qquad (1)$$

де зміст жорсткісних характеристик $B_{ij}^{(k)}$ розкривається в наступному взаємозв'язку напружень та деформацій:

$$\sigma_{xx}^{(k)}(x,r,t)=B_{11}^{(k)}e_{xx}^{(k)}(x,r,t)+B_{12}^{(k)}e_{\theta\theta}^{(k)}(x,r,t)+B_{13}^{(k)}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)+B_{16}^{(k)}2e_{x\theta}^{(k)}(x,r,t);$$
$$\sigma_{\theta\theta}^{(k)}(x,r,t)=B_{21}^{(k)}e_{xx}^{(k)}(x,r,t)+B_{22}^{(k)}e_{\theta\theta}^{(k)}(x,r,t)+B_{23}^{(k)}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)+B_{26}^{(k)}2e_{x\theta}^{(k)}(x,r,t);$$
$$\sigma_{x\theta}^{(k)}(x,r,t)=B_{61}^{(k)}e_{xx}^{(k)}(x,r,t)+B_{62}^{(k)}e_{\theta\theta}^{(k)}(x,r,t)+B_{63}^{(k)}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)+B_{66}^{(k)}2e_{x\theta}^{(k)}(x,r,t);$$
$$B_{33}^{(k)}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)=B_{13}^{(k)}e_{xx}^{(k)}(x,r,t)+B_{23}^{(k)}e_{\theta\theta}^{(k)}(x,r,t)+e_{rr}^{(k)}(x,r,t)+B_{36}^{(k)}2e_{x\theta}^{(k)}(x,r,t);$$
$$e_{r\theta}^{(k)}(x,r,t)=B_{44}^{(k)}\sigma_{r\theta}^{(k)}(x,r,t)+B_{45}^{(k)}\sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t);$$
$$e_{xr}^{(k)}(x,r,t)=B_{54}^{(k)}\sigma_{r\theta}^{(k)}(x,r,t)+B_{55}^{(k)}\sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t).$$

Поздовжні та колові напруження знаходяться із закону Гука:

$$\sigma_{xx}^{(k)}(x,r,t)=B_{11}^{(k)}\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+B_{12}^{(k)}\frac{1}{r}U_r^{(k)}(x,r,t)+B_{13}^{(k)}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)+B_{16}^{(k)}\frac{\partial U_\theta^{(k)}(x,r,t)}{\partial x};$$
$$\sigma_{\theta\theta}^{(k)}(x,r,t)=B_{21}^{(k)}\frac{\partial U_x^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}+B_{22}^{(k)}\frac{1}{r}U_r^{(k)}(x,r,t)+B_{23}^{(k)}\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)+B_{26}^{(k)}\frac{\partial U_\theta^{(k)}(x,r,t)}{\partial x}. \qquad (2)$$

У випадку вільних та вимушених коливань при шарнірному закріпленні, шукані функції представляються наступним чином:

$$U_x^{(k)}(x,r,t)=V_1(x)f_1^{(k)}(r)s(t);\ U_\theta^{(k)}(x,r,t)=V_2(x)f_2^{(k)}(r)s(t);$$
$$U_r^{(k)}(x,r,t)=V_3(x)f_3^{(k)}(r)s(t);\ \sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t)=\tau_{13}(x)f_4^{(k)}(r)s(t);$$
$$\sigma_{\theta r}^{(k)}(x,r,t)=\tau_{23}(x)f_5^{(k)}(r)s(t);\ \sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t)=\tau_{33}(x)f_6^{(k)}(r)s(t), \qquad (3)$$

де розподіл функцій в плані конструкції приймається у вигляді:

$$V_1(x)=\tau_{13}(x)=\cos\frac{\pi m x}{l};\ V_2(x)=\tau_{23}(x)=\cos\frac{\pi m x}{l};\ V_3(x)=\tau_{33}(x)=\sin\frac{\pi m x}{l},$$

що призводить до виконання граничних умов на контурі конструкції. Функція зміни за часом розшукується стандартним чином: $s(t)=e^{i\omega t}$. При цьому рівняння рівноваги в гармонійних коливаннях набувають такий вигляд:

$$\frac{df_1^{(k)}(r)}{dr} = -f_3^{(k)}(r)\left(\frac{\pi m}{a}\right) + f_4^{(k)}(r)B_{55}^{(k)} + f_6^{(k)}(r)B_{54}^{(k)};$$

$$\frac{df_3^{(k)}(r)}{dr} = f_1^{(k)}(r)B_{13}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) - f_3^{(k)}(r)\frac{1}{r^{(k)}}B_{23}^{(k)} + f_2^{(k)}(r)B_{36}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + f_6^{(k)}(r)B_{33}^{(k)};$$

$$\frac{df_2^{(k)}(r)}{dr} = -f_2^{(k)}(r)\frac{1}{r^{(k)}} + f_4^{(k)}(r)B_{45}^{(k)} + f_6^{(k)}(r)B_{44}^{(k)};$$

$$\frac{df_4^{(k)}(r)}{dr} = f_1^{(k)}(r)(B_{11}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 - \rho\omega^2 - 2i\rho\eta\omega) - f_3^{(k)}(r)\frac{1}{r^{(k)}}B_{12}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) +$$

$$+ f_2^{(k)}(r)B_{16}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 - f_4^{(k)}(r)\frac{1}{r^{(k)}} - f_6^{(k)}(r)B_{13}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right);$$

$$\frac{df_6^{(k)}(r)}{dr} = -f_1^{(k)}(r)\frac{1}{r^{(k)}}B_{12}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + f_3^{(k)}(r)(\frac{1}{r^{(k)^2}}B_{22}^{(k)} - \rho\omega^2 - 2i\rho\eta\omega) -$$

$$- f_2^{(k)}(r)\frac{1}{r^{(k)}}B_{26}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + f_4^{(k)}(r)\left(\frac{\pi m}{a}\right) + f_6^{(k)}(r)(\frac{1}{r^{(k)}}B_{23}^{(k)} - \frac{1}{r^{(k)}});$$

$$\frac{df_5^{(k)}(r)}{dr} = f_1^{(k)}(r)B_{16}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 - f_3^{(k)}(r)\frac{1}{r^{(k)}}B_{26}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + f_2^{(k)}(r)(B_{66}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 -$$

$$- \rho\omega^2 - 2i\rho\eta\omega) - f_6^{(k)}(r)B_{36}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) - f_5^{(k)}(r)\frac{2}{r^{(k)}}. \qquad (4)$$

Представляючи рішення системи (4) в наступному вигляді:

$$f_j(r) = \mu_j e^{\beta r}; \qquad (j = 1,3,2,4,5,6), \qquad (5)$$

приходять до системи однорідних алгебраїчних рівнянь:

$$\beta\mu_1^{(k)} = -\mu_3^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + \mu_4^{(k)}B_{55}^{(k)} + \mu_6^{(k)}B_{54}^{(k)};$$

$$\beta\mu_3^{(k)} = \mu_1^{(k)}B_{13}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) - \mu_3^{(k)}\frac{1}{r^{(k)}}B_{23}^{(k)} + \mu_2^{(k)}B_{36}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + \mu_6^{(k)}B_{33}^{(k)};$$

$$\beta\mu_2^{(k)} = -\mu_2^{(k)}\frac{1}{r^{(k)}} + \mu_4^{(k)}B_{45}^{(k)} + \mu_6^{(k)}B_{44}^{(k)};$$

$$\beta\mu_4^{(k)} = \mu_1^{(k)}(B_{11}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 - \rho\omega^2 - 2i\rho\eta\omega) - \mu_3^{(k)}\frac{1}{r^{(k)}}B_{12}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) +$$

$$+ \mu_2^{(k)}B_{16}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 - \mu_4^{(k)}\frac{1}{r^{(k)}} - \mu_6^{(k)}B_{13}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right);$$

$$\beta\mu_6^{(k)} = -\mu_1^{(k)}\frac{1}{r^{(k)}}B_{12}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + \mu_3^{(k)}(\frac{1}{r^{(k)^2}}B_{22}^{(k)} - \rho\omega^2 - 2i\rho\eta\omega) -$$

$$- \mu_2^{(k)}\frac{1}{r^{(k)}}B_{26}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + \mu_4^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + \mu_6^{(k)}(\frac{1}{r^{(k)}}B_{23}^{(k)} - \frac{1}{r^{(k)}});$$

$$\beta\mu_5^{(k)} = \mu_1^{(k)}B_{16}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 - \mu_3^{(k)}\frac{1}{r^{(k)}}B_{26}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) + \mu_2^{(k)}(B_{66}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right)^2 -$$

$$- \rho\omega^2 - 2i\rho\eta\omega) - \mu_6^{(k)}B_{36}^{(k)}\left(\frac{\pi m}{a}\right) - \mu_5^{(k)}\frac{2}{r^{(k)}}. \qquad (6)$$

У загальному випадку корені можуть бути дійсними і комплексними, що дозволяє записати

$$f_j^{(k)}(r) = \mu_{j1}^{(k)} C_1^{(k)} e^{\beta_1^{(k)} r} + \mu_{j3}^{(k)} C_3^{(k)} e^{\beta_3^{(k)} r} + \mu_{j2}^{(k)} C_2^{(k)} e^{\beta_2^{(k)} r} +$$
$$+ \mu_{j4}^{(k)} C_4^{(k)} e^{\beta_4^{(k)} r} + \mu_{j6}^{(k)} C_6^{(k)} e^{\beta_6^{(k)} r} + \mu_{j5}^{(k)} C_5^{(k)} e^{\beta_5^{(k)} r}, \qquad (j = 1,3,2,4,5,6). \tag{7}$$

Розв’язна система рівнянь щодо постійних інтегрування $C_j^{(k)}$ формується за рахунок задоволення умов сполучення складових оболонок і умов на поверхні вихідної оболонки, що призводить до розв’язної системи рівнянь порядку $6N$ (N – це кількість складових оболонок). Прирівнюючи визначник цієї системи до нуля, отримується можливість знайти власні частоти вільних коливань $(\omega_0^2 = \omega^2 - 2i\eta\omega)$. Нескладні алгебраїчні перетворення дозволяють зробити висновок, що за годинною координатою шукані величини в вільних згасаючих коливаннях змінюються згідно із законом $s(t) = e^{-\eta t} \cos((\sqrt{\omega_0{}^2 - \eta^2})t)$, що повністю збігається з відомою формулою курсу опору матеріалів для згасаючих коливань системи з одним ступенем свободи. У разі усталених вимушених гармонійних коливань цей закон має вигляд: $s(t) = (e^{i\Omega t} + e^{-i\Omega t})/2$. В цьому випадку шукані величини записуються наступним чином:

$$U_x^{(k)}(x,r,t) = \cos\frac{\pi m x}{l} \left| f_1^{(k)}(r) \right| \cos(\Omega t + \arg(f_1^{(k)}(r)));$$
$$U_\theta^{(k)}(x,r,t) = \cos\frac{\pi m x}{l} \left| f_2^{(k)}(r) \right| \cos(\Omega t + \arg(f_2^{(k)}(r)));$$
$$U_r^{(k)}(x,r,t) = \sin\frac{\pi m x}{l} \left| f_3^{(k)}(r) \right| \cos(\Omega t + \arg(f_3^{(k)}(r)));$$
$$\sigma_{xr}^{(k)}(x,r,t) = \cos\frac{\pi m x}{l} \left| f_4^{(k)}(r) \right| \cos(\Omega t + \arg(f_4^{(k)}(r)));$$
$$\sigma_{\theta r}^{(k)}(x,r,t) = \cos\frac{\pi m x}{l} \left| f_5^{(k)}(r) \right| \cos(\Omega t + \arg(f_5^{(k)}(r)));$$
$$\sigma_{rr}^{(k)}(x,r,t) = \sin\frac{\pi m x}{l} \left| f_6^{(k)}(r) \right| \cos(\Omega t + \arg(f_6^{(k)}(r))).$$

2. Результати чисельних досліджень

Як приклад розглядається циліндрична оболонка з шістнадцятьма композитними шарами, які повернуті на $0°$; $45°$; $-45°$; $90°$; $0°$; $45°$; $-45°$; $90°$; $0°$; $45°$; $-45°$; $90°$; $0°$; $45°$; $-45°$; $90°$ з наступними фізико-механічними характеристиками: $E_1^{(1)} / E_\theta^{(1)} = 25/1$; $G_{1\theta}^{(1)} / E_\theta^{(1)} = 0{,}5/1$; $E_\theta^{(1)} = E_r^{(1)}$; $G_{1r}^{(1)} = G_{1\theta}^{(1)}$; $G_{\theta r}^{(1)} / E_\theta^{(1)} = 0{,}2/1$; $\nu_{12}^{(1)} = \nu_{13}^{(1)} = \nu_{23}^{(1)} = 0{,}25$; $l/h = 10$. Товщини шарів однакові. Опора на контурі шарнірно-рухома. Співвідношення $h/R = 1/10$. Оболонка анізотропна, поздовжні та згинальні коливання також пов'язані з крутильними.

На рис. 1 представлені форми власних коливань для четвертої частини оболонки при $h/R = 1/10$. Перша форма є переважно згинальною $\overline{\omega}_0^2 = 9{,}6866e\text{-}002$.

В лівій колонці рис. 1 наведені переміщення U_r, які відкладаються вертикально і переміщення U_x, які відкладаються горизонтально; в правій колонці наведені переміщення U_θ, які відкладаються вертикально.

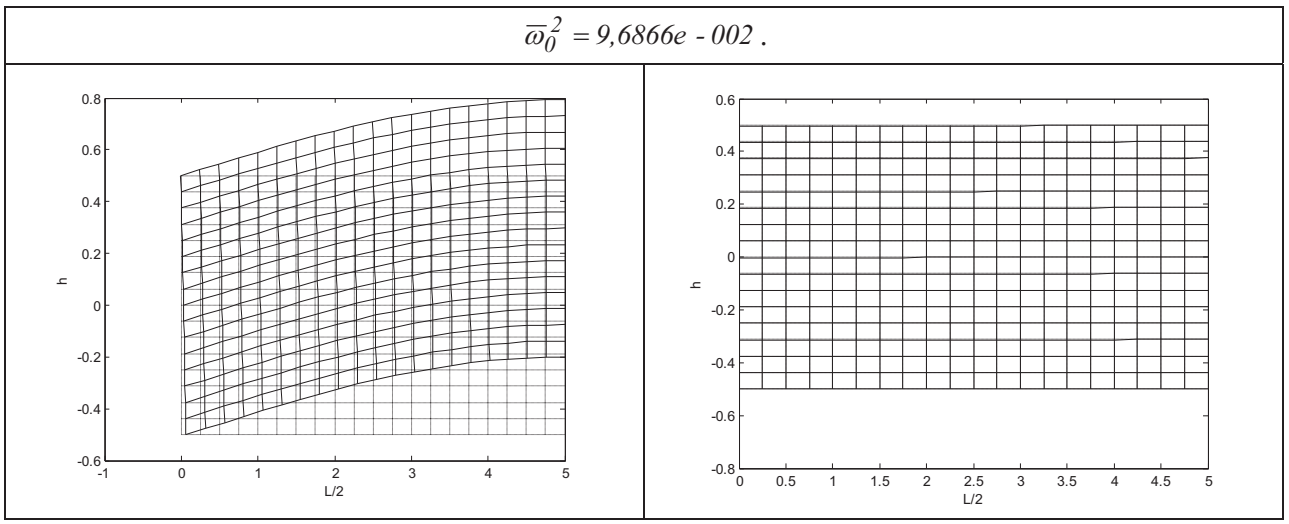


Рисунок 1 – Форми вільних коливань композитної оболонки тестового прикладу

На рис. 2 представлені форми коливань валу при крутильних навантаженнях $q_\theta = \bar{q}_\theta \cos\frac{\pi m x}{l}(e^{i\Omega t} + e^{-i\Omega t})/2$ без дисипації енергії. На рис. 3 представлені форми коливань валу при крутильних навантаженнях із дисипацією енергії ($\eta = \Omega \cdot k_\eta / 2$).

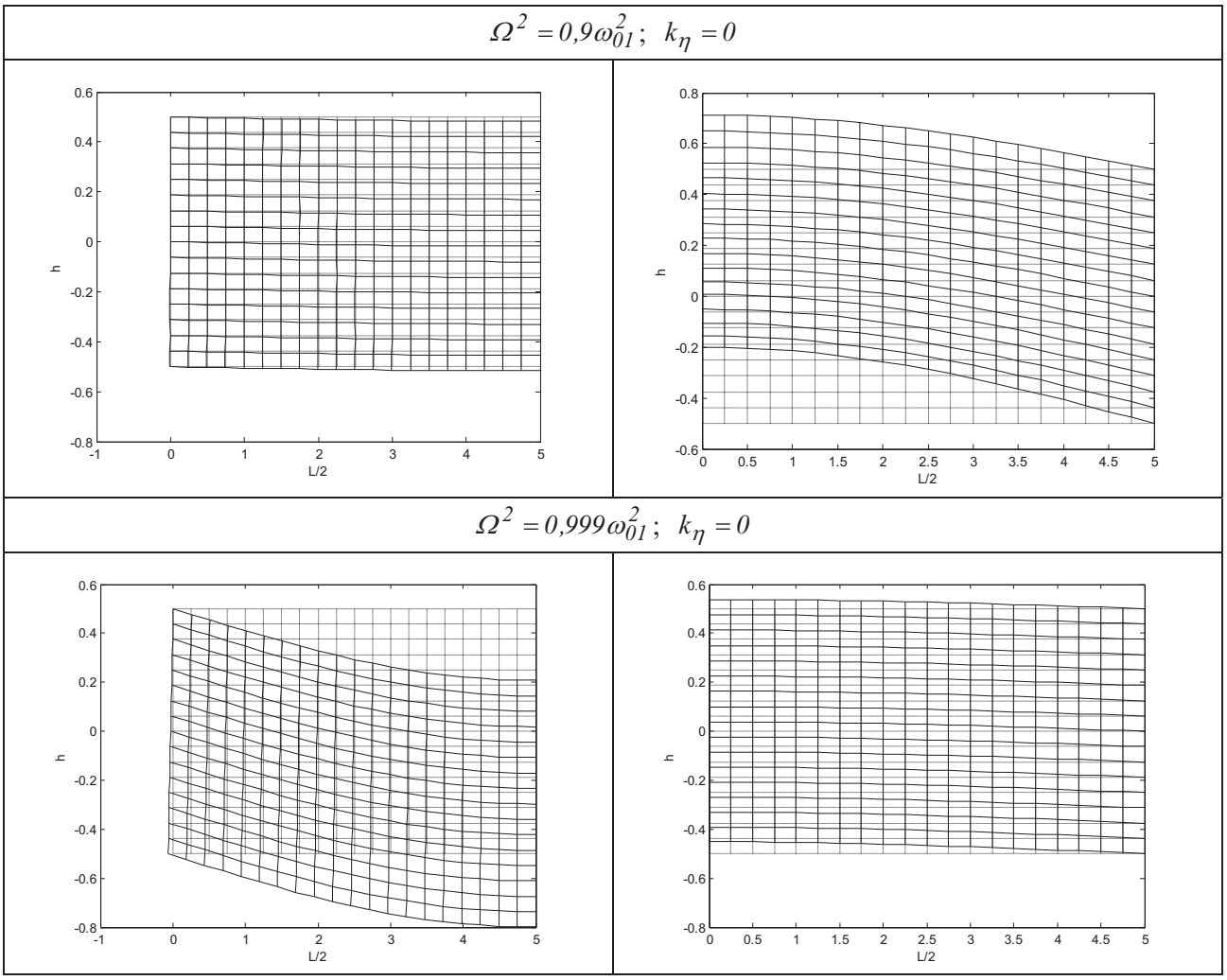


Рисунок 2 – Форми вимушених коливань композитної оболонки без дисипації енергії

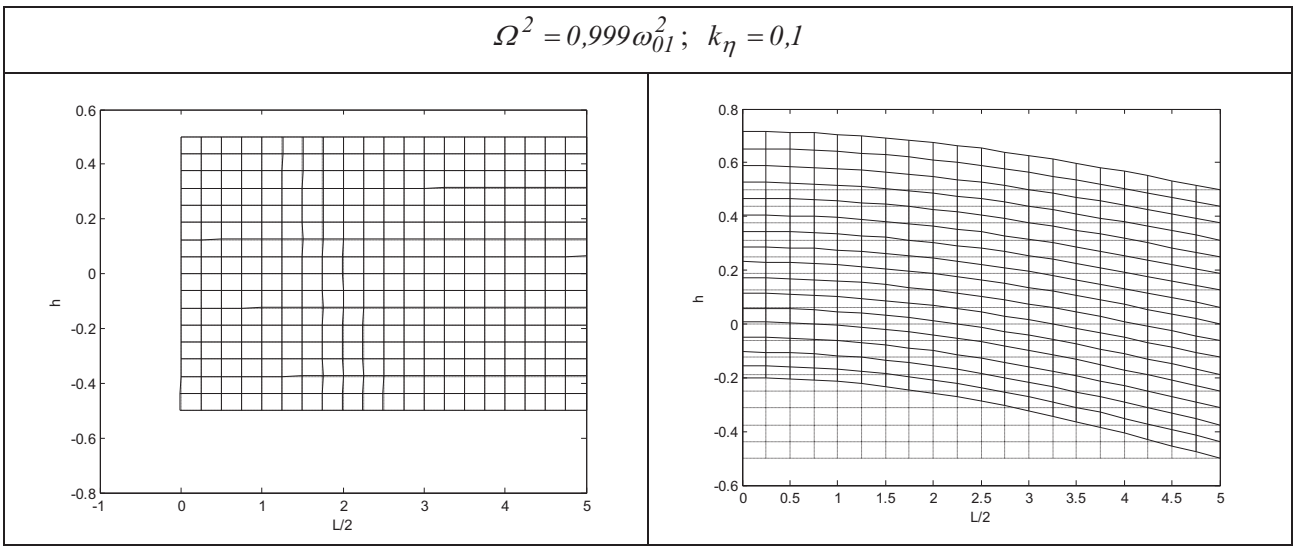


Рисунок 3 – Форми вимушених коливань композитної оболонки із дисипацією енергії

Як видно з рисунків 2 і 3, при крутильних навантаженнях вал залучається до згинального резонансу тільки при $\Omega^2 = 0{,}999\omega_{01}^2;\ \ k_\eta = 0$. Найменше відхилення від згинальної резонансної частоти ($\Omega^2 = 0{,}9\omega_{01}^2;\ \ k_\eta = 0$) призводить до того, що вал її не помічає і робить крутильні гармонійний коливання, які відповідають крутильному навантаженню. До такого ж ефекту призводить наявність незначної дисипації $\Omega^2 = 0{,}999\omega_{01}^2;\ k_\eta = 0{,}1$ (Рис. 3).

Висновки

Розроблений чисельно-аналітичний підхід до дослідження вимушених коливань волокнистих валів з урахуванням дисипації енергії. Проведені дослідження показали, що при крутильних навантаженнях вал залучається до згинального резонансу тільки при практичному збіганні частоти вимушених коливань з частотою вільних згинальних коливань. Невелике відхилення від резонансної частоти призводить до того, що будь-яких проявів резонансу не спостерігається. До такого ж ефекту призводить наявність дисипації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Григоренко Я.М., Беспалова Е.И., Китайгородский А.Б., Шинкарь А.И. Свободные колебания элементов оболочечных конструкций.– К.: Наукова думка, 1986.–172 с.

2. Марчук А.В., Пискунов В.Г. Разработка математических моделей вынужденных колебаний слоистых конструкций в трехмерной постановке с учетом диссипации энергии // Механика композиционных материалов и конструкций.– 1999.– **5**,№3.– С. 119-130.

3. Марчук А.В. Исследование вынужденных колебаний слоистых цилиндрических оболочек полуаналитическим методом конечных элементов. // Механика композиционных материалов и конструкций.– 2013.– **19**,№2.– С. 223-232.

4. Altay Gulai, Dokmeci Cengiz M. A polar theory for vibrations of thin elastic shells //Int. J. Solids Struct.– 2006.– **43**, N.9.– P. 2578–2601.

5. Amabili M. Effect of boundary conditions on nonlinear vibrations of circular cylindrical panels. // Trans. ASME. J. Appl. Mech. – 2007.–**74**, N4.– P. 645–657.

6. Callanhan, J. and Baruh, H. A Closed-Form Solution Procedure for Circular Cylindrical Shell Vibrations. //International Journal of Solids and Structures.– 1999. –**36**, N20.– P. 2973–3013.

7. Grigorenko, O.Ya., Efimova T.L. Free axisymmetric vibrations of solidscylinders: Numerical problem solving // Int. Appl. Mech.–2010.– **46**, N5.– P. 499–508.

8. Grigorenko A. Ya., Loza I.A. Non-simmetric waves in a Hollow layered cylinder with piezoceramic layers polarized in the axial direction // Int. Appl. Mech.–2014.– **50**, N2.– P. 150–158.

9. Grigorenko Ya. M., Grigorenko A. Ya. Static and dynamic problems for anisotropic inhomogeneous shells with variable parameters and their numerical solution (Review) // Int. Appl. Mech.– 2013.– **49**, N2.– P. 123–193.

10. Hutchinson S.R., El-Arhari S.A. Vibration of free hollow circular cylinder // Trans. ASME. J. Appl. Mech. – 1986.–**53**.– P. 641–646.

11. Loy C.T., Lam K.Y. Vibration of thick cylindrical shells on the basis of three-dimensional theory of elasticity // Journal of Sound and Vibration . – 1999. – **226**, N4. – P. 719–737.

12. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Statics, vibrations and stability of composite panels with gently curved orthorropic layers. 1. Statics and vibrations // Mechanics of Composite Materials..– 1999.–**35**, N4.–P. 285–292.

13. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Calculation of layered structures by semianalytic method of finite elements // Mechanics of Composite Materials. – 1997.–**33**, N6.–P. 553–556.

14. Piskunov V.G, Marchuk A.V., and IlchenkoYa.L. Free vibrations of thick layered cylindrical shells // Mechanics of Composite Materials. – 2011.– **47**, N2.– P. 177–184.

15. Singal R.K., Wiliams K.A. A theoretical and experimental study of vibration of thick circular cylindrical shells and rings // Trans. ASME. J. of Vibr. Acoust..– 1988.– **110**.– P. 532– 537.

16. Sheng H.Y. and Ye J.Q. A three-dimensional state space finite element solution for laminated composite cylindrical shells // Comp. Methods Appl. Mech. Eng.– 2003.– **192**.– P. 2441–2459.

17. Shuvalov A.I. and Soldatos K.P. On the successive approximation method for three-dimension analysis of radially ingomogeneous tubes with an arbitrary cylindrical anisotropy // J. Sound Vibr.– 2003.– **259**, N1.– P. 233– 239.

18. So J.I. Leissa A.W. Free vibrations of the thick hollow circular cylinders from 3-d analysis // Trans. ASME. J. of Vibr. Acoust..– 1997.– **119**.– P. 89– 95.

19. Soldatos K.P. Mechanics of cylindrical shells with noncircular cross-section. A survey // Appl. Mech. Rev. – 1999.– **52**, N8.– P. 237–274.

20. Sofiyev, A.H. Vibration and Stability of Composite Cylindrical Shells Containing a FG Layer Subject to Various Loads // Structural Engineering and Mechanics: An International Journal. – 2007. – **27**. – P. 365–391.

21. Suzuki K. Leissa A.W. Free vibrations of noncircular shells having circumferentially varying thickness // J. Appl. Mech. – 1985.–**52**, N1.– P. 149–154.

22. Suzuki K. Shikanai G., Leissa A.W. Free vibrations of laminated composite noncircular thin cylindrical shells // J. Appl. Mech. – 1994.–**61**, N4.– P. 861–871.

23. Swaddiwudhipong, S., Tian, J. and Wang, C.M. Vibration of Cylindrical Shells with Intermediate Supports // Journal of Sound and Vibration . – 1995. – **187**, N1. – P. 69–93.

24. Tahbildar V.G. Gladwell G.M. Finite element analisis of axisymetric vibration of cylinders // Journal of Sound and Vibration . – 1972. – **2**, N1. – P. 143–157.

25. Wang H. Williams K. Vibrational modes of thick cylinders of finite length // Journal of Sound and Vibration . – 1996. – **191**, N5. – P. 955–971.

26. Zhang L., XiangY. Vibration of open circular cylindrical shells with intermediate ring supports // Int. J. Solids Struct.– 2006.– **43**, No.13.– P. 3705–3722.

REFERENCES

1. Grigorenko, J.M., Bespalova, E.I., Kitajgorodskij, A.B., Schinkar, A.I. Svobodnyie kolebaniya elementov obolochechnyih konstruktsiy (Natural vibrations of shells structural elements). K.: Naukova Dumka, 1986 – 172 p. (Rus)

2. Marchuck A.V., Piskunov V.G. Development of mathematical models of forced vibrations of porous structures in three-dimensional statement in accounting for energy dissipation. // Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsii. – 1999. – Volume **5**, N3. – P. 119-131. (Rus).

3. Marchuck A.V. Research of forced vibrations the stratified cylindrical shells by the semianalytical method of finite elements. // Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsii. – 2013. – Volume **19**, N2. – P. 223-232. (Rus).

4. Altay Gulai, Dokmeci Cengiz M. A polar theory for vibrations of thin elastic shells //Int. J. Solids Struct.– 2006.– **43**, N.9.– P. 2578–2601.

5. Amabili M. Effect of boundary conditions on nonlinear vibrations of circular cylindrical panels. // Trans. ASME. J. Appl. Mech. – 2007.–**74**, N4.– P. 645–657.

6. Callanhan, J. and Baruh, H. A Closed-Form Solution Procedure for Circular Cylindrical Shell Vibrations. //International Journal of Solids and Structures.– 1999. –**36**, N20.– P. 2973–3013.

7. Grigorenko, O.Ya., Efimova T.L. Free axisymmetric vibrations of solidscylinders: Numerical problem solving // Int. Appl. Mech.–2010.– **46**, N5.– P. 499–508.

8. Grigorenko A. Ya., Loza I.A. Non-simmetric waves in a Hollow layered cylinder with piezoceramic layers polarized in the axial direction // Int. Appl. Mech.–2014.– **50**, N2.– P. 150–158.

9. Grigorenko Ya. M., Grigorenko A. Ya. Static and dynamic problems for anisotropic inhomogeneous shells with variable parameters and their numerical solution (Review) // Int. Appl. Mech.– 2013.– **49**, N2.– P. 123–193.

10. Hutchinson S.R., El-Arhari S.A. Vibration of free hollow circular cylinder // Trans. ASME. J. Appl. Mech. – 1986.–**53**.– P. 641–646.

11. Loy C.T., Lam K.Y. Vibration of thick cylindrical shells on the basis of three-dimensional theory of elasticity // Journal of Sound and Vibration . – 1999. – **226**, N4. – P. 719–737.

12. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Statics, vibrations and stability of composite panels with gently curved orthorropic layers. 1. Statics and vibrations // Mechanics of Composite Materials..– 1999.–**35**, N4.–P. 285–292.

13. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Calculation of layered structures by semianalytic method of finite elements // Mechanics of Composite Materials. – 1997.–**33**, N6.–P. 553–556.

14. Piskunov V.G, Marchuk A.V., and IlchenkoYa.L. Free vibrations of thick layered cylindrical shells // Mechanics of Composite Materials. – 2011.– **47**, N2.– P. 177–184.

15. Singal R.K., Wiliams K.A. A theoretical and experimental study of vibration of thick circular cylindrical shells and rings // Trans. ASME. J. of Vibr. Acoust..– 1988.– **110**.– P. 532– 537.

16. Sheng H.Y. and Ye J.Q. A three-dimensional state space finite element solution for laminated composite cylindrical shells // Comp. Methods Appl. Mech. Eng.– 2003.– **192**.– P. 2441–2459.

17. Shuvalov A.I. and Soldatos K.P. On the successive approximation method for three-dimension analysis of radially ingomogeneous tubes with an arbitrary cylindrical anisotropy // J. Sound Vibr.– 2003.– **259**, N1.– P. 233– 239.

18. So J.I. Leissa A.W. Free vibrations of the thick hollow circular cylinders from 3-d analysis // Trans. ASME. J. of Vibr. Acoust..– 1997.– **119**.– P. 89– 95.

19. Soldatos K.P. Mechanics of cylindrical shells with noncircular cross-section. A survey // Appl. Mech. Rev. – 1999.– **52**, N8.– P. 237–274.

20. Sofiyev, A.H. Vibration and Stability of Composite Cylindrical Shells Containing a FG Layer Subject to Various Loads // Structural Engineering and Mechanics: An International Journal. – 2007. – **27**. – P. 365–391.

21. Suzuki K. Leissa A.W. Free vibrations of noncircular shells having circumferentially varying thickness // J. Appl. Mech. – 1985.–**52**, N1.– P. 149–154.

22. Suzuki K. Shikanai G., Leissa A.W. Free vibrations of laminated composite noncircular thin cylindrical shells // J. Appl. Mech. – 1994.–**61**, N4.– P. 861–871.

23. Swaddiwudhipong, S., Tian, J. and Wang, C.M. Vibration of Cylindrical Shells with Intermediate Supports // Journal of Sound and Vibration . – 1995. – **187**, N1. – P. 69–93.

24. Tahbildar V.G. Gladwell G.M. Finite element analisis of axisymetric vibration of cylinders // Journal of Sound and Vibration . – 1972. – **2**, N1. – P. 143–157.

25. Wang H. Williams K. Vibrational modes of thick cylinders of finite length // Journal of Sound and Vibration . – 1996. – **191**, N5. – P. 955–971.

26. Zhang L., XiangY. Vibration of open circular cylindrical shells with intermediate ring supports // Int. J. Solids Struct.– 2006.– **43**, No.13.– P. 3705–3722.

РЕФЕРАТ

Марчук О.В. Чисельно-аналітична модель розрахунку вимушених коливань волокнистих порожнистих валів з урахуванням дисипації енергії / О.В. Марчук, С.В. Гнєдаш, С.А. Левківський // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті запропонований підхід до розрахунку вимушених коливань товстостінних оболонок в умовах осесиметричного згинання з урахуванням дисипації енергії.

Об'єкт дослідження - динамічний напружено-деформований стан шаруватих циліндричних оболонок.

Мета роботи - дослідження вимушених коливань товстостінних анізотропних циліндричних оболонок чисельно-аналітичним методом.

Метод дослідження - розроблена авторами математична модель напружено-деформованого стану товстих циліндричних оболонок, та її реалізація на основі поліноміальної апроксимації.

В рамках просторової теорії пружності побудований підхід до дослідження вимушених осесиметричних коливань анізотропних валів з урахуванням дисипації енергії. Підхід заснований на поділі даної оболонки на ряд складових оболонок по товщині. Розподіл шуканих функцій по товщині знаходиться на основі аналітичного рішення відповідної системи диференціальних рівнянь. У плані конструкції шукані функції представляються у вигляді тригонометричних функцій. Проведений аналіз поведінки валів в вимушених коливаннях при крученні на частотах близьких до резонансних.

Результати статті можуть бути використані для розрахунку циліндричних оболонок при визначенні частоти вимушених коливань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІЛЬНІ І ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ, РЕЗОНАНС, ДИСИПАЦІЯ, ТОВСТОСТІННІ АНІЗОТРОПНІ ЦИЛІНДРИЧНІ ОБОЛОНКИ, ВОЛОКНИСТІ ПОРОЖНИСТІ ВАЛИ.

ABSTRACT

Marchuck O.V., Gnedash S.V., Levkivskiy S.A. Numerical and analytical model of calculation of fiber hollow shafts forced vibrations taking into account the energy dissipation. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

This article suggests an approach for calculation of forced vibrations of thick –walled shells under conditions of axisymmetric bending taking into account the energy dissipation.

The object of studying is dynamic stress strain behavior of the multilayer cylindrical shells.

The aim of work is study of the thick anisotropic cylindrical shells forced vibrations using numerical-analytical method.

Research method: stress behavior mathematical model of thick cylindrical sheath condition and its implementing on the basis of polynominal approximity has been developed by the authors.

The approach to the study of forced axisymmetric vibrations of anisotropic shafts taking into account the energy dissipation is built within the framework of the spatial theory of elasticity. The approach is based on splitting of the shell into a number of component shells according to the thickness. Distribution of the required functions according to thickness is found based on the analytical solution of the corresponding system of differential equations. In terms of the design the required functions are presented as trigonometric functions. The analysis of the shafts behavior in the forced vibrations under torsion frequencies close to resonance was carried out.

The article conclusions may be used for analysis of the cylindrical shells while determining frequency of the forced vibrations.

KEY WORDS: FREE AND FORCED VIBRATIONS, RESONANCE, DISSIPATION, THICK ANISOTROPIC CYLINDRICAL SHELLS, FIBER HOLLOW SHAFTS.

РЕФЕРАТ

Марчук А.В. Численно-аналитическая модель расчета вынужденных колебаний волокнистых полых валов с учетом диссипации энергии / А.В. Марчук, С.В. Гнедаш, С.А. Левковский // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложен подход к расчету вынужденных колебаний толстостенных оболочек в условиях осесимметрического изгиба, с учетом диссипации энергии.

Объект исследования - динамичное напряженно-деформированное состояние слоистых цилиндрических оболочек.

Цель работы - исследование вынужденных колебаний толстостенных анизотропных цилиндрических оболочек численно-аналитическим методом.

Метод исследования - разработанная авторами математическая модель напряженно-деформированного состояния слоистых цилиндрических оболочек и ее реализация на основе полиномиальной аппроксимации.

В рамках пространственной теории упругости построен подход к исследованию вынужденных осесимметрических колебаний анизотропных валов с учетом диссипации энергии. Подход основан на разделении данной оболочки на ряд составляющих оболочек по толщине. Распределение искомых функций по толщине находится на основе аналитического решения соответствующей системы дифференциальных уравнений. В плане конструкции искомые функции представляются в виде тригонометрических функций. Проведён анализ поведения валов в вынужденных колебаниях при кручении на частотах близких к резонансным.

Результаты статьи могут быть использованы для расчета цилиндрических оболочек при определении частоты вынужденных колебаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ, РЕЗОНАНС, ДИССИПАЦИЯ, ТОЛСТОСТЕННЫЕ АНИЗОТРОПНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ, ВОЛОКНИСТЫЕ ПОЛЫЕ ВАЛЫ.

АВТОРИ:

Марчук Олександр Васильович, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри опору матеріалів і машинознавства, e-mail: ksm_ntu@ukr.net, тел. +380994256775, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 113.

Гнєдаш Сергій Вікторович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри опору матеріалів і машинознавства, e-mail: ksm_ntu@ukr.net, тел. +380635231860, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 113.

Левківський Сергій Анатолійович, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри дорожніх машин, e-mail: sergey_levkovsky@ukr.net, тел. +380978316547, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 226.

AUTHORS:

Marchuck Alexander V., D.Eng., National Transport University professor, Mechanical engineering and strength of materials department professor, e-mail: ksm_ntu@ukr.net, tel. +380994256775 Ukraine, 01010, Kiev, Suvorova str. 1, of. 113.

Gnedash Sergij V., National Transport University, postgraduate, department of mechanical engineering and strength of materials, e-mail: ksm_ntu@ukr.net, tel. +3800635231860 Ukraine, 01010, Kiev, Suvorova str. 1, of. 113.

Levkivskiy Sergii A., National Transport University, Road vehicles department senior lecturer, e-mail: sergey_levkovsky@ukr.net, tel. +380978316547 Ukraine, 01010, Kiev, Suvorova str. 1, of. 226.

АВТОРЫ:

Марчук Александр Васильевич, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, профессор кафедры сопротивления материалов и машиноведения, e-mail: ksm_ntu@ukr.net, тел. +380994256775, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 113.

Гнедаш Сергей Викторович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры сопротивления материалов и машиноведения, e-mail: ksm_ntu@ukr.net,, тел. +380635231860, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 113.

Левковский Сергей Анатольевич, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры дорожных машин, e-mail: sergey_levkovsky@ukr.net, тел. +380978316547, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 226.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гайдайчук В.В., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, професор, завідувач кафедрою теоретичної механіки, Київ, Україна.

Гуляєв В.І., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедрою вищої математики, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Gaidaichuk V.V., D.Eng., Kyiv National University of Construction and Architecture professor, Theoretical mechanics department head professor, Kiev, Ukraine.

Gulyaev V.I., D.Eng., National Transport University professor, Higher mathematics department head professor, Kiev, Ukraine.

УДК 656.13 : 621.43 : 681.518
UDC 656.13 : 621.43 : 681.518

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З КОМБІНОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ПРОГРІВУ

Матейчик В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Волков В.П., доктор технічних наук, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна
Грицук І.В., доктор технічних наук, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна
Цюман М.П., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE RESEARCH OF VEHICLE FUEL ECONOMY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE WITH COMBINED HEATING SYSTEM

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Volkov V.P., Doctor of Technical Sciences, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
Gritsuk I.V., Doctor of Technical Sciences, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
Tsiuman M.P., Ph.D. of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ПРОГРЕВА

Матейчик В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Волков В.П., доктор технических наук, Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина
Грицук И.В., доктор технических наук, Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина
Цюман Н.П., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Одним з перспективних напрямів удосконалення процесів теплової підготовки двигуна транспортного засобу (ТЗ) є впровадження в його конструкцію сучасних ресурсозберігаючих, екологічно чистих технологічних рішень з метою розширення функціональних можливостей, збільшення продуктивності, адаптації до умов експлуатації тощо. Впровадження зазначених заходів в практику експлуатації транспортних засобів потребує проведення системних досліджень на рівнях створюваних комплексів теплової підготовки і їх компонентів, і включають в себе різні методи конструювання, розрахунково-експериментальні дослідження та аналіз отриманих результатів. При цьому, вирішальними факторами, крім зручності експлуатації, є низька вартість пристроїв для здійснення теплової підготовки двигунів, відповідність державному законодавству і стандартам, необхідність отримання повної потужності відразу ж після пуску транспортного двигуна, поліпшення паливної економічності і зниження викидів в процесі передпускової і післяпускової теплової підготовки. Обмежуючими факторами в таких роботах є масо-габаритні характеристики пристроїв і компактне їх розміщення в конструкції сучасних транспортних засобів. У зв'язку з цим, найбільш актуальними стають розробка і формування комплексних систем прогріву для вирішення зазначених проблем в конструкції, як самого двигуна, так і транспортного засобу. Одним з перспективних напрямків для здійснення передпускового і післяпускового прогрівів в холодних умовах експлуатації є розробка і використання комплексної системи комбінованого прогріву (КСКП) транспортного двигуна і ТЗ на основі теплових акумуляторів (ТА) з теплоакумулюючим матеріалом (ТАМ), що має фазовий перехід [1 - 3]. При цьому можливо здійснювати вплив на основні системні об’єкти як двигуна, так і ТЗ, а саме на: охолоджуючу рідину (ОР), моторну оливу (МО), каталітичний

нейтралізатор (КН) системи нейтралізації відпрацьованих газів (СНВГ) двигуна та салон (кабіну) ТЗ в низькотемпературних умовах навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень. Створення ефективних засобів і систем передпускового підігріву і прискореного прогріву після пуску для транспортних двигунів і самих ТЗ з використанням ТА фазового переходу є своєчасною і актуальною науково-дослідною задачею. Питання передпускової і післяпускової теплової підготовки двигуна ТЗ з різноманітними комплексними системами комбінованого прогріву потребує подальших досліджень. В роботах В.І. Данілова, Д.Є. Овсієнка, В.М. Глазова, В.І.Архарова, І.А. Новохатського, Б.І. Кидярова, І.Є. Болотова, В.Д. Александрова та інших [1, 2] виконано наукове обґрунтування фізико-хімічної кінетики зародкоутворення і масової кристалізації в різних ТАМ. В роботах О.О. Чиркова, О.К. Костіна, Р.М. Петриченка, М.А. Іващенка, М.Д. Чайнова, Б.С. Стефановського, О.Л. Новеннікова, Г.Б. Розенбліта, О.З. Хомича, А.Е. Сімсона, С.А. Єрощенкова, Д.Б. Кузнєцова і інших [2 - 4] виконано наукове обґрунтування і розроблено методики моделювання і оцінювання процесів теплообміну в порожнинах корпусних деталей двигунів. В роботах М.М. Карнаухова, В.О. Вашуркіна, С.Д. Гуліна, А.А. Сорокіна, Н.В. Глухенка, В.В. Шульгіна, С.О. Яковлєва, І.А. Ільчука, М.І. Куколєва, Ю.К. Кукелєва, В.Д. Александрова, Ю.Ф. Гутаревича, O. Schatz, M. Kytö, A. Pellikka і інших [1 - 7] виконано наукове обґрунтування і розроблено методики розрахунку, створення і дослідження бортових ТА для забезпечення передпускової теплової підготовки двигунів в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Постановка задачі. Для оцінювання процесів теплової підготовки двигуна і транспортного засобу в умовах експлуатації з урахуванням особливостей конструкції і складових КСКП запропоновано розглядати окремо процеси прогріву зупиненого ТЗ і в русі [8]. Особливості застосування методів оцінювання показників оптимального температурного стану двигуна і ТЗ в обох випадках детально описані в роботах [2, 3, 9].

Дослідження, в рамках вирішення даної проблеми, проведено науковцями Національного транспортного університету і Харківського автомобільно-дорожнього університету, де розроблено і досліджено складові КСКП транспортного двигуна з ТА фазового переходу, а також розроблено і адаптовано до використання комп’ютерно-інтегровані технології управління експлуатацією транспорту, зокрема, розроблено відповідне програмне забезпечення інтелектуальних програмних комплексів (ІПК) [10], що забезпечило формування систем моніторингу для отримання інформації про окремі ТЗ, дослідження їх діагностичних параметрів і прогнозування технічного стану ТЗ [11] в процесі експлуатації в умовах інформаційних можливостей *ITS (Intelligent transport system)*.

Метою статті є дослідження впливу використання комбінованої системи прогріву двигуна на паливну економічність та екологічні показники транспортного засобу в процесі руху.

Основний матеріал. Для формування системи прогріву двигуна і ТЗ вирішено використовувати КСКП, на основі комбінації теплових акумуляторів фазового переходу. Тепловий акумулятор - пристрій для акумулювання теплової енергії, в основі якого лежить використання фізичного або хімічного процесу, пов'язаного з поглинанням і виділенням теплоти [3, 5, 12, 13]. До основних робочих процесів ТА відносяться: накопичення-виділення внутрішньої енергії при нагріванні-охолодженні твердих або рідких тіл, фазові переходи з поглинанням-виділенням прихованої теплоти, процес сорбції-десорбції або оборотна хімічна реакція, що протікає з виділенням-поглинанням теплової енергії. Акумулюванням теплової енергії або акумуляцією теплоти називають процес накопичення теплової енергії в період її найбільшого надходження для подальшого використання, коли в цьому виникне необхідність. Процес накопичення енергії називається заряджанням, а процес її використання – розряджанням [3, 5, 12, 13]. Речовини, що використовуються для накопичення теплової енергії, називаються теплоакумулюючим матеріалами (ТАМ). При цьому, кількість акумульованої енергії залежить від температури нагрівання ТАМ і його питомої теплоємності. Основний принцип, закладений в ТА, засновано на використанні оборотного процесу фазового переходу плавлення-кристалізація. У цьому випадку в якості ТАМ використовується матеріал, що має фазовий перехід. Реалізація цього способу ускладнює конструкцію ТА, однак, такі ТА мають більшу питому об’ємну енергоємність. При цьому, процеси заряджання і розряджання можуть бути здійснені у вузькому температурному діапазоні, що дуже важливо для роботи ТА в умовах невеликих температурних напорів. Дослідженнями підтверджено, що на транспорті застосування ТА вигідне для полегшення пуску двигуна і обігріву салону ТЗ в холодну пору. Теплота накопичується в процесі роботи двигуна і може зберігатися протягом декількох днів. Для цього ТА розміщують в посудині Дьюара (термосі), що забезпечує ефективну теплоізоляцію.

В [12] показані основні етапи формування КСКП транспортного двигуна і транспортного засобу. Для забезпечення необхідного температурного стану в процесах передпускового і післяпускового прогріву двигуна і ТЗ в холодних умовах експлуатації формуються схема і складові КСКП для основних систем транспортного двигуна. Запропонована КСКП двигуна ТЗ складається з наступних елементів: системи прискореного прогріву двигуна (СППД), системи утилізації теплової енергії відпрацьованих газів (ВГ) ТА фазового переходу (СУТТА), контактного теплового акумулятора (КТА), накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором (НМОТА), накопичувача охолоджуючої рідини з тепловим акумулятором (НОРТА), ТА системи нейтралізації ВГ (ТАСНВГ). Елементи КСКП конструктивно і функціонально пов’язані із системами охолодження (СОД), мащення (СМ) і випуску ВГ транспортного двигуна, що здійснює значний вплив на робочий процес енергоустановки ТЗ [5, 12, 13]. Саме КСКП забезпечує передпусковий і прискорений післяпусковий прогрів ОР, МО і СНВГ двигуна до робочих температур та тривалий час підтримує їх в міжзмінний період у межах, обумовлених робочим процесом та конструкцією ДВЗ.

Всі зазначені елементи КСКП та пов’язані з ними системи транспортного двигуна можуть працювати спільно у складі та за алгоритмом роботи КСКП, або окремо одна від одної з виконанням властивих їм функцій [3]. Принцип роботи КСКП в цілому полягає в накопиченні ТА фазового переходу СУТТА теплової енергії ВГ, в накопиченні КТА теплової енергії у вигляді конвекції і теплового випромінювання двигуна, що утворюються під час його експлуатації та викидаються в навколишнє середовище і не використовуються для виробництва механічної енергії.

Реалізація КСКП для транспортного двигуна показана на рис. 1. Накопичення теплової енергії ВГ двигуна внутрішнього згорання 1 ТА фазового переходу СУТТА 20 стає можливим завдяки встановленню паралельно глушнику 18 двигуна в випускному трубопроводі утилізаційного теплообмінника (УТ) ВГ 6. Циркуляція теплоносія між ТА 20 і УТ 6 забезпечується циркуляційним насосом 21 з модульованою подачею. Теплоносій проходячи через УТ 6 в випускному трубопроводі розігрівається від теплової енергії ВГ до температури 150…190 °С (в якості теплоносія в процесі досліджень використовувалась технологічна рідина з температурою кипіння 220 °С). УТ 6 встановлено паралельно основному трубопроводу системи випуску ВГ транспортного двигуна в байпасі. Таке конструктивне рішення прийнято для того, щоб забезпечити можливість відключення УТ 6 після того, як ТА фазового переходу СУТТА 20 буде повністю заряджений. Переключення потоку ВГ відбувається за допомогою електромагнітних газових клапанів 30 і 25 на основі команд системи керування. Регулювання потоку ВГ здійснюється за спеціальним алгоритмом [3, 14, 15] у відповідності до розробленого циклу прогріву двигуна. За допомогою теплоносія, теплота з УТ 6 потрапляє в ТА фазового переходу СУТТА 20. В теплоізольованому резервуарі ТА з трьома теплообмінниками (для заряджання ТА і прогріву ОР і МО відповідно) теплоносій охолоджується та віддає накопичену теплову енергію ТАМ з фазовим переходом.

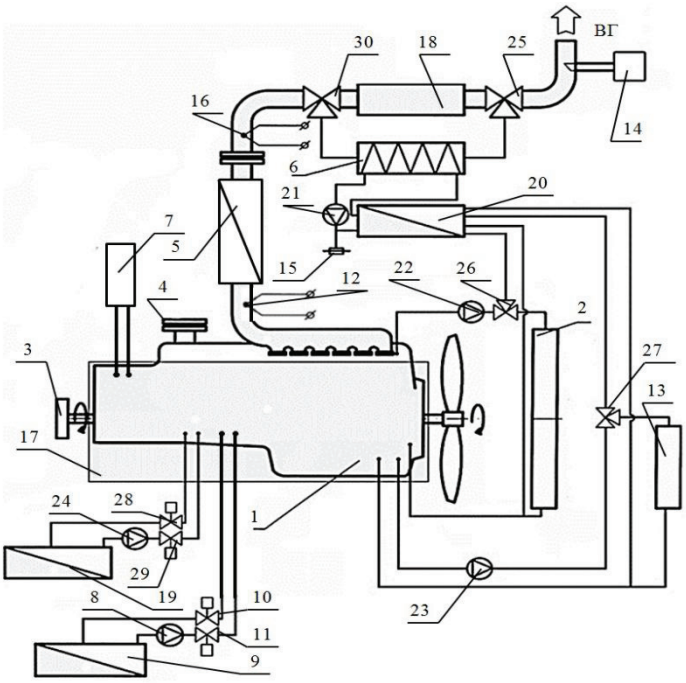


Рисунок 1 – Схема комплексної системи комбінованого прогріву ДВЗ і ТЗ

В процесі накопичення теплової енергії ТАМ найбільш енергоємним є процес фазового переходу речовини-наповнювача ТА, тобто зміна його агрегатного стану, на яку потрібна велика кількість теплової енергії ВГ. Всі інші процеси фізичного накопичення теплової енергії ТАМ не потребують такої великої кількості енергії. Особливості робочих процесів ТА фазового переходу СУТТА 6 в різних періодах накопичення і віддачі теплової енергії детально описані в [3, 14, 15].

Контактний тепловий акумулятор (КТА) 17 транспортного двигуна (рис. 1) являє собою багатошаровий чохол. Для забезпечення щільного прилягання його закріплено ззовні на блоці циліндрів та піддоні картера двигуна [16]. Особливістю конструкція КТА 17 є наявність окремих секцій-контейнерів з ТАМ, що мають фазовий перехід та закріплені ззовні на поверхнях блоку циліндрів і піддону транспортного ДВЗ, зверху закриті теплоізоляційним чохлом, що складається з декількох шарів теплоізоляційного матеріалу [3, 16]. Застосування КТА не вимагає внесення істотних змін у конструкцію транспортного двигуна та його систем. Він легко монтується, простий в обслуговуванні і не потребує додаткового джерела енергії. Робота КТА заснована на зміні агрегатного стану ТАМ при виділенні й поглинанні теплової енергії, що виділяється внаслідок конвекції і теплового випромінювання з поверхонь блоку циліндрів і піддону двигуна ТЗ. Завдяки використанню КТА виконується функція теплоізоляції двигуна, що забезпечує мінімальну втрату теплової енергії, яка виділяється з зовнішніх поверхонь двигуна під час його роботи внаслідок конвекції і теплового випромінювання. Завдяки цьому, також вдається уникнути появи додаткових термічних напружень у деталях двигуна при його прогріві в умовах низьких температур. Це забезпечується довготривалою підтримкою КТА встановлених температур ОР і МО зупиненого транспортного двигуна, на відміну від відомих ТА, за допомогою яких здійснюється нагрівання ДВЗ після зупинки [3, 16].

Особливістю конструкцій НМОТА 19 і НОРТА 9 (рис. 1) є наявність в оболонках накопичувальних ємностей для МО та ОР додаткових контактних ТА фазового переходу, що аналогічні за конструкцією і принципом дії КТА 17. Завдяки використанню НМОТА і НОРТА досягається мінімальна втрата теплоти, що виділяється при остиванні МО і ОР після зупинки двигуна. З метою збереження температурних станів МО і ОР під час довготривалої зупинки транспортного двигуна, здійснюється їх зливання у накопичувальні ємності за допомогою відповідно електромагнітних рідинних клапанів 28, 29 та 10, 11. Після зворотного закачування МО в піддон картеру двигуна і ОР в СОД за допомогою відповідно циркуляційних насосів з модульованою подачею 24 і 8, вдається додатково прискорено прогріти корпусні елементи і інші деталі двигуна, а саме зони колінчастого валу, головної магістралі і каналів для підведення оливи до деталей ДВЗ та зони оболонки охолодження і головки блоку циліндрів ДВЗ. Температура МО в НМОТА 19 та температура ОР в НОРТА 9 контролюються за допомогою відповідних вбудованих датчиків температур МО і ОР.

Накопичення теплової енергії ВГ для прискореного прогріву каталітичного нейтралізатора 5 в системі випуску відбувається в ТА фазового переходу системи нейтралізації відпрацьованих газів в процесі роботи двигуна. Прискорений прогрів каталітичного блоку нейтралізатора 5 після пуску двигуна відбувається при проходженні ВГ через ТА фазового переходу СНВГ.

Прогрів салону транспортного засобу відбувається за допомогою теплообмінника 7 в процесі роботи двигуна при циркуляції ОР з СОД через теплообмінник 7.

Крім описаних компонентів, КСКП також включає наступні елементи транспортного двигуна і його систем охолодження і мащення (рис. 1), а саме радіатор системи охолодження 2, вихідний вал двигуна 3, впускний колектор 4, датчики температури ВГ 12 і 16; радіатор системи мащення 13; газоаналізуюча апаратура 14 (у вигляді відповідних датчиків); розширювальний бачок теплоносія 15. Циркуляція ОР і МО в КСКП транспортного двигуна забезпечується циркуляційними насосами з модульованою подачею 22 і 23. Автоматичне регулювання систем охолодження і мащення забезпечується за допомогою електромагнітних рідинних клапанів 26 і 27.

Передпусковий і післяпусковий прогрів ОР і МО двигуна можливий при штатному прогріві ДВЗ і (або) в наступних варіантах роботи КСКП транспортного двигуна: при роботі тільки підсистеми СППД в процесі післяпускового прогріву двигуна, при роботі підсистеми СППД з ТА фазового переходу СУТТА, поєднанні функцій КТА (НМОТА і (або) НОРТА) або КТА + НМОТА + НОРТА і ТА фазового переходу СУТТА. Зберігання теплової енергії, накопиченої ОР і МО двигуна, можливо при штатній комплектації ДВЗ і (або) в наступних варіантах роботи КСКП двигуна: при роботі підсистеми СППД з ТА фазового переходу СУТТА, при роботі тільки КТА або НМОТА, поєднанні функцій КТА (НМОТА і (або) НОРТА) або КТА + НМОТА + НОРТА і ТА фазового переходу СУТТА.

При необхідності пуску двигуна після тривалої зупинки в дію включається КСКП. Комплексна система комбінованого прогріву двигуна, працюючи за власними алгоритмами, включає електричні циркуляційні насоси СППД з модульованою подачею 21, 22, 23, які здійснюють циркуляцію ОР і МО в транспортному двигуні та ТА фазового переходу СУТТА. Проходячи через ТА, охолоджуюча рідина отримує накопичену ТАМ теплову енергію та передає її елементам конструкції ДВЗ. Правильний вибір теплової потужності ТА 20 дозволяє виконати швидкий попередній прогрів ДВЗ від низької температури оточуючого середовища (від -20 °С) до температур ОР і МО на рівні +40…60 °С. Вибір теплової потужності ТА виконується на основі розрахунку теплового балансу КСКП двигуна ТЗ. На основі цього визначаються необхідна кількість теплової енергії та маса ТАМ для прогріву ОР і МО, блока циліндрів, головки блока циліндрів, з’єднуючих патрубків і трубопроводів з урахуванням теплових втрат [3, 14, 15].

Отримавши теплову енергію від ОР і МО елементи ДВЗ передають її камерам згоряння, що позитивно впливає на процес пуску ДВЗ, який відбувається після того, як датчики КСКП ДВЗ зафіксують температуру ОР і МО на рівні +40…60 °С. Після цього відбувається пуск ДВЗ та з’являється можливість навантаження двигуна. Після пуску ДВЗ КСКП продовжує свою роботу та сприяє більш швидкому та ефективному прогріву працюючого двигуна до температур ОР і МО на рівні +85 °С. Це досягається завдяки подальшому використанню накопиченої теплової енергії в ТА і надходження теплової енергії від згоряння палива працюючого двигуна. Після досягнення температур ОР і МО +85 °С КСКП переходить в режим підтримання їх в заданих межах, тобто 85±5 °С, а вже після цього включаються в роботу штатні системи двигуна (КСКП при цьому відключається від роботи).

Враховуючи дані, отримані від датчиків температур, система керування КСКП розраховує оптимальну частоту обертання циркуляційних насосів 21, 22, 23 та віддає керуючі сигнали на клапани системи, спрямовуючи потоки робочих рідин через ті чи інші елементи КСКП. Функціонування розробленої КСКП ДВЗ побудовано на аналізі температурних показників теплоносіїв ОР і МО [3, 14, 15].

Після зупинки двигуна, в процесі зберігання накопиченої теплоти в КТА 17, робочий процес КТА полягає в зворотній передачі теплоти фазового переходу речовини КТА для здійснення довготривалої підтримки температур ОР і МО двигуна. При низький температурі навколишнього середовища та зарядженому ТА фазового переходу СУТТА 20, коли накопиченої теплоти КТА 17 вже недостатньо, прогрів транспортного ДВЗ 1 здійснюється аналогічно описаному вище.

При довготривалій зупинці двигуна, коли робочі температури МО і ОР необхідно підтримати протягом тривалого часу, використовуються НМОТА 19 і НОРТА 9 (рис. 1), в які МО і ОР зливаються з СМ і СОД двигуна. При необхідності здійснення пуску двигуна та зарядженому ТА фазового переходу СУТТА 20, за допомогою клапанів 28 і 29 (9 і 11) відбувається з’єднання НМОТА (НОРТА) з СМ (СОД) двигуна і за допомогою циркуляційного насосу 24 (8) МО (ОР) подається в транспортний двигун. Подальший процес прогріву транспортного двигуна 1 здійснюється аналогічно описаному вище. За допомогою датчиків температур МО і ОР відбувається контроль працездатності КСКП відносно теплових можливостей її елементів і підсистем і подальшого використання самої КСКП.

З метою визначення впливу розробленої системи прогріву на паливну економічність і екологічні показники транспортного засобу з урахуванням його прогрівання в процесі руху, було розроблено відповідну методику дослідження. Розроблена методика ґрунтується на використанні математичної моделі системи «двигун-нейтралізатор» [17, 18].

Об’єктом подальших розрахункових досліджень паливної економічності і екологічних показників транспортного засобу, оснащеного системою прогріву, в процесі його руху є автомобіль KIA CEE’D 2,0 5MT2, на якому встановлюється двигун G4GC. Технічні параметри автомобіля, необхідні для розрахунків, наведено в табл. 1.

Методика дослідження передбачає оцінювання паливної економічності і екологічних показників у стандартизованих режимах руху ТЗ для забезпечення можливості адекватного порівняння цих показників для різних умов прогрівання двигуна ТЗ. Тому, для подальшого розрахункового дослідження в якості набору стандартизованих режимів руху ТЗ вибрано їздовий цикл згідно з Правилами ЄЕК ООН № 83-05 [19]. Такий цикл використовується для оцінювання показників екологічної безпеки ТЗ, зокрема, викидів шкідливих речовин і паливної економічності легкових автомобілів та вантажних автомобілів малої вантажопідйомності. Цикл складається з чотирьох елементарних міських циклів загальною протяжністю 4,052 км, тривалістю 780 с і максимальною швидкістю 50 км/год та магістрального циклу протяжністю 6,955 км, тривалістю 400 с і максимальною швидкістю 120 км/год.

Для встановлення характеру впливу температури навколишнього середовища на ефективність використання розробленої системи прогріву двигуна ТЗ, прийнято рішення виконати розрахункове дослідження за умови температур навколишнього середовища -20 ºС, 0 ºС та 20 ºС. Оскільки, такі температурні умови відрізняються від рекомендованих для проведення випробувань по їздовому циклу умов (20 – 30 ºС), то отримані результати розрахункового дослідження ні в якому разі не можуть бути використані для встановлення відповідності екологічному стандарту, а використовуються виключно для оцінювання ефективності застосування розробленої системи прогріву.

Таблиця 1 – Технічні параметри автомобіля KIA CEE’D 2,0 5MT2 з двигуном G4GC

Назва параметру	Значення
Маса автомобіля з водієм, *кг*	1500
Максимальна швидкість, *км/год*	205
Вид палива	бензин
Число / розташування циліндрів двигуна	4 / рядне
Літраж, *л*	1,975
Діаметр циліндра / хід поршня, *мм*	82 / 93,5
Ступінь стискання	10,1
Потужність, *кВт* / частота обертання колінчастого валу, $хв^{-1}$	105 / 6000
Крутний момент, *Н·м* / частота обертання колінчастого валу, $хв^{-1}$	186 / 4600
Число впускних / випускних клапанів на циліндр	2 / 2
Система нейтралізації відпрацьованих газів	трикомпонентний каталітичний нейтралізатор
Передаточні числа коробки передач	3,308 1,962 1,257 0,976 0,778
Передаточне число головної передачі	4,188
Динамічний радіус колеса, *м*	0,285

В основу використання математичної моделі системи в режимах їздового циклу ТЗ при моделюванні руху автомобіля в циклі покладено визначення необхідного крутного моменту двигуна $M_в$ і частоти обертання колінчастого валу n_d, які забезпечують відповідні значення швидкості V_a і прискорення j_a автомобіля.

На ділянках розгону циклу визначаються значення необхідного крутного моменту і частоти обертання колінчастого валу двигуна в початковий і кінцевий моменти ділянки для подібних умов в усталених режимах і вважається, що зміна показників двигуна відбувається лінійно. Оскільки система управління двигуном відключає подачу палива при русі автомобіля в режимі примусового холостого ходу, то при сповільненні із включеним зчепленням необхідний крутний момент не визначається і приймається, що витрата палива і викиди шкідливих речовин відсутні. При сповільненні з виключеним зчепленням приймається, що частота обертання колінчастого вала відповідає мінімальній частоті обертання холостого ходу.

З використанням розробленої методики визначено порівняльні показники температур прогріву двигуна, паливної економічності та екологічних показників автомобіля KIA CEE’D 2,0 5MT2 при здійсненні прогрівання двигуна в русі з використанням розробленої системи прогріву та без неї в режимах їздового циклу в залежності від температури навколишнього середовища. Отримані результати дослідження свідчать про значний вплив розробленої системи прогріву і температури навколишнього середовища на інтенсивність витрати палива, динаміку виходу каталітичного нейтралізатора на номінальну ефективність і викиди шкідливих речовин.

Так, при використанні розробленої системи прогріву термін повного прогрівання двигуна скорочується на 52,9 % (з 680 до 320 секунд), 42,9 % (з 560 до 320 секунд) та 30,4 % (з 460 до 320 секунд) при температурах навколишнього середовища відповідно -20 ºС, 0 ºС та 20 ºС (рис. 2). При цьому, термін повного прогрівання двигуна при використанні системи прогріву при різних температурних умовах навколишнього середовища становить 320 секунд, тобто практично не

залежить від температури навколишнього середовища. Це можливо пояснити тим, що в процесі дослідження прогрівання двигуна з розробленою системою прогріву здійснювалось від 50 ºС до температури повного прогрівання за умови використанням штатних насосів СОД, тобто без використання додаткових насосів системи прискореного прогріву, а також тим, що прогрівання виконувалось в режимах руху ТЗ, властивих саме їздовому циклу. Отримані результати, в цій частині, не суперечать отриманим результатам попередньо проведених експериментальних досліджень [8].

Термін прогрівання каталітичного нейтралізатора до виходу на номінальну ефективність нейтралізації шкідливих речовин визначається показниками ефективності нейтралізації окремих речовин: оксиду вуглецю, вуглеводнів і оксидів азоту, які залежать від температури каталітичного нейтралізатора (рис. 2).

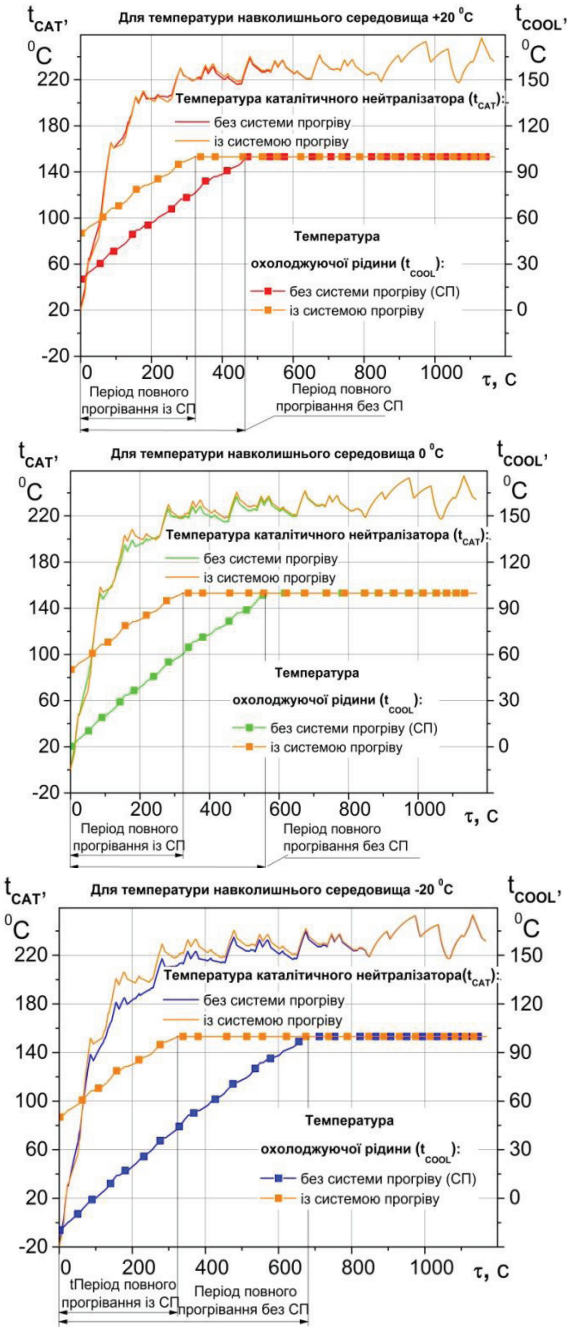


Рисунок 2 – Залежності температури охолоджуючої рідини і каталітичного нейтралізатора при здійсненні прогріву транспортного двигуна в русі в режимах їздового циклу в часі при різних температурах навколишнього середовища

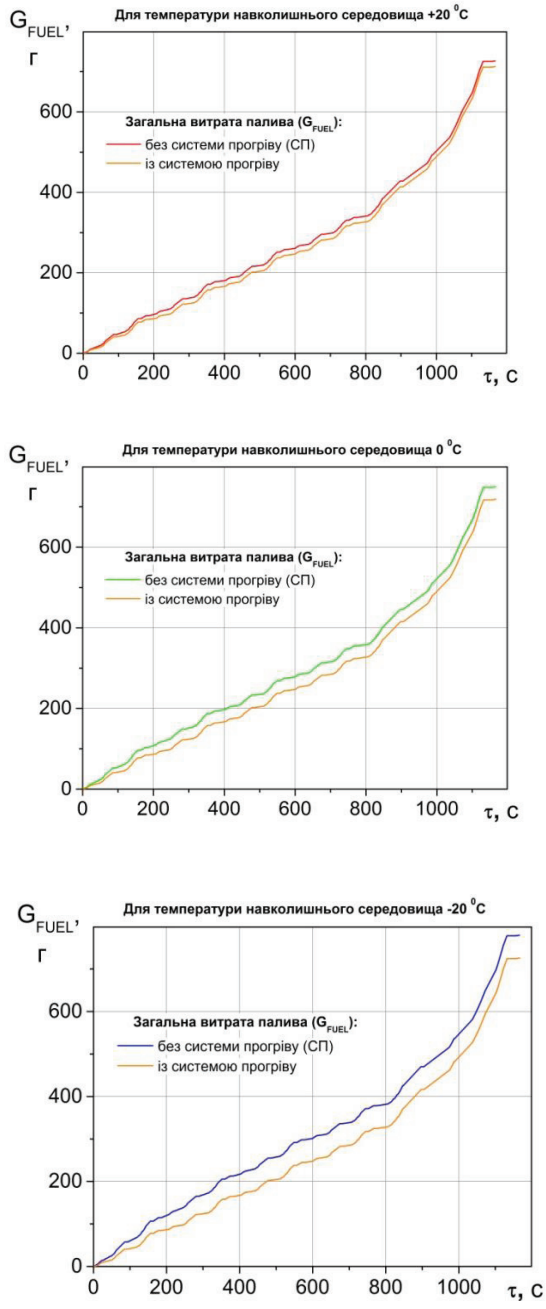


Рисунок 3 – Залежності сумарної витрати палива при здійсненні прогріву транспортного двигуна в русі в режимах їздового циклу в часі при різних температурах навколишнього середовища

Ефективність використання розробленої системи прогріву визначена за показниками загальної витрати палива і викидів шкідливих речовин автомобілем за весь їздовий цикл. Так, використання системи прогріву дозволяє знизити загальну витрату палива на 7,1 % (з 780 до 725 г), 4 % (з 750 до 720 г) та 2,1 % (з 730 до 715 г) при температурах навколишнього середовища -20 ºС, 0 ºС та 20 ºС відповідно (рис. 3). При цьому, кількість палива, спожитого за період прогрівання, порівняно із кількістю палива, спожитого за такий же період при використанні системи прогріву, знижується на 15,8 % (з 336 до 283 г), 11,5 % (з 270 до 239 г) та 6,8 % (з 204 до 190 г) при температурах навколишнього середовища -20 ºС, 0 ºС та 20 ºС відповідно (рис. 3). Загальні викиди оксиду вуглецю при використанні системи прогріву знижуються на 45,5 %, 27,5 % та 12,5 %, а загальні викиди вуглеводнів – на 25,9 %, 14,2 % та 5,6 % при температурах навколишнього середовища -20 ºС, 0 ºС та 20 ºС відповідно (табл. 2).

Таблиця 2 – Результати оцінювання впливу системи прогріву на викиди шкідливих речовин автомобілем за їздовий цикл

Умови прогріву / Шкідливі викиди	При температурі навколишнього середовища:					
	-20 ºС		0 ºС		20 ºС	
	без системи прогріву	із системою прогріву	без системи прогріву	із системою прогріву	без системи прогріву	із системою прогріву
G_{CO}, г	54.3	29.49	39.96	28.89	31.58	28.35
G_{CH}, г	1.9296	1.4317	1.6241	1.3903	1.4307	1.3535
G_{NOx}, г	2.0194	2.1873	2.1399	2.2285	2.2109	2.2454

Водночас, загальні викиди оксидів азоту при використанні системи прогріву зростають на 8,4 %, 4,2 % та 1,8 % при температурах навколишнього середовища -20 ºС, 0 ºС та 20 ºС відповідно (табл. 2). Таке зростання викидів оксидів азоту при застосуванні системи прогріву та при більших температурах навколишнього середовища пояснюється особливостями функціонування системи управління двигуном в частині коригування складу паливоповітряної суміші в залежності від температури охолоджуючої рідини, що проявляється збагаченням паливоповітряної суміші при зниженні температури охолоджуючої рідини, яке, в свою чергу, призводить до зниження концентрації оксидів азоту у продуктах згоряння та у сукупності із відповідною ефективністю роботи системи нейтралізації є причиною деякого зниження викидів оксидів азоту на початковому етапі прогрівання двигуна без розробленої системи прогріву. Також, таке зниження викидів оксидів азоту частково пов’язане зі зниженням максимальних температур робочого циклу при відсутності використання розробленої системи прогріву та при менших температурах навколишнього середовища.

Експериментальні дані отримано при дорожньому випробуванні автомобіля в режимах руху, наближених до режимів досліджуваного їздового циклу. Для періоду прогрівання максимальне відхилення розрахункових даних від експериментальних складає: для температури охолоджуючої рідини – 7,69 %, для витрати палива – 4,59 %. Такі відхилення є допустимими, оскільки не перевищують отриману ефективність від застосування системи прогріву, яка для такої температури навколишнього середовища складає: для терміну повного прогрівання двигуна – 42,9 % (рис. 2), для зниження витрати палива – 11,5 % (рис. 3). При цьому, відхилення даних для витрати палива за весь цикл складає 13,4 %. Певне відхилення експериментальних і розрахункових даних витрати палива викликане деякою невідповідністю умов, заданих при моделюванні і реальних дорожніх і атмосферних умов при випробуванні. Разом з тим, оскільки метою дослідження є оцінювання впливу саме процесу прогрівання на загальні показники ТЗ, для якого забезпечується достатня адекватність моделювання, зазначені відхилення все ж дозволяють проводити порівняльний аналіз результатів.

Висновок. Із отриманих результатів оцінювання впливу розробленої системи прогріву на витрату палива і викиди шкідливих речовин автомобілем при його русі в їздовому циклі видно, що значний вплив на ці показники чинить саме фаза прогрівання двигуна і каталітичного нейтралізатора в початковій фазі руху автомобіля в їздовому циклі в якій спостерігається найбільша інтенсивність витрати палива і викидів шкідливих речовин. Досліджена система прогріву двигуна ТЗ дозволяє знизити загальну витрату палива на 2,1 – 7,1 %, та викиди окремих шкідливих речовин на 5,6 – 45,5 % при незначному зростанні викидів оксидів азоту. При цьому, ефективність від використання системи прогріву значно збільшується при низьких температурах навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Александров В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред: монография / В.Д. Александров. – Донецк: Донбасс, 2011.– 580 с.

2. Александров В. Д. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія / В. Д. Александров, Ю. Ф. Гутаревич, І. В. Грицук, Ю. В. Прилепський, та інш. – Донецьк: Ноулідж , 2014.- 230 с.

3. Волков В.П. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування / Волков В.П., Грицук І.В., Гутаревич Ю.Ф., Александров В.Д. Поддубняк В.Й., Прилепський Ю.В., Комов П.Б., Адров Д.С., Вербовський В.С., Краснокутська З.І., Волкова Т.В. / Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2015.- 314 с.

4. Сергієнко М.І. Середньоексплуатаційна витрата палива тепловозними двигунами та її оцінка / М.І. Сергієнко, С.А. Ерощенков, А.А. Каграманян // Залізничний транспорт України. – 2008. - №2. – С. 9-10.

5. Вашуркин И. О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой / И. О. Вашуркин. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2001.-148 с.

6. Шульгин В. В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств / В. В. Шульгин. – СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2005. - 268 с.

7. Schatz D. Latentwarmespeicher fur Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen / D. Schatz // Brennst.- Warme-Kraft.– 1991. – №6. - P. 333-340.

8. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.

9. Матейчик В.П. Особливості застосування методів визначення і оцінювання показників оптимального температурного стану двигуна і транспортного засобу в умовах експлуатації / В.П. Матейчик, В.П. Волков, І.В. Грицук, М.П. Цюман // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К., НТУ, 2015. - Вип.15 .Частина 1, - с.108-118

10. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., и др; под. ред. Волкова В.П. –Донецк: Ноулидж, 2013.– 400 с.

11. Волков В.П. Обґрунтування методології формування інформаційної системи моніторингу та прогнозування технічного стану транспортних засобів в умовах експлуатації / В.П. Волков, І.В. Грицук // Матеріали ІІІ-ої Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції “Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту” (14-16 квітня 2015): збірник наукових праць, ВНТУ, Вінниця, 2015. – с. 29 – 31.

12. Грицук, І. В. Формування і дослідження комплексної системи комбінованого прогріву двигуна і транспортного засобу / І.В. Грицук // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета [Текст] : сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харьков: ХНАДУ, 2015. – Вып. 70. – С. 23–32.

13. Шульгин В.В. Система предпускового разогрева двигателя городского автобуса с применением теплового аккумулятора / В.В. Шульгин // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сб. докл. 5-й между нар. конф. 19-20 сентября 2002 г. / СПб. гос. архит.-строит. ун-т. - СПб., 2002. - С. 372-375.

14. Патент на винахід № 103729 Україна, МПК (2013.01) F01P 3/22, B60H 1/04, B60K 11/00, «Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання» / Ю.Ф. Гутаревич, В.П. Матейчик, І.В. Грицук, В.П. Волков, А.О. Каграманян, П.Б. Комов, О.Б. Комов, В.Й. Поддубняк, М.І. Сергієнко, З.І. Краснокутська / (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т., Державний № ua 103729; заяв. 30.10.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. №7.- 17с.:іл.

15. Патент на винахід № 106525 Україна, МПК F01P 3/22 (2013.01), B60H 1/04 (2013.01), «Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання» / Ю.Ф. Гутаревич, В.П. Матейчик, І.В. Грицук, В.П. Волков, А.О. Каграманян, П.Б. Комов, О.Б. Комов, В.Й. Поддубняк, М.І. Сергієнко, З.І. Краснокутська, С.А. Єрощенков, В.С. Вербовський, Д.С. Адров, Л.О. Македонська, А.П. Комов, Є.О. Комов / (Україна); Заявник і патентовласник

Національний транспортний ун-т, Харківський національний транспортний університет, Українська державна академія залізничного транспорту, Донецький інститут залізничного транспорту., Державний № ua 106525; заяв. 16.10.2012 заявка: a2012 11919, опубл. 10.09.2014, Бюл. №17.-17с.:іл.

16. Карнаухов Н.Н., Пустовалов И.А., Яркин А.В. Тепловой аккумулятор для поддержания пусковой температуры ДВС в период межсменной стоянки строительной машины в зимний период // Отраслевой журнал «Автотранспортное предприятие». 2010, ноябрь. М.: НПП Транснавигация, Минтранс России. С. 45-48.

17. Матейчик В.П. Дослідження впливу регулювальних параметрів на паливну економічність і екологічні показники бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів / В.П. Матейчик, М.П. Цюман // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2010. - № 28. – С. 331-335.

18. Gritsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Verbovskiy V. " Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System," SAE Technical Paper 2016-01-8071, 2016, doi: 10.4271/2016-01-8071

19. ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно викидів забруднювальних речовин залежно від палива, необхідного для двигунів.

REFERENCES

1. Aleksandrov V.D. "*Kinetika zarodysheobrazovaniia i massovoi kristallizacii pereohlazhdennyh zhidkostei i amorfnyh sred*" [The kinetics of nucleation and crystallization mass supercooled liquids and amorphous media: monograph]. Donetsk: Donbass Publ., 2011 – 580 p. (Rus)

2. Aleksandrov V.D., Gutarevych Yu.F., Grytsuk I.V., Prylepskyi Yu.V., Postnikov V.A., Gushchyn A.M., Adrov D.S., Verbovskyi V.S., Krasnokutska Z.I. "*Teplovi akumuliatory fazovoho perehodu dlia transportnyh zasobiv: parametry robochyh protsesiv*" [Thermal phase transition batteries for vehicles: workflow options: monograph]. Donetsk: Noulidzh Publ., 2014.- 230 p. (Ukr)

3. Volkov V.P., Grytsuk I.V., Gutarevych Yu.F., Aleksandrov V.D., Poddubniak V.Y., Prylepskyi Yu.V., Komov P.B., Adrov D.S., Verbovskyi V.S., Krasnokutska Z.I., Volkova T.V. "*Systemy prohrivu dvyhuniv vnutrishnoho zhorannia: osnovy funktsionuvannia: monohrafiia*" [Warming up systems of internal combustion engines: bases of functioning monograph] Donetsk: Noulidzh Publ., 2015. 316 p. (Ukr)

4. Serhiienko M.I., Yeroshchenkov S.A., Kahramanian A.A. "*Serednoekspluatatsiina vytrata palyva teplovoznymy dvyhunamy ta yii otsinka*"[Average exploitation of the fuel consumption diesel engines and its evaluation]. Zaliznychnyi transport Ukrainy. – 2008. - №2. s. 9-10. Print. (Ukr)

5. Vashurkin I.O. "*Teplovaja podgotovka i pusk DVS mobil'nyh transportnyh i stroitelnyh mashin zimoj*" [Thermal preparation and launch of ICE mobile vehicles and construction machinery in the winter]. Tjumen, TjumGNGU, 2001. 145 p. (Rus)

6. Shulgin V.V. "*Teplovye akkumuljatory avtotransportnyh sredstv*" [Heat battery vehicles] SPb.: *Izdatelstvo Politehn. un-ta*, 2005. 268p. (Rus)

7. Schatz D. "*Latentwarmespeicher fur Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen*". Brennst.-Warme-Kraft, 1991. №6. 333-340 p. Print. (Deu)

8. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.

9. Mateichyk V., Volkov V., Grytsuk I., Tsiuman M. "*Osoblyvosty zastosuvannia metodiv vyznachennia i otsiniuvannia pokaznykiv optymalnoho temperaturnoho stanu dvyhuna i transportnoho zasobu v umovakh ekspluatatsii*"[Features of the application of the definition and evaluation of performance optimal temperature condition of the engine and vehicle operating conditions]. Project management, systems analysis and logistics. Kyiv, NTU, 2015. - №.15 .Chastyna 1 - s.108-118. Print. (Ukr)

10. Volkov V., Mateichik V., Nikonov O., Komov P., Gritsuk I., Volkov Ju., Komov Je. (2013), "*Integraciya tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley v struktury i protsessy intelektualnykh transportnykh sistem"*[Integration of the technical operation of vehicles in the structures and processes of intelligent transport systems], Donetsk: Noulidzh Publ., 2013, 400 p. (Rus)

11. Volkov V.P., Grytsuk I. "*Obhruntuvannia metodologii formuvannia informaciinoi systemy monitorynhu ta prohnozuvannia tekhnichnoho stanu transportnykh zasobiv v umovakh ekspluatacii*" [Justification methodology forming the information system for monitoring and forecasting technical

condition of vehicles in operation] Materialy III-oi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi Internet-konferencii “Suchasni tekhnologii ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu” (14-16 kvitnia 2015): zbirnyk naukovykh prats, VNTU, Vinnytsia, 2015. – p. 29 – 31. Print. (Ukr)

12. Grytsuk I.V. “Formuvannia i doslidzhennia kompleksnoi systemy kombinovanoho prohrivu dvyhuna i transportnoho zasobu” [The development and the study of the combined heating system of engines and vehicles], *The Herald of Kharkiv National Automobile and Highway University*, **70**: 23 – 32, 2015. (Ukr)

13. Shulgin V. "*Systema predpuskovogo razogreva dvygatelya gorodskogo avtobusa s primeneniem teplovogo akkumulyatora*" [The system plugs warming up the city bus engine using the heat accumulator] Organization and safety of traffic in major cities: Coll. rep. 5th between the bunks. Conf. 19-20 September 2002 / St. Petersburg. state. arhit.-building. Univ. - St. Petersburg, 2002. - p. 372-375. Print. (Rus)

14. Patent for invention № 103729 Ukraine, (2013.01) F01P 3/22, B60H 1/04, B60K 11/00, "The system of coolant optimal temperatures in ICE" / Yu.F. Gutarevych, V.P. Mateichyk, I.V. Grytsuk, V.P. Volkov, A.O. Kahramanian, P.B. Komov, O.B. Komov, V.Yo. Poddubniak, M.I. Serhiienko, Z.I. Krasnokutska / (Ukraine); Patent applicant and patent holder: National Transport University, State № ua 103729; app. 30.10.2012; publ. 10.04.2013, Bul. №7.- 17p.:il. (Ukr)

15. Patent for invention № 106525 Ukraine, F01P 3/22 (2013.01), B60H 1/04 (2013.01), "The system of coolant optimal temperatures in ICE" / Yu.F. Gutarevych, V.P. Mateichyk, I.V. Grytsuk, V.P. Volkov, A.O. Kahramanian, P.B. Komov, O.B. Komov, V.Yo. Poddubniak, M.I. Serhiienko, Z.I. Krasnokutska, S.A. Yeroshchenkov, V.S. Verbovskyi, D.S. Adrov, L.O. Makedonska, A.P. Komov, Ye.O. Komov / (Ukraine); Patent applicant and patent holder: National Transport University, Kharkiv National Transport University, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Donetsk Railway Transport Institute, State № ua 106525; app. 16.10.2012 application: a2012 11919, publ. 10.09.2014, Bul. №17.-17p.:il. (Ukr)

16. Karnaukhov N.N., Pustovalov I.A., Yarkin A.V. "*Teplovoy akkumulyator dlya podderzhaniya puskovoy temperatury DVS v period mezhsmennoy stoyanki stroitelnoy mashiny v zimniy period*". Otraslevoy zhurnal «Avtotransportnoe predpriyatie», noyabr, 2010. Moskva, Izdatel - NPP Transnavigatsiya, Mintrans Rossii. 45-48. Print. (Rus)

17. Mateichyk V., Tsiuman M. "*Doslidzhennia vplyvu rehuliuvalnykh parametriv na palyvnu ekonomichnist i ekolohichni pokaznyky benzynovoho dvyhuna z systemoiu neitralizatsii vidpratsovanykh haziv*" [Investigation of adjusting parameters on fuel economy and environmental performance petrol engine with exhaust gas neutralization system], Scientific notes. - Luck: LNTU, 2010. - № 28. - P. 331-335. (Ukr)

18. Gritsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Verbovskiy V. " Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System," SAE Technical Paper 2016-01-8071, 2016, doi: 10.4271/2016-01-8071.

19. DSTU UN/ECE R 83-05:2009. "Yedyni tekhnichni prypysy shchodo ofitsiinoho zatverdzhennia kolisnykh transportnykh zasobiv stosovno vykydiv zabrudniuvalnykh rechovyn zalezhno vid palyva, neobkhidnoho dlia dvyhuniv" [Uniform technical prescriptions concerning the approval wheeled vehicles concerning emissions of pollutants depending on the required fuel engines], Print. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з комбінованою системою прогріву / В.П. Матейчик, В.П. Волков, І.В. Грицук, М.П. Цюман // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті розглянуто результати дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу для вирішення проблеми теплової підготовки в процесі руху при використанні систем прогріву в умовах експлуатації.

Об'єкт дослідження – вплив процесів прогріву двигуна на паливну економічність та екологічні показники транспортного засобу в процесі руху.

Мета роботи – дослідження впливу використання комбінованої систем**и** прогріву двигуна на паливну економічність та екологічні показники транспортного засобу в процесі руху.

Метод дослідження – системний аналіз паливної економічності і екологічних показників транспортних засобів при використанні систем прогріву.

У статті наведені результати експериментальних і теоретичних досліджень системи прогріву двигуна із застосуванням теплового акумулятора з фазовим переходом при русі транспортного засобу в їздовому циклі. Особливість представленої системи полягає в тому, що вона використовує для накопичення теплоти в тепловому акумуляторі теплову енергію відпрацьованих газів двигуна в процесі його роботи. Описана методика оцінювання витрати палива і викидів шкідливих речовин транспортного засобу з такою системою в режимах їздового циклу згідно з Правилами ЄЕК ООН № 83-05. Методика враховує параметри навколишнього середовища, дорожні умови, конструктивні параметри транспортного засобу, режими його руху, тепловий стан системи охолодження двигуна і каталітичного нейтралізатора. Експериментальним шляхом визначено закономірності зміни технічних параметрів двигуна G4GC (4Ч 7,72 / 8,45) в процесі його прогріву із застосуванням системи прогріву в складі теплового акумулятора. Методом математичного моделювання отримані кількісні значення показників витрати палива і шкідливих викидів в процесі руху автомобіля KIA CEE'D 2.0 5MT2 в їздовому циклі. Аналіз результатів досліджень показав, що застосування системи прогріву на транспортному засобі дозволяє істотно зменшити час прогріву двигуна, знизити витрату палива і викиди шкідливих речовин в умовах експлуатації.

Результати статті можуть бути впроваджені у процеси проектування і формування систем забезпечення оптимального температурного стану двигунів транспортних засобів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук найбільш ефективних способів забезпечення оптимального температурного стану двигуна і транспортного засобу в процесі руху при використанні систем прогріву.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ПРОГРІВУ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ОПТИМАЛЬНИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ СТАН, ДВИГУН, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, КАТАЛІТИЧНИЙ НЕЙТРАЛІЗАТОР, ЇЗДОВИЙ ЦИКЛ.

ABSTRACT

Mateichyk V.P., Volkov V.P., Gritsuk I.V., Tsiuman M.P. The research of vehicle fuel economy and environmental performance with combined heating system. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article describes the research results of vehicle fuel economy and environmental performance for solving the problem of heat preparation in motion process using heating systems under operational conditions.

Object of the study - the impact of the engine heating processes for fuel economy and environmental performance of the vehicle in motion

Purpose of the study - the study of impact the engine combined heating system using for fuel economy and environmental performance of the vehicle in motion.

Method of the study - system analysis of vehicles fuel economy and environmental performance using heating systems.

The article suggests the results of experimental and theoretical studies of the engine heating system with a phase-transitional thermal accumulator when the vehicle is in motion in a driving cycle. The peculiarity of the presented system is that it uses thermal energy of exhaust gases to accumulate energy during engine operation. The article describes the methodology to evaluate vehicle fuel consumption and emission in the driving cycle according to the UNECE Regulation № 83-05. The methodology takes into account the environmental parameters, road conditions, the design parameters of the vehicle, the modes of its motion, thermal state of the engine cooling system and the catalytic converter. Experimental studies determined the patterns of changing technical parameters of the engine G4GC (4FS 7.72 / 8.45) in the heating process using the heating system with thermal accumulator. Mathematical modeling techniques enabled to obtain quantitative values of fuel consumption and emission of KIA CEE'D 2.0 5MT2 in the driving cycle. The analysis of the research results showed that using the vehicle heating system can significantly reduce the time of heating the engine, fuel consumption and harmful emission under operating conditions.

The results of the article can be incorporated into the design and formation processes of optimal temperature state ensuring systems for vehicular engine.

Forecast assumptions about the object of study - searching of the most effective ways for optimal temperature state ensuring of the engine and the vehicle in motion using heating systems.

KEYWORDS: COMBINED HEATING SYSTEM, FUEL ECONOMY, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE, OPTIMAL TEMPERATURE STATE, ENGINE, VEHICLE, CATALYTIC CONVERTER, DRIVING CYCLE.

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Исследование топливной экономичности и экологических показателей транспортного средства с комбинированной системой прогрева / В.П. Матейчик, В.П. Волков, И.В. Грицук, Н.П. Цюман // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены результаты исследования топливной экономичности и экологических показателей транспортного средства для решения проблемы тепловой подготовки в процессе движения при использовании систем прогрева в условиях эксплуатации.

Объект исследования - влияние процессов прогрева двигателя на топливную экономичность и экологические показатели транспортного средства в процессе движения.

Цель работы - исследование влияния использования комбинированной системы прогрева двигателя на топливную экономичность и экологические показатели транспортного средства в процессе движения.

Метод исследования - системный анализ топливной экономичности и экологических показателей транспортных средств при использовании систем прогрева.

В статье приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований системы прогрева двигателя с применением теплового аккумулятора с фазовым переходом при движении транспортного средства в ездовом цикле. Особенность представленной системы заключается в том, что она использует для накопления теплоты в тепловом аккумуляторе тепловую энергию отработавших газов двигателя в процессе его работы. Описана методика оценивания расхода топлива и выбросов вредных веществ транспортного средства с такой системой в режимах ездового цикла согласно Правилам ЕЭК ООН № 83-05. Методика учитывает параметры окружающей среды, дорожные условия, конструктивные параметры транспортного средства, режимы его движения, тепловое состояние системы охлаждения двигателя и каталитического нейтрализатора. Экспериментальным путем определены закономерности изменения технических параметров двигателя G4GC (4Ч 7,72 / 8,45) в процессе его прогрева с применением системы прогрева в составе теплового аккумулятора. Методом математического моделирования получены количественные значения показателей расхода топлива и вредных выбросов в процессе движения автомобиля KIA CEE'D 2.0 5MT2 в ездовом цикле. Анализ результатов исследований показал, что применение системы прогрева на транспортном средстве позволяет существенно уменьшить время прогрева двигателя, снизить расход топлива и выбросы вредных веществ в условиях эксплуатации.

Результаты статьи могут быть внедрены в процессы проектирования и формирования систем обеспечения оптимального температурного состояния двигателей транспортных средств.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - поиск наиболее эффективных способов обеспечения оптимального температурного состояния двигателя и транспортного средства в процессе движения при использовании систем прогрева.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГРЕВА, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ОПТИМАЛЬНОЕ ТЕМПЕРАТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ, ДВИГАТЕЛЬ, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛИЗАТОР, ЕЗДОВОЙ ЦИКЛ.

АВТОРИ:

Матейчик Василь Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +38044-280-79-40, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

Волков Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри технічної експлуатація і сервісу автомобілів,

e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua, тел. +38057-707-37-69, Україна, 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

Грицук Ігор Валерійович, доктор технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра технічної експлуатації і сервісу автомобілів, e-mail**:** gritsuk_iv@ukr.net, тел. +38066-698-37-39, Україна, 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

Цюман Микола Павлович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38 044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

AUTHORS:

Mateichyk Vasyl P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Dean of the Automobile Mechanic Faculty, e-mail: wmate@ukr.net, tel. +38044-280-79-40, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1.

Volkov Volodymyr.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Head of Department Technical maintenance and service of vehicles, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua, tel. +38057-707-37-69, Ukraine, 61002, Kharkiv, Str. Petrovskogo, 25.

Grytsuk Igor V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Department Technical maintenance and service of vehicles, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, tel . +066-698-37-39, Ukraine, 61002, Kharkiv, Str. Petrovskogo, 25.

Tsiuman Mykola P., Ph.D., Associate professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Engines and Heating Engineering, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38 044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str., 1.

АВТОРЫ:

Матейчик Василий Петрович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, декан автомеханического факультета, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +38044-280-79-40, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Волков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, заведующий кафедрой технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua, тел. +38057-707-37-69, Украина, 61002, г. Харьков, ул. Петровского, 25.

Грицук Игорь Валериевич, доктор технических наук, доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, кафедра технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, тел. +066-698-37-39, Украина, 61002, г. Харьков, ул. Петровского, 25.

Цюман Николай Павлович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38 044 280 47 16, Украина, 01010, м. Киев, ул. Суворова, 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мігаль В.Д., доктор технічних наук, професор, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харків, Україна.

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Migal V.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Professor of Department Technical maintenance and service of vehicles, Kharkov, Ukraine.

Levkivskyi O.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Department of Manufacturing, Repair and Materials Engineering, Kyiv, Ukraine.

УДК 539.3
UDC 539.3

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СИСТЕМИ ЦИЛІНДРИЧНА ОБОЛОНКА – ҐРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ ПРИ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Мейш В.Ф., доктор фізико-математичних наук, Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Київ, Україна
Мейш Ю.А., кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

TO DETERMINING THE ELASTIC COEFFICIENTS OF THE SYSTEM CYLINDRICAL SHELL – SOIL MEDIA UNDER DYNAMICAL LOADS

Meish V.F., Doctor of Science, S.P. Timoshenko Institute of Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
Meish Yu.A., Ph. D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УПРУГИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СИСТЕМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА – ГРУНТОВАЯ СРЕДА ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Мейш В.Ф., доктор физико-математических наук, Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины, Киев, Украина
Мейш Ю.А., кандидат физико-математических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

Визначення динамічних характеристик напружено – деформованого стану неоднорідних оболонок при взаємодії з навколишнім середовищем є актуальною проблемою при проектування технічних засобів видобутку нафти та газу. Експериментальне дослідження таких процесів пов’язане із значними труднощами. Тому, задачі математичного моделювання взаємодії пружних оболонкових елементів конструкцій з навколишнім середовищем (вода, грунт та інш.) є актуальними.

При розгляді взаємодії пружних конструкцій з навколишнім середовищем існує два основних підходи постановки та розв’язку вказаних задач: моделювання навколишнього середовища згідно тривимірних рівнянь механіки суцільних середовищ та моделювання навколишнього середовища деякими інтегральними кінематичними та силовими параметрами, які діють на пружну конструкцію (пружні основи типу Вінклера, Пастернака тощо) [1, 2]. Розв’язок задач згідно першого підходу пов’язаний із значними алгоритмічними та обчислювальними труднощами [3]. Згідно другого підходу дія навколишнього середовища замінюється пружною основою, що в свою чергу приводить до спрощення постановки та розв’язку вихідних задач [2, 4 - 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Як показує літературний огляд по темі дослідження, в цьому напрямку слід відмітити роботи по динамічній поведінці неоднорідних циліндричних, сферичних та конічних оболонок на пружній основі Вінклера при нестаціонарних навантаженнях (випадок осесиметричних коливань) [1- 6]. В цих роботах досліджено вплив пружної основи на напружено – деформований стан неоднорідних оболонок при нестаціонарних коливаннях. Практично відсутні дослідження для випадку коливань оболонок нестандартної геометрії на пружній основі. В роботі [6] розглянуто задачі про вимушені коливання циліндричних оболонок еліптичного перерізу на пружній основі. Нижче приведено випадок задачі про вимушені коливання циліндричних оболонок кругового перерізу на пружній основі Вінклера при нестаціонарних навантаженнях.

Метою роботи є створення нової загальної методології, що дозволяє розраховувати напружено-деформований стан неоднорідних елементів конструкцій, які зв’язані з пружними

середовищами Вінклера та Пастернака, при дії динамічних силових навантажень різного виду та способу їх прикладання. Розв’язок зв’язаних задач оболонка – ґрунтове середовище, на базі яких є можливим визначити коефіцієнт постелі Вінклера при нестаціонарних навантаженнях в залежності від геометрії оболонки та фізико – механічних властивостей ґрунтового середовища.

Виклад основного матеріалу.

Розглядається нескінченна циліндрична оболонка на пружній ґрунтовій основі Вінклера при дії імпульсного внутрішнього навантаження $P_3(t)$. Рівняння коливань в цьому випадку мають вид [1]

$$-\frac{T_{22}}{R} - c_w u_3 + P_3(t) = \rho h \ddot{u}_3 . \tag{1}$$

Проводиться порівняння результатів розрахунків, згідно рівнянь (1) та результатів розв’язку зв’язаної задачі циліндрична оболонка – ґрунтове середовище. Процес розповсюдження циліндричних хвиль в ґрунтовому середовищі описується наступною системою рівнянь в ейлерових змінних

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho U) + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r\left(\rho U^2 + P\right)\right] - \frac{1}{r}P = 0, \tag{2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r(\rho U)\right] = 0,$$

де - r - просторова координата, t - часова координата, U - швидкість, ρ - густина, P - тиск.

Рівняння стану ґрунтового середовища приймається згідно моделі нелінійного рідкого багатокомпонентного середовища [7]

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \sum_{i=1}^{3} \alpha_i \left[\frac{\gamma_i (P - P_0)}{\rho_{i0} c_{i0}^2} + 1\right]^{-1/\gamma_i},$$

$$\rho_0 = \frac{1}{V_0} = \sum_{i=1}^{3} \alpha_i \rho_{i0}, \ \sum_{i=1}^{3} \alpha_i = 1,$$

де α_i - вміст по об’єму компонентів; ρ_{io} - густина; V_{io} - питомий об’єм компонентів; c_{io} - швидкість звуку у відповідних компонентах при атмосферному тиску P_o; i – номер компоненти (1 – повітря, 2 – рідина, 3 – тверді частинки).

Рівняння коливань тонкої циліндричної оболонки радіусу R та товщиною h при розв’язку зв’язаної задачі мають вид [1]

$$\begin{aligned} \rho_{об} h \ddot{u}_3 &= -\frac{T_{22}}{R} + P_3(t) - P_r(t), \\ T_{22} &= \frac{Eh}{1-\nu^2}\frac{u_3}{R^2}, \end{aligned} \tag{3}$$

де $P_r(t)$ - тиск ґрунту на оболонку.

Результати досліджень.

Метою проведення розрахунків згідно рівнянь (1) була максимально можлива рівність величин прогинів u_3 оболонки з розрахунками за рівняннями (2), (3). Виходячи із подібності рівнянь виду (3) та (1), запропонована формула для визначення коефіцієнтів Вінклера c_w у випадку кожного конкретного варіанту коливань системи оболонка – ґрунтове середовище

$$c_w = \frac{\max P_r(t)}{u_3(t^*)}, \qquad (4)$$

де величини $P_r(t),\ u_3(t)$ визначаються із розв’язку задачі (2), (3); t^* – час досягнення максимального значення величини $P_r(t)$. З врахуванням того, що повного співпадіння результатів по двом моделям досягти неможливо, за критерій достовірності приймалося максимально можливе співпадіння амплітуд величин u_3 в перший період коливань - рис. 1. На рис. 1 криві з індексом 1 відповідають розрахункам за формулою (1), криві з індексом 2 – за формулами (2), (3).

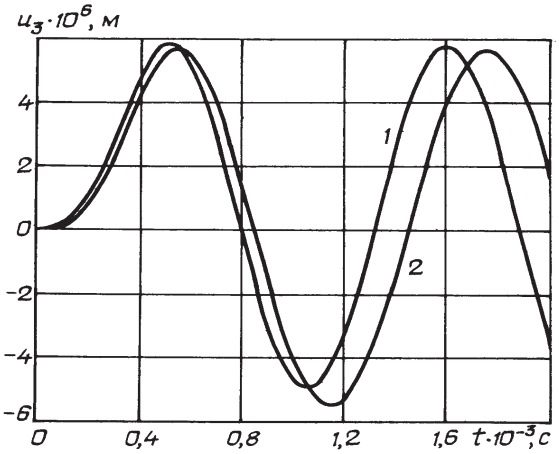


Рисунок 1 – Залежність величини u_3 від часової координати t

Для розв’язку вихідних рівнянь теорії коливань оболонок (1) використовується інтегро – інтерполяційний метод побудови різницевих схем для рівнянь гіперболічного типу [1, 5, 10]. Для чисельного розв’язку задач динамічної поведінки системи циліндрична оболонка - ґрунтове середовище використовується двокрокова схема Мак - Кормака предиктор – коректор [8, 9].

Висновки.

В роботі проведено порівняльний аналіз чисельного розв’язку задачі про хвильові процеси в системі «циліндрична оболонка – ґрунтове середовище» при імпульсних навантаженнях, згідно двох прикладних теорій. Отримані в роботі результати можуть бути використані для дослідження прикладних задач, що виникають при прогнозуванні динамічної поведінки колекторів нафто- та газових свердловин. Практичне значення має розроблена теоретична методика визначення коефіцієнта Вінклера для водонасичених ґрунтів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вестяк А.В. Нестационарные взаимодействия деформируемых тел с окружающий средой / А.В. Вестяк, А.Г. Горшков, Д.В. Тарлаковский // Итоги науки и техн.: Мех. деф. тверд, тела. Т. 15. - М.: ВИНИТИ, 1983. – С. 69-148.

2. Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможности их анализа. / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер – Киев: Сталь, 2000. – 600с.

3. Головко К.Г. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках: монография / К.Г. Головко, П.З. Луговой, В.Ф. Мейш; под ред. акад НАН Украины А.Н. Гузя. – К.: Изд. полигр. центр «Киевский ун–т», 2012. – 541 с.

4. Головко К.Г. О решении осесимметрических задач динамики цилиндрических оболочек на упругом основании / К.Г. Головко, П.З. Луговой, В.Ф. Мейш // Прикл. механика. – 2007. – **43**, № 12. – С. 85 –94.

5. Луговой П.З. Нестационарная динамика неоднородных оболочечных конструкций / П.З. Луговой, В.Ф. Мейш, Э.А. Штанцель. – К: Издательско – полиграфический центр “Киевский университет”, 2005. – 536с.

6. Мейш Ю.А. Задачі про вимушені коливання циліндричних оболонок еліптичного перерізу на пружній основі при нестаціонарних навантаженнях / Ю.А. Мейш // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2014. – Випуск 29. – С. 233 – 239.

7. Ляхов Г.М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах / Г.М. Ляхов. – М.: Наука. 1982. – 288 с.

8. Ляхов В.Н. Воздействие ударных волн и струй на элементы конструкций / В.Н. Ляхов, В.В. Подлубный, В.В. Титаренко. – М.: Машиностроение, 1989. – 392 с.

9. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Т. 2 / К. Флетчер. – М.: Мир, 1991. – 552 с.

10. Самарский А.А. Теория разностных схем. / Самарский А.А. – М.: Наука, 1977. – 656 с.

REFERENCES

1. Vestyak A.V., Gorshkov A.G., Tarlakovskii D.V. Nonstationary interaction of deformable bodies with environmental. Results in science and technology: Mechanics of deformable solids. Moskva: VINITI. 1983. 15. P. 69–148. (Rus)

2. Perel'muter A.V., Slivker V.I. Computational models of structures and the possibility of their analysis. Kyiv : Steel. 2000. 600 p. (Rus)

3. Golovko K.G., Lugovoyi P.Z. , Meish V.F. Dynamics of inhomogeneous shells under nonstationary loading: monograph edited by academician NAS of Ukraine, A. N. Guz. Kyiv: Ed. print. center «Kyiv Univ.». 2012. 541 p. (Rus)

4. Golovko K.G., Lugovoyi P.Z. , Meish V.F. About solution of axisymmetrical problems of the dynamics of cylindrical shells on elastic foundation. J. Appl. mechanics. 2007. 43. № 12. P. 85 – 94. (Rus)

5. Lugovoyi P.Z., Meish V.F., Shtantsel E.A. The nonstationary dynamics of inhomogeneous shell constructions: monograph. Kyiv : Ed. print. center «Kyiv Univ.». 2005. 537 p. (Rus)

6. Meish Yu.A. Problems of forced oscillations cylindrical shells elliptical cross – section on elastic foundation under non - stationary loads. Visnyk National Transport University. Kyiv. 2014. Vol. 29. P. 233 – 239. (Ukr)

7. Lyakhov G.M. Waves in soils and porous multicomponent media. - M .: Nauka. 1982. - 288 p. (Rus)

8. Lyakhov V.N., Podlubnyi V.V., Titarenko V.V. The impact of the shock waves and streams in the construction elements - M.: Engineering, 1989. - 392 p. (Rus)

9. Fletcher K. Computational Methods in Fluid Dynamics. T. 2. - M .: Mir, 1991. - 552 p. (Rus)

10. Samarskiyi A. A. The theory of difference schemes. Moscow: Nauka. 1977. – 656 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Мейш В.Ф. До визначення пружних коефіцієнтів системи циліндрична оболонка – ґрунтове середовище при динамічних навантаженнях / В.Ф. Мейш, Ю.А. Мейш // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В роботі визначено пружні коефіцієнти взаємодії системи циліндрична оболонка – ґрунтове середовище при динамічних навантаженнях.

Об’єктом дослідження є хвильові процеси в системі циліндрична оболонка – ґрунтове середовище.

Мета роботи полягає в дослідженні напружено – деформованого стану системи циліндрична оболонка – ґрунтове середовище при нестаціонарних навантаженнях.

Методи дослідження включають чисельні методи розв’язування динамічних рівнянь теорії циліндричних оболонок на пружній основі.

Розглянуто задачі про визначення пружних коефіцієнтів системи циліндрична оболонка – ґрунтове середовище при динамічних навантаженнях. Проведено порівняльний аналіз чисельного розв’язку задачі про хвильові процеси в системі «циліндрична оболонка – ґрунтове середовище» при імпульсних навантаженнях, згідно двох прикладних теорій.

Отримані в роботі результати можуть бути використані для дослідження прикладних задач, що виникають при прогнозуванні динамічної поведінки колекторів нафто- та газових свердловин. Практичне значення має розроблена теоретична методика визначення коефіцієнта Вінклера для водонасичених ґрунтів. Результати роботи можуть бути впроваджені в практиці теоретичного та експериментального дослідження взаємодії системи циліндрична оболонка – ґрунтове середовище.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – визначення оптимальних геометричних та фізико – механічних параметрів циліндричних оболонок при взаємодії з ґрунтовим середовищем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИЛІНДРИЧНІ ОБОЛОНКИ, ҐРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ, КОЕФІЦІЄНТ ВІНКЛЕРА

ABSTRACT

Meish V.F., Meish Yu.A. To determining the elastic coefficients of the system cylindrical shell – soil media under dynamical loads. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article posed the problem of vibrations of cylindrical shells circular cross – section on elastic foundation under nonstationary loading.

Object of study – cylindrical shells circular cross – section on elastic foundation.

Purpose of the paper consists in study of the stress – strain state cylindrical shells circular cross – section on elastic foundation under nonstationary loading.

Methods of the study include numerical method for solving the dynamic equations of the theory of cylindrical shells on elastic foundation.

The new science-based general methodology of mathematical research of stress-deformable state of heterogeneous structure elements based on Winkler–Pasternak elastic base under the external and internal dynamic loads is created. Within the framework of continua mechanics the related problems of shell - soil media theory were solved, which allowed to obtain Winkler coefficient for problems of different geometry (for example, cylinder) and different physical-mechanical parameters of soils.

The results can be inculcated into the practice of theoretical and experimental studies of the interaction of cylindrical shells circular cross – section with an elastic foundation.

Proposed assumption about the forward-looking development of the object of research – to determine optimal geometrical and physical – mechanical parameters of cylindrical shells circular cross – section in the interaction with an elastic foundation.

KEY WORDS: SOIL MEDIA, WINKLER COEFFICIENT, CYLINDRICAL SHELL

РЕФЕРАТ

Мейш В.Ф. К определению упругих коэффициентов системы цилиндрическая оболочка – грунтовая среда при динамических нагрузках / В.Ф. Мейш, Ю.А. Мейш // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В работе определены упругие коэффициенты взаимодействия системы цилиндрическая оболочка – грунтовая среда при динамических нагрузках.

Объектом исследования являются волновые процессы в системе цилиндрическая оболочка – грунтовая среда.

Цель работы состоит в исследовании напряженно – деформированного состояния системы цилиндрическая оболочка – грунтовая среда при нестационарных нагрузках.

Методы исследования включают численные методы решения динамических уравнений теории цилиндрических оболочек на упругом основании.

Рассмотрены задачи об определении упругих коэффициентов системы цилиндрическая оболочка – грунтовая среда при динамических нагрузках. Проведен сравнительный анализ численного решения задачи о волновых процессах в системе «цилиндрическая оболочка – грунтовая среда» при импульсных нагрузках, согласно двух прикладных теорий.

Полученные в работе результаты могут быть использованы для исследования прикладных задач, возникающих при прогнозировании динамического поведения коллекторов нефте - и газовых скважин. Практическое значение имеет разработанная теоретическая методика определения коэффициента Винклера для водонасыщенных грунтов. Результаты работы могут быть использованы на практике теоретического и экспериментального исследования взаимодействия системы цилиндрическая оболочка – грунтовая среда.

Прогнозируемые допущения, относительно развития объекта исследования – определение оптимальных геометрических и физико-механических параметров цилиндрических оболочек при взаимодействии с грунтовой средой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ, ГРУНТОВАЯ СРЕДА, КОЭФФИЦИЕНТ ВИНКЛЕРА

АВТОРИ:

Мейш Володимир Федорович, доктор фізико – математичних наук, професор, Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, головний науковий співробітник, e-mail: vfmeish@gmail.com, tel. +380502519697, Україна, 03057, г. Київ, вул. Нестерова, 3.

Мейш Юлія Анатоліївна, кандидат фізико – математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, e-mail: juliameish@gmail.com , тел. +380954035196, Україна, 01010, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 502.

AUTHORS:

Meish Vladimyr Fedorovich, Doctor of Mathematics, professor, Institute of Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Main researcher, e-mail: vfmeish@gmail.com, tel. +380502519697, Ukraine, 03057, Kiev, Nesterov str., 3.

Meish Yuliya Anatolievna, Ph. D., associate professor, National Transport University, associate professor department of mathematics, e-mail: juliameish@gmail.com, tel. +380954035196, Ukraine, 01010, Kiev, Kikvidze str. 42, of. 502.

АВТОРЫ:

Мейш Владимир Федорович, доктор физико – математических наук, профессор, Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины, главный научный сотрудник, e-mail: vfmeish@gmail.com, tel. +380502519697, Украина, 03057, г. Киев, ул. Нестерова, 3.

Мейш Юлия Анатольевна, кандидат физико – математических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры высшей математики, e-mail: juliameish@gmail.com , tel. +380954035196, Украина, 01010, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 502.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Григоренко О.Я., доктор фізико – математичних наук, професор, Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, завідувач відділу обчислювальних методів, Київ, Україна.

Лоза І.А., доктор фізико – математичних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Grigorenko A.Ya., Doctor of Mathematics, professor, Institute of Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Head of numerical methods chair, Kiev, Ukraine.

Loza I.A., Doctor of Mathematics, professor, National Transport University, Head of Department of Theoretical Mechanics, Kiev, Ukraine.

УДК 656.08:614.86
UDC 656.08:614.86

АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Мельниченко О.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Магомаєв Ю.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

ANALYSIS OF THE STATE OF SAFETY IN ROAD TRANSPORT

Melnichenko O., professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Magomayev Yu, National Transport University, Kyiv, Ukraine

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Мельниченко А.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Магомаев Ю.М., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. На сучасному етапі в Україні відбувається інтенсивний розвиток транспорту, підвищується динамічність його використання, спостерігається тенденція до збільшення кількості транспортних засобів на одиницю населення. При цьому функціонування транспорту є джерелом підвищеної небезпеки для оточуючих. Безпечне функціонування транспорту є частиною національної безпеки країни. Національна транспортна стратегія України визначає основним завданням створення концептуальної основи для створення умов для соціального й економічного розвитку країни, підвищення конкурентоспроможності національної економіки та добробуту населення, забезпечення сталого і ефективного функціонування транспорту [1]. Стійке, безпечне і ефективне функціонування транспортної галузі є необхідною умовою стабілізації, підйому і структурної перебудови економіки, забезпечення цілісності країни, покращення умов і підвищення рівня життя населення.

За даними Державної служби України з безпеки на транспорті [2], на сьогодні в Україні в дорожньо-транспортних пригодах в середньому за одну добу гине близько 10 осіб, близько 100 осіб отримують травми різного ступеню тяжкості. Щороку на автошляхах гине близько 4 тис. осіб та 40 тис. отримують травми різного ступеню тяжкості. Найвищий рівень аварійність в Україні зафіксовано у 2007 році, коли в результаті 312,7 тис. ДТП в країні загинуло 9,6 тис. осіб і понад 78 тис. було травмовано. За перше півріччя 2016 року сталося 941 дорожньо-транспортних пригод, в яких загинуло 57 осіб та 817 отримали травми різного ступеню тяжкості.

Отже, забезпечення безпеки на транспорті, попередження виникнення дорожньо-транспортних пригод, зниження тяжкості їх наслідків є одним із найважливіших завдань для України і визначає актуальність тематики досліджень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню питань підвищення безпеки руху на залізничному транспорті присвячено роботи Соколова О.Й. [3]. Автором запропоновано систематизувати випадки порушень безпеки руху по шести ознакам і описати ці події релятивною алгебраїчною моделлю. Собакарь А.О. вивчав стан забезпечення безпеки польотів на авіаційному транспорті [4]. В роботі визначено поняття безпеки польотів на авіаційному транспорті та конкретизовано її місце серед інших складових транспортної безпеки країни.

О. Сапронов розглядав основні напрями, мету, завдання і проблеми державного регулювання у сфері забезпечення транспортної безпеки України, аналізував передумови, проблеми фінансування та нормативно-правового забезпечення безпеки [5]. Автор визначав, що метою забезпечення транспортної безпеки є стабільне та безпечне функціонування транспортного комплексу країни, охорона і захист інтересів та цінностей особи, суспільства, держави та груп держав у транспортній сфері. Транспортна безпека має бути визнана однією з основних сфер національної безпеки.

Дослідження Белкова О.Л. присвячені вивченню безпеки дорожнього руху (БДР) пішоходів [6]. В ході проведення експериментальних досліджень потоку пішоходів автором оцінена група факторів, що впливають на БДР пішоходів. Побудована модель забезпечення БДР пішоходів, що враховує вплив кожного фактору. Отримано математичні моделі зміни потоку порушень правил

дорожнього руху пішоходами за часом доби і по днях тижня. Показано, що статистика порушень з високою вірогідністю описується рядами Фур'є.

Наукова новизна роботи Кондратьева В.Д. [7] полягає в обґрунтуванні єдиного методологічного підходу до вирішення проблеми забезпечення БДР, що полягає в розробці системної моделі організації діяльності щодо забезпечення БДР, виділення і обґрунтуванні пріоритетних напрямів у цій області і вирішення комплексу задач по виділеним пріоритетних напрямів.

Проте проблема забезпечення безпеки на транспорті залишається гострою.

Формування цілей статті (постановка завдання). Метою роботи є оцінка стану формування безпечної системи роботи автомобільного транспорту Україні.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз причин аварійності на транспорті;
- порівняти основні напрями підвищення громадської безпеки транспорту в ЄС і в Україні;
- сформувати основні напрямки забезпечення безпеки на транспорті.

Виклад основного матеріалу дослідження. Однією із головних проблем пасажирського транспорту є дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) за участю автомобільного транспорту загального користування.

ДТП є небезпечною ситуацією, що виникла на дорозі за участю транспортного засобу, в результаті якої загинули або постраждали люди, а також виявилися пошкодженими транспортні засоби, вантажі, будівлі або завдано інших матеріальних збитків. Найчастіше їх причинами є неправильне поводження водія або необізнаності людей, які порушують правила дорожнього руху. Згідно зі статистичними даними протягом 2015 року на автомобільних шляхах України сталося 2307 ДТП за участю автомобільного транспорту загального користування, в яких 171 особа загинула та 1754 особи отримали травми. При цьому, протягом 2014 року кількість ДТП становила 3689 ДТП, у яких 258 осіб загинули та 2149 отримали травми. З них, вини водіїв автомобільного транспорту загального користування протягом 2015 року сталося 1185 ДТП, в яких 71 особа загинула та 784 особи отримали травми різного ступеня тяжкості. Протягом 2014 року на автомобільних дорогах України з вини водіїв автомобільного транспорту загального користування було допущено 1878 ДТП, в яких 60 осіб загинули та 887 осіб отримали травми (табл.1) [8].

Таблиця 1 – Кількість ДТП, загиблих та травмованих у них осіб з вини водіїв автомобільного транспорту загального користування у 2015 році, в порівнянні з 2014 роком

Назва показника (класифікація та наслідки аварійних подій)	Кількісні значення показника (випадки, особи, питомі показники аварійності)		(+/-) % чи одиниць до показників минулого року
	2014 рік	2015 рік	
ДТП	**1878**	**1185**	**- 36,9 %**
у тому числі з вини водіїв автобусів	1811	1061	- 41,4 %
у тому числі з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів	10	69	+ 59
у тому числі з вини водіїв легкових автомобілів-таксі	57	55	- 3,5 %
Загинуло осіб	**60**	**71**	**+ 18,3 %**
у тому числі з вини водіїв автобусів	58	66	+ 13,8 %
у тому числі з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів	1	5	+ 4
у тому числі з вини водіїв легкових автомобілів-таксі	1	0	
Травмовано осіб	887	784	- 11,6 %
у тому числі з вини водіїв автобусів	861	735	- 14,6 %
у тому числі з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів	6	15	+ 9
у тому числі з вини водіїв легкових автомобілів-таксі	20	34	+ 70,0 %

Зі всіх 1185 ДТП, які сталися протягом 2015 року з вини автомобільного транспорту та водіїв автобусів сталося 1061 ДТП, що на 36,9 % менше від показників 2014 року. З вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів сталося 69 ДТП, що на 59 ДТП більше від показників 2014 року, з вини водіїв легкових автомобілів-таксі сталося 55 ДТП, що на 3,5 % менше від показників 2014 року. При цьому, спостерігається зростання тяжкості наслідків від ДТП. З вини водіїв автобусів загинуло 66 осіб, травмовано 735. ДТП державного рівня з тяжкими та дуже тяжкими наслідками, які мали місце за останні півроку, приведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Дорожньо-транспортні пригоди державного рівня з тяжкими та дуже тяжкими наслідками

№	Дата та місце	Місце і учасники події	Наслідки	Причини
1	**14.07.16.**	Одеська обл.Легковий автомобіль Опель-Комбо, автобус БАЗ-А079.23, легковий автомобіль Шевроле-Авео.	Травми отримали водій та 21 пасажир автобуса і 2 пасажири легкового автомобіля Опель-Комбо.	
2	**15.07.16.**	Миколаївська обл.. Вантажний автомобіль Рено-Преміум з напівпричепом Groenewegen Dro 12-27, автобус Мерседес-Бенц 313.	1 пасажир автобуса від отриманих травм загинув на місці пригоди, 2 пасажири автобуса від отриманих травм померли в лікарні, ще 15 пасажирів автобуса отримали травми та були доставлені до лікарні	Водій вантажного автомобіля відволікся від керування, знаходячись в стані алкогольного сп'яніння, виїхав на смугу зустрічного руху, де допустив зіткнення з автобусом, який здійснював перевезення 18 пасажирів за маршрутом «Миколаїв (АС Південна) – Коблево (б/в Зоря)», автобус з'їхав у лівий по ходу руху кювет, де перекинувся на лівий бік
3	**22.08.16.**	Запорізька обл. Легковий автомобіль Мерседес-Бенц Віто, автобус Мерседес-Бенц-0303.	Внаслідок дорожньо-транспортної пригоди 17 пасажирів автобуса Мерседес-Бенц-0303, отримали травми та були доставлені до лікарні.	Водій легкового автомобіля не впорався з керуванням, внаслідок чого здійснив виїзд на зустрічну смугу руху, де скоїв зіткнення з автобусом, який рухався у зустрічному напрямку та здійснював перевезення 35 пасажирів, серед яких були діти за маршрутом «Святогірськ (Донецька обл.) – Генічеськ (Херсонська обл.)».
4	**02.10.16**	м. Луцьк Волинська обл. Легковий автомобіль БМВ-530 автобус Богдан-А092.02	Водій легкового автомобіля загинув, водій та 17 пасажирів автобуса отримали травми та були доставлені до лікарні.	Водій не впорався з керуванням, виїхав на смугу зустрічного руху, де допустив зіткнення з автобусом. Водій автобуса здійснював перевезення 20 пасажирів за міським маршрутом № 11
5	**12.10.16**	Хмельницька обл. Вантажний автомобіль ДАФ-ФТ-105.460 з напівпричепом Кроне-СДР27, з автомобіль Мерседес-Бенц Спрінтер	Внаслідок дорожньо-транспортної пригоди 4 пасажири автомобіля загинули, водій та 12 пасажирів автомобіля отримали травми та були доставлені до лікарні.	Водій, рухаючись із сторони м. Хмельницький в напрямку м. Кам'янець-Подільський, допустив занос напівпричепа на смугу зустрічного руху, в результаті чого сталося зіткнення з автомобілем Мерседес-Бенц Спрінтер, водій якого здійснював перевезення пасажирів для власних потреб.
6	**23.10.16**	м. Львів Автобус БАЗ-А079.14	Внаслідок дорожньо-транспортної пригоди водій та 18 пасажирів автобуса (з яких 2 дітей) отримали травми та були доставлені до лікарні.	Водій, здійснюючи регулярні перевезення 22 пасажирів за приміським автобусним маршрутом № 322 «Львів – Романів», не врахував дорожньої обстановки під час вибору безпечної швидкості руху в умовах недостатньої видимості (туман), не впорався з керуванням та допустив наїзд на нерухому перешкоду (дерево).
7	**16.11.16**	Житомирська обл. 16 км автодороги Житомир – Могилів-Подільський. Вантажний автомобіль ДАФ-95 з напівпричепом, автобус БАЗ-А079	Внаслідок пригоди водій автобуса загинув, а 16 його пасажирів отримали травми.	Водій, здійснюючи перевезення вантажу «Нова пошта», не впорався з керуванням на слизькій ділянці дороги, виїхав на смугу зустрічного руху, де втратив контроль над автомобілем та допустив зіткнення з автобусом, який здійснював перевезення 27 пасажирів за внутрішньообласним маршрутом Бердичів – Житомир.
8	**21.02.17**	Вінницька область. 107 км + 400 м перегону Калинівка 2 – Варшиця, Старокостянтинівської дистанції колії в місті Калинівка.	Внаслідок пригоди водій автобуса загинув.	Водій автобуса, перебуваючи не на маршруті та без пасажирів, проігнорував звуковий та світловий сигнал світлофора, виїхав на нерегульований залізничний переїзд, де допустив з ним зіткнення потягом ДР1А-277 № 808, що виконував перевезення пасажирів за сполученням «Хмельницький – Вінниця»

Основними причинами ДТП є порушення правил маневрування (49%), перевищення швидкості (15%) та порушення правил проїзду перехресть (22%) (рис.1).

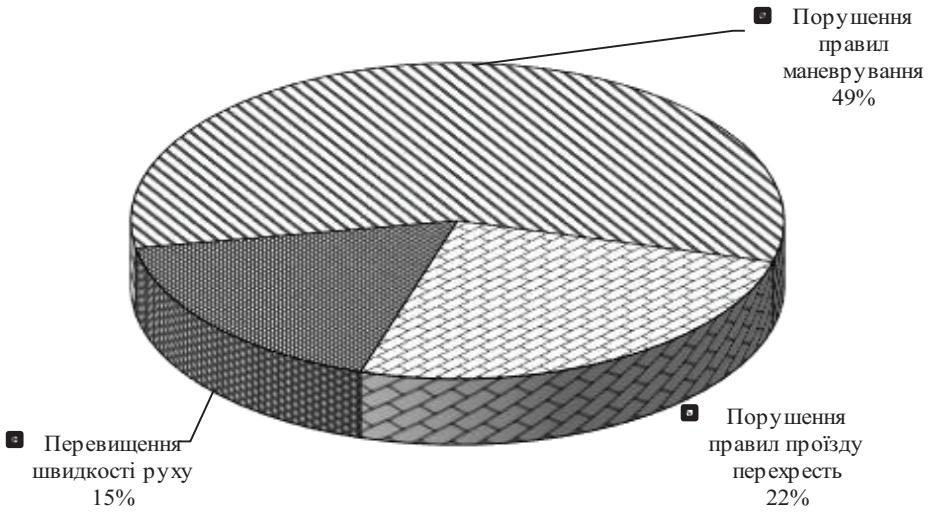


Рисунок 1 – Основні причини виникнення ДТП

Аналіз результатів технічних розслідувань після виникнення ДТП на автомобільному та міському транспорті показав що найчастіше вони викликані причинами, приведеними на рис.2.

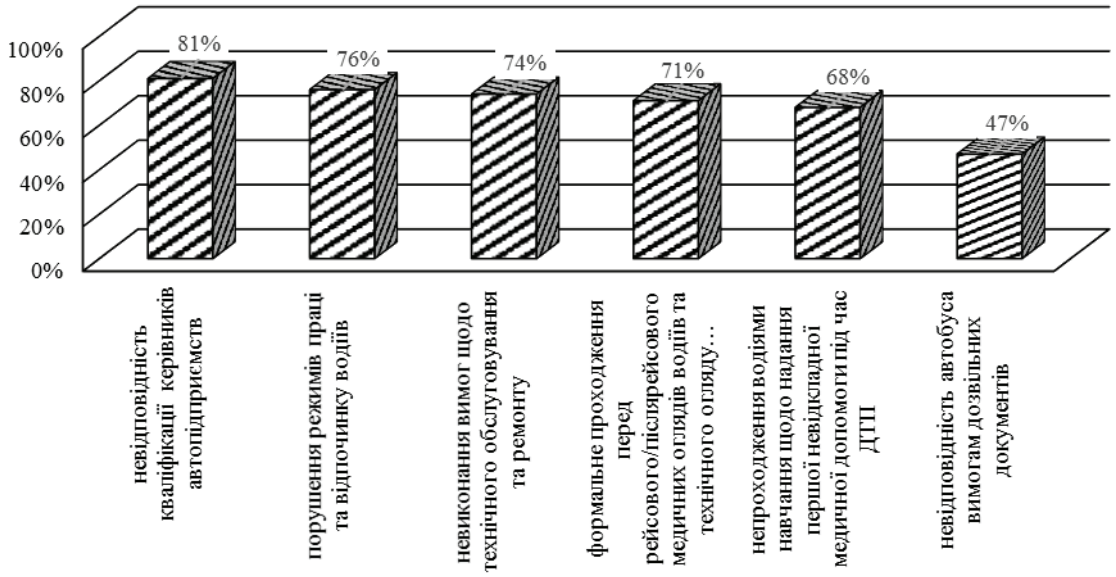


Рисунок 2 – Аналіз причин виникнення дорожньо-транспортних пригод

Проведений аналіз причин розслідувань на автомобільному та міському транспорті показав, що основними причинами виникнення зазначених ДТП є порушення Правил дорожнього руху, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від10.10.2001 № 1306, а саме порушення правил маневрування; порушення правил проїзду перехресть; перевищення швидкості руху; виїзд на смугу зустрічного руху; порушення вимог ПДР пішоходами та велосипедистами.

Супутніми причинами, що призвели до ДТП є порушення законодавства автомобільними перевізниками та водіями транспортних засобів, а саме:

- недотримання водіями режиму праці та відпочинку;
- не проведення перевізниками стажувань та інструктажів з безпеки руху для водіїв;
- неналежна організація та контроль за своєчасним проходженням водіями медичного огляду;
- неналежний контроль технічного та санітарного стану автобусів перед початком роботи;
- нездійснення підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації водіїв;

- використання для перевезення пасажирів транспортних засобів переобладнаних з вантажівок.

Забезпечення безпеки перевезення пасажирів автомобільним транспортом загального користування вимагає послідовної роботи з підготовки та виконання комплексних заходів по покращенню методів сканування та прогнозування небезпек, щоб гарантувати високі рівні безпеки при мінімальних незручностях [9]. Заходи, які можна задіяти для кращого забезпечення безпеки на транспорті можна поділити на два блоки: загальні пропозиції щодо підвищення безпеки та надійності перевезень транспортом та пропозиції щодо покращення міської мобільності та безпеки на транспорті (рис.3).

Рисунок 3 – Шляхи підвищення безпеки на транспорті

Реалізація цих заходів зможе створити концептуальної основи для реалізації державної політики з метою забезпечення сталого і ефективного функціонування галузі транспорту, створення умов для соціального й економічного розвитку країни, підвищення конкурентоспроможності національної економіки та добробуту населення. концептуальної основи для реалізації державної політики з метою забезпечення сталого і ефективного функціонування галузі транспорту, створення умов для соціального й економічного розвитку країни, підвищення конкурентоспроможності національної економіки та добробуту населення.

Висновки. Таким чином, проведений аналіз причин аварійності на транспорті та порівняння основних напрямів підвищення громадської безпеки транспорту в ЄС і в Україні дозволив сформувати основні напрямки забезпечення безпеки на транспорті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Національна транспортна стратегія. Підтримка імплементації Угоди про асоціацію та Національної транспортної стратегії в Україні / A project implemented by Dornier Consulting International in consortium with Egis International / Expertise Francais. – 2016 – 21 с.

2. Державна служба України з безпеки на транспорті http://dsbt.gov.ua/storinka/informaciya-pro-rezultaty-provedennya-tehnichnyh-rozsliduvan-obstavyn-ta-prychyn

3. Соколов О.Й. Розробка методики оцінки рівня безпеки руху на залізничному транспорті. - дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / О.Й. Соколов, ХАДІ. - Харків, 2000.- 212 с.

4. Собакарь А. О. Безпека польотів на авіаційному транспорті: категоріально-правовий аналіз / А. О. Собакарь // Форум права. – 2011. – № 1. – С. 932–938 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/FP/2011-1/11caokpa.pdf

5. Сапронов О. Основні напрями забезпечення транспортної безпеки України [Текст] / Сапронов О. // Вісник Національної академії державного управління. – 2009. – №4. – с.87-95.

6. Белков О.Л. Обоснование модели обеспечения безопасности дорожного движения пешеходов. - дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Белков О.Л. – Вологда, 2003. – 264 с.

7. Кондратьев В.Д. Модели и методы управления безопасностью дорожного движения. - дис... докт. техн. наук: 05.13.10 / Кондратьев В.Д. – М.:, 2008. – 226 с.

8. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2015 рік. Міністерство інфраструктури України. – К.:, 2016. – 150 с.

9. Біла Книга Європейської Комісії. План розвитку єдиного Європейського транспортного простору. Видавничий центр Європейського Союзу , Люксембург: 2011 – 28стр.

REFERENCES

1. National Transport Strategy. Support the implementation of the Association Agreement and the National Transport Strategy in Ukraine . (2016). A project implemented by Dornier Consulting International in consortium with Egis International. Expertise Francais. 21 p. (Ukr)

2. The State Service of Ukraine on transport security . http://dsbt.gov.ua/storinka/informaciya-pro-rezultaty-provedennya-tehnichnyh-rozsliduvan-obstavyn-ta-prychyn(Ukr)

3. O. Sokolov (2000) Development of methods for evaluation of safety in railway transport. Kharkiv, 212 p. (Ukr)

4. A.Sobakar .(2011) Safety of aviation: categorial and legal analysis. Forum of law. № 1. - p. 932-938 [electronic resource]. - http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/FP/2011-1/11caokpa.pdf (Ukr)

5. A. Sapronov (2009) Main directions of transport security Ukraine. Bulletin of the National Academy of Public Administration. №4. - p.87-95. (Ukr)

6. A. Belkov (2003) Substantiation of model of road safety of pedestrians. Vologda, 264 p. (Rus)

7. V. Kondratiev (2008) Models and methods of management of road safety. - M.:, 2008. - 226 p. (Rus)

8. Analysis of traffic safety, flight navigation and transport accidents in Ukraine by 2015 (2016). Ministry of Infrastructure of Ukraine. - K.: - 150 p. (Ukr)

9. White Paper of the European Commission. Development Plan Single European Transport Area (2011). Publishing Center of the European Union, Luxembourg, 2011 – 28 p. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Мельниченко О.І. Аналіз стану забезпечення безпеки на автомобільному транспорті / О.І. Мельниченко, Ю.М. Магомаєв // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

На сучасному етапі в Україні відбувається інтенсивний розвиток транспорту, підвищується динамічність його використання, спостерігається тенденція до збільшення кількості транспортних засобів на одиницю населення. При цьому функціонування транспорту є джерелом підвищеної небезпеки для оточуючих. Безпечне функціонування транспорту є частиною національної безпеки країни. Стан його розвитку відображає рівень цивілізації суспільства, а, отже, актуалізує формування державної політики з убезпечення дорожнього руху, охорони життя та здоров’я його учасників, власності, довкілля та інших суспільних відносин в Україні.

Метою роботи є оцінка стану формування безпечної системи роботи автомобільного транспорту Україні.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз причин аварійності на транспорті;
- порівняти основні напрями підвищення громадської безпеки транспорту в ЄС і в Україні;
- сформувати основні напрямки забезпечення безпеки на транспорті.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, БЕЗПЕКА, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА.

ABSTRACT

Melnichenko O.I., Magomayev Y. Analysis of the state of safety in road transport. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

At present in Ukraine there is an intensive development of transport, enhanced dynamism of its use, there is a tendency to increase the number of vehicles per capita. This transport is functioning source of danger to others. Safe transport operation is part of national security. Status of development reflects the level of civilization of society, and therefore, public policy updates on traffic safety, life and health of its members, property, the environment and other social relations in Ukraine.

The aim is to assess the conditions of formation of safe transportation system in Ukraine. To achieve this goal it is necessary:

- To analyze the causes of accidents in transport;

- Compare the main directions of improving public transport safety in the EU and Ukraine;
- Form the main areas of security vehicles.

KEY WORDS: TRANSPORT SYSTEM, VEHICLE, SAFETY, TRAFFIC ACCIDENT.

РЕФЕРАТ

Мельниченко А.И. Анализ состояния обеспечения безопасности на автомобильном транспорте / А.И. Мельниченко, Ю.М. Магомаев // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

На современном этапе в Украине происходит интенсивное развитие транспорта, повышается динамичность его использования, наблюдается тенденция к увеличению количества транспортных средств на душу населения. При этом функционирование транспорта является источником повышенной опасности для окружающих

Безопасное функционирование транспорта является частью национальной безопасности страны. Состояние его развития отражает уровень цивилизации общества, а, следовательно, актуализирует формирование государственной политики по обеспечению безопасности дорожного движения, охраны жизни и здоровья его участников, собственности, окружающей среды и других общественных отношений в Украине. Целью работы является оценка условий формирования безопасной транспортной системы в Украине. Для достижения поставленной цели необходимо:

- провести анализ причин аварийности на транспорте;
- сравнить основные направления повышения общественной безопасности транспорта в ЕС и в Украине;
- сформировать основные направления обеспечения безопасности на транспорте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, БЕЗОПАСНОСТЬ, ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИЗШЕСТВИЕ.

АВТОРИ:

Мельниченко Олександр Іванович, професор, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного права та логістики, e-mail: melnichenko@ntu.edu.ua, тел. +380506562446, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омельяновича-Павленка 1, к. 209 а.

Магомаєв Юрій Магомедович, аспірант, Національний транспортний університет, тел.044-285-61-44, Україна, 01010, м. Київ, вул. І. Кудрі 32, к. 102.

AUTHORS:

Melnichenko Alexander, Professor, National Transport University, professor of transport law and logistics, melnichenko@ntu.edu.ua, +080506562446, Ukraine, 01010, m. Kyiv, vul. M. Pavlenko Omelyanovycha-1, office. 209 a

Magomayev Yu. M, postgraduate, National Transport University, tel. 044-285-61-44, Ukraine, 01010, m. Kyiv, st. I. Kudri 32, office. 102.

АВТОРЫ:

Мельниченко Александр Иванович, кандидат технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры транспортного права и логистики, e-mail: melnichenko@ntu.edu.ua, тел. +080506562446, Украина, 01010, г.. Киев, ул. М. Омельянович-Павленко 1, к. 209 а

Магомаев Юрий Магомедович, аспирант, Национальный транспортный университет, тел. 044-285-61-44, Украина, 01010, г. Киев, ул.И. Кудри 32, к. 102.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Хрутьба В.О., доктор технічних наук, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, професор, Національний транспортний університет, Україна

Далека В.Х., професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри електротранспорту, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна.

REVIEWERS:

Khrutba V., Doctor of Technical Science, National Transport University, Ukraine.

Daleka V., Professor, Doctor of Technical Science, O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine.

УДК 658.13.073
UDC 658.13.073

ПРОЕКТУВАННЯ МОНОЦЕНТРИЧНОЇ СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОЗПОДІЛЬЧОЇ СИСТЕМИ ПОСТАЧАННЯ ТОВАРІВ

Мусатенко О.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

MONOCENTRIC DESIGN OF THE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE DISTRIBUTION SUPPLY CHAIN

Musatenko E.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОНОЦЕНТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОСТАВОК ТОВАРОВ

Мусатенко Е.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Нестабільність у світовому просторі викликала появу нових тенденцій розвитку світової торгівлі, таких як зменшення термінів дії договорів купівлі-продажу, зменшення обсягів поставок товарів, підвищення вимог до транспортного забезпечення виконання міжнародних договорів, зменшення іммобілізації ресурсів тощо. Нові реалії світової торгівлі спонукали частину виробників товарів відмовитись від розбудови власної інфраструктури розподілу продукції та формувати систему розподілу на основі орендованої інфраструктури. Проблемою реалізації такого підходу є відсутність якісного методичного забезпечення проектування систем доставки товарів, що не сприяє забезпеченню конкурентоспроможності національних підприємців. Значна кількість досліджень у цьому напрямку, виконаних за останні роки, не дають відповіді на багато запитань практичної діяльності. Тому, вивчення закономірностей формування і функціонування розподільчих систем доставки вантажів потребує наукового дослідження. На це вказують положення «Транспортної стратегії України на період до 2020 року» та завдання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, ратифіковану Законом України № 1678 - VII від 16.09.2014 р.

Аналіз публікацій. Підвищенню ефективності процесу доставки товарів у розподільчих системах присвячені роботи багатьох національних та закордонних вчених [1 – 6]. Серед цих робіт можливо виділити наступні напрямки: управління складськими запасами [1-4], проектування логістичних систем [5]; організація автомобільних термінальних перевезень [6].

В роботах присвячених управлінню складськими запасами дослідники концентрують свою увагу на розробці ланцюга постачань. При цьому використовують три підходи: процесний, об’єктний та оцінка якості логістичного сервісу, а як метод дослідження - моделювання. Процесний підхід передбачає розробку описових моделей. Об’єктний підхід передбачає розробку моделей на основі теорії графів або математичного програмування. Оцінка якості логістичного сервісу на поточний момент не має загально визнаного методу розрахунку та сукупності показників, що визначають рівень сервісу. Всім методам притаманні певні недоліки. Набагато складнішою задачею за розробку ланцюга постачань є розробка розподільчої системи. Тому що територіальне розміщення складів визначається: потужністю матеріальних потоків, попитом на ринку збуту, розмірами регіону обслуговування та концентрацією споживачів, особливостями комунікаційних зав’язків тощо. Серед способів рішення цієї задачі виділяють такі групи методів як: метод повного перебору варіантів, евристичні методи, метод визначення центру мас, метод пробної точки, експериментального впровадження. Як правило в якості критеріїв ефективності приймають витрати на функціонування системи, рентабельність, попит на продукцію, тривалість обслуговування клієнтів, межа собівартості товару тощо. Запропоновані моделі дозволяють вирішувати задачу в конкретних умовах при наявності всебічної інформації про географію споживачів та обсяги споживання товарів, але слабо орієнтовані на врахування особливостей транспортного забезпечення процесу розподілу товарів.

Значний внесок у розвиток теорії термінальних автомобільних перевезень було внесено автором монографії [6]. Він зробив спробу поєднати мережу складів з транспортними технологіями. Використана автором методологія дослідження орієнтована на централізоване управління

транспортом, дозволяє отримувати лише регресійні залежності. Подальший розвиток цей напрямок досліджень отримав в роботах [7-8], де топологія мережі складів пов’язувалась з організацією перевезень на маршрутах. В них розглядається не цілісна система, а композиція моделей автомобільного транспорту та складського господарства. Крім цього в роботі [8] розглядається тільки одна структура мережі, що передбачає закріплення за складом вищої ієрархії незмінну кількість складів нижчого рівня. Крім цього, припущення автора про перевезення між регіональними центрами на маятникових маршрутах, окрім останньої ланки де, при здійсненні доставки продукції кінцевому споживачеві, можливе застосування розвізних маршрутів не відображає можливих перспективних варіантів організації перевезень.

Метою публікації є апробація процедури проектування моноцентричної структурно-технологічної схеми розподільчої системи доставки товарів.

Виклад основного матеріалу. В сучасних умовах для розподільчих систем товарів однією із найважливіших проблем є рішення двох взаємозалежних та взаємопов’язаних задач: перевезення та складування. Структура розподільчої мережі залежить від багатьох чинників таких як: кількості та територіального розміщення клієнтів, попиту на товар, конкурентного середовища, товарної спеціалізації тощо. Географія складів, кількість, інтенсивність та маса відправлень безсумнівно визначають методи організації перевезень та вартість транспортної складової у собівартості товару. Тому важливо встановити закономірності взаємодії складського та транспортного забезпечення розподільчої системи. Основним способом вибору більш ефективної розподільчої системи є порівняння результатів різних організаційно-технологічних варіантів її функціонування.

В основу формування раціональної розподільчої системи постачань товарів покладено принцип мінімізації сумарних витрат на її функціонування. Для встановлення складових сумарних витрат необхідно визначити вихідні данні для розрахунку які дозволять розрахувати основні параметри системи, що впливають на її ефективність. Оцінка конкурентоздатних структур систем постачань товарів дозволить визначити раціональну. Для реалізації такої послідовності дій була розроблена блок-схема, яка наведена на рис. 1.

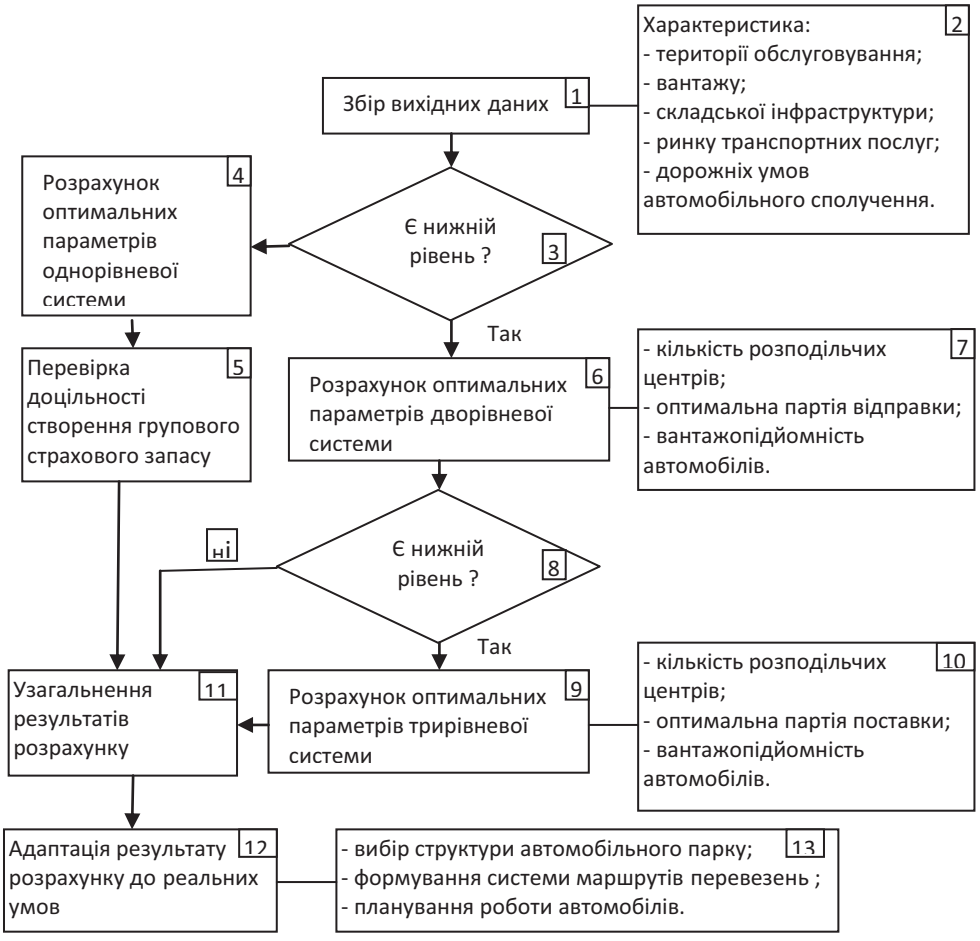


Рисунок 1 – Блок-схема проектування розподільчої системи постачання товарів

Кожний чотирикутник на схемі являє собою блок, що визначає при проектуванні системи окрему групу операцій, виконання яких дозволяє отримати очікуваний результат. Передача управління між блоками показана стрілками, а наповнення змістовних блоків - лініями.

Основою адекватної оцінки майбутніх рішень є достовірність вхідних даних, введення яких виконується блоком 1. До них належить цілий ряд груп даних (блок 2). Характеристика території обслуговування передбачає визначення її площі та геометричної форми для встановлення відстаней перевезень. У випадку якщо вона відмінна від форми кола доцільно скористатись результатами дослідження [9]. Надзвичайно важливими характеристиками території обслуговування є інтенсивність попиту на товар та кількість пунктів його реалізації. Ці характеристики можливо отримати шляхом використання методів маркетингового дослідження за відомими методиками [10]. Транспортна характеристика вантажу (щільність, умови перевезень) необхідна для підбору автотранспортних засобів за спеціалізацією, об’ємом кузову та вантажопідйомністю. Методи рішення цієї задачі наведені у фаховій літературі [11]. Вартість одиниці маси вантажу є визначальною для встановлення коефіцієнта іммобілізації та встановлюється ситуацією на ринку виробників. Ринок транспортних послуг визначається парком автотранспортних засобів, які пропонують для перевезень та тарифами. Складську інфраструктуру характеризує вартість утримання (оренди) складів та вартість виконання вантажних робіт. Дорожні умови перевезень визначає відстань від відправника до території обслуговування та добова швидкість руху.

Після збору вихідних даних виконують перевірку на наявність нижнього рівня системи за формулами [12]:

- для перевезень з різницею в тарифній ставці магістрального та місцевого сполучення:

$$N > \frac{1}{S \cdot a_1^2}\left(\frac{2 \cdot b_{нр} \cdot q_м \cdot \gamma}{a_м - a_р + b_м \cdot q_м - b_р \cdot q_р}\right)^2 \quad (1)$$

- для перевезень без різниці в тарифній ставці магістрального та місцевого сполучення:

$$N > \frac{1}{S}\left(\frac{2 \cdot b_{нр} \cdot \gamma}{a_1 \cdot b_р \cdot (1-k)}\right)^2 \quad (2)$$

$$k = \frac{q_р}{q_м} \quad (3)$$

$$a_1 = \frac{0{,}67 \cdot \varphi}{\sqrt{\pi}} \quad (4)$$

де S – площа території обслуговування;

N – кількість складів;

φ – коефіцієнт непрямолінійності мережі автомобільних доріг;

$b_{нр}$ – вартість вантажної операції з однією тонною вантажу;

γ.- коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності автомобіля;

$q_м$ і $q_р$ - вантажопідйомність автотранспортного засобу, який задіяно, відповідно до магістрального та місцевого перевезень;

$a_м$ та $b_м$ - коефіцієнти, що визначають постійну та змінну складові витрат на магістральних перевезеннях;

$a_р$ та $b_р$ - коефіцієнти, що визначають постійну та змінну складові витрат на місцевих перевезеннях.

Якщо умова можливого існування нижнього рівня не виконується то розраховують оптимальне значення обсягу постачань за залежністю (блок 4):

$$g_{opt} = \sqrt{\frac{\lambda \cdot S \cdot q_м \cdot \gamma \cdot \eta \cdot \left[a_1 \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \cdot \left(\frac{1}{V_д} + \frac{\tau_{мтр}}{\eta \cdot q_м \cdot \gamma}\right) + a_{оз}\right]}{N \cdot \left[(1+c) \cdot b_{оN} + \eta\right]}}, \quad (5)$$

де λ - інтенсивність споживання товару з одиниці площі;
η - показник іммобілізації капіталу однієї тони вантажу на добу;
$V_д$ - середньодобова швидкість автомобіля;
$\tau_{мтр}$ – тарифна ставка за 1 км пробігу;
с, b_{oN} – емпіричні коефіцієнти змінної складові експлуатаційних витрат на функціонування складів:
$a_{оз}$ – емпіричний коефіцієнт, що враховує додаткові витрати часу на перевезення.

У випадку повноавтомобільних відправлень виконують перевірку доцільності створення групового страхового запасу за нерівністю (блок 5):

$$l_s < \frac{T \cdot g}{Q \cdot \tau_a \cdot (n_N - 1) \cdot \left[g \cdot (n_N - 1) \cdot \left(\frac{b_{зб}}{2} + \eta \right) + \xi \cdot \sigma \cdot \left(n_N - \sqrt{n_N} \right) \cdot (b_{зб} + \eta) \right]} \tag{6}$$

де l_s – відстань між суміжними складами;
g – обсяг постачання;
T – періодичність постачань;
Q – загальний обсяг постачанння;
n_N – кількість одержувачів, що включені в маршрут;
τ_a – тарифна ставка за 1 км пробігу автомобіля;
$b_{зб}$ – витрати на зберігання тони товару протягом доби;
σ - середнє квадратиче відхилення споживання товару;
ξ – параметр, що залежить від рівня довірчої ймовірності.

Якщо діагностовано можливість наявності нижнього рівня складів у системі, то визначають оптимальні параметри дворівневої системи такі як: загальна кількість розподільчих центрів, та оптимальна партія постачань (блоки 6 - 7) за формулами:

- оптиамальне значення величини постачання товару в склади нижнього рівня:

$$g^* = \sqrt{\frac{Q \cdot a_1 \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \cdot \left(\frac{2 \cdot \eta \cdot q_p}{V_д} + a_p + b_p \cdot q_p \right)}{T \cdot N \cdot \left(2 \cdot (1 + c) \cdot b_{oN} + \eta \right)}} \tag{7}$$

- оптимальна кількість розподільчих центрів (Z):

$$p = -\frac{T \cdot \xi \cdot \sigma \cdot \sqrt{N} \cdot \left(b_{oN} \cdot (1 + c) + \eta \right)}{\frac{Q \cdot a_1 \cdot \sqrt{S}}{2} \cdot \left(\frac{2 \cdot \eta}{V_д} + \frac{a_p + b_p \cdot q_p}{q_p} \right)} \tag{8}$$

$$\varsigma = -\frac{T \cdot a_{oN} \cdot (1 + c)}{\frac{Q \cdot a_1 \cdot \sqrt{S}}{2} \cdot \left(\frac{2 \cdot \eta}{V\partial} + \frac{a_p + b_p \cdot q_p}{q_p} \right)} \tag{9}$$

$$Y = \sqrt[3]{-\frac{\varsigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\varsigma}{2} \right)^2 + \left(\frac{p}{3} \right)^3}} + \sqrt{-\frac{\varsigma}{2} - \sqrt{\left(\frac{\varsigma}{2} \right)^2 + \left(\frac{p}{3} \right)^3}} \tag{10}$$

$$Z = Y^{-2} \tag{11}$$

Рішення одержане за формулою (11) необхідно округлити до найменшого цілого числа.

Після цього із території обслуговування виділяють один із районів та виконують перевірку на доцільність існування ще нижчого рівня системи за нерівністю (2) (блок 8). У разі його наявності розраховують його оптимальні параметри за виразами (7) – (11) (блоки 9 - 10).

Виконані розрахунки за будь-яким із можливих варіантів побудови розподільчої системи потребують узагальнення (блок 11). Воно полягає у експертній оцінці близьких за значеннями показників ефективності варіантів побудови системи постачань товарів. Після вибору раціональної системи постачань товарів обґрунтовують структуру автомобільного парку, - формують систему маршрутів перевезень з прив’язкою до реальної мережі доріг, виконують планування роботи автомобілів за методиками, що наведені у фаховій літературі [11] (блок 11).

Апробація результатів процедури формування ієрархічної розподільчої системи виконувалась на базі підприємства «Торговий Дім «Міст Експрес» в м. Києві. Було встановлено, що розподільча система підприємства є оптимальною. Дослідження впливу коливання вантажопотоку засвідчило стійкість системи до зміни навантаження, тобто оптимальна кількість розподільчих складів залишається незмінною. Змінюється тільки загальна вартість витрат. Так досягнення максимального навантаження у системі викликає зростання витрат на 38,1 %, мінімального – зниження витрат на 23,5 %. За експертними оцінками фахівців впровадження процедури формування ієрархічної розподільчої системи постачань продукції дрібними партіями дозволить зменшити собівартість перевезень продукції на 5 – 10 %.

Висновки. Реалізація процедур та методів включених у блок-схему проектування розподільчої системи доставки товарів дозволить досягти поставленої мети скоротити витрати на постачання товарів від виробника до споживача.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бауэрсокс Доналл Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. – 640 с.

2. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. Стратегическое управление логистикой: Пер. с 4-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 797 с

3. Управление цепями поставок: Справочник издательства Gower / Под ред. Дж. Гаторны (ред. Р. Огулин, М. Рейнольдс); пер. с 5-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 670 с.

4. Модели и методы теории логистики / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Ю.В. Малевич, И.А. Пластуняк, Н.Г. Плетнева — СПб. : Питер, 2008. - 448 с.

5. Організація та проектування логістичних систем: Підручник / за ред. проф. М. П. Денисенка, проф. П. Р. Лековця, проф. Л. І. Михайлової. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 336 с.

6. Беляев В. М. Терминальные системы перевозок грузов автомобильным транспортом / В. М. . Беляев — М.: Транспорт, 1987.— 287с.

7. Нефедов В.Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов с использованием распределительных центров : автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.22.01 / Нефедов Виктор Николаевич; Харьковский нац. автомобильно-дорожный ин-т. — Х., 2006. — 18 с

8. Потаман Н.В. Вибір раціональної кількості складів в ланцюгу постачань торгівельних вантажів автомобільним транспортом в міжрегіональному сполученні: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.22.01 /Потаман Наталя Володимирівна; Харьківський нац. автомобільно-дорожний університет. — Х., 2010. — 20 с.

9. Коцюк О. Я. Визначення середньої відстані перевезень в проектах термінальних систем доставки вантажів / О.Я. Коцюк - Проблеми транспорту: зб. наук. праць: вип. 6. – К.: НТУ, 2009. – с. 124 – 129.

10. Нэреш М. Маркетинговые исследования. Практическое руководство / Нэреш М. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 960 с.

11. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – [2-е изд.]. – К. : Вища школа, 1986. – 447 с.

12. Мусатенко О.В. Оптимізація розподільчої системи доставки товарів / О.О. Бакуліч, О.Я. Коцюк, О.В.Мусатенко, // Економіка та управління на транспорті НТУ. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 3.– С. 32-41.

REFERENCES

1. Bowersox Dónall J., David J. Closs Logistika: integrirovannaya tsep postavok [Logistics: An integrated supply chain]. 2nd ed. Moskva, JSC "Olympus-Business" Publ., 2005. - 640 p. (Rus)

2. Stoke J.R., Lambert D.M. Strategicheskoe upravlenie logistikoy [Strategic logistics management]: Trans. 4th Eng. ed. – Moskva, INFRA-M Publ., 2005. - 797 p. (Rus)

3. Gathorne Ed. J. Ogulin R., Reynolds M. Upravlenie tsepyami postavok [Supply Chain Management] translated from the 5th English ed. Moskva, INFRA-M Publ., 2008. - 670 p. (Rus)

4. Lukinskiy V.S., Lukinskiy V.V., Malevich Y.V., Plastunyak I.A., Pletnev N.G. Modeli i metody teorii logistiki [Models and methods of the logistics theory] Saint Petersburg, Piter Publ., 2008. - 448 p. (Rus)

5. Denisenko M. Lekovtsya P.G., Mikhailova L.I. Organizatsiia ta proektuvannia logistychnykh system [The organization and design of logistics systems] Kiev, Tsentr uchbovoi literatury Publ., 2010. - 336 p. (Ukr)

6. Belyaev V.M. Terminalnye sistemy perevozok gruzov avtomobilnym transportom [Terminal freight transport system road] Moskva, Transport Publ., 1987.- 287 p. (Rus)

7. Nefedov V.N. Povyshenie effektivnosti avtomobilnykh perevozok partionnykh gruzov s ispolzovaniem raspredelitelnykh tsentrov. Avtoreferat Diss. [Improving the efficiency of road transport of goods using distribution centers]. Kharkiv, 2006. 18 p. (Ukr)

8. Potaman N.V. Vybir ratsionalnoi kilkosti skladiv v lantsiugu postachan torgivelnych vantazhiv avtomobilnym transportom v mizhregionalnomu spolucheni. Avtoreferat Diss. The choice of a rational number of stores in the chain of supply of commercial goods by road in interregional traffic]. Kharkiv, 2010. 20 p. (Ukr)

9. Kotsuk O.J. Vyznachennya serednoyi vidstani perevezen v proektakh terminalnykh system dostavky vantazhiv [Determining the average distance traffic in the terminal project of cargo delivery]. Problemy transport [Transport problems] Kyiv. National Transport University. 2009. Vol. 6, pp. 124-129 (Ukr)

10. Neresh M. Marketingovye issledovaniya. Prakticheskoe rukovodstvo [Marketing research. practical guide] Moskva, Izdatelskiy dom Vilyams, 2002.- 960 p. (Rus)

11. Vorkut A.I. Gruzovye avtomobilnye perevozki [Freight transport by road]. Kiev, Vyshcha shkola Publ., 1986. 447 p. (Ukr)

12. Bakulich O.O., Kotsuk O.J., Musatenko O.V. Optymizatsiya rozpodilchoyi systemy dostavky tovariv [Optimization of goods delivery distribution system]. Ekonomika i upravlinnya na transporti [Economics and management on transport]. Kyiv. National Transport University. 2016. Vol. 3 (Ukr)

РЕФЕРАТ

Мусатенко О.В. Проектування моноцентричної структурно-технологічної схеми розподільчої системи постачання товарів / О.В. Мусатенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Стаття присвячена висвітленню результатів оптимізації структурно-технологічної схеми розподільчої системи постачання товарів з орендованою інфраструктурою.

Об’єкт дослідження – процеси постачання товарів у ієрархічних розподільчих системах.

Мета роботи – розробити процедуру оптимізації структурно-технологічної схеми розподільчої системи постачання товарів з орендованою інфраструктурою.

Методи дослідження. Методи дослідження операцій для рішення оптимізаційних задач, положення економічної теорії для встановлення витрат у процесі постачання товарів з використанням системи складів.

В основу роботи покладені теоретичні напрацювання автора стосовно оптимізації ієрархічної структурно-технологічної схеми розподільчої системи постачання товарів. Відмінною особливістю даної публікації від попередніх є розгляд системи постачань із орендованою інфраструктурою, що спонукало до уточнення окремих складових витрат на функціонування всієї системи. Показано, що у разі використання орендованої інфраструктури можливим стає просте аналітичне рішення задачі оптимізації параметрів системи.

Запропонована процедура проектування моноцентричної структурно-технологічної схеми розподільчої системи постачання товарів була апробована на базі підприємства «Торговий Дім «Міст Експрес» в м. Києві та засвідчила оптимальність параметрів розподільчої підсистеми підприємства.

За експертними оцінками фахівців впровадження процедури формування ієрархічної розподільчої системи постачань продукції дрібними партіями дозволить зменшити собівартість перевезень продукції на 5 – 10 %.

Отже, розроблена математична модель процесу постачань товарів дозволяє описати закономірності функціонування розподільчої системи з орендованою інфраструктурою для вибору раціональної стратегії управління запасами та формування ефективної топологічної структури.

Результати дослідження можуть бути використані для удосконалення роботи виробничих, транспортних та торгівельних підприємств та організацій.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – розробка раціональної структурно-технологічної схеми розподільчих систем для різних виробничих умов.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, РОЗПОДІЛЬЧИЙ ЦЕНТР, МОДЕЛЬ, ЛОГІСТИКА, ПОСТАЧАННЯ.

ABSTRACT

Musatenko O.V. Monocentric design of the structural and technological scheme of the distribution supply chain. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article is devoted to highlighting the results of the optimization of structural and technological scheme of the distribution supply chain of leased infrastructure.Object of study - the delivery of goods hierarchical distribution systems.

Object of research - process delivery of goods in hierarchical distribution systems.

Purpose of the study - develop a procedure for optimizing structural and technological scheme of the distribution supply chain of leased infrastructure.

Methods of the study: Methods of Operations Research to solve optimization problems, provision of economic theory to establish the costs in the supply of goods with the use of compositions.

In the study is based on theoretical work of the author optimization hierarchical structural and technological scheme of the distribution supply chain. A distinctive feature of this publication is to consider the previous system of supply of leased infrastructure, which led to clarification of certain components of costs of the entire system. It is shown that the use of the rented infrastructure is possible simple analytical solution optimize system parameters.

The proposed design procedure monocentric structural and technological scheme of the distribution supply chain was tested at the company "Trading House" Bridge Express" in Kyiv and proved the optimal parameters of the distribution subsystem company.

According to expert estimates specialists implementation procedures for the formation of a hierarchical distribution system deliveries in small lots will reduce transportation costs of production by 5 - 10%.

Therefore, the mathematical model of the supply of goods to describe the patterns of distribution system operation from leased infrastructure for the rational strategy of inventory control and efficient formation of topological structures.

Results of the study can be used for improvement of production, transportation and trade enterprises and organizations.

Projected assumptions about the object of study - the rational development of structural and technological scheme of distribution systems for different operating conditions.

KEY WORDS: TRANSPORTATION, EFFICIENCY, DISTRIBUTION CENTERS, MODELS, LOGISTICS, SUPPLY.

РЕФЕРАТ

Мусатенко Е.В. Проектирование моноцентрической структурно-технологической схемы распределительной системы поставок товаров / Е.В. Мусатенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Статья посвящена освещению результатов оптимизации структурно-технологической схемы распределительной системы поставки товаров с арендованной инфраструктурой.

Объект исследования - процессы поставки товаров в иерархических распределительных системах.

Цель работы - разработать процедуру оптимизации структурно-технологической схемы распределительной системы поставки товаров с арендованной инфраструктурой.

Методы исследования. Методы исследования операций для решения оптимизационных задач, положения экономической теории для установления расходов в процессе поставки товаров с использованием системы складов.

В основу работы положены теоретические наработки автора по оптимизации иерархической структурно-технологической схемы распределительной системы поставки товаров. Отличительной особенностью данной публикации от предыдущих является рассмотрение системы поставок с арендованной инфраструктурой, что побудило к уточнению отдельных составляющих затрат на функционирование всей системы. Показано, что в случае использования арендованной

инфраструктуры возможным становится простое аналитическое решение задачи оптимизации параметров системы.

Предложенная процедура проектирования моноцентрической структурно-технологической схемы распределительной системы поставки товаров была апробирована на базе предприятия «Торговый Дом «Мост Экспресс» в г. Киеве и показала оптимальность параметров распределительной подсистемы предприятия.

По экспертным оценкам специалистов внедрение процедуры формирования иерархической распределительной системы поставок продукции мелкими партиями позволит уменьшить себестоимость перевозок продукции на 5 - 10%.

Таким образом, разработанная математическая модель процесса поставок товаров позволяет описать закономерности функционирования распределительной системы с арендованной инфраструктурой для выбора рациональной стратегии управления запасами и эффективной топологической структуры.

Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования работы производственных, транспортных и торговых предприятий и организаций.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - разработка рациональной структурно-технологической схемы распределительных систем для различных производственных условий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПЕРЕВОЗКИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ, МОДЕЛЬ, ЛОГИСТИКА, СНАБЖЕНИЕ.

АВТОР:

Мусатенко О.В., Національний транспортний університет, e-mail: imusatenko72@mail.ru, тел. +380504626487, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

AUTHOR:

Mysatenko E.V., postgraduate, National Transport University, e-mail: imusatenko72@mail.ru, tel. +380504626487, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str. 1.

АВТОР:

Мусатенко Е.В., Национальный транспортный университет, e-mail: imusatenko72@mail.ru, тел. +380504626487, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Оксіюк О.Г., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації, Київ, Україна.

Данчук В.Д., доктор фіз.-мат. наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри електроніки та обчислювальної техніки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Oksiyuk O.G., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Kyiv National University of Taras Shevchenko, Head of the cyber security and information protection department, Kyiv, Ukraine.

Danchuk V.D., Ph.D, Phys.-Math (Dr.) National Transport University, Head of Department of Electronics and Computer Science, Kyiv, Ukraine.

УДК 678.742.046: 541.14
UDC 678.742.046: 541.14

ОТРИМАННЯ НАНОКОМПОЗИТІВ СУМІСНИМ ДИСПЕРГУВАННЯМ ПОЛІЕТИЛЕНУ І КАРБІДІВ МЕТАЛІВ ТА ЇХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Мустяца О.Н., кандидат хімічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Гордієнко В.П., доктор хімічних наук, Інститут природньо-технічних систем РАН, Сочі, Росія
Ковальова Г.М., Інститут природньо-технічнихсистем РАН, Сочі, Росія

PREPARATION OF POLYETHYLENE NANOCOMPOSITES JOINT DISPERSING CARBIDES AND METALS AND THEIR PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

Mustyatsa O.N., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Gordienko V.P., Ph.D., Institut of Natural and Technical Systems of RAS, Sochi, Russi
Kovalyeva G.N., Institut of Natural and Technical Systems of RAS, Sochi, Russia

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ СОВМЕСТНЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНА И КАРБИДОВ МЕТАЛЛОВ И ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Мустяца О.Н., кандидат химических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Гордиенко В.П., доктор химических наук, Институт природно-технических систем РАН, Сочи, Россия
Ковалёва Г.Н., Институт природно-технических систем РАН, Сочи, Россия

Постановка проблеми. Останнім часом все більша увага приділяється дослідженням композиційних полімерних матеріалів, основу яких складають термопласти. До таких матеріалів, впершу чергу, відносяться полімери, що містять дисперсні наповнювачі неорганічної природи, в тому числі нанорозмірні добавки. Інтерес до композиційних матеріалів на основі термопластів обумовлений головним чином легкістю їх переробки у вироби всіма відомими способами.

Найбільш поширеними термопластами є поліолефіни, більшість яких належить до типових полімерів, що кристалізуються. Завдяки доступності сировинної бази, поліолефіни займають провідне місце в світовому виробництві полімерних матеріалів. Поліолефіни мають ряд цінних властивостей, таких, як низьке значення щільності, вологопоглинання і газопроникність, високі діелектричні показники і хімічна стійкість, що дозволяє використовувати вироби з цих полімерів в електротехнічній, радіотехнічній та хімічної промисловості, транспортному та дорожньому будівництві, медицині і ряді інших областей. Однак, як матеріали конструкційного призначення поліолефіни мають обмежене застосування внаслідок невисоких фізико-механічних характеристик (твердості, міцності, зносостійкості і ін.).

Ефективними способами модифікування поліолефінів є: введення наповнювачів неорганічної природи, особливо нанорозмірних добавок, і створення сітчастої (зшитої) структури композиційних матеріалів. Введення нанорозмірних добавок неорганічної природи в термопластичні полімери може бути здійснено, в основному, методом прямого змішування добавок з розплавом полімеру або механохімічно шляхом спільного диспергування компонентів з подальшою переробкою наповненого розплаву.

Одним з найбільш перспективних аспектів механохімічного впливу на термопластичні матеріали, що містять добавки неорганічної природи, слід вважати зміну структури і властивостей отриманих композиційних матеріалів. Найбільш ефективно таке модифікування відбувається при вальцюванні і вібропомелі термопластичних систем [1].

У більш ранніх роботах [2] було встановлено, що при вібраційному подрібненні ряду неорганічних речовин в присутності деяких мономерів відбувається їх полімеризація. При цьому здійснюється хімічне щеплення макромолекул на поверхні дисперсних частинок неорганічних субстратів [2, 3]. Така взаємодія можлива в наслідок утворення макрорадикалів при механічній деструкції компонентів системи: полімер-неорганічна добавка [4, 5]. В роботі [6] показано, що при спільному диспергуванні поліетилену з сажею методом вібропомелу можлива кополімеризація цих

компонентів з утворенням більш еластичного продукту в порівнянні з механічною сумішшю поліетилену і сажі.

Раніше нами було показано [7], що введення в розплав лінійного поліетилену нанорозмірних карбідів силіцію, титану і молібдену супроводжується зміною молекулярної і кристалічної структури композицій, що знайшло своє відображення на зміні термомеханічних властивостей, підвищенні твердості і теплостійкості термопластичних матеріалів.

У даній роботі досліджено вплив спільного диспергування лінійного поліетилену і дисперсних карбідів на структуру (на різних рівнях її організації), твердість і фрикційні властивості отриманих термопластичних матеріалів.

Об’єкти і методи дослідження. Об'єктом дослідження служив порошкоподібний поліетилен високої щільності (ПЕВЩ) (середнєв’язкістна молекулярна маса $9,5\times10^4$, ступінь кристалічності 54%). Як добавки використовували дисперсні карбіди силіцію, титану і молібдену (розмір часток 3-10 мкм, питома поверхня <20 $м^2/г$). Для порівняння був також використаний нанорозмірний карбід силіцію, який найбільш ефективно впливає на структуру і властивості лінійного поліетилену [7].

Спільне диспергування ПЕВЩ і всіх зазначених карбідів здійснювали за допомогою лабораторного ексцентриковоговібромлина [8] при кімнатній температурі за методикою, аналогічною викладеній в роботах [2, 6]. Добавки карбідів в ПЕВЩ становили 0,2-7,0% (об).

З композицій, отриманих спільним диспергуванням і гомогенізацією розплаву полімеру з добавками карбідів в пластографе Брабендера (40 хв. при 453 К), методом гарячого пресування (тиск 35 МПа при температурі 443 К протягом 20 хв.) виготовлялися зразки для дослідження структури і властивостей матеріалів. За аналогічним режимом оброблявся полімер, який не містить добавок карбідів. Визначення вмісту гель-фракції (зшитих макромолекул) і кількості прищепленого полімеру на частинках карбідів проводилося шляхом екстракції незв'язаних макромолекул ПЕВЩ і вільних частинок карбідів киплячим толуолом до постійної маси залишку таким же чином, як і в роботі [7]. Рентгенографічне дослідження кристалічної структури зразків ПЕВЩ (ступінь кристалічності і висота складки кристалітів) здійснювали на дифрактометрі ДРОН-3. Твердість матеріалів визначалася по Брінеллю згідно ГОСТ 4870-91.

Фрикційні властивості зразків ПЕВЩ досліджували на машині для випробування матеріалів на тертя і знос МІ-1М. В якості контртіла служив сталевий диск (твердість по Роквеллу HRA = 80). Визначення зносостійкості і коефіцієнту тертя проводилося при питомому навантаженні на зразки поліетилену 12,4 МПа і швидкості обертання сталевого диска 7 об/с. Фіксувався масовий знос після кожного кілометра шляху тертя. Характер зносу зразків поліолефінів оцінювався по виду поверхонь, що стираються, на металографічному мікроскопі МІМ-8М в косому освітленні в напрямку перпендикулярному руху контртіла.

Експериментальна частина і обговорення результатів. Вплив добавок дисперсних карбідів на молекулярну структуру ПЕВЩ можна встановити за кількістю щепленого полімеру на частинках добавок і вмістом гель-фракції в композиціях, що не піддавалися і піддавалися спільному диспергуванню компонентів, таким же чином, як були визначені ці параметри в роботі [7] для систем: ПЕВЩ - нанорозмірні карбіди. Для композицій ПЕВЩ, що містять вихідні дисперсні карбіди (SiC-д, TiC-д, MoC-д), і які не піддавалися спільному диспергуванню з полімером, кількість щеплених макромолекул ПЕВЩ і вміст гель-фракції досить незначний -2-5%. У той же час після спільного диспергування ПЕВЩ і вихідних дисперсних карбідів Si, Ti і Mo спостерігається ефективне щеплення макромолекул полімеру з поверхнею частинок карбідів і утворення просторової сітки, що обумовлюють гель-фракції в композиційних матеріалах (табл. 1).

Таблиця1 - Вплив концентрації добавок (φ) карбідів Si, Ti, Mo на кількість привитого полімеру (P) і вміст гель-фракції (G) в композиціях після сумісного диспергування компонентов

マ 瑩瑟褪嘉 婧嗡・眞и	ト 鬜略・	・, %		
		1,0	3,0	7,0
P, %	SiC-н	18	22	35
	SiC-д	20	25	36
	TiC-д	19	23	34
	MoC-д	18	21	33
G, %	SiC-н	14	18	28
	SiC-д	16	21	31
	TiC-д	14	18	30
	MoC-д	12	17	28

Після спалювання гель-фракції при температурі 873 К встановлено, що кількість прищепленого полімеру зростає з підвищенням концентрації нанорозмірних карбідів, досягаючи 33-36% в залежності від їх природи, при 7% вмісті добавок. Подібна тенденція дотримується принаявності гель-фракції ПЕВЩ в цих композиціях. Причому, вміст гель-фракції ПЕВЩ у всіх випадках нижче, ніж кількість прищепленого полімеру на частинках карбідів, а ефективність цих процесів має тенденцію до зниження в ряду: SiC-д> TiC-д> MoC-д.

Максимальні значення щепленого полімеру і гель-фракції (P = 36%,G = 31%) спостерігаються для ПЕВЩ, що містить 7% дисперсного SiC-д. Такі значення щепленого полімеру і вмісту гель-фракції не досягаються навіть при введенні в ПЕВЩ такої ж кількості нанорозмірного карбіду силіцію.

Крім цього, спільне диспергування ПЕВЩ з нанорозмірним карбідом силіцію (SiC-н) показує більш низькі значення P і G в інтервалі концентрацій добавки 1,0 - 7,0% в порівнянні з цими параметрами композицій після спільного диспергування систем: ПЕВЩ - дисперсний SiC -д. Такі зміни в молекулярній структурі композицій ПЕВЩ, що містять карбіди, в процесі спільного диспергування компонентів можуть бути обумовлені утворенням більш дрібних, аж до нанорозмірних, частинок карбідів, що володіють свіжеутвореною поверхнею. Мабуть, при вібропомелі ПЕВЩ з карбідами вище температури склування і нижче температури плавлення полімеру відбувається хімічне щеплення макромолекул на свіжій поверхні частинок карбідів. Цей ефект може посилюватися в процесі подальшого термомеханічного впливу в розплаві ПЕВЩ з утворенням просторової сітки полімеру, що включає хімічно щеплені частки карбідів [7].

В одній з ранніх робіт [9] було зроблено припущення, що кристалізація лінійного ПЕВЩ може початися з макромолекул, хімічно пов'язаних з поверхнею твердих дисперсних частинок, зокрема діоксиду титану. В роботах [7, 10, 11] це припущення було доведено при кристалізації лінійного ПЕВЩ з нанорозмірними частинками карбідів, диоксидів силіцію і титану, дисульфіду молібдену. У даній роботі вплив спільного диспергування полімеру і карбідів на параметри кристалічної структури ПЕВЩ наведений в табл. 2.

Таблиця 2 - Вплив концентрації добавок (φ) карбідів на параметри кристалічної структури ПЕВЩ: чисельник – без сумісного; знаменник – після сумісного диспергування компонентів

Параметри структури	Добавка	φ, %		
		1,0	3,0	7,0
K, %	SiC-н	64 / 66	63 / 65	61 / 62
	SiC-д	56 / 68	54 / 66	52 / 64
	TiC-д	56 / 67	54 / 65	52 / 63
	MoC-д	54 / 65	53 / 63	52 / 60
L_{002},нм	SiC-н	23,0 / 24,0	23,0 / 24,0	22,0 / 23,0
	SiC-д	21,0 / 24,5	20,5 / 23,0	20,0 / 22,0
	TiC-д	20,5 / 23,0	20,0 / 22,5	19,5 / 21,5
	MoC-д	20,5 / 22,5	20,0 / 22,0	19,0 / 21,0
Примітка: φ – концентрація добавок, К – ступінь кристалічності (вих. ПЕВЩ – 54 %), L_{002} – висота складки кристалітів (вих. ПЕВЩ – 20,0 нм)				

Видно, що спільне диспергування ПЕВЩ, що містить SiC-н, мало впливає на параметри кристалічної структури полімеру. В обох випадках для систем ПЕВЩ - SiC-н ступінь кристалічності і висота складки кристалітів полімеру підвищують свої значення в області концентрацій добавки карбіду 0,5 -1,0% найбільш ефективно, а при збільшенні вмісту SiC-н до 7% зазначені параметри дещо знижуються, не доходячи до значень вихідного полімеру. Практично SiC-н в диспергованому і недиспергованому з ПЕВЩ вигляді грає роль структурно - активного наповнювача [12]. Вихідні дисперсні карбіди Si, Ti і Mo такими наповнювачами не є (табл. 2).

У той же час, при кристалізації полімеру в присутності добавок карбідів силіцію, титану і молібдену, диспергованих з ПЕВЩ, відбувається одночасне підвищення ступеня кристалічності полімеру і висоти складки його кристалітів. Найбільш ефективне збільшення параметрів кристалічної структури ПЕВЩ спостерігається при вмісті 1,0% добавок карбідів в полімері. Підвищення вмісту карбідів кілька знижує ефективність впливу цих частинок на кристалічну структуру ПЕВЩ.

За ефективністю впливу на кристалічну структуру поліетилену, дисперговані з полімером карбіди розподіляються в такій послідовності: SiC-д> TiC-д> MoC-д, що корелює зі ступенем щеплення макромолекул ПЕВЩ на поверхні частинок добавок і вмістом гель-фракції полімеру (порівняння табл. 1 і 2).

Так, максимальне збільшення ступеня кристалічності (на 14%) і висоти складки кристалітів (на 4,5 нм) має місце в зразках ПЕВЩ, що містить 1,0% диспергованого SiC-д. Мабуть, дія частинок карбідів як ініціаторів кристалізації ПЕВЩ реалізується тільки в разі хімічного щеплення макромолекул з поверхнею частинок добавок. Ініціатори кристалізації сприяють утворенню більш термодинамічно рівноважної і досконалої кристалічної структури полімеру. Слід також врахувати, що диспергованні частинки карбідів можуть бути порівнянні з висотою складки кристалітів ПЕВЩ. Це в значній мірі має впливати на кінетику і термодинаміку кристалізації полімеру і його надмолекулярну структуру. Підвищення в полімері вмісту гель-фракції (зшитих макромолекул), що локалізуються в аморфних областях ПЕВЩ, повинно ускладнювати кристалізацію термопластичного матеріалу, що і спостерігається при збільшенні концентрації карбідів в полімері (табл. 1, 2).

Порівнюючи дані табл. 2 і результати табл. 3 роботи [7] можна бачити, що диспергованні з ПЕВЩ карбіди Si, Ti і Mo не поступаються за ефективністю модифікування кристалічної структури полімеру в порівнянні з нанорозмірними частинками тих же карбідів.

Зміна молекулярної і кристалічної структури ПЕВЩ, які мали місце під час спільного диспергування полімеру з карбідами, знайшли також своє відображення в зміні твердості термопластичних матеріалів (рис. 1). Твердість термопластичних матеріалів при вмісті карбідів до 1,0% різко зростає, особливо для SiC-н - на 26 - 28 МПа, що обумовлено більш високими параметрами кристалічної структури ПЕВЩ (табл. 2). Подальше збільшення вмісту карбідів в полімері до 7% підвищує значення твердості термопластичних матеріалів менш значно - на 7 - 8 МПа, не дивлячись на деяке зниження параметрів кристалічної структури ПЕВЩ (табл. 2). Такий ефект найімовірніше пов'язаний з тим, що при підвищенні вмісту карбідів в полімері, в збільшенні твердості композиційних матеріалів позначається наявність зшитих макромолекул, хімічно прищеплених до поверхні високодисперсних частинок, які концентруються, в основному, в аморфних ділянках термопласта, що кристалізується.

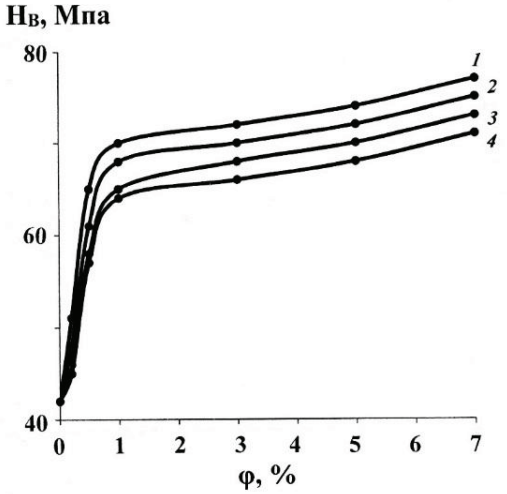


Рисунок 1 -Залежність твердості по Брінеллю (H_B) матеріалів від вмісту (φ) карбідів: SiC-н (1), SiC-д (2), TiC-д (3), MoC-д (4)

Цей внесок в підвищення твердості термопластичних матеріалів виявляється більш значущим, ніж деяке зниження параметрів кристалічної структури ПЕВЩ, тому що пов'язаний з армуючим впливом аморфних областей полімерів, що кристалізуються [12].

Цікавим є вплив твердості композиційних матеріалів на основі ПЕВЩ, що містять карбіди, на їх зносостійкість. На існування такого зв'язку між зносостійкістю і твердістю для деяких полімерів вказувалося раніше [13, 14]. Виходячи зі значень твердості досліджуваних зразків поліетилену, була визначена зносостійкість матеріалів з добавками карбідів.

Видно (рис. 2), що зносостійкість досліджуваних матеріалів значно підвищується при введенні в полімер карбідів.

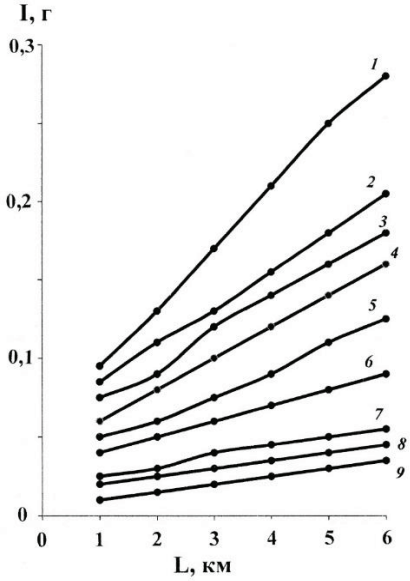


Рисунок 2 - Залежність зносостійкості ПЕВЩ від шляху тертя при вмісті карбідів: вих. ПЕВЩ (1), МоС-д (2,6), TiC-д (3,7), SiC-д (4,8), SiC-н (5,9),3об.% (2,3,4,5), 7об.% (6,7,8,9)

Це явище відбувається як при малих, так і великих концентраціях добавок неорганічної природи. Причому, чим вище концентрація карбідів в полімері, тим їх знос менше. Мабуть, підвищенню зносостійкості поліетилену при введенні малих концентрацій (до 1,0 об.%) карбідів сприяє виключно збільшення ступеня кристалічності, висоти складки кристалітів полімеру і, як наслідок, підвищення їх твердості. При наявності в полімері понад 1,0 об. % карбідів, незважаючи на деяке зменшення їх ступеня кристалічності і досконалості кристалітів, зносостійкість матеріалів продовжує зростати. Введення в поліетилен 7,0 об. % карбідів призводить до мінімального зносу матеріалів при стиранні їх по сталі.

Характерна зміна зносостійкості ПЕВЩ з добавками карбідів різної природи в залежності від їх концентрації. На рис. 3*а* показаний фіксований масовий знос зразків ПЕВЩ після 6 км шляху тертя по сталевому диску.

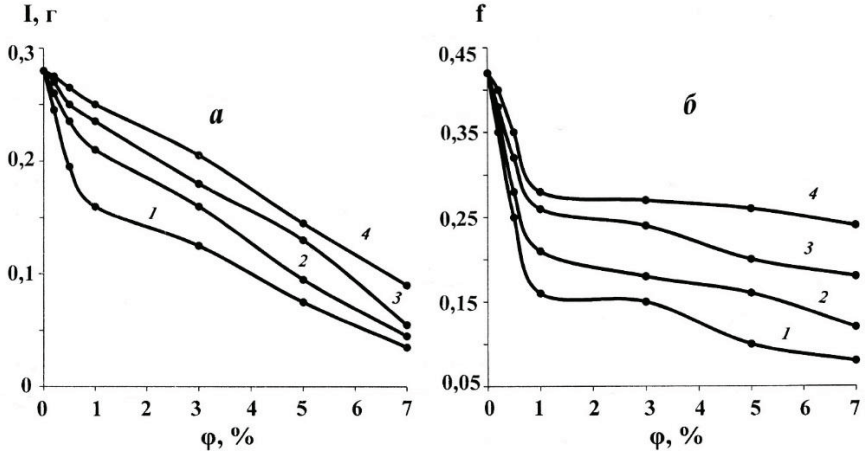


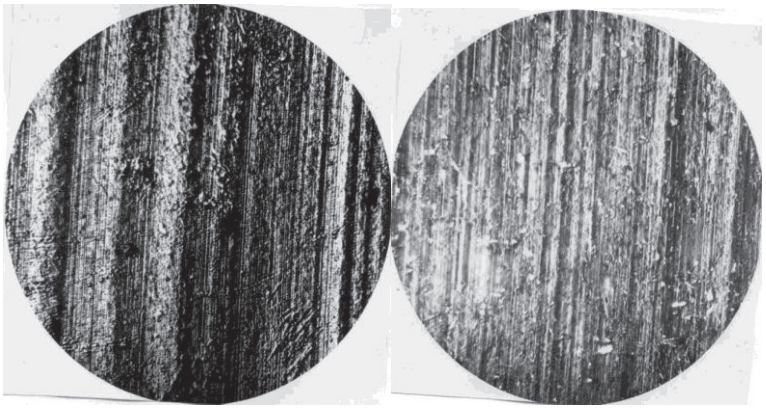
Рисунок 3 - Залежність зносу (I) (а) і коефіцієнту тертя ковзання (f) (б) ПЕВЩ від вмісту (φ) добавок: SiC-н (1), SiC-д (2), TiC-д (3), МоС-д (4)

Присутність в поліетилені високої щільності карбідів супроводжується при стиранні по сталевому диску зниженням зносу матеріалів при вмісті в них зазначених добавок всього 0,2-1,0 об. %, більш значуще для SiC. Більш високі концентрації в полімері вже в меншій мірі впливають на знос композиційних термопластичних матеріалів. Коефіцієнт тертя цих матеріалів має таку ж залежність від вмісту високодисперсних добавок карбідів. Для перетворення вихідного ПЕВЩ в антифрикційні матеріали (коефіцієнт тертя по сталі повинен бути менше 0,3) достатньо присутності в полімері до 1,0 об. % карбідів (рис. 3*б*). Видно також, що зносостійкість композиційних матеріалів підвищується, а коефіцієнт тертя знижується в ряду добавок: МоС-д <TiC-д <SiC-д <SiC-н. При 6 км шляху тертя зазначені параметри змінюються, відповідно, в 3-7 і 2-5 разів.

Відомо [13, 14], що в залежності від складу композиційних полімерних матеріалів змінюється характер зносу цих матеріалів, який в свою чергу залежить від співвідношення таких більш простих фізико-механічних характеристик, як коефіцієнт тертя і твердість. Раніше було показано [14], що є два основних види зносу полімерних матеріалів: абразивний і втомний. Абразивний знос здійснюється в результаті мікрорізання поверхні матеріалу. При цьому відділення частинок полімерного матеріалу відбувається за один або кілька актів деформування поверхні. Втомний знос відбувається за рахунок багаторазового деформування поверхні матеріалу виступами контртіла.

При оцінці характеру зносу по виду поверхні полімерного матеріалу після стирання абразивний знос проявляється у вигляді смуг, паралельних напрямку ковзання. Втомний знос дає картини еластичних зламів і смуг, перпендикулярних напрямку руху. В даному випадку для всіх зразків поліетилену, що містять карбіди характер зносу був абразивний.

Як приклад на рис. 4 показані оптико - мікроскопічні фотографії поверхні зразків вихідного ПЕВЩ і ПЕВЩ, що містить 3 об. % SiC-д після 6 км шляху тертя по сталевому диску.



а ***б***

Рисунок 4 - Оптико-мікроскопічні фотографії поверхнізразків вихідного ПЕВЩ(а) і, ПЕВЩ, щовміщує 3об.% SiC-д (б) після стирання по сталі (х200, рух по вертикалі)

Для всіх досліджених зразків ПЕВЩ, що містять карбіди, характер зносу був аналогічний. Мабуть, такий характер зносу термопластичних нанокомпозитів обумовлений різким підвищенням твердості матеріалів при вмісті в ПЕВЩ до 1об. % добавок карбідів і збереженням цієї характеристики з деяким збільшенням в діапазоні концентрацій 1-7 об. % (рис. 1).

Висновки. Вплив добавок карбідів на знос ПЕВЩ добре узгоджується зі змінами в структурі полімеру, твердістю і коефіцієнтом тертя матеріалів. Високодисперсні частки карбідів роблять помітний вплив на зміну молекулярної і надмолекулярної структури лінійного ПЕВЩ. Особливо слід відзначити можливість хімічної взаємодії на границі розділу ПЕВЩ-карбіди при введенні добавок в полімер внаслідок механохімічних процесів [1]. Таку взаємодію було помічено раніше [6, 7, 9-11] для лінійного ПЕВЩ, що містить дисперсні домішки сажі, діоксиду титану, силіцію, дисульфіду молібдену. Механізм впливу хімічної взаємодії ПЕВЩ з карбідами на фрикційні властивості композиційних матеріалів пояснюється наступним чином. Щеплення макромолекул з твердою поверхнею карбідів супроводжується сприятливими умовами кристалізації ПЕВЩ, що призводить до підвищення твердості термопластичних матеріалів і в результаті до позитивної зміни його зносостійкості і коефіцієнту тертя. Практично мінімальний знос і коефіцієнт тертя полімерних матеріалів відповідають максимальному підвищенню їх твердості.

З огляду на важливість міцної зв'язку на кордоні розділу полімер - неорганічна добавка при створенні полімерних композиційних матеріалів, результати даної роботи слід використовувати при розробці антифрикційних матеріалів на основі термопластів, що кристалізуються. Найбільш ефективною зміною структури термопластичних матеріалів при спільному диспергуванні компонентів є утворення «монолітних композитів», які базуються на утворенні своєрідних «мінерально-органічних кополімерів» [1]. Такі гібридні нанокомпозити мають унікальні властивості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений /Н.К.Барамбойм. - М.: Химия, -1978. 384 с.

2. Платэ Н.А. Полимеризация некоторых мономеров при диспергировании неорганических веществ /Н.А. Платэ,В.В.Прокопенко,В.А. Каргин// Высокомолекулярные соединения. -1959. - №11. - С.1713-1720.

3. Каргин В.А. О химической прививке на кристаллических поверхностях / В.А. Каргин, Н.А. Платэ // Высокомолекулярные соединения. -1959. №2. -С.330-331.

4. Бутягин П.Ю.Об образовании макрорадикалов при механической деструкции застеклованных полимеров / П.Ю.Бутягин, А.А.Берлин, А.Э.Калмансон, Л.А.Блюменфельд // Высокомолекулярные соединения. -1959. - №6. -С.865-868.

5. Милинчук В.К. Макрорадикалы /В.К.Милинчук, Э.Р.Клиншпонт,С.Я.Пшежецкий. - М.: Химия, -1980. - 264 с.

6. Каргин В.А. О структуре и свойствах продукта совместного диспергирования полиэтилена и сажи /В.А. Каргин, Н.А. Платэ, В.Г.Журавлева, В.П.Шибаев // Высокомолекулярные соединения. - 1961. - №4. -С.650-654.

7. Гордиенко В.П. Механохимическое модифицирование структуры и физико-механических свойств полиэтилена, содержащего карбиды Si, Ti и Mo / В.П.Гордиенко, О.Н.Мустяца, Г.Н.Ковалёва // Украинский химический журнал. -2016.Т. 82, №2. -С.124-128.

8. Аронов М.Н. Лабораторная эксцентриковая вибромельница /М.Н.Аронов // Приборы и техника эксперимента. -1959. №1. -С.153-154.

9. Акутин М.С. О механизме взаимодействия структурообразователей с кристаллическими полимерами / М.С.Акутин, Г.М.Озеров, В.А. Каргин // Пластические массы. -1966. - №12. -С.32-33.

10. Гордиенко В.П., Мустяца О.Н., Сальников В.Г. Влияние дисперсности частиц неорганической добавки на структуру и свойства линейного полиэтилена /В.П.Гордиенко, О.Н.Мустяца, В.Г.Сальников// Пластические массы. -2007. - №12. -С.11-13.

11. Гордиенко В.П. Позитивное модифицирование композиционных термопластичных материалов под воздействием агрессивных факторов – новое научное направление в полимерном материаловедении /В.П.Гордиенко // Энциклопедия инженера-химика. -2010. - №11. -С.6-12; - №12. -С.2-6.

12. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры /В.П.Соломко. -Киев: Наукова думка, -1980. - 264с.

13. Ратнер С.Б.Связь износа с другими механическими свойствами пластмасс /С.Б.Ратнер, И.И.Фарберова, О.В.Радюкевич, Е.Г.Лурье // Пластические массы. -1963. №7. -С.38-42.

14. Фарберова И.И. Влияние наполнения и пластификации на износостойкость пластмасс /И.И.Фарберова, С.Б.Ратнер// Пластические массы. -1967. №4. -С.68-71.

REFERENCES

1. Baramboym N.K. Mechanochemistry macromolecular compounds / N.K. Baramboym. - M.: Chemistry, -1978. 384 p.(Rus)

2. Plate N.A. The polymerization of some monomers by dispersing inorganic substances / N.A. Plate, V.V. Prokopenko, V.A. Kargin // Macromolecular compounds. - 1959. - № 11. - P. 1713-1720. (Rus)

3. Kargin V.A. About chemical grafting on the crystal surface / V.A. Kargin, N.A. Plate // Macromolecular compounds. - 1959. № 2. - P. 330-331. (Rus)

4. Butyagin P.Y. On education at macro- mechanical degradation of polymers vitrified / P.Y. Butyagin, A.A. Berlin, A.E. Kalmanson, L.A. Blumenfeld // Macromolecular compounds. - 1959. - № 6. - P. 865-868. (Rus)

5. Milinchuk V.K. Macroradicals / V.K. Milinchuk, E.R. Klinshpont, S.J. Pshezhetsky. - M.: Chemistry, - 1980. - 264 p. (Rus)

6. Kargin V.A. The structure and properties of the product of the joint dispersion of polyethylene and carbon black / V.A. Kargin, N.A. Plate, V.G. Zhuravlev, V.P. Shibayev // Macromolecular compounds. - 1961. - № 4. - P. 650-654. (Rus)

7. Gordienko V.P. Mechanochemical modification of the structure and physico-mechanical properties of polyethylene containing carbides Si, Ti and Mo / V.P. Gordienko, O.N. Mustyatsa, G.N. Kovaleva // Ukrainian Chemical Journal. - 2016. T. 82, № 2. - P. 124-128. (Rus)

8. Aronov M.N. Laboratory eccentric vibration mill / M.N. Aronov // Instruments and Experimental Techniques. - 1959. № 1. - P. 153-154. (Rus)

9. Akutin M.S. On the mechanism of interaction with builders crystalline polymers / M.S. Akutin, G.M. Ozerov, V.A. Kargin // Plastics. - 1966. - № 12. - P. 32-33. (Rus)

10. Gordienko V.P. Effect of particle dispersion of inorganic additives on the structure and properties of LLDPE / V.P. Gordienko, O.N. Mustyatsa, V.G. Salnikov // Plastics. - 2007. - № 12. - P. 11-13. (Rus)

11. Gordienko V.P. Positive inoculation composite thermoplastic materials under the influence of aggressive factors - a new scientific direction in polymer materials science / V.P. Gordienko // Encyclopedia of Chemical Engineering. - 2010. - № 11. - P. 6-12; - № 12. - P. 2-6. (Rus)

12. Solomko V.P. Stuffed crystallizing polymers / V.P. Solomko. - Kiev: Naukova Dumka, - 1980. - 264 p. (Rus)

13. Ratner S.B. Contact wear with other mechanical properties of plastics / S.B. Ratner, I.I. Farberova, O.V. Radyukevich, E.G. Lurie // Plastics. - 1963. № 7. - P. 38-42. (Rus)

14. Farberova I.I. Influence of filling and plasticizing the durability of plastics / I.I. Farberova, S.B. Ratner // Plastics. - 1967. № 4. - P. 68-71. (Rus)

РЕФЕРАТ

Мустяца О.Н.Отримання нанокомпозитів сумісним диспергуванням поліетилену і карбідів металів та їх фізико-механічні властивості / О.Н. Мустяца, В.П. Гордієнко, Г.М. Ковальова // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті проведено дослідження структури, твердості і фрикційних властивостей (стирання по сталі) термопластичних нанокомпозитів на основі лінійного поліетилену і карбідів, отриманих спільним диспергуванням компонентів при вібропомелі.

Об'єкт дослідження - продукт спільного диспергування лінійного поліетилену і дисперсних карбідів силіцію, титану і молібдену.

Мета дослідження - виявлення ролі спільного диспергування полімеру, щокристалізується, з дисперсними карбідами у формуванні структури і властивостей композиційних термопластичних матеріалів.

Метод дослідження - зразки для дослідження виготовлялися спільним диспергуванням порошкоподібного поліетилену і дисперсних карбідів на ексцентриковому вібромлині з подальшою гомогенізацією розплаву полімеру з добавками і гарячим пресуванням зразків. Структура термопластичних матеріалів досліджувалася методами гель-золь-аналізу і рентгенографії. З отриманими матеріалами проводили термомеханічний аналіз, а також визначали твердість по Брінеллю і фрикційні властивості.

Результати дослідження полягають у тому, що вперше експериментально показано вплив спільного диспергування полімеру, що кристалізується, і дисперсних карбідів на молекулярну і надмолекулярну структуру композиційних термопластичних матеріалів і їх фізико-механічні властивості.

Область застосування - результати даного дослідження слід використовувати при отриманні полімерних виробів з термопластів, що кристалізуються і які знаходять широке застосування, в тому числі, транспортному і дорожньому будівництві, для підвищення їх фізико-механічних властивостей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЛІНІЙНИЙ ПОЛІЕТИЛЕН, КАРБІДИ, СПІЛЬНЕ ДИСПЕРГУВАННЯ, СТРУКТУРА, ТВЕРДІСТЬ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ.

ABSTRACT

Mustyatsa O.N., Gordienko V.P., Kovaleva G.N. Getting nanocomposites joint dispersion of polyethylene and metal carbides and their physical and mechanical properties. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the article the structure, hardness and frictional properties (abrasion on steel) of thermoplastic nanocomposites based on linear polyethylene and carbides, obtained by dispersing the components in a joint vibropomole.

Object of research - the joint product dispersion linear polyethylene and particulate silicon carbide, titanium, and molybdenum.

The purpose of research - the identification of the role of co-crystallizing polymer dispersion with dispersed carbides in the formation of structure and properties of composite thermoplastic materials.

The method of investigation - samples for study were made by dispersing powdered polyethylene joint and disperse carbides eccentric vibrating mill followed by homogenization of molten polymer with the additives and hot-pressed samples. Structure Thermoplastic materials was investigated by the sol-gel analysis and X-ray. With the obtained materials carried thermomechanical analysis, and determined Brinell and frictional properties.

Results of the study lies in the fact that for the first time experimentally demonstrated the effect of co-crystallizing polymer dispersion and dispersion of carbides at the molecular and supramolecular structure of composite thermoplastic materials and their physical and mechanical properties.

KEYWORDS: LINEAR POLYETHYLENE, CARBIDES, CO-DISPERSING STRUCTURE, HARDNESS, WEAR RESISTANCE.

РЕФЕРАТ

Мустяца О.Н. Получение нанокомпозитов совместным диспергированием полиэтилена и карбидов металлов и их физико-механические свойства / О.Н. Мустяца, В.П. Гордиенко, Г.Н. Ковалёва // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статьеисследованы структура, твёрдостьи фрикционныесвойства (истирание по стали) термопластических нанокомпозитов на основе линейного полиэтиленаи карбидов, полученных совместным диспергированием компонентов при вибропомоле.

Объект исследования - продукт совместного диспергирования линейного полиэтилена и дисперсных карбидов кремния, титана, и молибдена.

Цель исследования - выявление роли совместного диспергирования кристаллизующегося полимера с дисперсными карбидами в формировании структуры и свойств композиционных термопластичных материалов.

Метод исследования - образцы для исследования изготавливались совместным диспергированием порошкообразного полиэтилена и дисперсных карбидов на эксцентриковой вибромельнице с последующей гомогенизацией расплава полимера с добавками и горячим прессованием образцов. Структура термопластичных материалов исследовалась методами гель-золь-анализа и рентгенографии. С полученными материалами проводили термомеханический анализ, а также определяли твёрдость по Бринеллю и фрикционные свойства.

Результаты исследования заключаются в том, что впервые экспериментально показано влияние совместного диспергирования кристаллизующегося полимера и дисперсных карбидов на молекулярную и надмолекулярную структуру композиционных термопластичных материалов и их физико-механические свойства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЛИНЕЙНЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН, КАРБИДЫ, СОВМЕСТНОЕ ДИСПЕРГИРОВАНИЕ, СТРУКТУРА, ТВЁРДОСТЬ, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ.

АВТОРИ:

Мустяца Олег Никифорович, кандидат хімічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: oleg.mustyatsa@gmail.com, тел. 044-275-47-60, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

Гордієнко Валерій Пантелеймонович, доктор хімічних наук, професор, головний науковий співробітник, Інститут природньо-технічнихсистем РАН, тел. +7-918-300-23-20, Росія, 354000, Краснодарський край, м. Сочі, вул. Театральна, 8а.

Ковальова Галина Миколаївна, науковий співробітник, Інститут природньо-технічнихсистем РАН, тел. +7-918-300-23-20, Росія, 354000, Краснодарський край, м. Сочі, вул. Театральна, 8а.

AUTHOR:

Mustyatsa Oleg N., Ph.D., associate professor, National Transport University, professor department of road construction materials and chemistry, e-mail: oleg.mustyatsa@gmail.com, tel. 044-275-47-60, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str., 1.

Gordienko Valeriy P., Ph.D., Chemie (Dr.), Professor of Institute of Natural and Technical Systems of RussianAcademy of Sciences. Russia, 354000, Krasnodarskiy Region, Sochi, Teatralnaya St, 8a. +7-918-300-23-20.

Kovalyeva Galina N., research assistant, Institut of Natural and Technical Systems of RussianAcademy of Sciences. Russia, 354000, KrasnodarskiyRegion, Sochi, TeatralnayaSt, 8a. +7-918-300-23-20.

АВТОРЫ:

Мустяца Олег Никифорович, кандидат химических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры дорожно-строительных материалов и химии, e-mail: oleg.mustyatsa@gmail.com, тел. 044-275-47-60, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

Гордиенко Валерий Пантелеймонович, доктор химических наук, профессор, Институт природно-техническихсистем РАН, тел. +7-918-300-23-20, Россия, 354000, Краснодарский край,г. Сочи, ул. Театральная, 8а.

Ковалёва Галина Николаевна, научный сотрудник, Институт природно-техническихсистем РАН, тел. +7-918-300-23-20, Россия, 354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Театральная, 8а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Андрійко О.О., доктор хімічних наук, професор, Національний технічний університет “КПІ”, професор кафедри загальної та неорганічної хімії, Київ, Україна.

Березіна Н.О., кандидат хімічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, Київ, Україна.

REVIEWER:

Andriyko A.A., Ph.D., Chemie (Dr.), professor, Kyev National Taras Shevchenko University, professor, department of general and inorganic chemistry, Ukraine, 03056, Kyiv, Av. Peremogy, 37.

Berezina N.A., Ph.D., associate professor, NationalTransportUniversity, associate professor, department of road construction materials and chemistry, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.13
UDC 656.13

БІОЕТАНОЛ ЯК МОТОРНЕ ПАЛИВО: ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

Овчинніков Д.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

BIOETHANOL AS A MOTOR FUEL: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Ovchynnikov D.V., National transport university, Kyiv, Ukraine

БИОЭТАНОЛ КАК МОТОРНОЕ ТОПЛИВО: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Овчинников Д.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми у загальному вигляді. Транспортний сектор України є найбільшим споживачем світлих нафтопродуктів, більшу частину яких імпортують. Підвищення цін на паливо відображається на кінцевій вартості товарів та послуг, що ставить під загрозу економіку країни. Одним з напрямів зменшення залежності від імпортованих енергоносіїв є використання альтернативних видів палива. Серед таких найбільш перспективними є рідкі палива, виготовлені із органічної відновлюваної сировини.

Формування цілей статті.

- визначити можливості виробництва та використання біоетанолу;
- дослідити його вплив на показники токсичності та паливної економічності двигунів,
- дослідити найбільш ефективний спосіб застосування біоетанолу як моторного палива.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні ідея розширення паливної бази для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та зменшення залежності від викопних енергоносіїв шляхом застосування бензо-спиртових сумішей досить широко досліджена вітчизняними та іноземними авторами.

Біоетанол – це зневоднений етиловий спирт, вироблений із біологічної відновлюваної сировини. Він може бути вироблений із сировини, яка містить крохмаль або цукор шляхом бродіння, наприклад із зернових культур, картоплі, цукрового буряку або цукрової тростини. Також в якості сировини для його виробництва використовують продукти лісового господарства та деревооброблюваної промисловості.

В Україні виробництво біоетанолу можливе із кукурудзи та цукрових буряків. Попри великі посівні площі, що можуть бути виділені для вирощування кукурудзи, слід зауважити, що процес її збирання та переробки досить затратний та вимагає значного внесення мінеральних добрив, використання пестицидів, тому при виробництві біоетанолу з цієї культури слід вирішити ряд питань ресурсного забезпечення технологій для її вирощування [1].

Виробництво біоетанолу із цукрових буряків є більш перспективним, ніж з кукурудзи, так як потребує значно менше енергії, не потребує солоду або ферментних препаратів, частина яких в собівартості складає до 5%.

Також біоетанол можна отримувати шляхом переробки головної фракції етилового спирту, сувушного масла, конфіскатів, спиртовмісних відходів, тощо [1].

Біоетанол як моторне паливо має деякі відмінності у порівнянні з бензином:

- більш високе октанове число (ОЧ), яке складає 99 од. за моторним методом;
- містить в своєму складі кисень, завдяки чому необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива менша ніж для бензину та становить (9,0 кг/кг);
- більш широкі межі запалювання паливо-повітряної суміші від електричної іскри: максимальне значення коефіцієнту надміру повітря при використанні 95% біоетанолу становить 1,7;
- менше значення нижчої теплоти згоряння, що становить 25140-27000 кДж/кг;
- більша прихована теплота пароутворення, теоретичне зниження температури паливо-повітряної суміші при повному випаровуванні становить 98ºС;
- гігроскопічність [2].

В останні роки світове виробництво біоетанолу досить стрімко зросло, у порівнянні з іншими видами біопалив. За деякими оцінками [3] виробництво біоетанолу складає біля 85% від усього об’єму виробництва біопалив у світі. Найбільшими виробниками біоетанолу є США та Бразилія, динаміка світового виробництва біоетанолу за 2013-2015 роки показана у табл. 1. Також слід відмітити стрімке збільшення виробництва біоетанолу у країнах Європейського Союзу, де за даними дослідження станом на 1 лютого 2010 року працювало 50 заводів з виробництва біоетанолу та 20

знаходилося на стадії будівництва [3]. Збільшення об’ємів виробництва та використання біоетанолу в ЄС є наслідком реалізації європейської стратегії захисту навколишнього довкілля. Основними цілями цієї стратегії є зменшення викидів парникових газів та поступове заміщення палив нафтового походження на альтернативні джерела енергії та палива вироблені із відновлюваної сировини [3].

Біоетанол може бути використаний як самостійне паливо, але для цього необхідно вносити ряд змін до конструкції автомобіля, тому у найближчій перспективі застосування біоетанолу має місце як добавки до традиційного бензину.

Для сумішей бензину з біоетанолом прийнято використовувати наступні маркування: Е5, Е10, Е85. Літера Е від англ. «ethanol», цифрові індекси визначають відсотковий вміст (за об’ємом) етанолу у суміші з бензином.

Таблиця 1 – Світове виробництво біоетанолу 2013-2015 рр.[4]

		США	Бразилія	ЄС	Китай	Канада	Таїланд	Аргентина	Індія	інші
2015	млн. літрів	56046,8	26849,9	5250,4	3077,5	1650,4	1264,3	798,7	798,7	1480,1
2014	млн. літрів	54131,4	23431,7	5469,9	2403,7	1930,6	1173,5	605,6	586,7	3274,4
2013	млн. літрів	50345,9	23723,2	5189,8	2634,6	1979,8	-	-	2063,0	2752,0

Слід зазначити, що станом на 2017 рік, на паливному ринку України присутні сумішеві бензини із вмістом біоетанолу до 40% , Е40.

Так як фізико-хімічні властивості біоетанолу відрізняються від традиційного бензину, його використання так чи інакше змінює показники роботи ДВЗ, тому необхідно проаналізувати основні роботи проведені у даному напрямі.

Важливим показником моторного палива, що впливає на тепловий режим роботи ДВЗ та на його пускові якості, є теплота випаровування ($H_в$), для етанолу вона ($H_в$ = 1031 кДж/кг) в 3,24 рази більша, ніж для бензину (318,5 кдж/кг). Висока $H_в$ етанолу є причиною значного зниження температури паливо-повітряної суміші на впуску (на 98ºС), за умови повного випаровування етанолу. Це значно більше у порівнянні з бензином (19ºС). Таке значне зниження температури паливо-повітряної суміші за рахунок випаровування може привести до такого стану, коли температура суміші знизиться до -68ºС при початковій температурі +30ºС [2]. Перші роботи, метою яких було дослідити вплив даної особливості спиртового палива на роботу ДВЗ, провели в 1931 році у Науково дослідному інституті військово-повітряних сил. Випробування проведені на карбюраторному авіаційному двигуні з іскровим запалюванням, потужністю 400 к.с., ступенем стиснення ε=5,3. В результаті випробувань встановлено, що двигун працює на бензо-спиртових сумішах не гірше ніж на бензині, але потребує додаткового підігріву свіжого заряду при підвищеному вмісті спирту в бензині [5].

В наступний раз фундаментальним дослідженням питання застосування альтернативних почали займатися у 90-х роках вже XX сторіччя.

Масштабні для нашої країни випробування біоетанолу вітчизняного виробництва проведені у 1998-1999 роках, за участі ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Міністерства транспорту України (Міністерства інфраструктури) та УкрНДІНП «МАСМА» Міністерства палива та енергетики. В той час біоетанол мав назву високооктанова кисне-вмісна добавка до бензинів (ВКД). Як результат цих випробувань затверджено галузевий стандарт ГСТУ 320.00149943.015-2000 «Бензини моторні сумішеві. Технічні умови» згідно з яким вміст ВКД у сумішевих бензинах становить до 6% [6].

Для експериментальних досліджень застосовано дослідні зразки біоетанолу, на який пізніше розроблено ТУ У 30183376.001-2000 «Біоетанол. Технічні умови». Під час дослідження властивостей бензоетанольних сумішей виявлено, що добавка лише 5-6% біоетанолу за об’ємом дозволяє підвищити октанове число бензину А-92 на 2-3 октанові одиниці (о.о.), та на 3-4 о.о. – А-80 [7].

Вплив бензоетанольної суміші на динамічні показники автомобіля оцінювали на колісному транспортному засобі (КТЗ) РАФ-2203, які оцінювали за часом розгону і вибігу КТЗ на стенді тягових якостей при використанні базового і сумішевого бензинів. За результатами випробувань на сумішевому бензині (25% об. А-92, 69% об. А-76, 6% об. біоетанолу) встановлено, що показники не змінилися відхилення були в межах похибки експерименту [7]. Також проведено серію дорожніх випробувань КТЗ РАФ-2203 для визначення впливу сумішевого бензину на експлуатаційні показники КТЗ. Для цього був обраний кільцевий маршрут, протяжністю 7, 56 км, де було встановлено шість проміжних пунктів, на кожному з яких фіксували витрату палива і час руху. Під час випробовувань встановлено збільшення витрати на сумішевому бензині у порівнянні з базовим на 0,13 % [7].

Під час проведення стендових випробувань двигуна МеМЗ-245 визначено серію навантажувальних характеристик в п’яти швидкісних режимах та швидкісні характеристики самостійного та примусового холостого ходу. На рис. 1 показано навантажувальні характеристики ДВЗ при n=3000 хв$^{-1}$. Характеристики визначали на базовому бензині А-95 та сумішевому (93,1 % об. А-95, 5 % об. біоетанолу, 1,9 % об. стабілізатора) [7].

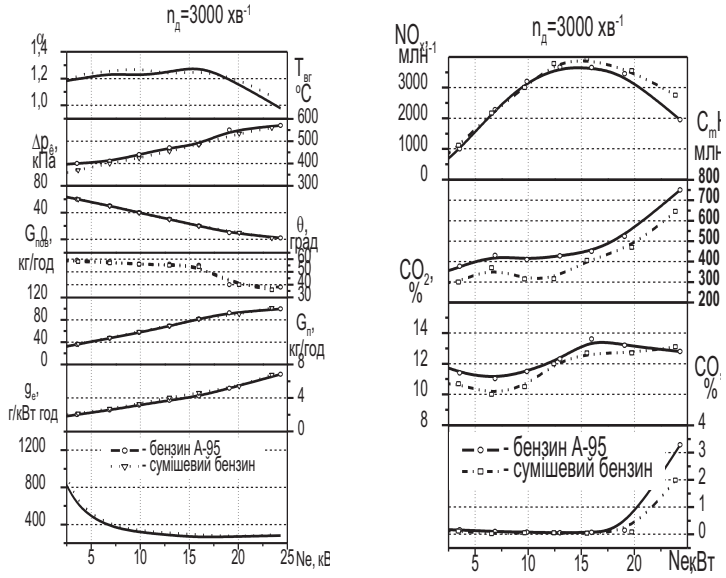


Рисунок 1 – Навантажувальні характеристики двигуна МеМЗ-245[7]

В результаті використання сумішевого бензину виявлено:

- незначне зниження потужності, у порівнянні з базовим бензином на 1,8%;
- зменшення температури відпрацьованих газів;
- збільшення питомої витрати палива в режимі повного навантаження, для базового бензину 280,95 г/кВт.год, для сумішевого – 287,49 г/кВт.год;
- зменшення вмісту у відпрацьованих газах (ВГ) CO, C_mH_n, та зростання NO_x. Останнє пояснюється тим, що при використанні сумішевого бензину на всіх режимах роботи двигуна має місце збіднення паливо-повітряної суміші.

З теорії двигунів відомо, що швидкість горіння суміші зменшується при її збідненні. Тому для отримання максимального к.к.д. роботу двигуна при використанні бензинів з добавкою біоетанолу необхідно оптимізувати. Одним з напрямів оптимізації є зміна кута випередження запалювання.

Такі дослідження проведені у Національному транспортному університеті [8].

На рис. 2 показано регулювальні характеристики за кутом випередження запалювання двигуна МеМЗ-245, з яких видно, що оптимальний кут випередження запалювання для даного режиму роботи при живленні бензинами з 10 та 20% добавками біоетанолу збільшився відносно штатного значення на 5 та 9 град. п.к.в. відповідно [8].

Для визначення впливу встановлювального кута випередження запалювання (ВКВЗ) на показники двигуна МеМЗ–245 отримано порівняльні навантажувальні характеристики за частоти обертання колінчатого вала $n_д$ = 3000 хв$^{-1}$, при живленні двигуна бензином А–95 та бензинами з 10 та 20% добавками біоетанолу з штатним ВКВЗ (5 град. п.к.в.) та оптимальними ВКВЗ – 10 та 14 град. п.к.в. відповідно [8].

Аналіз характеристик показав, що при використанні бензину з 10 та 20% добавкою біоетанолу на навантажувальних режимах оптимізація ВКВЗ в сторону збільшення дозволяє збільшити ефективний к.к.д. до 2 та 8,4% відповідно. При цьому питома витрата палива g_e майже не змінилася, у порівнянні з роботою на штатному бензині [8].

За результатами індицирування робочого процесу в циліндрі двигуна МеМЗ-245 уточнено оптимальні значення ВКВЗ, з точки зору жорсткості згоряння паливо-повітряної суміші при живленні двигуна бензинами з 10 та 20% добавками біоетанолу, які становлять 10 та 12 град. п.к.в. відповідно [8].

Окрім оптимізації ВКВЗ двигуна при використанні бензину з добавками біоетанолу, поліпшити екологічні показники та показники паливної економічності двигуна можна за допомогою якісного регулювання системи живлення.

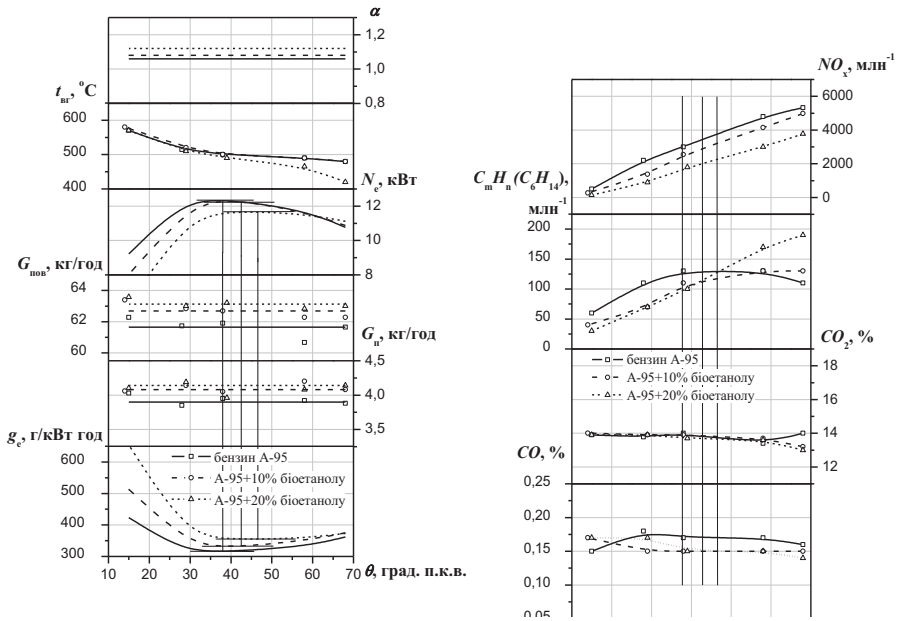


Рисунок 2 – Регулювальні характеристики за кутом випередження запалювання двигуна МеМЗ–245 ($n_д$ = 3000 хв$^{-1}$, $Δp_к$ = 35 кПа) [8]

В роботі [9] досліджено енергетичні, екологічні та показники паливної економічності двигуна ВАЗ-2103 в широкому діапазоні швидкісних та навантажувальних режимів з різними значеннями регулювання системи живлення при використанні бензину з 10 та 20% добавкою біоетанолу. Перший тип регулювання – збіднений, другий тип регулювання – оптимальний [9]. Об’єктами стендових досліджень були бензиновий карбюраторний двигун ВАЗ-2103 і двигун Volkswagen BBY, обладнаний системою впорскування палива із зворотнім зв’язком, системами рециркуляції та нейтралізації відпрацьованих газів [9]. За результатами проведених стендових випробувань двигуна ВАЗ-2103 методом три-факторного експерименту отримано поліноміальні залежності для визначення показників роботи двигуна для обох типів регулювань карбюратора. При регулюванні карбюратора на збіднений склад паливо-повітряної суміші та додаванні 10% біоетанолу за об’ємом потужність двигуна практично не змінюється, годинна $G_{пал}$ і питома g_e витрати палива в режимах середніх і повних навантажень незначно зростають. Разом з тим це зростання менше в порівнянні з зменшенням теплоти згоряння, що свідчить про покращення робочого процесу. При додаванні 20 % об. біоетанолу потужність двигуна зменшується з 24,12 кВт до 21,66 кВт, годинна $G_{пал}$ і питома g_e витрати палива значно зростають в усьому діапазоні навантажень. Збільшення витрат палива складає до 3…13,8 % [9]

При регулюванні карбюратора на оптимальний склад паливо-повітряної суміші при додаванні 10 % об. біоетанолу потужність двигуна незначно зменшується (на 2 %), годинна Gпал і питома ge витрати палива в режимах малих навантажень зменшуються, в режимах повних навантажень незначно зростають. При додаванні 20 % об. біоетанолу має місце значне зниження потужності(на 10 %), годинна Gпал і питома ge витрати палива значно зростають в усьому діапазоні навантажень [9].

За результатами проведених експериментальних досліджень у роботі [9] встановлено, що за наявності в експлуатації автомобілів з різними регулюваннями доцільно обмежити розмір добавки біоетанолу до бензину в кількості 10% за об’ємом. Також встановлено, що додавання біоетанолу до бензину в кількості 20% за об’ємом не призведе до погіршення екологічних показників карбюраторного та двигуна із системою впорскування палива без внесення змін до конструкції [9].

Для подолання негативного впливу підвищеної теплоти випаровування сумішей бензину з добавкою біоетанолу на роботу ДВЗ прийнято застосовувати додатковий підігрів двигуна. В роботі [5] на авіаційному 12-ти циліндровому бензиновому двигуні вхідне повітря підігрівали за рахунок теплоти відпрацьованих газів. Впускний повітропровід виконано у вигляді труби більшого діаметру, розташованої навколо випускного колектору. Температуру підігріву повітря регулювали за допомогою дросельних заслінок. Під час випробування встановлено, що мінімальна температура підігріву вхідного повітря при використанні бензину з добавкою спирту 20% та 40 % за об’ємом становить 15 та 30ºС відповідно. Конструкція підігрівача давала змогу регулювати температуру вхідного повітря в широкому діапазоні (до 90 ºС) [5].

Аналогічні роботи проводили на кафедрі «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету у 2009-2012 рр [10].

В роботі [10] обґрунтовано необхідність застосування додаткового підігріву свіжого заряду двигуна при роботі на бензині до добавкою біоетанолу. Проведено аналіз усіх можливих підігрівачів та систем підігріву. Проведені стендові дослідження двигуна МеМЗ-245 і дорожні випробування автомобіля ЗАЗ-110307 «Славута» з примусовим підігрівом свіжого заряду при використанні бензину з добавкою біоетанолу 10 і 20% за об’ємом. Підігрів свіжого заряду здійснювали електричним підігрівачем. Під час експериментальних досліджень встановлено залежності (рис. 5) зміни температури у впускному трубопроводі від витрати палива при живленні двигуна штатним бензином, та бензином з добавкою біоетанолу [10]. Із збільшенням витрати палива температура свіжого заряду в обох випадках зменшується. Проте для сумішевого палива це відбувається більш інтенсивно.

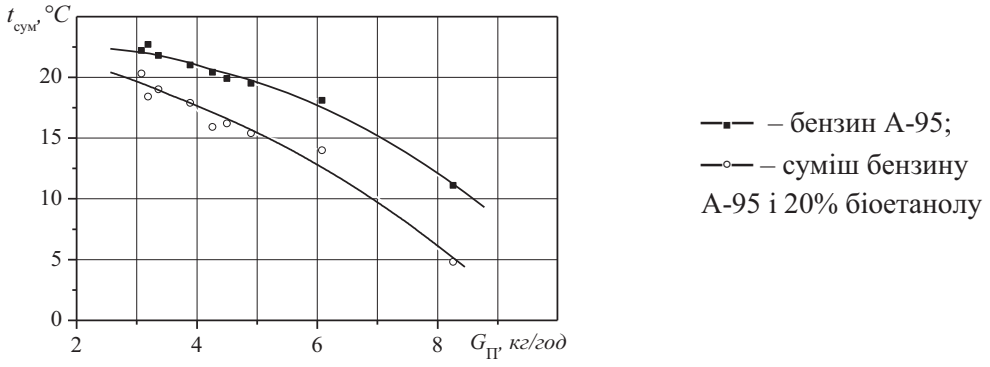


Рисунок 5 – Залежність температури суміші у впускному трубопроводі від годинної витрати палива ($n_Д$=3000 хв$^{-1}$) [10]

Комплексна оцінка впливу підігріву свіжого заряду на екологічні і паливно-економічні показники двигуна МеМЗ-245 за роботи на бензині з добавкою біоетанолу проводилась за навантажувальними характеристиками (рис.6) [10].

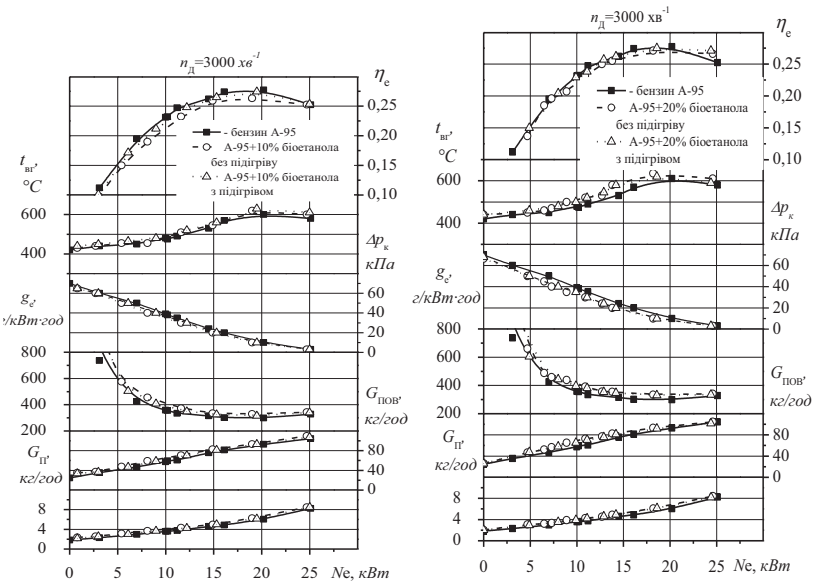


Рисунок 6 – Навантажувальні характеристики двигуна МеМЗ-245 при $n_Д$ = 3000 хв$^{-1}$ [10, 11]

Під час дорожніх випробувань на автомобілі ЗАЗ-110307 «Славута». підтверджено, що підігрів свіжого заряду зменшує витрату бензо-етанольної суміші із вмістом 10% і 20% біоетанолу в масових частках на 4% та 10,5% відповідно, у порівнянні з відсутнім підігрівом [10, 12]

На рис. 7 показані паливні характеристики автомобіля ЗАЗ-110307 при роботі на бензо-етанольних сумішах з підігрівом та без нього.

Як видно з показаних характеристик, використання суміші бензину з 20% добавкою біоетанолу без попереднього підігріву свіжого заряду погіршує показники паливної економічності автомобіля. При використанні суміші з 10% добавкою біоетанолу і попереднім підігрівом свіжого заряду спостерігається зменшення витрати палива, що свідчить про доцільність підігріву свіжого заряду.

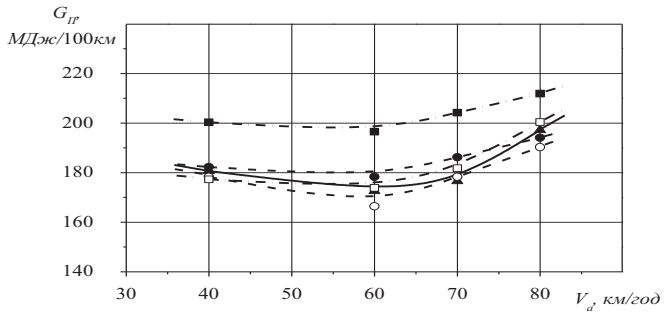


Рисунок 7 – Паливні характеристики автомобіля ЗАЗ-110307 «Славута» [10, 12].

Висновки. На сьогодні в Україні існує досить широка ресурсна база відновлюваної сировини для виробництва біоетанолу. Велика кількість посівних площ дає змогу вирощувати зернові культури та цукровий буряк для одержання біопалива не наносячи збитку харчовій промисловості. Найменш затратним є виробництво біоетанолу із відходів цукрової промисловості, але при цьому також можливе його виробництво і із відходів деревооброблюваної промисловості. При використанні біоетанолу в ДВЗ зменшується кількість деяких шкідливих речовин, що міститься у відпрацьованих газах. Біоетанол має кращі антидетонаційні властивості у порівнянні з бензином, що дає можливість використовувати його в двигунах із високим ступенем стиснення, та підвищити к.к.д. силової установки. Межі запалювання суміші біоетанолу з повітрям від електричної іскри значно більші ніж у бензину, при цьому двигун більш стабільно працює на збіднених паливо-повітряних сумішах. Але попри переваги у порівнянні з бензином біоетанол має і недоліки. Значно менша енергоємність біоетанолу у порівнянні з бензином є причиною підвищеної витрати палива автомобілем. Досить суттєвим недоліком є висока прихована теплота пароутворення біоетанолу, це є причиною значного зниження температури свіжого заряду на впуску і неповного випаровування палива, як наслідок – погіршення пускових властивостей ДВЗ. Тому для стабільної роботи двигуна необхідно застосовувати додатковий підігрів свіжого заряду. Це в свою чергу потребує внесення змін до конструкції ДВЗ. Використання біоетанолу в чистому вигляді без внесень змін до конструкції не приведе до поліпшення показників токсичності та паливної економічності двигуна, в такому випадку біоетанол слід використовувати як добавку до бензину, з верхнею межею до 20 % за об’ємом. Стимулюючим фактором є також наявність на паливному ринку України спиртових бензинів, із вмістом біоетанолу до 40% за об’ємом.

Разом з тим в літературних джерелах не виявлено результатів досліджень сучасних бензинових двигунів із системами впорскування і зворотнім зв’язком та нейтралізатором у системі випуску щодо впливу великих добавок біоетанолу до бензину (20% і більше) на паливну економічність та екологічні показники роботи двигунів.

Крім того, в подальших дослідженнях доцільно встановити можливість підігріву бензо-етанольних сумішей з використанням утилізації теплоти відпрацьованих газів. Це визначає напрями подальших досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Климчук О.В., Висоцька В.В.Виробництво біоетанолу-перспективна галузь в Україні / Климчук О.В., Висоцька В.В.// Збірник наукових праць ВНАУ №1(56) Том 3 2012 С. 98-103.

2. Гутаревич Ю. Ф. Етиловий спирт як моторне паливо / Ю. Ф. Гутаревич, А. Г. Говорун, А. О. Корпач, О. А. Сябро // Автошляховик України — 1999. № 1. — С. 7-10.

3. Вильданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н., Чанышев Р.Р, Николаева С.В. Современные методы получения биоэтанола / Вильданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н., Чанышев Р.Р, Николаева С.В // Башкирский химический журнал – 2011 № 2. С. 128-134.

4. Industry Statistic World Fuel Ethanol Production [Virtual Resource] / Access Mode : URL : http://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546 – Title from Screen/ - Date of Access: 28 February 2017.

5. Ирисов А. С. Спирт как моторное топливо / А. С. Ирисов. – Москва-Ленинград, Научно-техническое издание по машиностроению, металлообработке и черной металлургии, 1933. – 136 с.

6. Устименко В.С., Ковальов С.О. Бейко О.А. Перспективи і проблеми розширення використання біопалив автомобільним транспортом України // Автошляховик України.-2003.- №2.-С.7.

7. Устименко В.С. Поліпшення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Устименко Віктор Сергійович; Національний транспортний університет. К., 2006. – 21 с.

8. Захарченко О.М. Покращення паливної економічності та екологічних показників автомобілів раціональним використанням бензинів з добавкою біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Захарченко Олексій Миколайович; Національний транспортний університет. К., 2008. – 20 с.

9. Кульбако В.П. Покращення екологічних показників автомобіля в експлуатаційних умовах добавкою біоетанолу до бензину : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Кульбако Валентин Петрович; Національний транспортний університет. К., 2012. – 20 с.

10. Щербатюк В.Б. Покращення екологічних показників двигунів підігрівом свіжого заряду при використанні бензину з добавкою біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.03 / Щерба тюк Віталій Броніславович; Національний транспортний університет. К., 2013. – 20 с.

11. Говорун А. Г. Вплив підігріву свіжого заряду на ефективність використання палива при роботі двигуна на суміші бензину і біоетанолу / А. Г. Говорун, Л. П. Мержиєвська, В. Б. Щербатюк // Автошляховик України: Окремий випуск . Вісник Центрального наукового центру ТАУ — 2011. — № 14. - С. 31-33.

12. Говорун А. Г. Дорожні випробування автомобіля при роботі двигуна на бензині і суміші бензину з біоетанолом / А. Г. Говорун, В. Б. Щербатюк // Автошляховик України — 2009. - № 6. С. 4-7.

REFERENCES

1. Klymchuk O.V., Vysotska V.V. Vyrobnytstvo bioetanolu-perspektyvna haluz v Ukraini / Klymchuk O.V., Vysotska V.V.// Zbirnyk naukovykh prats VNAU №1(56) Tom 3 2012 98-103 p. (Ukr)

2. Hutarevych Iu. F. Etylovyi spyrt yak motorne palyvo / Iu. F. Hutarevych, A. H. Hovorun, A. O. Korpach, O. A. Siabro // Avtoshliakhovyk Ukrainy — 1999. № 1. — 7-10 p. (Ukr)

3. Vildanov F.Sh., Latyipova F.N., Chanyishev R.R, Nikolaeva S.V. Sovremennyie metodyi polucheniya bioetanola / Vildanov F.Sh., Latyipova F.N., Chanyishev R.R, Nikolaeva S.V // Bashkirskiy himicheskiy zhurnal – 2011 № 2. 128-134 p. (Rus)

4. Industry Statistic World Fuel Ethanol Production [Virtual Resource] / Access Mode : URL : http://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546 – Title from Screen/ - Date of Access: 28 February 2017.

5. Irisov A. S. Spirt kak motornoe toplivo / A. S. Irisov. – Moskva-Leningrad, Nauchno-tehnicheskoe izdanie po mashinostroeniyu, metalloobrabotke i chernoy metallurgii, 1933. – 136 p. (Rus)

6. Ustymenko V.S., Kovalov S.O. Beiko O.A. Perspektyvy i problemy rozshyrennia vykorystannia biopalyv avtomobilnym transportom Ukrainy // Avtoshliakhovyk Ukrainy.-2003.- №2.-7 p. (Ukr)

7. Ustymenko V.S. Polipshennia ekolohichnykh pokaznykiv avtomobiliv ta rozshyrennia palyvnoi bazy avtomobilnoho transportu shliakhom zastosuvannia bioetanolu : avtoref. dys. kand. tekhn. nauk : 05.22.20 / Ustymenko Viktor Serhiiovych; Natsionalnyi transportnyi universytet. K., 2006. – 21 p. (Ukr)

8. Zakharchenko O.M. Pokrashchennia palyvnoi ekonomichnosti ta ekolohichnykh pokaznykiv avtomobiliv ratsionalnym vykorystanniam benzyniv z dobavkoiu bioetanolu : avtoref. dys. kand. Tekhn. nauk : 05.22.20 / Zakharchenko Oleksii Mykolaiovych; Natsionalnyi transportnyi universytet. K., 2008. – 20 p. (Ukr)

9. Kulbako V.P. Pokrashchennia ekolohichnykh pokaznykiv avtomobilia v ekspluatatsiinykh umovakh dobavkoiu bioetanolu do benzynu : avtoref. dys. kand. tekhn. nauk : 05.22.20 / Kulbako Valentyn Petrovych; Natsionalnyi transportnyi universytet. K., 2012. – 20 p. (Ukr)

10. Shcherbatiuk V.B. Pokrashchennia ekolohichnykh pokaznykiv dvyhuniv pidihrivom svizhoho zariadu pry vykorystanni benzynu z dobavkoiu bioetanolu : avtoref. dys. kand. tekhn. nauk : 05.05.03 / Shcherba tiuk Vitalii Bronislavovych; Natsionalnyi transportnyi universytet. K., 2013. – 20 p. (Ukr)

11. Hovorun A. H. Vplyv pidihrivu svizhoho zariadu na efektyvnist vykorystannia palyva pry roboti dvyhuna na sumishi benzynu i bioetanolu / A. H. Hovorun, L. P. Merzhyievska, V. B. Shcherbatiuk // Avtoshliakhovyk Ukrainy: Okremyi vypusk . Visnyk Tsentralnoho naukovoho tsentru TAU — 2011. — № 14. - 31-33 p. (Ukr)

12. Hovorun A. H. Dorozhni vyprobuvannia avtomobilia pry roboti dvyhuna na benzyni i sumishi benzynu z bioetanolom / A. H. Hovorun, V. B. Shcherbatiuk // Avtoshliakhovyk Ukrainy — 2009. - № 6. 4-7 p. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Овчинніков Д. В. Біоетанол як моторне паливо: переваги і недоліки / Д.В. Овчинніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті розглянуто переваги та недоліки використання біоетанолу як добавки до бензинів. Приведено деякі статистичні дані про світове виробництво біоетаноу, марки сумішевих палив, що використовуються. Розглянуто вплив добавок біоетанолу до бензинів на екологічні та паливно-економічні показники роботи двигунів і автомобілів. Розглянуто основні методи, спрямовані на поліпшення роботи двигунів при використанні бензинів з добавкою біоетанолу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БІОЕТАНОЛ, БЕНЗОЕТАНОЛЬНА СУМІШ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, АВТОМОБІЛЬНИЙ ДВИГУН, ПІДІГРІВ СВІЖОГО ЗАРЯДУ.

ABSTRACT

Ovchynnikov D.V. Bioethanol as a motor fuel: advantages and disadvantages. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article discusses the advantages and disadvantages of using ethanol as an additive to gasoline. Some statistical data about bioethanol world production, fuel grade is adduced. A theoretical study of influence of additives of bilateral to gasoline on environmental and fuel-economic indicators of work of engines and cars. Considered the basic methods to improve the operation of the engines when using gasoline with added ethanol.

KEYWORDS: BIOETHANOL, GASOLINE-ETHANOL MIXTURE, FUEL ECONOMY, ECOLOGICAL INDICES, AUTOMOBILE ENGINE, FRESH CHARGE HEATING.

РЕФЕРАТ

Овчинников Д.В. Биоэтанол как моторное топливо: преимущества и недостатки / Д.В. Овчинников // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017 – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены преимущества и недостатки использования биоэтанола как добавки к бензинам. Приведены некоторые статистические данные о мировом производстве биоэтанола, марках используемых смесевых топлив. Рассмотрено влияние добавок биоэтанола к бензинам на экологические и топливно-экономические показатели работы двигателей и автомобилей. Рассмотрены основные методы, направленные на улучшение работы двигателей при использовании бензинов с добавкой биоэтанола.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БИОЭТАНОЛ, БЕНЗОЭТАНОЛЬНАЯ СМЕСЬ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, АВТОМОБИЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ПОДОГРЕВ СВЕЖЕГО ЗАРЯДА.

АВТОРИ:

Овчинніков Дмитро Володимирович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигунів та теплотехніки», e-mail: dovchinnikov@ukr.net, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

AUTHORS:

Ovchinnikov Dmytro V., National Transport University, postgraduate department of engines and heating, email: dovchinnikov@ukr.net, tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

АВТОРЫ:

Овчинников Дмитрий Владимирович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: dovchinnikov@ukr.net, тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», Київ, Україна.

Новікова А.М., доктор економічних наук, заступник директора ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», Київ, Україна.

REVIEWER:

Sahno V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of motor vehicles, Kyiv, Ukraine.

Novikova A.M., Ph.D Economics (Dr.), Deputy Director DP "DERZHAUTOTRANSNDIPROJECT", Kyiv, Ukraine.

УДК 625.032.32
UDC 625.032.32

ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Онищенко А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Худолій С.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Гаркуша М.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Лещук О.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

PREDICTION AND ASSESSMENT OF RESIDUAL STRAIN OF ASPHALT PAVEMENT USING FINITE ELEMENT METHOD

Onischenko A.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Khudolii S.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Garkusha M.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Leshchuk O.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Онищенко А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Худолий С.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Гаркуша Н.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Лещук О.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

В останні роки одними із найпоширеніших дефектів, що виникають в асфальтобетонному покритті і зменшують його термін служби є колійність.

Недостатня стійкість асфальтобетонного покриття автомобільних доріг і вулиць до колійності з утворенням зсувів, напливів, колій суттєво знижує як міцність всієї конструкції дорожнього одягу, так і особливо рівень безпеки руху за рахунок створення ефекту аквапланування в місцях застою води та зимової слизькості.

Утворення колійності значно погіршує рівність покриття, комфортність руху та негативно впливає на безпеку руху, призводить до швидкого зносу транспортних засобів, підвищення витрат пального, погіршення екологічної обстановки та збільшення собівартості перевезень.

При експлуатації автомобільних доріг колія є одним із найбільш небезпечних видів деформацій і руйнувань, що суттєво погіршують безпеку дорожнього руху [1]. Згідно існуючих правил ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України поява колії на проїзній частині доріг, що експлуатуються, недопустима, а та, що виникла, підлягає терміновій ліквідації [2].

Ремонт колійності та інших видів руйнувань, що виникли із-за їх появи, вимагають додаткового збільшення витрат у середньому на 200%. Тому у зв'язку з широким поширенням і великим обсягом будівництва асфальтобетонних покриттів, а також через значні невиправдані витрати в результаті передчасного утворення колії питання забезпечення колієстійкості є досить актуальним.

Таким чином, проведення моделювання методом скінчених елементів напружено-деформованого стану нежорсткого дорожнього одягу під дією одиничного навантаження є актуальним для прогнозування колійності покриття, з урахуванням спільного впливу високої температури та дії транспортних засобів.

Аналіз досліджень і публікацій.

Результати досліджень [3, 4] вказують, що пластичні деформації асфальтобетонного покриття пов'язані із числом циклів впливу навантаження, тривалістю навантаження, величиною навантаження на вісь, властивостями асфальтобетону й природньо-кліматичними умовами.

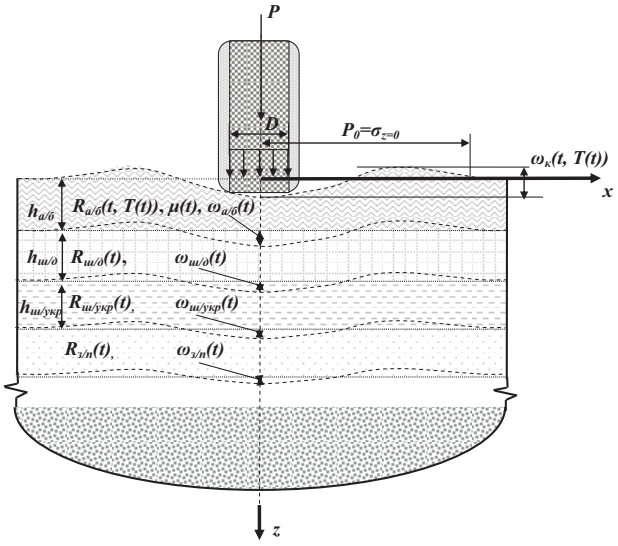
Конструкція нежорсткого дорожнього одягу сприймає різні види статичного й динамічного впливу від навантаження коліс автомобільного транспорту, що призводить до зворотних та незворотних деформацій, від характеру й величини яких залежить термін служби [26, 40] автомобільної дороги.

В дослідженнях авторів [3, 5] було детально розглянуті питання виникнення прогинів дорожньої конструкції під автомобільним транспортом. Вертикальні деформації приводять до виникнення напруження, які проникають на значну глибину дорожньої конструкції. Результати дослідження свідчать, що напруження, які виникли на поверхні покриття, визначаються за інших рівних умов сумою нормальних сил, переданих на горизонтальну поверхню покриття пневматичними колесами нерухомого автотранспортного засобу.

Мета даної роботи полягає в проведенні моделювання методом скінчених елементів напружено-деформованого стану нежорсткого дорожнього одягу для прогнозування залишкових деформацій.

Основна частина.

Для визначення переміщень в асфальтобетонному покритті, відповідно до розрахункової схеми (рис. 1) та конструкцій нежорсткого дорожнього одягу (табл. 1, 2) було виконано дослідження асфальтобетонного покриття методом скінченних елементів, за методологією наведеною в залежностях [6, 7], із застосуванням програмного комплексу Ansys.



p – рівномірний нормальний тиск, розподілений на площі круга діаметром *D*; V_p – швидкість транспортного засобу 0-60 (80) км/год; $\mu(t)$ – коефіцієнт Пуассона, який залежать від часу дії навантаження, температури і виду матеріалу; $T(t)$ – температура, яка залежить від часу, $R_{а/б}(t)$, $R_{ук/ш}(t)$, $R_{осн}(t)$ – функція релаксації асфальтобетонного покриття, укріплених шарів, основи; $h_{а/б}$, $h_{ук/ш}$, $h_{д/ш}$– товщина асфальтобетонного покриття, укріпленого шару, дискретні шари; $\omega_к(t,T(t))$ – залишкова деформація конструкції нежорсткого дорожнього одягу

Рисунок 1 – Розрахункова модель нежорсткого дорожнього одягу при утворенні колії

Проведено моделювання напружено-деформованого стану цих конструкцій, спричиненого дією штампу (коло радіусом 16 см) під тиском 1 МПа, методом скінчених елементів в осесиметричній та тривімірній постанові при різних граничних умовах.

Конструкції нежорсткого дорожнього одягу з товщинами шарів (для розрахунку обрано конструкції, що випробовувалися на кільцевому стенді ДП «Дорцентр»), при різних значеннях модулів пружності при температурах: +10 °С; +40°С; +50°С; +60°С наведено в табл. 1, 2.

Таблиця 1 - Товщини шарів конструкції № 1 та їх механічні властивості в залежності від температури

Шар конструкції	Назва	Товщина, h, см	Модуль пружності / Коеф. Пуасона			
			+10	+40	+50	+60
1	Асфальтобетон щільний, дрібнозернистий тип Б, марки І на бітумі модифікованому полімером БМП 60/90-52	5	4500 /0,3	690 /0,35	380 / 0,41	360 / 0,43
2	Асфальтобетон щільний, крупнозернистий тип Б, марки І на бітумі БНД 60/90	10	3200 / 0,3	550 / 0,35	350 / 0,41	320 / 0,43
3	Асфальтобетон пористий, крупнозернистий, марки І	10	2000 /0,3	460 /0,35	410 /0,41	340 /0,43
4	Щебінь фр. 20-40 мм	20	350 /0,27	350 /0,27	350 /0,27	350 /0,27
5	Пісок	20	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3
6	Ґрунт земляного полотна – суглинок пилуватий	235	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35

Таблиця 2 - Товщини шарів конструкції № 2 та їх механічні властивості в залежності від температури

Шар конструкції	Назва	Товщина, h, см	Модуль пружності / Коеф. Пуасона			
			+10	+40	+50	+60
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі модифікованому полімером БМП 60/90-52	5	3500 / 0,3	600 / 0,35	360 / 0,41	330 / 0,43
2	Асфальтобетон щільний, крупнозернистий (максимальна крупність мінеральних зерен до 20 мм), тип А, марки І на бітумі БНД 60/90	8	3200 / 0,3	550 / 0,35	350 / 0,41	320 / 0,43
3	Асфальтобетон пористий, дрібнозернистий (максимальна крупність мінеральних зерен до 40 мм) марки І	8	2000 / 0,3	460 / 0,35	410 / 0,41	340 / 0,43
4	Щебенево-піщана суміш С7, укріплена цементом марки М 60	15	800 / 0,28	800 / 0,28	800 / 0,28	800 / 0,28
5	Щебенево-піщана суміш С5	18	260 / 0,3	260 / 0,3	260 / 0,3	260 / 0,3
6	Пісок	20	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3
7	Ґрунт земляного полотна – суглинок	226	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35

Осесиметрична постановка

Припущення про симетричність навантаження та граничних умов дозволяє розглянути цю задачу в осесиметричній постанові. Для цього із конструкції виділяється круговий циліндр діаметром 3 м, в центрі верхньої грані якого діє тиск 1 МПа розподілений в середині кола радіусом 16 см (рис. 2, 3). Така постановка дозволяє спростити моделювання та зменшити кількість скінчених елементів.

а) б)

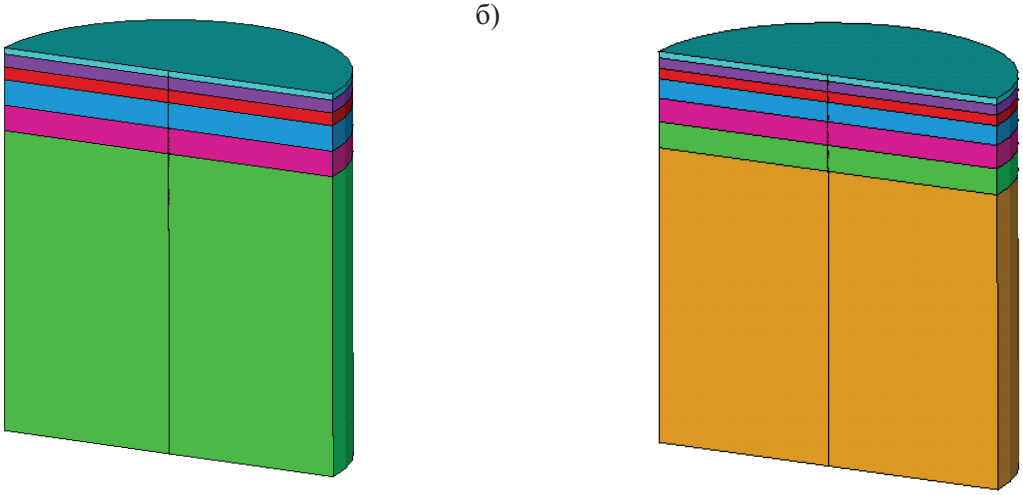


Рисунок 2 - Схема половини моделі. (а – конструкція №1, б - конструкція №2)

а) б)

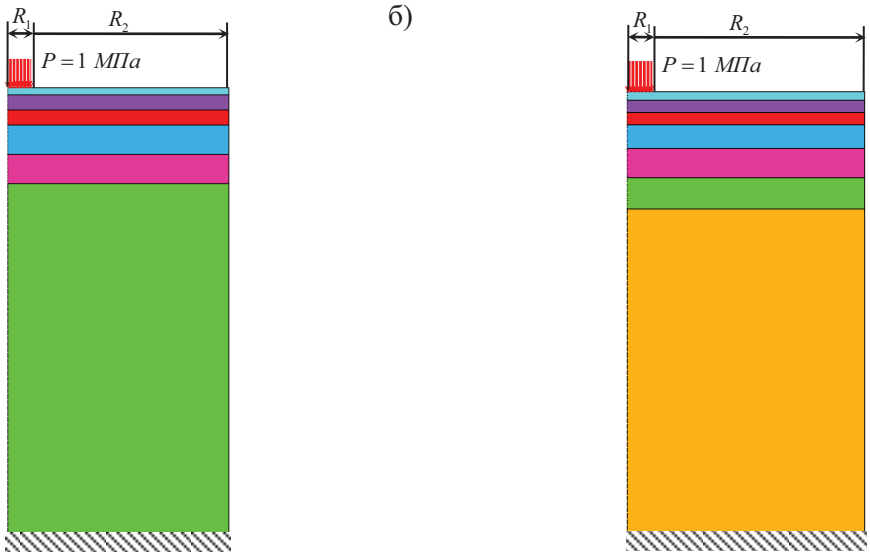
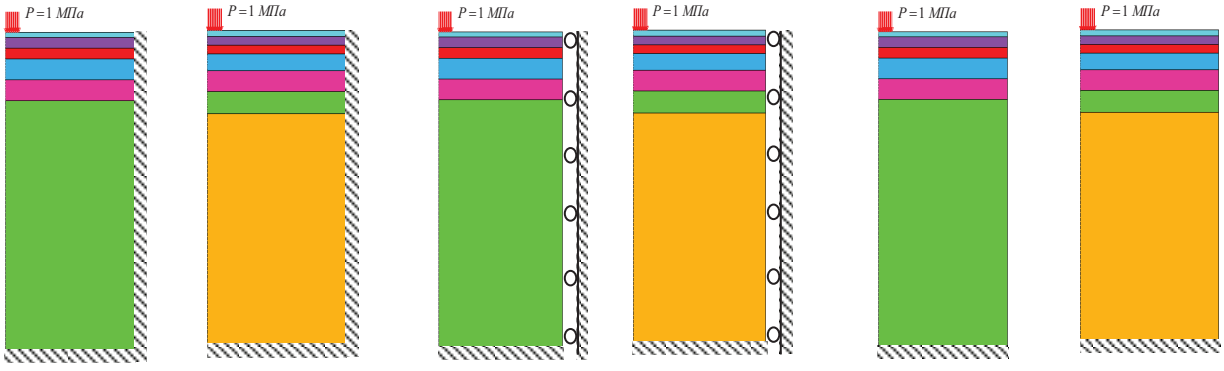


Рисунок 3 - Поперечні перетини тіл обертання що відповідають моделям (а – конструкція №1, б - конструкція №2) при осесиметричному розгляді



1 2 3

Рисунок 4 - Варіанти граничних умов

Результати максимальних переміщення під штампом для приведених конструкцій в залежності від температури та граничних умов при осесиметричному розгляді задачі наведено в табл. 3, 4.

Таблиця 3 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №1 в залежності від температури та граничних умов при осесиметричному розгляді задачі, мм.

Варіант граничних умов	Температура, ˚С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3674	0,8066	0,9369	0,9778
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,511	0,9184	1,044	1,084
3) Дозволено переміщення точок бічної поверхні	0,6992	1,103	1,226	1,265

Таблиця 4 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №2 в залежності від температури та граничних умов при осесиметричному розгляді задачі, мм.

Варіант граничних умов	Температура, ˚С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3472	0,7017	0,7936	0,8265
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4938	0,8213	0,9091	0,9409
3) Дозволено переміщення точок бічної поверхні	0,6739	1,001	1,087	1,118

Тривимірна постановка. Симетричні навантаження та граничні умови

Припущення про симетричність навантаження та граничних умов дозволяє розглянути цю задачу в тривимірній постанові. Для цього із конструкції виділяється призму, в центрі верхньої грані якого діє тиск 1 МПа розподілений в середині кола радіусом 16 см. Для розглядання такої моделі скористаємося чвертю моделі (рис. 5).

а) б)

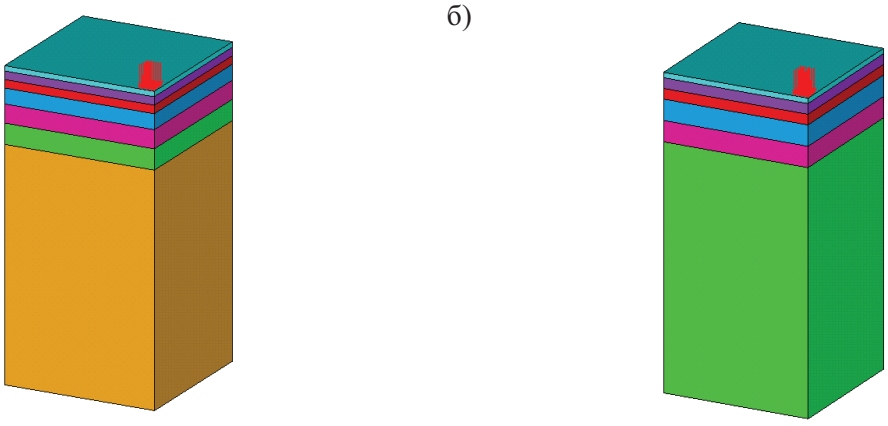


Рисунок 5 - Схема чверті моделі (а – конструкція №1, б - конструкція №2)

Для даної моделі розглянемо варіанти граничних умов: повна заборона переміщень на бічній поверхні; дозволено проковзування вздовж бічної поверхні; дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні.

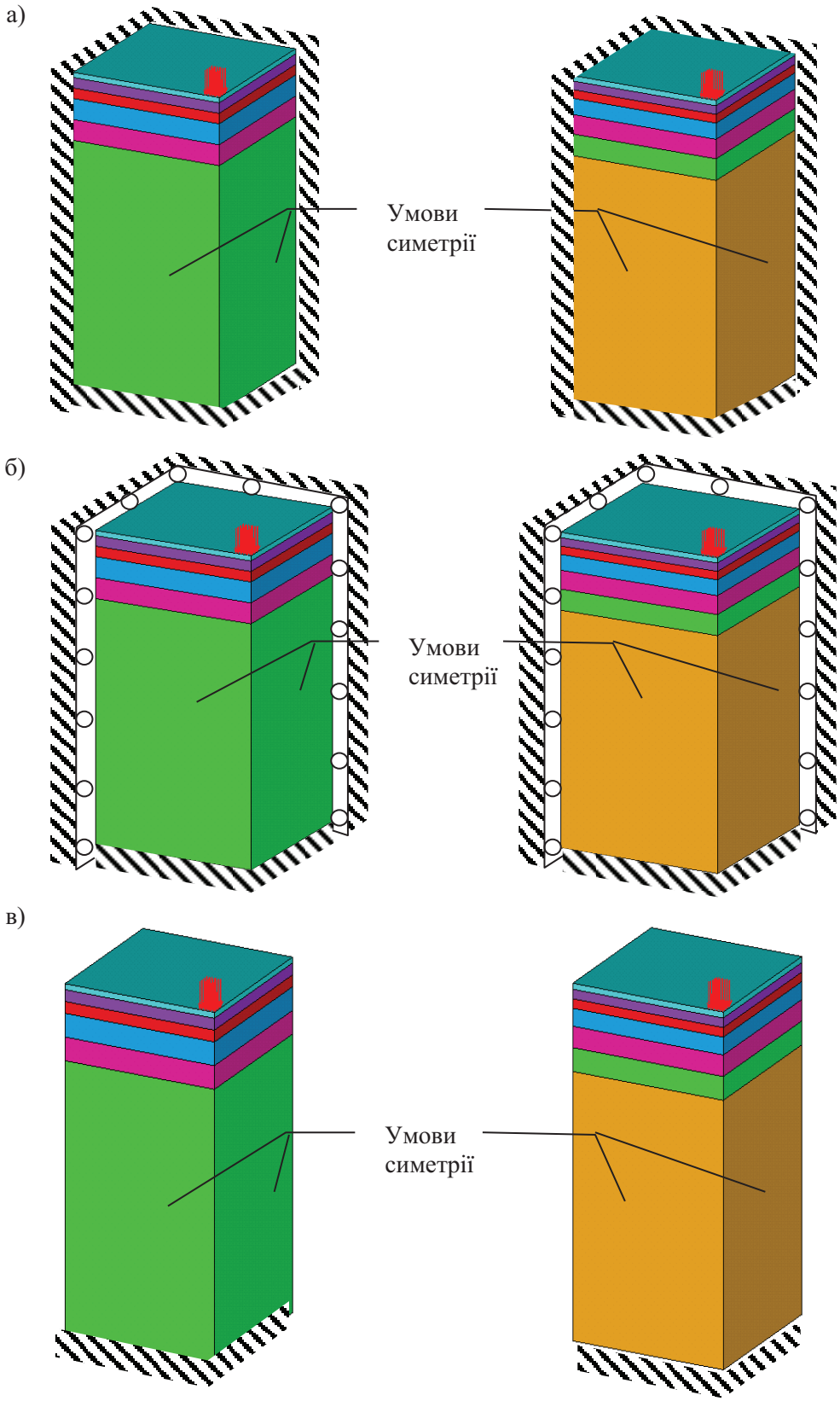


Рисунок 6 - Варіанти граничних умов: а) повна заборона переміщень на бічній поверхні; б) дозволено проковзування вздовж бічної поверхні; в) дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні.

Результати максимальних переміщення під штампом для приведених конструкцій в залежності від температури та граничних умов при тривимірній постановці задачі наведено в табл. 5, 6.

Таблиця 5 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №1 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Симетричні навантаження та граничні умови

Варіант граничних умов	Температура, ˚С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3798	0,8145	0,9433	0,9831
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4860	0,8942	1,0190	1,0580
3) Дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,6427	1,0440	1,1660	1,2050

Таблиця 6 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №2 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Симетричні навантаження та граничні умови

Варіант граничних умов	Температура, ˚С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3589	0,7108	0,8022	0,8342
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4674	0,7969	0,8848	0,9160
3) Дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,6184	0,9445	1,0310	1,0610

Тривимірна постановка. Несиметричні навантаження та граничні умови

Припущення про несиметричність навантаження та граничних умов дозволяє розглянути цю задачу в тривимірній постанові. Для цього із конструкції виділяється призму, на грань якого діє тиск 1 МПа розподілений в середині кола радіусом 16 см (рис. 7).

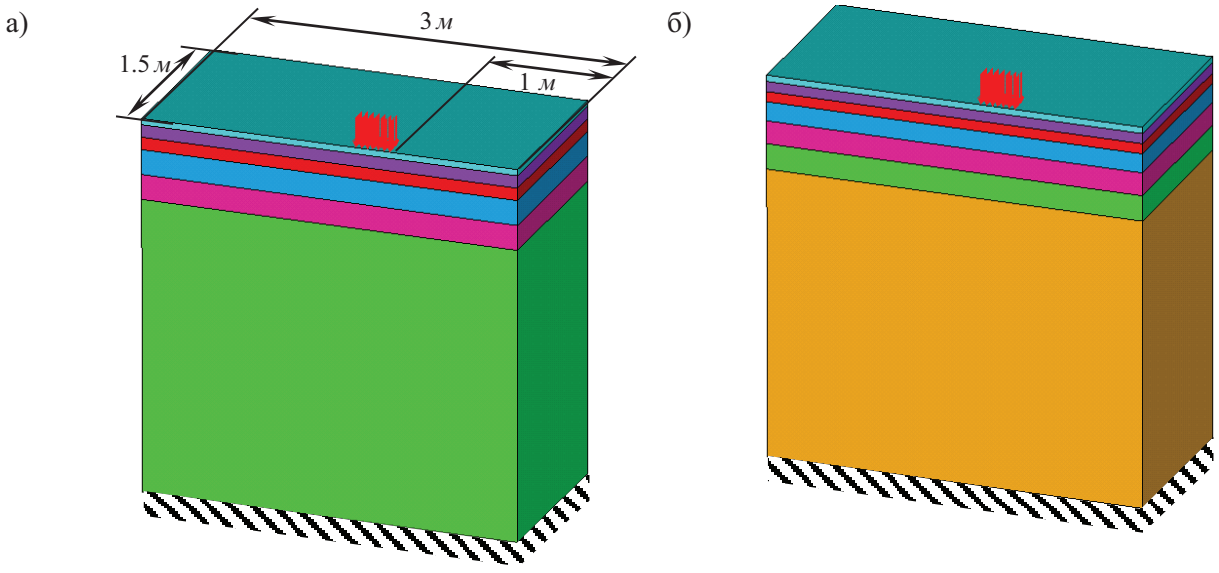


Рисунок 7 - Схема половини моделі (а – конструкція №1, б - конструкція №2)

Для даної моделі розглянемо варіанти граничних умов: повна заборона переміщень на бічній поверхні; дозволено проковзування вздовж бічної поверхні; дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої бічної поверхні; на бічній поверхні немає обмежень (рис. 8).

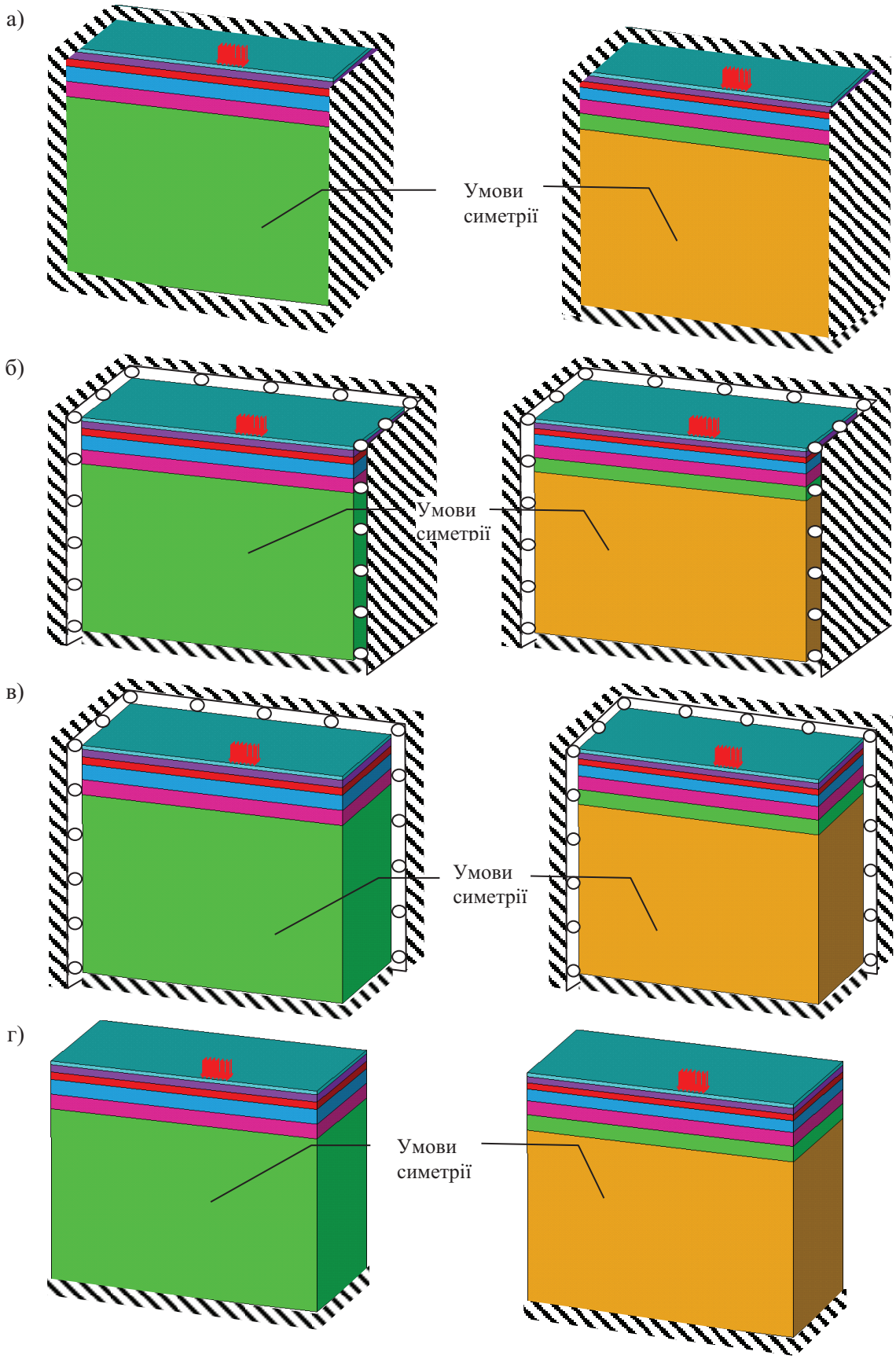


Рисунок 8 - Варіанти граничних умов (в усіх варіантах нижня грань жорстко защемлена): а) повна заборона переміщень на бічній поверхні; б) дозволено проковзування вздовж бічної поверхні; в) дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої бічної поверхні; г) на бічній поверхні немає обмежень

Результати максимальних переміщення під штампом для приведених конструкцій в залежності від температури та граничних умов при несеметричному навантаженні задачі наведено в табл. 8, 9.

Таблиця 8 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №1 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Несиметричні навантаження та граничні умови

	Температура, ˚С			
Варіант граничних умов	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3609	0,7928	0,9214	0,9608
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4981	0,9012	1,0250	1,0630
3) Дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,5480	0,9610	1,0880	1,1270
4) На бічній поверхні немає обмежень	0,6758	1,0700	1,1920	1,2290

Таблиця 9 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №2 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Несиметричні навантаження та граничні умови

	Температура, ˚С			
Варіант граничних умов	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3425	0,6908	0,7822	0,8139
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4798	0,8058	0,8935	0,9241
3) Дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,5264	0,8606	0,9500	0,9810
4) На бічній поверхні немає обмежень	0,6514	0,9716	1,0570	1,0870

Визначення залишкових деформацій асфальтобетонного покриття

Істотним недоліком українських нормативних документів з проектування дорожнього одягу, зокрема ВБН В.2.3-218-186 [8], є відсутність розділів з прогнозування стану дорожнього одягу в процесі її служби. Кінець розрахункового терміну служби ніяк не пов'язується з обсягом руйнувань. Простіше кажучи, невідомо, яка буде середня глибина колії.

Вертикальну залишкову деформацію стискання ε_p знаходять за емпіричною формулою (1), отриманої в лабораторії при випробуваннях асфальтобетонів, в залежності від температури T і число попередніх навантажень N. При цьому випробуванні проводили повторні навантаження без бокового обмеження, а після, уточнювали коефіцієнти за польовими даними [9]:

$$h_{a/б}(t,T(t)) = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \beta_{r1} \cdot a_1 \cdot T \cdot a_2 \cdot \beta_{r2} \cdot N \cdot a_2 \cdot \beta_{r3} \quad (1)$$

де ε_p - накопичена залишкова вертикальна деформація від N навантаженій при температурі $T(F)$;

ε_r - вертикальна деформація в даній точці, вирахувана по теорії пружності і залежна від параметрів осей пошарової системи.

В результаті лабораторного дослідження повторними навантаженнями асфальтобетону отримуємо вираз виду (2):

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = 10^{-3,1555} \cdot \left(\frac{9}{5} \cdot Tc + 32\right)^{1,734} \cdot N^{0.3994} \quad (2)$$

Приклад розрахунку накопичення залишкових деформацій асфальтобетонного покриття від кількості проходів автомобіля наведено на рис. 9, 10.

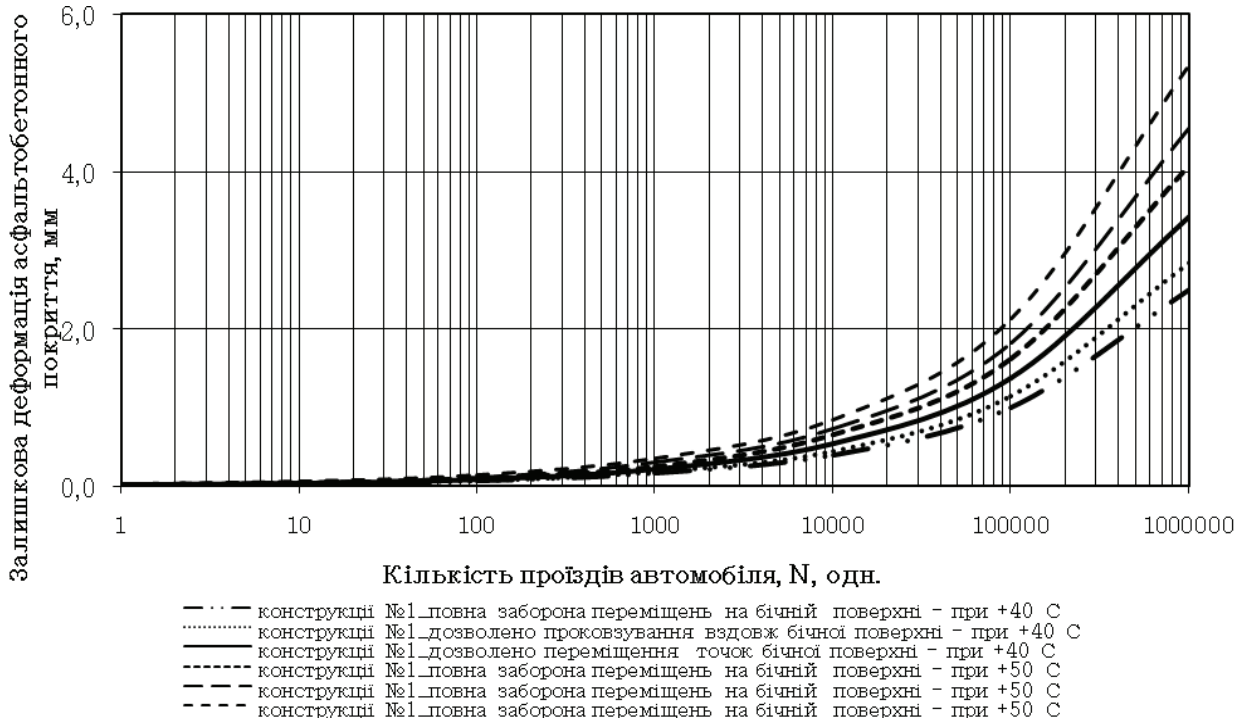


Рисунок 9 - Накопичення залишкових деформацій для конструкції №1 при середній температурі покриття +40°С та +50°С за граничних умов при осесиметричному розгляді задачі

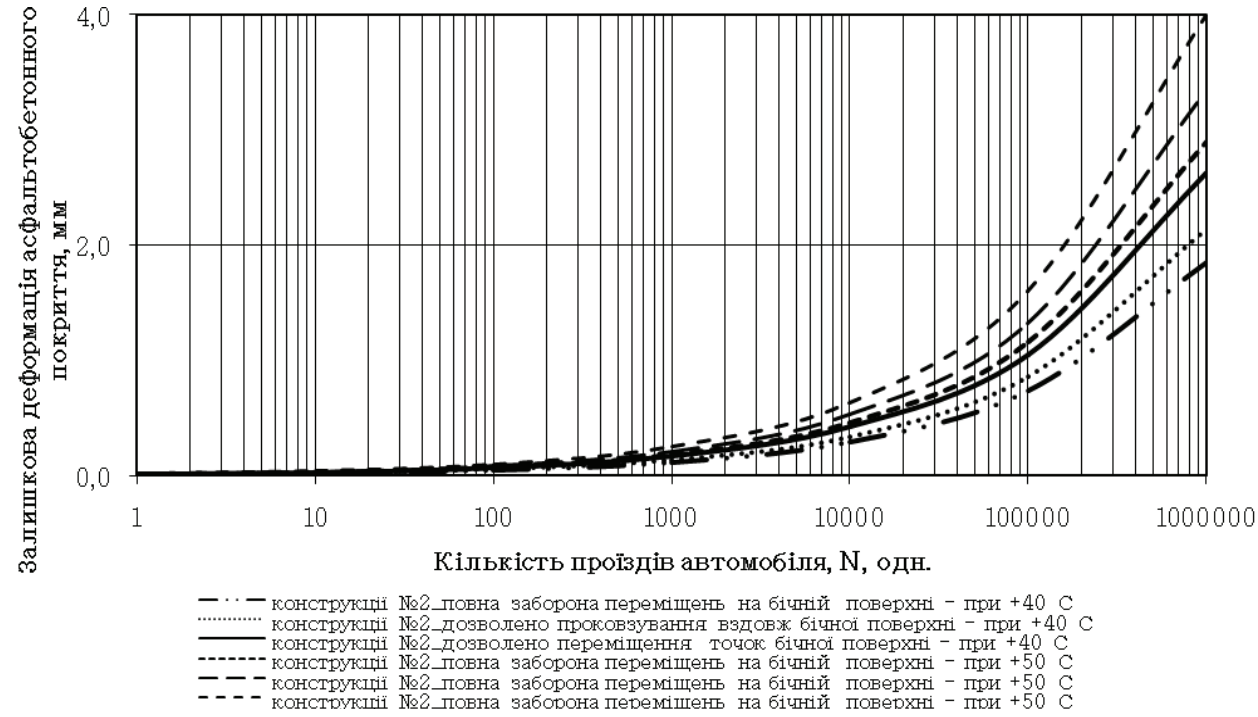


Рисунок 10 - Накопичення залишкових деформацій для конструкції №2 при середній температурі покриття +40°С та +50°С за граничних умов при осесиметричному розгляді задачі

Коректне завдання граничних умов для моделей таких конструкцій є непростою задачею. Верхньою межею деформацій реальної конструкції може слугувати деформація моделі з вільною від обмежень бічною поверхнею, а нижньою межею - деформація моделі з жорстко защемленою бічною

поверхнею. Як показали розрахунки, різниця між ними в деяких випадках може досягати 50 %, тому для оцінки деформації конструкції приймається деформація моделі з «проміжним станом» граничних умов.

При осесиметричній постановці чисельної збіжності деформацій вдалося досягти при згущені сітки до 16080 елементів, тоді як для досягнення чисельної збіжності з відносною похибкою 1% в тривимірній постановці знадобилося 1006000 елементів, а подальше згущення сітки наштовхнулося на значні складнощі при обчисленні.

Аналіз результатів показав, що для оцінки пружних деформацій достатньо осесиметричної постановки, тоді як при розрахунку на міцність необхідно використовувати тривимірну постановку та граничні умови максимально наближені до реальних, оскільки граничні умови та положення навантаження суттєво впливають на перерозподіл зон розтягуючих напружень, і не так суттєво на величину деформацій.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок про те, що максимальні переміщення, а отже і колійність асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу виникає в конструкції №1 в якій не були застосовані укріплені шари. Результати дослідження свідчать, що колія в асфальтобетонних шарах в конструкції з укріпленими матеріалами до 56 % менша в порівнянні з аналогічною, але без застосування укріплених матеріалів. В залежності від умов граничного стану колійність конструкції дорожнього одягу зростає до 28%.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво

2. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України: П–Г. 1–218–113:2009 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2010. – 168 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

3. Иванов, И.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Н.Н. Иванов, А.М. Кривиский, М.Б. Корсунский.- М.: Транспорт, 1973. - 328 с.

4. Корсунский М.Б., Булавко А.Г. Напряжения и деформации многослойных упруго-изотропных систем при о сесимметричной нагрузке. В кн.: Практические методы определения напряженно-деформированного состояния конструкций дорожных одежд. М., «Танспорт», 1966, С. 5—124. (Труды Союздор- нии, Вып. 6).

5. Яковлев Ю.М., Коновалов С.В., Лейвак В.А., Шагал Л.В. Исследование расчётных параметров для оценки прочности и расчёта усиления нежестких дорожных одежд при испытании динамической нагрузкой. Ростов-на-Дону: изд. Ростовского областного правления НТО, 1977 - 31 с.

6. Бродский Б.З. Регрессионный анализ при композиционном планировании второго порядка специального вида // Бродский Б.З. // Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», Информационные материалы. – М.: АН СССР – 1970. – 145 с.

7. Федоров Б.В. Теория оптимального эксперимента // Федоров Б.В. – М. : Наука – 1971. – 214 с.

8. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. Відомчі будівельні норми України. Київ: Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004. – 71 с.

9. AASHTO. ―Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. A Manual of Practice. Interim Ed. 2008.

REFERENCES

1. DBN V.2.3-4: 2015. Highways. Part I. Design. Part II. Construction. (Ukr)

2. Technical rules for repair and maintenance of public roads Ukraine: P-G. 1-218-113: 2009 / K. - Official. kind. - K .: Ukravtodor, 2010. - 168 p. - (Ukravtodor Regulations). (Rus)

3. Ivanov I.N. Design and calculation of non-rigid pavements / N.N. Ivanov, A.M. Krivisky, M.B. Korsunskiy.- M .: Transport, 1973. - 328 p. (Rus)

4. Korsun MB, Bulavko AG Stress and strain elastically isotropic multilayer systems at about sesimmetrichnoy load. Proc .: Practical methods for determining the stress-strain state of road structures. M., "Tansport" 1966, pp 5-124. (Proceedings Soyuzdor- Research Institute, Vol. 6). (Rus)

5. Yakovlev Y. M. Konovalov C.B., Leyvak V.A. Chagall L.V. The study design parameters to assess the strength and the calculation of the gain non-rigid pavements in the test of the dynamic load. Rostov-on-Don: Vol. Rostov Regional board of NTR, 1977 - 31. (Rus)

6. Brodsky B.Z. Regression analysis when planning the composite second order of a special type // Brodsky BZ // Scientific Council for the Complex Problem "Cybernetics", information materials. - M .: Academy of Sciences of the USSR - 1970. - 145 p. (Rus)

7. Fedorov B.V. The theory of optimal experiment // Fedorov BV - Moscow: Science - 1971. - 214 p. (Rus)

8. VBN V.2.3-218-186-2004. Road clothing flexible type. Institutional building codes Ukraine. Kyiv: State Road Service of Ukraine "Ukravtodor", 2004. - 71 p. (Ukr)

9. AASHTO. ―Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. A Manual of Practice. Interim Ed. 2008.

РЕФЕРАТ

Онищенко А. М. Прогнозування та оцінка залишкових деформацій асфальтобетонного покриття з використанням методу скінченних елементів / А. М. Онищенко, С.М. Худолій, М.В. Гаркуша, О.М. Лещук / Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті наведена розрахунок напружено-деформованого стану асфальтобетонного покриття методом скінченних елементів із застосуванням програмного комплексу Ansys.

Об’єкт дослідження – переміщення в конструкції дорожнього одягу.

Мета роботи – визначення колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу.

Недостатня стійкість асфальтобетонного покриття автомобільних доріг і вулиць до колійності з утворенням зсувів, напливів, колій суттєво знижує як міцність всієї конструкції дорожнього одягу, так і особливо рівень безпеки руху за рахунок створення ефекту аквапланування в місцях застою води та зимової слизькості.

Результати проведених розрахунків дають можливість теоретично визначити колію асфальтобетонного покриття в залежності від заданої кількості проходів автомобіля та температури асфальтобетонного покриття.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, КОЛІЄСТІЙКІСТЬ, АСФАЛЬТОБЕТОННЕ ПОКРИТТЯ, ЗАЛИШКОВІ ДЕФОРМАЦІЇ

ABSTRACT

Onishchenko A.M., Khudolii S.M., Harkusha M.V. Leshchuk A.N. Prediction and assessment of residual strain of asphalt pavement using finite element method. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article shows the calculation of stress-strain state of asphalt pavement by finite element method using Ansys software system.

Research object - moving in the construction of pavement.

Purpose - to determine durability rutting cover non-rigid asphalt pavement.

The lack of stability of asphalt pavement of roads and streets to rutting to form landslides, flows, track greatly reduces the strength of the assembly as pavement, and especially the level of safety by creating the effect of aquaplaning in places of stagnant water and winter slipperiness.

The results of the calculations make it possible theoretically to determine the track asphalt pavement based on a given number of passes and vehicle temperature of asphalt pavement.

KEYWORDS: STRESS-STRAIN STATE, DURABILITY RUTTING, ASPHALT PAVEMENT, THE REMAINS STRAIN

РЕФЕРАТ

Онищенко А. М. Прогнозирование и оценка остаточных деформаций асфальтобетонного покрытия с использованием метода конечных элементов / А. Н. Онищенко, С.Н. Худолий, Н.В. Гаркуша, А.Н. Лещук / Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье приведена расчет напряженно-деформированного состояния асфальтобетонного покрытия методом конечных элементов с применением программного комплекса Ansys.

Объект исследования - перемещение в конструкции дорожной одежды.

Цель работы - определение колеестойкости асфальтобетонного покрытия нежесткой дорожной одежды.

Недостаточная устойчивость асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог в колейности с образованием сдвигов, наплывов, колейности существенно снижает как прочность всей

конструкции дорожной одежды, так и особенно уровень безопасности движения за счет создания эффекта аквапланирования в местах застоя воды и зимней скользкости.

Результаты проведенных расчетов дают возможность теоретически определить колейность асфальтобетонного покрытия в зависимости от заданного количества проходов автомобиля и температуры асфальтобетонного покрытия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ, КОЛЕЕСТОЙКОСТЬ, АСФАЛЬТОБЕТОННОЕ ПОКРЫТИЕ, ОСТАТОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ

АВТОРИ:

Онищенко Артур Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: artur_onish@bigmir.net, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 107.

Худолій Сергій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42.

Гаркуша Микола Васильович, асистент, Національний транспортний університет, асистент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: Nicolas89@bigmir.net, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 107.

Лещук Ольга Миколаївна, аспірант, Національний транспортний університет, кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 107.

AUTHOR:

Onischenko A. M, Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department road construction materials and chemicals, e-mail: artur_onish@bigmir.net, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of.107.

Khudolii S. M. Ph.D., associate professor, National Transport University, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42.

Garkusha M.V., assistant, National Transport University, assistant department road construction materials and chemicals, e-mail: Nicolas89@bigmir.net, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of.107.

Leshchuk O.M., graduate student, National Transport University, department road construction materials and chemicals, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of.107.

АВТОРЫ:

Онищенко Артур Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожно-строительных материалов и химии, e - mail: artur_onish@bigmir.net, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 107.

Худолий Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный університет, доцент кафедры вышей математики, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42.

Гаркуша Николай Васильевич, асистент, Национальный транспортный университет, асистент кафедры дорожно - строительных материалов и химии, e - mail: Nicolas89@bigmir.net, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 107.

Лещук Ольга Николаевна, асистент, Национальный транспортный университет, кафедры дорожно -строительных материалов и химии, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 107 .

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Кузьмінець М.П., завідувач кафедри комп’ютерної, інженерної графіки та дизайну Національного транспортного університету, доктор технічних наук.

Аксьонов С.Ю., головний спеціаліст відділу проектних робіт Департаменту розвитку мережі доріг Державного агентства автомобільних доріг України, кандидат технічних наук.

REVIEWER:

Kuzminets M.P., Chair of computer, engineering graphics and design of the National Transport University, Doctor of Engineering.

Aksenov S. Y., Chief Specialist of the Department of design works of the road network of the State Agency of highways of Ukraine, candidate of technical sciences.

УДК 656.135.073.42:63
UDC 656.135.073.42:63

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ ЗА УМОВИ СТОХАСТИЧНОГО ХАРАКТЕРУ НАДХОДЖЕННЯ ВИМОГ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ

Петрик А.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

PECULIARITIES OF FUNCTIONING OF INFRASTRUCTURE OF TRANSPORT HUBS, PROVIDED THE STOCHASTIC NATURE OF THE REQUESTED SERVICE

Petryk A.V., Candidate of technical Sciences, National Transport University, Kiev, Ukraine

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ ПРИ УСЛОВИИ СТОХАСТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА ПОСТУПЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ

Петрик А.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Створення транспортних систем в агропромисловому комплексі країни вимагає розробки наукових основ надійного транспортного обслуговування та вирішення цілого ряду практичних завдань. Такий комплекс заходів по забезпеченню агропромислового виробництва ефективним функціонуванням транспортних систем передбачає визначення закономірностей формування вантажопотоків та необхідних складових елементів транспортного процесу, розробку методів здійснення транспортного обслуговування, обґрунтування раціональної взаємодії різних видів транспорту для перевезення вантажів сільськогосподарського виробництва в інтегрованих системах їх доставки [1, 2].

В повсякденній роботі підприємств агропромислового виробництва існує цілий клас задач, коли вхідна заявка потоку вимог поетапно обслуговується кількома заявками іншого потоку. Характерними прикладами таких систем є обслуговування автомобілями завантаженого залізничного вагону, розвезення малотоннажними автомобілями оптової партії контейнерів тощо. В такому випадку для зазначених систем масового обслуговування сукупність вимог розглядається як неординарний пуасонівський потік [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз результатів попередніх досліджень перевізних процесів в агропромисловому виробництві свідчить про те, що в переважній більшості наукових робіт процес транспортного обслуговування сільськогосподарських підприємств розглядається уособлено від умов виникнення та формування вантажоутворюючих масивів і руху матеріальних потоків [5, 6]. Крім того, в зазначених наукових роботах не завжди враховувався вплив випадкових факторів на характеристики транспортного обслуговування [7, 8]. В більшості проаналізованих досліджень вихідні параметри матеріального потоку не завжди адекватно реагують на вплив транспортного забезпечення [9]. За такої постановки питання транспортні процеси в агропромисловому виробництві необхідно розглядати як взаємопов’язану роботу суб’єктів господарської діяльності, засобів одного або різних видів транспорту з урахуванням впливу оточуючого середовища [10].

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливість транспортного обслуговування зазначених вимог свідчить про необхідність їх розгляду як відкритих систем, тобто джерела як першого так і другого потоків не є обмеженими. Модель такої СМО зводиться до моделі одноканальної системи, у якій перший потік є вхідним потоком заявок на обслуговування, а другий потік є потоком обмежених заявок, які обслуговуються деяким пристроєм обслуговування.

Припустимо, що щільності розподілу ймовірностей проміжків часу між надходженнями заявок і проміжків часу між моментами закінчення обслуговувань мають вигляд

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0; \tag{1}$$

$$g(x) = \frac{r\mu(r\mu x)^{r-1}}{(r-1)!} e^{-r\mu x}, \qquad x \geq 0$$

де λ, μ – інтенсивність вимог відповідно 1-го та 2-го потоків;

r – кількість етапів обслуговування вимог 1-го потоку заявками 2-го потоку.

Оскільки при аналізі такої системи, окрім знаходження кількості заявок у СМО, потрібно знати також кількість етапів, через які необхідно пройти обслуговуваній заявці, то кожну заявку, яка знаходиться у черзі на обслуговування, слід описувати кількістю етапів r, необхідних для завершення обслуговування. Тому стани СМО у довільний момент часу доцільно описувати загальною кількістю етапів обслуговування, через які повинні пройти усі заявки, що у даний момент знаходяться у системі обслуговування, до повного завершення обслуговування.

Якщо розглядуваний стан системи характеризується наявністю k заявок, причому обслуговувана заявка знаходиться на *i-му* етапі обслуговування *(i=1,...,r)*, то кількість етапів, через які повинні пройти усі заявки, що знаходяться у СМО (на обслуговуванні та в черзі), дорівнює

$$j = (k-1)r + (r-i+1) = kr - i + 1 \tag{2}$$

Введемо позначення: $P_k(t)$ – ймовірність наявності k заявок у системі обслуговування; $P_j(t)$ – ймовірність того, що усі заявки, які знаходяться у системі, повинні пройти j етапів обслуговування. Співвідношення між кількістю заявок і кількістю етапів визначається математичною залежністю

$$P_k(t) = \sum_{j=(k-1)r+1}^{kr} P_j(t), \quad k = 1,2,\ldots \tag{3}$$

Задача полягає у розрахунку ймовірностей $P_k(t)$ і $P_j(t)$ для стаціонарного режиму функціонуванні СМО. Ймовірності переходів системи із одного стану в інший за малий проміжок часу Δt з точністю до нескінченно малої величини $0(\Delta t)$ порядку вищого, ніж Δt будуть мати вигляд

$$\begin{aligned}
&P(k \xrightarrow{\Delta t} k) = e^{-\lambda\Delta t} * e^{-r\mu\Delta t} = (1-\lambda\Delta t + ...)(1-r\mu\Delta t + ...) = 1-(\lambda + r\mu)\Delta t + 0(\Delta t);\\
&P(k-1 \xrightarrow{\Delta t} k) = (1-e^{-\lambda\Delta t}) * e^{-r\mu\Delta t} = (\lambda\Delta t + ...)(1-r\mu\Delta t + ...) = \lambda\Delta t + 0(\Delta t);\\
&P(k+1 \xrightarrow{\Delta t} k) = e^{-\lambda\Delta t} * (1-e^{-r\mu\Delta t}) = (1-\lambda\Delta t + ...) * r\mu\Delta t = r\mu\Delta t
\end{aligned} \tag{4}$$

З використанням ймовірності переходу системи за час Δt визначено ймовірності станів системи в момент часу $t + \Delta t$ із застосуванням методики складання диференціальних рівнянь Колмогорова. При користуванні зазначеними математичними залежностями на стани системи накладено умови, які полягають у тому, що ймовірності станів з від’ємними індексами дорівнюють нулю. З урахуванням того, що щільності розподілу проміжків часу між подіями вхідного і вихідного потоків задані відповідно експоненціальним розподілом та розподілом Ерланга, було отримано такі вирази:

- ймовірності того, що у систему за час Δt не надійде заявка і заявка не пройде обслуговування

$$\begin{aligned}
e^{-\lambda\Delta t} &= 1 - \lambda\Delta t + 0(\Delta t);\\
e^{-r\mu\Delta t} &= 1 - r\mu\Delta t + 0(\Delta t)
\end{aligned} \tag{5}$$

- ймовірності того, що у систему за час Δt надійде одна заявка і відповідна заявка пройде один етап обслуговування

$$\begin{aligned}
1 - e^{-\lambda\Delta t} &= 1 - (1 - \lambda\Delta t + 0(\Delta t)) = \lambda\Delta t + 0(\Delta t);\\
1 - e^{-r\mu\Delta t} &= 1 - (1 - r\mu\Delta t + 0(\Delta t)) = r\mu\Delta t + 0(\Delta t)
\end{aligned} \tag{6}$$

Використовуючи ці співвідношення для ймовірностей станів в момент часу $t + \Delta t$ отримано математичні залежності

$$\begin{aligned} &P_0(t+\Delta t) = P_0(t)(1-\lambda\Delta t) + P_1(t) r\mu\Delta t + 0(\Delta t);\\ &P_j(t+\Delta t) = P_j(t)[1-\lambda\Delta t - r\mu\Delta t] + P_{j-1}(t)\lambda\Delta t + P_{j+1}(t) r\mu\Delta t + o(\Delta t)\\ &j = 1,2... \end{aligned} \tag{7}$$

За умови поділу правої і лівої частини співвідношень на Δt і переходу до границь при $\Delta t \to 0$, система диференціальних рівнянь буде мати вигляд

$$\begin{aligned} &P_0'(t) = -\lambda P_0(t) + r\mu P_1(t);\\ &P_j'(t) = -(\lambda + r\mu) P_j(t) + \lambda P_{j-r}(t) + r\mu P_{j+1}(t);\\ &j = 1,2 \end{aligned} \tag{8}$$

Розглянемо функціонування системи в усталеному режимі. Так як вхідний і вихідний потоки СМО задані відповідно експоненціальним розподілом та розподілом Ерланга, то дана система є марковською і тому існують стаціонарні ймовірності. Оскільки у цьому випадку $P_j'(t) = 0;\ (j = 0, 1,)$, то складена система диференціальних рівнянь перетворюється на систему алгебраїчних рівнянь

$$\begin{aligned} &\lambda P_0 = r\mu P_1;\\ &(\lambda + r\mu) P_j = \lambda P_{j-z} + r\mu P_{j+1}, \quad j = 1,2 \end{aligned} \tag{9}$$

Для розв’язання цієї системи рівнянь використано метод твірних функцій, які визначаються рівністю

$$F(z) = \sum_{j=0}^{\infty} P_j z^j \tag{10}$$

Враховуючи те, що $F(1) = 1$, константу P_0 можна обчислити за правилом Попіталя, за умови множення кожного j-го рівняння на z^j одержимо залежність

$$\sum_{j=1}^{\infty} (\lambda + r\mu) P_j z^j = \sum_{j=1}^{\infty} \lambda P_{j-r} z^j + \sum_{j=1}^{\infty} r\mu P_{j+1} z^j \tag{11}$$

У розглянутій системі інтенсивність надходження заявок дорівнює λ, а середній час обслуговування дорівнює $1/\mu$ незалежно від r. За умови виділення $F(z)$, знаходимо

$$(\lambda + r\mu)[F(z) - P_0] = \lambda z^r F(z) + \frac{r\mu}{z}[F(z) - P_0 - P_1 z] \tag{12}$$

Скориставшись запропонованою рівністю для подальшого спрощення, одержуємо

$$F(z) = \frac{r\mu P_0 [1 - (\frac{1}{z})]}{\lambda + r\mu - \lambda z^r - (\frac{r\mu}{z})} \tag{13}$$

Константу P_0 можна обчислити як

$$F(1) = 1 = \frac{r\mu P_0}{r\mu - \lambda r} \tag{14}$$

Отже коефіцієнт використання системи дорівнює $\rho = \lambda/\mu$. Для випадку $r = 1$, що відповідає одноканальній СМО, твірна функція буде мати вигляд

$$F(z) = \frac{\mu(1-\rho)(1-z)}{\mu + \lambda z^2 - (\lambda + \mu)z} = \frac{(1-\rho)(1-z)}{1 + \rho z^2 - (1+\rho)z} \tag{15}$$

Знаменник цього дробу розкладається на прості множники у вигляді $(1-z)(1-\rho z)$. Тоді за таблицями зворотного перетворення одержуємо

$$P_k = (1-\rho)\rho^k, \quad \text{k} = 0,1,2, \tag{16}$$

У випадку $r = 1$ очевидно, що $p_k = P_k$, і рівність (12) дає розподіл кількості заявок у одноканальній СМО. При $r > 1$ стандартний метод обернення перетворення $F(z)$ полягає у розкладенні цієї дрібно-раціональної функції на прості дроби і обернення кожної із них окремо. Перше, ніж провести розкладення на прості дроби, потрібно знайти $(r + 1)$ коренів многочлена, який стоїть у знаменнику. Проведений аналіз свідчить, що один із них дорівнює одиниці. Тому знаменник може бути записаний у вигляді $(1 – z)[r\mu – \lambda(z + z^2 + ... + z^r)]$. Причому останні r коренів (які позначимо $z_1, z_2, ..., z_r$) є коренями многочлена, який стоїть у квадратних дужках. Визначивши зазначені корені, можна записати знаменник у вигляді $r\mu(1-z)(1-z/z_1)...(1-z/z_r)$.

Зворотне перетворення твірної функції, яке має вигляд $A/(1-dz)$ – твірна функція $\rightarrow Ad^n$ – послідовність. Одержуємо остаточну формулу для розподілу кількості етапів у системі

$$P_j = (1-\rho)\sum_{i=1}^{r} A_i (z_i)^{-1}, \qquad j = 1,2,... \tag{17}$$

де

$$A_i = \prod_{n=1, n\neq i}^{r} \frac{1}{(1 - z / z_i)} \tag{18}$$

Таким чином для даної системи обслуговування розподіл кількості етапів обслуговування представляє собою зважену суму геометричних розподілів.

З урахуванням викладених теоретичних положень можливим стає вирішення питання перспективного планування в організації транспортного забезпечення експортних перевезень зернових і узгодження параметрів потужності перевалкових механізмів та автотранспортних засобів в загальній структурі перевізного процесу. З урахування випадкового характеру числових значень перевантажувальних можливостей $f(x)$ за умови нестабільної кількості автотранспортних засобів доцільним стає визначення зміни допустимих меж зазначених параметрів.

Як свідчить аналіз, виконаний з використанням математичної залежності (15), спостерігається тенденція взаємозалежності показників $f(t)$ та r. Розрахунки, проведені із застосуванням критерію мінімізації загальних витрат $B^{(n)}$, дають можливість визначити можливі межі зміни впливаючих показників потужності перевантажувальних засобів та їх транспортного забезпечення. Так, за умови попередньої доставки зерна залізничним транспортом в припортовий елеватор на відстань l = 500 км та поточного його постачання автопоїздами КамАЗ-53212 + ГКБ-83512 на відстань $l_{в.ї.}$ = 45 км зміна загальних витрат підтверджує попереднє теоретичне припущення як про недоцільність простою засобів перевантаження, так і автомобільного рухомого складу. Причому із зростанням потужності перевантажувальних засобів все відчутливіше позначається відсутність автомобілів. Зростання числового значення $B^{(n)}$ в таких випадках пояснюється суттєвим впливом витрат, пов’язаних з простоями транспортної системи.

Крім того, за умови зміни перевантажувальних потужностей в порту при відповідному транспортному забезпеченні оптимальний рівень сумарних витрат змінюється неоднозначно. Зменшення числового показника $B^{(n)}$ при відносно невеликих значеннях $f(x)$, а саме m_x = 80 т/год, вплив витрат, пов’язаних з можливим додатковим використанням B автотранспорту та попереднім накопиченням вантажів D в припортовому елеваторі, незначний. Із збільшенням числового значення перевалкових потужностей m_x, зважаючи на випадковий характер величини $f(x)$, збільшення витрат

$B^{(n)}$ пояснюється зміною числового значення математичних виразів $\int_0^\infty \left\{ \int_0^\infty \left[\int_{n+v}^{n+u+v} (x-n-u) f(x) dx \right] g(u) du \right\} h(v) dv$ та $\int_0^\infty v \left\{ \int_0^\infty \left[\int_{n+u+v}^{\infty} f(x) dx \right] g(u) du \right\} h(v) dv$. Подальше збільшення $f(x)$ впливає на зменшення витрат $E \int_0^\infty \left\{ \int_0^\infty \left[\int_{n+u+v}^{\infty} (x-n-u-v) f(x) dx \right] g(u) du \right\} h(v) dv$, пов'язаних з простоями судна.

Таким чином, для оптимізації загальних витрат $B^{(n)}$ поряд із комплексним попереднім плануванням процесу переміщення та накопичення вантажів важливим є забезпечення стабільної роботи транспортної системи.

Висновки. Таким чином, за результатами характеристики вантажоутворюючих масивів в системах з неординарним вхідним потоком при груповому надходженні вимог одержано ймовірності станів системи масового обслуговування та розраховані операційні характеристики, які дозволяють визначити особливості зміни числових значень вантажоутворюючих масивів в агропромисловому виробництві. Змодельовано процес формування вантажопотоків в транспортних системах при поетапному процесі обслуговування вимог, визначено основні характеристики систем масового обслуговування при використанні бункерної або контейнерної технології попереднього накопичення сільськогосподарських вантажів. Розроблено моделі формування вантажоутворюючих масивів для системи масового обслуговування з двома вхідними потоками вимог та визначено основні характеристики транспортної системи при груповому надходженні вимог за умови надходження вимог із обмежених джерел заявок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сичевський М.П. Формування національної продовольчої системи на засадах незалежності / М.П. Сичевський // Вісник аграрної науки – 2014. – № 6. – С. 11–18.

2. Дадашев Б.А. Ціни на зерно та збалансованість зернового ринку / Б.А. Дадашев, М.І. Макаренко // Економіка АПК. – 2003. – № 5. – С. 112-116.

3. Андрійчук В.Г. Агропромислові формування нового типу в контексті стратегії розвитку вітчизняного сільського господарства / В.Г. Андрійчук // Економіка АПК. – 2013. – № 1. – С. 3–15.

4. Сидорчук О.В. Системні принципи та напрями досліджень розвитку агропромислового виробництва на інноваційній основі / О.В. Сидорчук, А.С. Матвієнко // Наук. вісник НАУ. – 2005. – Вип. 80. – Ч. 2. – С. 136 – 141.

5. .Бугайчук В.В. Відродження виробничого потенціалу сільськогосподарських підприємств/В.В. Бугайчук // Економіка АПК. – 2014. — № 3. — С. 108–113

6. Гайдук Т.Г. Регулювання ринку зерна в Україні / Т.Г. Гайдук // Економіка АПК. – 2002. – №10. – С. 123-127.

7. Коваленко Ю.С. Наукові засади та основні тенденції формування аграрного ринку в Україні / Ю.С. Коваленко // Економіка АПК. – 2004. – №3. – С. 19 – 29.

8. І. Ю. Сальман, М. І. Ібатуллін Сучасний стан світого агропродовольчого ринку та місце в ньому України // Економіка та держава. – 2015. – № 11. – С. 25 – 27.

9. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. Пер.с англ. / Пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Непман. – М.:Машиностроение, 1979. – 432 с.

10. Петрик А.В. Формування транспортних систем в агропромисловому виробництві / А.В. Петрик. – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»", 2004. – 316 с.

REFERENCES

1. Sichevskiy M.P. Formation of national food system on the principles of independence / M.P. Sichevskiy // VIsnik agrarnoyi nauki – 2014. – № 6. – S. 11–18. (Ukr)

2. Dadashev B.A. Grain prices and the balance of the grain market / B.A. Dadashev, M.I. Makarenko // EkonomIka APK. – 2003. – № 5. – S. 112-116. (Ukr)

3. AndrIychuk V.G. The agroindustrial forming of new type is in the context of strategy of development of home agriculture / V.G. AndrIychuk // EkonomIka APK. – 2013. – № 1. – S. 3–15. (Ukr)

4. Sidorchuk O.V. System principles and directions of research of development of agricultural production on the innovative basis / O.V. Sidorchuk, A.S. MatvIEnko // Nauk. vIsnik NAU. – 2005. – Vip. 80. – Ch. 2. – S. 136 – 141. (Ukr)

5. Bugaychuk V.V. Revival of productive potential of agricultural enterprises / V.V.. Bugaychuk // EkonomIka APK. – 2014. — № 3. — S. 108–113. (Ukr)

6. Gayduk T.G. The regulation of the grain market in Ukraine i / T.G. Gayduk // EkonomIka APK. – 2002. – №10. – S. 123-127. (Ukr)

7. Kovalenko Yu.S. The scientific basis and main trends of formation of the agrarian market in Ukraine / Yu.S. Kovalenko // EkonomIka APK. – 2004. – №3. – S. 19 – 29. (Ukr)

8. Salman I.Yu. Modern state of світого of агропродовольчого market andplace in him Ukraine / I.Yu. Salman, M.I. IbatullIn // EkonomIka ta derzhava. – 2015. – № 11. – S. 25 – 27. (Ukr)

9. Kleynrok L. Queuing theory / L. Kleynrok. Per.s angl. / Per. I.I. Grushko; red. V.I. Nepman. – M.:Mashinostroenie, 1979. – 432 s. (Rus)

10. Petryk A.V. The establishment of the transport systems in agricultural production / A.V. Petryk. – K.: IVTS „ Publisher «PolItehnIka»”, 2004. – 316 s. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Петрик А.В. Особливості функціонування інфраструктури транспортних вузлів за умови стохастичного характеру надходження вимог на обслуговування / А.В. Петрик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті змодельовано процес формування вантажопотоків в транспортних системах при поетапному процесі обслуговування вимог, визначено основні характеристики систем масового обслуговування при використанні бункерної або контейнерної технології попереднього накопичення сільськогосподарських вантажів.

Об’єкт дослідження – моделі формування вантажоутворюючих масивів для системи масового обслуговування з двома вхідними потоками вимог та основні характеристики транспортної системи при груповому надходженні вимог за умови надходження вимог із обмежених джерел заявок.

Мета роботи – покращення показників транспортної інфраструктури при поетапному процесі обслуговування вимог.

Метод дослідження – теорія транспортних процесів і систем, теорія масового обслуговування і економіко-математичного моделювання перевізних процесів.

Створення транспортних систем в агропромисловому комплексі країни вимагає розробки наукових основ надійного транспортного обслуговування. Вирішення цілого ряду практичних завдань по забезпеченню агропромислового виробництва ефективним функціонуванням транспортних систем передбачає визначення закономірностей формування вантажопотоків. Основними складовими транспортних систем можуть бути розробка методів здійснення транспортного обслуговування та обґрунтування раціональної взаємодії різних видів транспорту для перевезення вантажів сільськогосподарського виробництва в інтегрованих системах їх доставки. Науковою новизною даного дослідження є вирішення задачі раціонального транспортного обслуговування, коли вхідна заявка потоку вимог поетапно обслуговується кількома заявками іншого потоку. В роботі змодельована ситуація обслуговування автомобілями завантаженого залізничного вагону або розвезення малотоннажними автомобілями оптової партії контейнерів. Тому в роботі було враховабно вплив випадкових факторів на характеристики транспортного обслуговування. Як наслідок, транспортні процеси в агропромисловому виробництві в роботі розглядалися як взаємопов’язана робота суб’єктів господарської діяльності, засобів одного або різних видів транспорту з урахуванням впливу оточуючого середовища.

Результати статті можуть бути впроваджені в виробничих транспортних системах при взаємодії окремих суб’єктів господарської діяльності.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – створення оптимальної структури організації і управління матеріальними потоками в транспортних системах агропромислового виробництва.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МАТЕРІАЛЬНІ ПОТОКИ, ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА, ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, ПОТІК ВИМОГ, ПОЕТАПНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ.

ABSTRACT

Petryk A.V. Peculiarities of functioning of infrastructure of transport hubs, provided the stochastic nature of the requested service. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article simulated the process of formation of cargo flows in the transport systems for the gradual process of service requirements, the basic characteristics of Queuing systems when using a hopper or container technology preliminary accumulation of agricultural goods.

Object of study – the formation ventilator arrays for a Queuing system with two input flows, requirements and main characteristics of the transport system with group arrivals subject to the admission requirements of limited sources of applications.

Purpose – the improvement of transport infrastructure for the gradual process of service requirements.

Method of research – theory of transport processes and systems, Queuing theory and economic-mathematical modelling of the transport processes.

Creation of transport systems in agro-industrial complex of the country requires the development of scientific principles of a reliable transport service. A number of practical tasks to ensure agricultural production, effective functioning of transport systems involves the determination of regularities of formation of cargo flows. The main components of transportation systems can be the development of methods of implementation of transport services and the rationale for rational interaction of different modes of transport for the carriage of goods of agricultural production in integrated delivery systems. Scientific novelty of the research is the solution of the problem of rational transport service, when the application flow requirements in stages by multiple applications for another thread. The work simulated the situation of service vehicles loaded railway wagon or conveying light-duty vehicles wholesale shipments of containers. Therefore, the work was враховабно the influence of random factors on the characteristics of the transport service. As a consequence, transport processes in agricultural production in the work was considered as related work of entities, means the same or different types of transport taking into account the influence of the environment.

The results of this paper can be implemented in the production of transport systems in the interaction of individual economic entities.

Forecast assumptions about the object of study – the creation of the optimal structure of the organization and management of material flows in the transport systems of agricultural production.

KEYWORDS: MATERIAL FLOWS, TRANSPORT INFRASTRUCTURE, TRANSPORT SYSTEM, FLOW REQUIREMENTS, PHASED MAINTENANCE.

РЕФЕРАТ

Петрик А.В. Особенности функционирования инфраструктуры транспортных узлов при условии стохастического характера поступления требований на обслуживание. / А.В. Петрик // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье смоделирован процесс формирования грузопотоков в транспортных системах при поэтапном процессе обслуживания требований, определены основные характеристики систем массового обслуживания при использовании бункерной или контейнерной технологии предварительного накопления сельскохозяйственных грузов.

Объект исследования – модели формирования вантажоутворюючих массивов для системы массового обслуживания с двумя входящими потоками требований и основные характеристики транспортной системы при групповом поступлении требований при условии поступления требований из ограниченных источников заявок.

Цель работы – улучшение показателей транспортной инфраструктуры при поэтапном процессе обслуживания требований.

Метод исследования – теория транспортных процессов и систем, теория массового обслуживания и экономико-математического моделирования перевозочных процессов.

Создание транспортных систем в агропромышленном комплексе страны требует разработки научных основ надежного транспортного обслуживания. Решение целого ряда практических задач по обеспечению агропромышленного производства эффективным функционированием транспортных систем предполагает определение закономерностей формирования грузопотоков. Основными

составляющими транспортных систем могут быть разработка методов осуществления транспортного обслуживания и обоснование рационального взаимодействия различных видов транспорта для перевозки грузов сельскохозяйственного производства в интегрированных системах их доставки. Научной новизной данного исследования является решение задачи рационального транспортного обслуживания, когда входное заявка потока требований поэтапно обслуживается несколькими заявками другого потока. В работе смоделирована ситуация обслуживания автомобилями загруженного железнодорожного вагона или развозка малотоннажными автомобилями оптовой партии контейнеров. Поэтому в работе было враховабно влияние случайных факторов на характеристики транспортного обслуживания. Как следствие, транспортные процессы в агропромышленном производстве в работе рассматривались как взаимосвязанная работа субъектов хозяйственной деятельности, средств одного или разных видов транспорта с учетом влияния окружающей среды.

Результаты статьи могут быть внедрены в производственных транспортных системах при взаимодействии отдельных субъектов хозяйственной деятельности.

Прогнозные предположения относительно развития объекта исследования – создание оптимальной структуры организации и управления материальными потоками в транспортных системах агропромышленного производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МАТЕРИАЛЬНЫЕ ПОТОКИ, ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ, ПОТОК ТРЕБОВАНИЙ, ПОЭТАПНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.

АВТОР:

Петрик Анатолій Васильович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: anv.petruk@gmail.com, тел. 097-658-73-77, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437.

AUTHOR:

Petryk Anatoliy Vasilyevich, candidate of technical Sciences, associate Professor, national transport University, associate Professor of the Department of international transportations and customs control, e-mail: anv.petruk@gmail.com, tel. 097-658-73-77, Ukraine, 01010, Kiev, street Suvorova 1, K. 437.

АВТОР:

Петрик Анатолий Васильевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: anv.petruk@gmail.com, тел. 097-658-73-77, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 437.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Фришев С.Г., доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри транспортних технологій та засобів у АПК, Київ, Україна.

Воркут Т.А., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Frishev A.S., Doctor of technical Sciences, Professor, National University of bioresources and nature management of Ukraine, Professor of the Department of transport technologies and tools in agriculture, Kiev, Ukraine.

Vorkut T.A., Doctor of technical Sciences, Professor, National transport University, Head of the chair of transport law and logistics, Kiev, Ukraine.

УДК 629.113
UDC 629.113

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНОДІЮЧОЇ СИЛ ВЗАЄМОДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО КОЛЕСА З НЕРІВНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ДОРОГИ

Поляков В.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Разбойніков О.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

DEFINITION OF INTERACTION FORCE BETWEEN THE CAR WHEEL AND UNEVEN ROAD SURFACE

Polyakov V.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Razboynikov A.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА С НЕРОВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ДОРОГИ

Поляков В.М., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Разбойников А.А., Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

Постановка проблеми. Відображення реальних фізичних процесів взаємодії автомобіля з навколишнім середовищем за допомогою математичного моделювання є однією з основних задач теорії експлуатаційних властивостей автомобіля. Проте, в більшості випадків при дослідженні експлуатаційних властивостей автомобіля розглядається його рух по рівній опорній поверхні. Але на практиці з часом відбувається зміна поверхні дороги: виникають та поступово збільшуються вибоїни та інші нерівності покриття (наприклад, напливи). Разом з тим, спостерігається тенденція зростання швидкостей руху автотранспортних засобів, що, в свою чергу, супроводжується зростанням динамічних навантажень на автотранспортний засіб та дорогу, негативно впливає на їх технічний стан, а також погіршує показники експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів. В зв’язку з цим, підвищуються вимоги до експлуатаційних властивостей зазначених транспортних засобів, які, перш за все, характеризують безпеку руху (стійкість, керованість), екологічну безпеку (паливна економічність) та комфортабельність (плавність ходу) тощо [1].

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом для досягнення мінімального динамічного навантаження на автомобіль і дорожнє покриття із забезпеченням надійного контакту шини з опорною поверхнею все більше використовують активну підвіску. Організація робочих процесів такої підвіски може бути реалізована на основі даних про геометричні параметри нерівностей дороги (надаються, наприклад, системою сканування дорожнього полотна) та про режим руху, що дає можливість зменшити динамічне навантаження в момент наїзду колеса на дорожню нерівність [2]. Така організація керування робочими процесами активної підвіски сприяє поліпшенню плавності ходу, стійкості та керованості автомобіля, а також підвищенню довговічності ходової частини останнього.

Відомо [3], що інтенсивне збурююче навантаження на автомобіль чинять хвилеподібні ділянки опорної поверхні (так званні напливи). Раніше було визначено [1] проекції нормальної опорної реакції та сумарної повздовжньої сили на осі нерухомої системи координат при рівномірному прямолінійному русі легкового автомобіля через нерівність дороги синусоїдального профілю та їх зміну в залежності від швидкості руху. Разом з тим, в загальному доступі мало робіт щодо визначення зміни сил в контакті колеса з нерівною дорогою в реальних умовах експлуатації.

Мета роботи полягає в визначенні рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса при русі автомобіля по нерівній опорній поверхні з урахуванням впливу зміни висоти дорожньої нерівності.

Основна частина. Розглянуто прямолінійний рівномірний рух автомобіля по дорозі, що має нерівність синусоїдального профілю. Взаємодія автомобіля з повітряним середовищем не враховується. Для спрощення розрахунків використано так звану (в закордонних виданнях) «quarter-car model» (дослівний переклад з англійської: quarter – четверта частина; car – автомобіль; model – модель), що дозволяє описати переміщення одного автомобільного колеса та приведеної до нього

еквівалентної підресореної маси автомобіля [4]. Дана система складається з двох зосереджених мас (підресореної та непідресореної), з’єднаних між собою пружнім та дисипативним елементами підвіски. Зв’язок колеса автомобіля з опорною поверхнею здійснюється через пружну шину (рис.1).

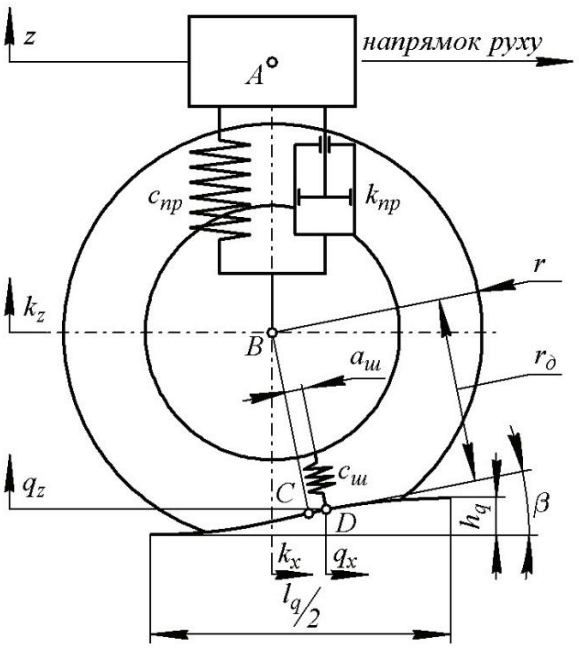


Рисунок 1 – Схема до визначення параметрів взаємодії колеса автомобіля при русі через нерівність дороги синусоїдального профілю

Автомобільне колесо під час наїзду на дорожню нерівність отримує збурення у вигляді переміщення та динамічного навантаження, яке через підвіску передається підресореній масі автомобіля. Таким чином, рух автомобіля по нерівній поверхні супроводжується коливанням його підресорених (точка *A*) та непідресорених (точка *B*) мас (рис. 1). Створюючи розрахункову схему, було замінено взаємодію елементів конструкції ходової частини автомобіля, що розглядається, силами взаємозв’язку між ними (рис. 2).

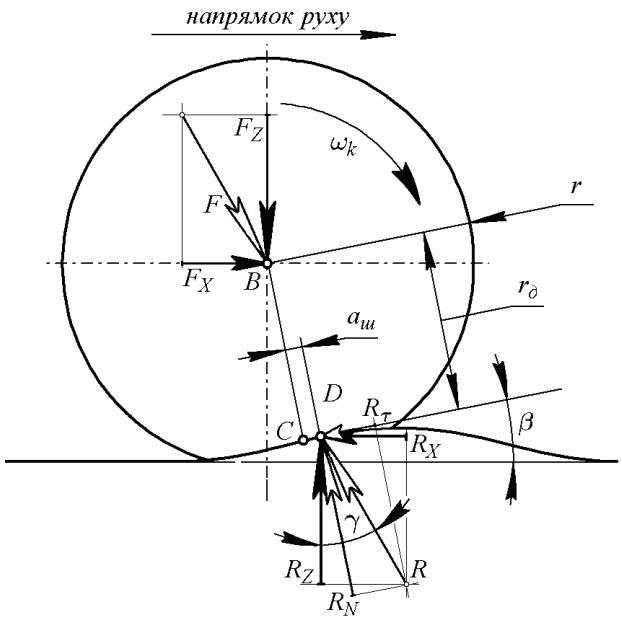


Рисунок 2 – Схема сил, що діють на ведене автомобільне колесо при русі по нерівній дорозі

При рівномірному прямолінійному русі автомобіля по нерівній дорозі до осі обертання його веденого колеса (точка *B*) прикладено певні сили (рис. 2):

- сила від деформації пружного пристрою підвіски розраховується за законом Гука

$$F_n = c_{np} \cdot \left(k_z - z + l_{n0}\right), \tag{1}$$

де c_{np} – приведена до колеса жорсткість пружного елемента підвіски; z, k_z – вертикальна координата відповідно точки *A* та точки *B*; l_{n0} – висота вільного від навантаження приведеного до колеса пружного елемента підвіски;

- сила опору гасильного пристрою підвіски (наприклад, амортизатора) визначається [5]

$$F_a = k_{np} \cdot \left(\dot{k}_z - \dot{z}\right), \tag{2}$$

де k_{np} – приведений до колеса коефіцієнт опору демпфера підвіски, що змінюється в залежності від ходу стиснення або відбою (детальніше в роботі [1]); $\dot{z}$, $\dot{k}_z$ – швидкості вертикального переміщення відповідно точок *A* та *B*;

- сила інерції від вертикального прискорення непідресореної маси записано [5]

$$F_{jн} = m_н \cdot \ddot{k}_z, \tag{3}$$

де $m_н$ – непідресорена маса; $\ddot{k}_z$ – вертикальне прискорення точки *B*;

- штовхаюча сила (сила інерції від горизонтального прискорення підресореної та непідресореної мас відсутня тому, що розглядається рух автомобіля з постійною швидкістю), яка врівноважує горизонтальну складову R_X рівнодіючої *R* сил, що діють в контакті колеса з опорною поверхнею

$$F_X = R_X. \tag{4}$$

Сума вертикальних сил, що прикладені до осі обертання *B* веденого колеса, записано

$$F_Z = F_n + F_a - F_{jн}. \tag{5}$$

Тоді, рівнодіюча сил, що прикладена до осі обертання *B* веденого колеса, визначиться (рис. 2)

$$F = \sqrt{F_X^2 + F_Z^2}. \tag{6}$$

При взаємодії колеса з опорною поверхнею сила F передається на контактну поверхню у вигляді нерівномірно розподіленого навантаження. Рівнодіюча цих сил (що діють в контакті колеса з опорною поверхнею) *R* прикладена до центру тиску (точка *D*), який, в результаті гістерезисних втрат енергії у шині, зміщений відносно проекції центру колеса на опорну поверхню (точка *C*) на величину $a_ш$ (коефіцієнт тертя кочення) [6].

$$a_ш = f \cdot r_д, \tag{7}$$

де f – коефіцієнт опору коченню; $r_д$ – динамічний радіус автомобільного колеса.

Зі зростанням швидкості автомобіля збільшуються витрати енергії (наприклад, зростають гістерезисні витрати в шині) в результаті центр тиску *D* зміщується на більшу відстань відносно проекції центру колеса на опорну поверхню (точка *C*). Для врахування впливу швидкості руху на коефіцієнт опору коченню веденого колеса використовують емпіричну залежність [6]

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \left(0{,}0216 \cdot V_a\right)^2\right), \tag{8}$$

де f_0 – коефіцієнт опору коченню при русі автомобіля з малими швидкостями; V_a – швидкість руху.

Рівнодіюча сил R визначається векторною сумою нормальної реакції R_N та тангенціальної реакції R_τ опорної поверхні на колесо автомобіля (рис. 2)

$$R = \sqrt{R_N^2 + R_\tau^2}\ . \tag{9}$$

В свою чергу нормальна реакція R_N в роботі [6] визначено

$$R_N = c_ш \cdot \left(r - r_д\right), \tag{10}$$

де $c_ш$ – жорсткість шини; r – вільний радіус автомобільного колеса.

Друга складова рівнодіючої сили R – тангенціальна реакція R_τ опорної поверхні на колесо автомобіля може бути записана

$$R_\tau = P_f\ . \tag{11}$$

Для спрощення розрахунків в рівнянні (11) не враховано сили, що виникають в наслідок кутового прискорення колеса при доланні нерівності дороги. Тому на ведене автомобільне колесо по дотичній до опорної поверхні враховано дію лише сили опору коченню P_f.

Класично сила опору коченню P_f визначається [7]

$$P_f = f \cdot R_N\ . \tag{12}$$

Зважаючи на те, що при русі по нерівній дорозі динамічний радіус автомобільного колеса змінюється, рівняння (11) з урахуванням (7), (8) та (12) записано

$$R_\tau = \frac{a_ш}{r_д} \cdot R_N\ . \tag{13}$$

Наїзд автомобільного колеса на дорожню нерівність призводить до збурення та коливальних процесів підресореної та непідресореної мас, а також зміни вище зазначених сил. Під час переїзду дорожньої нерівності відбувається зміна геометричних параметрів, що характеризують взаємодію автомобільного колеса з поверхнею дороги. Тому, далі визначено поточні координати точки *D* (центру тиску) та кут між дотичною до опорної поверхні (в цій точці) та горизонталлю.

Поточна вертикальна координата нерівності синусоїдального профілю розраховується як [7]

$$q_z = \frac{h_q}{2} \cdot \left(1 - cos\frac{q_x \cdot 2 \cdot \pi}{l_q}\right), \tag{14}$$

де h_q та l_q – відповідно висота та довжина синусоїдальної нерівності; q_x – поточна горизонтальна координата центру тиску, яка визначається рівнянням

$$q_x = k_x + a_ш \cdot cos\,\beta + r_д \cdot sin\,\beta\ , \tag{15}$$

де $k_x = V_a \cdot t$ – поточна координата центру колеса *B* (раніше прийнято, що в зазначеному режимі руху горизонтальне прискорення відсутнє); t – поточний час; β – поточний кут між горизонталлю та дотичною до опорної поверхні в точці *D*, який розраховується на основі запропонованої в роботі [8] залежності (з урахуванням геометричних особливостей нерівності, що розглядається) набуває вигляду

$$\beta = arctan\left(\frac{\pi \cdot h_q}{l_q} \cdot sin \frac{2 \cdot \pi \cdot q_x}{l_q} \right). \tag{16}$$

Далі складено систему диференційних рівнянь другого порядку, яка описує коливальні процеси обраної розрахункової схеми (рис. 1)

$$\begin{cases} F_{jn} = F_n + F_a - G_n \\ F_{jн} = -F_n - F_a + R_Z - G_н \end{cases}, \tag{17}$$

де F_{jn} – сила інерції від вертикального прискорення підресореної маси; G_n та $G_н$ – приведена до колеса вага відповідно від підресореної та непідресореної мас автомобіля; R_Z – вертикальна проекція рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса з опорною поверхнею.

Сила інерції від вертикального прискорення підресореної маси в рівнянні (17) визначають як

$$F_{jn} = m_n \cdot \ddot{z}, \tag{18}$$

де m_n – підресорена маса; $\ddot{z}$ – вертикальне прискорення підресореної маси (точки *A*).

Вага G_n та $G_н$ відповідно від підресореної m_n та непідресореної $m_н$ мас автомобіля в рівнянні (17) записано

$$G_n = m_n \cdot g, \qquad G_н = m_н \cdot g, \tag{19}$$

де g – прискорення вільного падіння.

Вертикальну проекцію рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса з опорною поверхнею (рис. 2) в рівнянні (17) визначено як

$$R_Z = R \cdot cos\,\gamma, \tag{20}$$

де $\gamma = \beta + arccos \frac{R_N}{R}$ – кут між вертикаллю та рівнодіючою *R* (рис. 2).

Для розрахунку горизонтальної проекції рівнодіючої *R* сил, що діють в контакті колеса з опорною поверхнею (рис. 2), використано рівняння

$$R_X = R \cdot sin\,\gamma, \tag{21}$$

В свою чергу, рівнодіюча *R* визначається з урахуванням (10) та (13) рівнянням (9).При цьому динамічний радіус $r_д$ автомобільного колеса, який входить в рівняння (10) та (13), дорівнює відстані між точками *B* і *C* (рис. 1), а його величина обмежується умовою [1]

$$\begin{cases} r_д = \frac{k_z - q_z}{cos\,\beta}, якщо \frac{d}{2} < \frac{k_z - q_z}{cos\,\beta} < r \\ r_д = \frac{d}{2}, якщо \frac{k_z - q_z}{cos\,\beta} \le \frac{d}{2} \\ r_д = r, якщо \frac{k_z - q_z}{cos\,\beta} \ge r \end{cases}, \tag{22}$$

де d – діаметр обода колеса.

З урахуванням (1) – (3), (18) та (19) систему (17) записано

$$\begin{cases} m_n \cdot \ddot{z} = c_{np} \cdot \left(k_z - z + l_{n0}\right) + k_{np} \cdot \left(\dot{k}_z - \dot{z}\right) - m_n \cdot g \\ m_n \cdot \ddot{k}_z = -c_{np} \cdot \left(k_z - z + l_{n0}\right) - k_{np} \cdot \left(\dot{k}_z - \dot{z}\right) + R_Z - m_н \cdot g \end{cases}, \tag{23}$$

Отримана система рівнянь (23) описує коливальні процеси двох зосереджених мас (підресореної та непідресореної), з’єднаних між собою пружнім та дисипативним елементами підвіски, а також дозволяє визначити сили взаємодії елементів зазначеної системи та колеса через пружну шину з поверхнею дороги (рис.1).

За отриманими математичними залежностями проведено розрахунки для легкового автомобіля Renault 15TS. Прийнято, що автомобіль рухається прямолінійно з постійною швидкістю 25 *м/с* (90 *км/год*) по опорній поверхні, що має одиничну синусоїдальну нерівність (параметри нерівності: довжина – 1 *м*, висота – 30 *мм*, 50 *мм* та 70 *мм*). Параметри автомобіля, що необхідні для розрахунків, наведені у таблиці.

Таблиця – Параметри автомобіля Renault 15TS

Параметр		Умовне позначення	Значення
приведена до колеса підресорена маса, *кг*		m_n	*307,797*
приведена до колеса непідресорена маса, *кг*		$m_н$	*28,542*
висота вільного від навантаження приведеного до колеса пружного елемента підвіски, *м*		l_{n0}	*0,361*
діаметр обода колеса, *м*		d	*0,330*
вільний радіус автомобільного колеса, *м*		r	*0,285*
радіальна жорсткість шини, *Н/м*		$c_ш$	*119583,241*
приведена до колеса жорсткість пружного елемента підвіски, *Н/м*		$c_{пр}$	*11000,000*
приведений до колеса коефіцієнт опору демпфера, *Н(с/м)*	на ході стиснення	$k_{пр}$	*715,673*
	на ході відбою		*3067,169*

За результатами розрахунків отримані графічні залежності вертикальної (рис. 3) та горизонтальної (рис. 4) проекції рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса з опорною поверхнею від поточної горизонтальної координати центру колеса при русі по опорній поверхні, що має одиничну синусоїдальну нерівність.

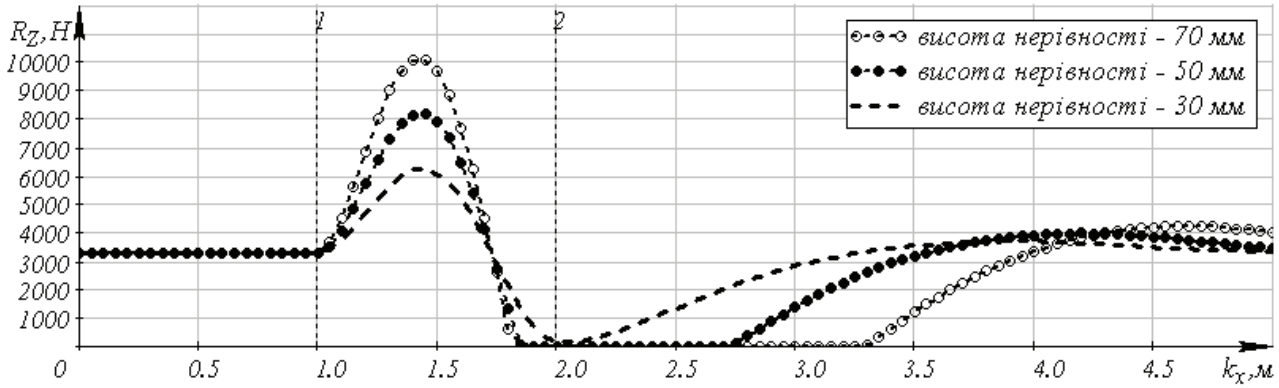


Рисунок 3 – Залежність вертикальної проекції рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса автомобіля Renault 15TS з опорною поверхнею від поточної координати центру колеса при доланні нерівності різної висоти (швидкість рух 90 км/год)

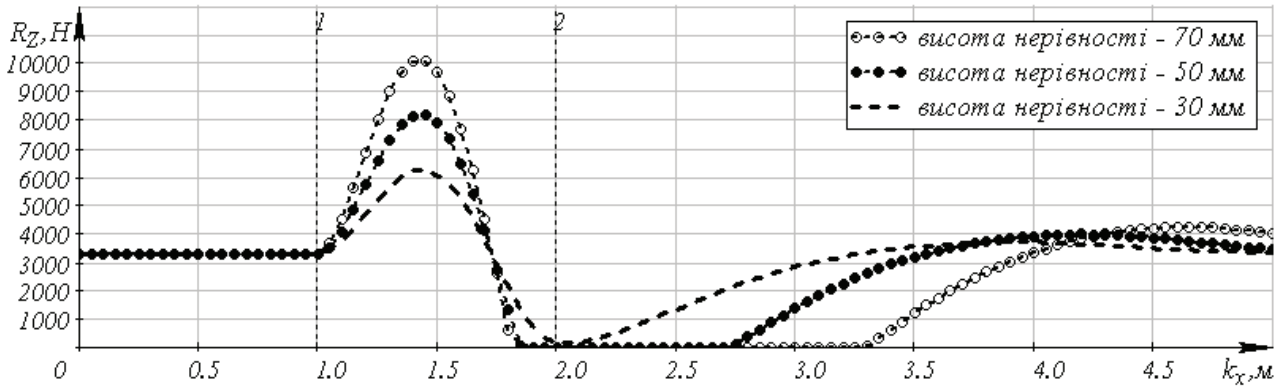


Рисунок 3 – Залежність вертикальної проекції рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса автомобіля Renault 15TS з опорною поверхнею від поточної координати центру колеса при доланні нерівності різної висоти (швидкість рух 90 км/год)

На графіках (рис. 3, 4) синусоїдальна нерівність умовно розташовано по горизонтальній осі в межах координат (1,0 – 2,0) *м* (початок нерівності – вертикаль 1, кінець нерівності – вертикаль *2*, вершина нерівності – координата 1,5 *м*). Довжина нерівності відповідає періоду синусоїди, що описана рівняннями (14) – (16), а зміна висоти нерівності відбувається в межах її амплітуди.

Аналіз графіків (рис. 3, 4) показує, що в межах обраних параметрів нерівності, характер зміни сил, що розраховано, практично однаковий. З отриманих графіків, можуть бути визначені максимальні величини вертикальної (рис. 3) та горизонтальної (рис. 4) проекції рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса з опорною поверхнею при доланні нерівності.

Аналіз графіків на рис. 3 показує, що до наїзду на нерівність (вертикаль 1) вертикальна проекція рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса автомобіля з опорною поверхнею, постійна і дорівнює статичній вертикальній реакції (за прийнятих умов руху). Після наїзду на синусоїдальну нерівність величина вертикальної проекції рівнодіючої сил зростає до максимального значення, яке досягається до подолання (по горизонталі) вершини нерівності центром автомобільного колеса. Далі вертикальна проекція рівнодіючої сил, зменшуючись, досягає свого мінімального значення. Варто відзначити, що при переїзді нерівності висотою, близькій до 30 мм і вище, мінімальне значення вертикальної проекції рівнодіючої сил становить рівною нулю на протязі останньої чверті довжини нерівності, що свідчить про відрив колеса від опорної поверхні. Поновлення контакту супроводжується збільшенням величини вертикальної проекції зазначеної рівнодіючої сил і, після зростання, поступово повертається до свого статичного значення. Максимуми та мінімуми вертикальної проекції рівнодіючої сил, а також відстань, що пройдена без контакту колеса з опорною поверхнею, залежить від висоти нерівності. Так, наприклад, при збільшені висоти нерівності з 30 *мм* до 50 *мм* максимальне значення вертикальної проекції рівнодіючої сил збільшується з 6230,9 *Н* до 8140,3 *Н*; при збільшені висоти нерівності з 50 *мм* до 70 *мм* – збільшується відповідно з 8140,3 *Н* до 10062,1 *Н*.

Аналіз графіків на рис. 4 показує, що до наїзду на нерівність (вертикаль 1) горизонтальна проекція рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса автомобіля з опорною поверхнею, стала і рівна силі опору коченню колеса по рівній горизонтальній поверхні. При наїзді колеса автомобіля на нерівність синусоїдального профілю горизонтальна проекція рівнодіючої сил починає збільшуватись (тобто, збільшується опір руху) до максимального значення, яке досягається при подоланні (по горизонталі) віссю автомобільного колеса половини підйому нерівності. Так, наприклад, при зростанні висоти нерівності з 30 *мм* до 50 *мм* максимальне значення горизонтальної проекції рівнодіючої сил (за модулем) збільшується з - 612,6 *Н* до - 1172,9 *Н*; при зростанні висоти нерівності з 50 мм до 70 мм – збільшується з - 1172,9 *Н* до - 1932,6 *Н*. Далі, після подолання центру автомобільного колеса вершини нерівності, горизонтальна проекція рівнодіючої сил починає зменшуватись (за модулем) до нуля і, змінивши свій напрямок (фактично ставши штовхаючою (!)), збільшується (за модулем), досягаючи свого максимального значення до подолання (по горизонталі) центру автомобільного колеса половини спуску нерівності. Наприклад, при зростанні висоти нерівності з 30 *мм* до 50 *мм* максимальне значення горизонтальної проекції рівнодіючої сил збільшується з 235,7 *Н* до 556,5 *Н*; при збільшені висоти нерівності з 50 *мм* до 70 *мм* максимальне значення вертикальної проекції рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса автомобіля з опорною поверхнею, збільшується з 556,5 *Н* до 738,7 *Н*.

Висновки. Визначено рівнодіючу сил та її горизонтальну і вертикальну проекції, що діють в контакті колеса при рівномірному прямолінійному русі автомобіля по нерівній поверхні дороги. Отримані графічні залежності дозволяють оцінити вплив висоти нерівності на сили взаємодії колеса з опорною поверхнею при постійній швидкості руху.

Підтверджено, що зростання висоти нерівності призводить до збільшення (за модулем) рівнодіючої сил, які діють в контакті колеса автомобіля з опорною поверхнею, та пройденого шляху без контакту автомобільного колеса з поверхнею дороги. Показано характер зміни (за величиною та напрямком) горизонтальної проекції рівнодіючої зазначених сил під час долання нерівності. При цьому, горизонтальна проекція рівнодіючої сил до подолання центру автомобільного колеса вершини нерівності чинить опір руху, після долання вершини нерівності – сприяє руху, тобто, стає штовхаючою.

Подальша робота буде присвячена визначенню навантажень в ходовій частині легкового автомобіля при його русі по нерівній дорозі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Поляков В.М. Визначення сил взаємодії колеса легкового автомобіля під час руху нерівною дорогою / В.М. Поляков, О.О. Разбойніков // Вісник ЖДТУ. 2016. – №2 (77). С. 215-223.

2. Поляков В.М. Аналіз розвитку конструкцій підвісок автомобіля / В.М. Поляков, І.С. Мурова-ний, О.О. Разбойніков // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. –Луцьк: Луцький НТУ. 2015. – №1(3). С. 128-135.

3. Гордеев В. Н. Статистическое исследование возмущающих воздействий от неровностей пути на движущиеся транспортные средства: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 01.02.06 / Днепропетр. гос. ун-т им. 300-летия воссоединения Украины с Россией. / В. Н. Гордеев – Днепропетровск: [б. и.], 1973. –14 с.

4. Mitschke M. and Wallentowitz H. (2004) Dynamik der Kraftfahrzeuge, Springer, Berlin, 806 p.

5. Селифонов В.В. Теория автомобиля: Учебное пособие / В.В. Селифонов, А.Ш. Хусаинов, В.В. Ломакин – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. –102 с.

6. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. –478 с.

7. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. Изд. 3-е, переработ. и доп. – М.: Машиностроение. 1972. –392 с.

8. Певзнер Я.М. К расчету вертикальных колебаний автомобиля / Я.М. Певзнер // Автомобильная промышленность. 1976. – №1. –С. 21-24.

REFERENCES

1. Poljakov, V.M. and Razbojnikov, O.O. (2016), «Vyznachennja syl vzajemodii' kolesa legkovogo avtomobilja pry rusi po nerivnij dorozi», Visnyk ZhDTU, No. 2(77). pp. 215-223. (Ukr)

2. Poljakov, V.M., Murovanyj, I.S. and Razbojnikov, O.O. (2015), «Analiz rozvytku konstrukcij pidvisok avtomobilja», Suchasni tehnologii' v mashynobuduvanni ta transporti, No1(3), pp. 128-135. (Ukr)

3. Gordeev, V.N. (1973), Statisticheskoe issledovanie vozmushchayushchikh vozdeystviy ot nerovnostey puti na dvizhushchiesya transportnye sredstva: dissertation, Dnepropetrovsk, 14 p. (Rus)

4. Mitschke M. and Wallentowitz H. (2004) Dynamik der Kraftfahrzeuge, Springer, Berlin, 806 p.

5. Selifonov V.V. (2007), Teoriya avtomobilya: Uchebnoe posobie, MGTU «MAMI», Moscow, 102 p. (Rus)

6. Tarasik V.P. (2006), Teoriya dvizheniya avtomobilya: Uchebnik dlya vuzov, BKhV-Peterburg, SPb. 478 p. (Rus)

7. Rotenberg, R.V. (1972), Podveska avtomobilya, Mashinostroenie, Moscow, 392 p. (Rus)

8. Pevzner, Y.M. (1976), «K raschetu vertikal'nykh kolebaniy avtomobilya», Avtomobil'naya promyshlennost', No. 1. pp. 21-24. (Rus)

РЕФЕРАТ

Поляков В.М. Визначення рівнодіючої сил взаємодії автомобільного колеса з нерівною поверхнею дороги / В.М. Поляков, О.О. Разбойніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Запропоновано підхід до визначення рівнодіючої сил, що діють в контакті колеса під час руху автомобіля по нерівній поверхні дороги. Наведено графічні залежності, що дозволяють оцінити вплив висоти нерівності на сили взаємодії колеса з опорною поверхнею.

Об'єкт дослідження – сили в контакті автомобільного колеса при його взаємодії з нерівною поверхнею дороги.

Мета роботи – визначення рівнодіючої сил, що діють в контакті автомобільного колеса при русі по нерівній поверхні дороги.

Метод дослідження – математичне моделювання.

Визначено рівнодіючу сил, що діють в контакті колеса при рівномірному прямолінійному русі автомобіля по нерівній поверхні дороги. Коливальні процеси підресорених та непідресорених мас описано системою диференціальних рівнянь другого роду. При описі пружних та дисипативних властивостей підвіски враховано зміну коефіцієнта опору демпфера (на ході стиснення та відбою) та відрив автомобільного колеса від опорної поверхні.

Проведено розрахунки для легкового автомобіля Renault 15TS. При рівномірному прямолінійному русі автомобільного транспортного засобу вертикальна та горизонтальна реакції опорної поверхні на колесо автомобіля постійні а після наїзду на нерівність – змінюються за величиною, а горизонтальна реакція - і за напрямком.

Максимуми та мінімуми вертикальної і горизонтальної проекції рівнодіючої зазначених сил, а також відстань, пройдена без контакту автомобільного колеса з опорною поверхнею, відображені на графічних залежностях.

Отримані дані є кроком на шляху до визначення параметрів стійкості автомобіля в розглянутому режимі руху.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬ; АКТИВНА ПІДВІСКА; АВТОМОБІЛЬНЕ КОЛЕСО; ОПОРНА ПОВЕРХНЯ; ДОРОЖНЯ НЕРІВНІСТЬ.

ABSTRACT

Polyakov V.M., Razboynikov A.A. Definition of interaction force between the car wheel and uneven road surface. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

An approach to the definition of interaction force between the car wheel and uneven road surface was developed. It was presented the plots which allowing to estimate the effect of the height of the road roughness on the definition of interaction force between the car wheel and bearing surface.

The object of study – interaction forces between the car wheel and uneven road surface.

Objective – definition of resultant forces acting in the contact wheel driving on uneven road surfaces.

The research method – mathematical modeling.

The resultant of the forces acting in the contact wheel with rough road surfaces while car driving with an uniform rectilinear movement was determined. Was described oscillatory processes of sprung and unsprung masses by the system of differential equations second order. To description of elastic and dissipative properties of the suspension takes into account parameters changing the damper coefficient of resistance (in the course of compression and rebound) and separation car wheel from the support surface.

Were conducted calculations for car Renault 15TS. For uniform rectilinear motion of vehicle, horizontal and vertical reactions from support surface of the car constant, after running over uneven - change in value, and the horizontal reaction – even in direction.

The maxima and minima of the vertical and horizontal projection of the resultant force and the distance traveled by the wheel without contact with the supporting surface, depending on the height of the irregularities. These graphic dependences allow evaluating the effect of the height of the irregularities on the strength of interaction between the car wheel and bearing surface.

Maximums and minimums of the vertical and horizontal projections of the resultant of these forces, and distance traveled by car wheel without contact with road surfaces, displayed on the graphical dependencies.

The obtained data is a step to determine stability parameters of vehicle in said driving mode.

KEYWORDS: CAR; ACTIVE SUSPENSION; CAR WHEEL; BEARING SURFACE; ROAD ROUGHNESS.

РЕФЕРАТ

Поляков В.М. Определение равнодействующей сил взаимодействия автомобильного колеса с неровной поверхностью дороги / В.М. Поляков, А.А. Разбойников // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Предложен подход к определению равнодействующей сил, действующих в контакте колеса при движении автомобиля по неровной поверхности дороги. Приведены графические зависимости,

позволяющие оценить влияние высоты неровности на силы взаимодействия колеса с опорной поверхностью.

Объект исследования – силы в контакте автомобильного колеса при его взаимодействии с неровной поверхностью дороги.

Цель работы – определение равнодействующей сил, действующих в контакте автомобильного колеса при движении по неровной поверхности дороги.

Метод исследования – математическое моделирование.

Определена равнодействующая сил, действующих в контакте колеса при равномерном прямолинейном движении автомобиля по неровной поверхности дороги. Колебательные процессы подрессоренных и неподрессоренных масс описаны системой дифференциальных уравнений второго рода. При описании упругих и диссипативных свойств подвески учтено изменение коэффициента сопротивления демпфера (на ходе сжатия и отбоя) и отрыв автомобильного колеса от опорной поверхности.

Проведены расчеты для легкового автомобиля Renault 15TS. При равномерном прямолинейном движении автомобильного транспортного средства вертикальная и горизонтальная реакции опорной поверхности на колесо автомобиля постоянные, а после наезда на неровность – изменяются по величине, а горизонтальная реакция – и по направлению.

Максимумы и минимумы вертикальной и горизонтальной проекций равнодействующей указанных сил, а также расстояние, пройденное без контакта автомобильного колеса с опорной поверхностью, отображены на графических зависимостях.

Полученные данные являются шагом на пути к определению параметров устойчивости автомобиля в рассматриваемом режиме движения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬ; АКТИВНАЯ ПОДВЕСКА; АВТОМОБИЛЬНОЕ КОЛЕСО; ОПОРНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ; ДОРОЖНАЯ НЕРОВНОСТЬ.

АВТОРИ:

Поляков Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net, тел. +380673861468, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 306.

Разбойніков Олександр Олександрович, інженер лабораторії «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: razboyn1k@ukr.net, тел. +380972214790 Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 306.

AUTHOR:

Victor M. Polyakov, Ph.D., associate professor, professor of «Automobiles», National Transport University, e-mail: poljakov_2006@ukr.net, tel. +380673861468, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 306.

Razboynikov Alexander, laboratory engineer «Automobiles», National Transport University, e-mail: razboyn1k@ukr.net, tel. +380972214790 Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 306.

АВТОРЫ:

Поляков Виктор Михайлович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net, тел. +380673861468, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 306.

Разбойников Александр Александрович, инженер лаборатории «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: razboyn1k@ukr.net, тел. +380972214790 Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 306.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Кравченко О.П., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, професор кафедри автомобілі та автомобільне господарство, Житомир, Україна

REVIEWER:

Sakhno V.P., Doctor of Engineering, professor, National transport university, head of the department automobiles, Kiev, Ukraine.

Kravchenko A.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Zhytomyr state technological university, professor of department automobiles and automobile industry, Zhytomyr, Ukraine.

УДК 621.91+669.017
UDK 621.91+669.017

ФРЕДЕРІК ТЕЙЛОР – ІНЖЕНЕР ТА ТЕОРЕТИК АВТОМОБІЛЬНОГО КОНВЕЙЄРА

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
*Посвятенко Н.І., к*андидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

FREDERICK TAYLOR – ENGINEERING AND THEORIST AUTOMOBILE TRANSPORTER

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Posviatenko N.I., Candidate of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ФРЕДЕРИК ТЕЙЛОР – ИНЖЕНЕР И ТЕОРЕТИК АВТОМОБИЛЬНОГО КОНВЕЕРА

Посвятенко Э.К., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Посвятенко Н.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Чому авторів зацікавила постать цього непересічного американського інженера, дослідника у галузях матеріалознавства та машинобудування, організатора управління, фундатора наукової організації праці і керівництва підприємствами або, вживаючи сучасний термін "менеджмент", автора багатьох наукових статей і монографій? Відповідь буде такою. По-перше, розроблений Тейлором склад і термообробка швидкорізальної сталі, яка і на сьогодні є основним матеріалом для складних металорізальних інструментів, залишаються такими самими. По-друге, експериментальна та теоретична частини науки про різання матеріалів, яка стосується стійкості інструментів, у першу чергу, так званої "економічної стійкості", і тепер залишається вірною. Крім того, теоретичні розробки Тейлора щодо наукової організації праці, які було побудовано на широкому експериментальному матеріалі американських підприємств, стали основою роботи тодішніх і сучасних конвеєрів, у першу чергу, автомобільних, у всьому світі. У той же час, у 1948 р. в Інституті марксизму-ленінізму при ЦК КПРС, готуючи четверте видання праць В.І. Леніна, відкопали дві примітивні статті останнього ("Научная" система выжимания пота, 1913 р.; Система Тейлора – порабощение человека машиной, 1914 р.). У цих статтях наукова система організації праці Тейлора узята в лапки і засуджується як потогінна, з'явилася низка газетних статей, серед яких публікація Шаумяна Г.А. "На коленях перед Тейлором" у № 81 "Литературная газета" за 1948 р. Після їх появи авторитетні вчені у галузі техніки також вимушені були "відмиватись" від своєї попередньої позитивної оцінки положень американського інженера.

Рисунок 1 – Ф.У. Тейлор

Враховуючи сказане вище, автори мали за ***мету*** встановити історичну правду про Тейлора і коротко висвітлити всебічну наукову і практичну діяльність останнього. До сьогодні, наскільки нам відомо, такої оцінки досягнень цього інженера не було.

Хто ж такий Фредерік Уінслоу Тейлор (рис. 1) Він народився у 1856 р. в Пенсільванії у родині адвоката. Подорожуючи по Європі, отримував освіту у Франції та Німеччині, потім у США, де у 1874 р. закінчив Гарвардський юридичний коледж. Потім через погіршення зору працював робітником, лекальником, механіком і начальником механічних майстерень на заводах. У 1883 р. після закінчення технічного інституту Стівенса (заочно) отримав ступінь інженера-механіка. У 1884 р. став головним інженером і автором першого патенту на систему диференційної оплати праці. Усього за своє життя Тейлор оформив біля 100 патентів.

З 1890 р. по 1893 р – головний управляючий інвестиційної компанії у Філадельфії, власник паперових пресів у двох штатах, пізніше – власної справи по управлінському консультуванню

У 1906 р. Ф.У. Тейлор стає президентом Американського товариства інженерів-механіків, а у 1911 р. створює Товариство сприяння науковому менеджменту, яке пізніше отримало назву "Товариство Тейлора". Помер Ф.У. Тейлор у 1915 р. [1].

Тепер по черзі про науковий та виробничий доробок Ф.У. Тейлора.

Одним з найвизначніших його досягнень був винахід складу та способу термічної обробки сучасної швидкорізальної сталі. Проф. С.С. Рудник оцінює цей науковий результат, як “винахід світової ваги”, а проф. А.Д. Гатцук вважає, що “появление быстрорежущей стали открыло новую эру в механическом деле”. Різці, які були виготовлені із швидкорізальної сталі, вперше запропонованої у 1898 р., демонструвалися на Всесвітній промисловій виставці у Парижі у 1900 р. Використання цих різців дозволило маже у 5 разів підвищити швидкості різання, які допускалися інструментом із звичайної вуглецевої сталі. Додавання у сталь певних легуючих елементів, в першу чергу вольфраму, а також ванадію та хрому забезпечувало здатність сталі зберігати свої різальні властивості при нагріванні в процесі різання майже до 600 °С, тобто до червоного кольору, звідки і пішов широковживаний термін “червоностійкість” інструменту. Оптимальним вмістом легуючих елементів за Ф. Тейлором у цій сталі є: 18,91% вольфраму; 5,47% хрому; 0,29% ванадію; 0,11% марганцю і 0,043% кремнію при вмісті вуглецю 0,67% [2].

Відкриття режимів термічної обробки швидкорізальної сталі пов'язано з певним технічним казусом. Партію різців з цієї сталі було випадково нагріто до температури понад 1000 °С і ці різці набули білого кольору, що, як вважав Тейлор мало б їх зіпсувати при швидкому охолодженні. Адже відомо, що заевтектоїдну сталь перед гартуванням нагрівають до температури не вище 740 – 770 °С і вона стає при цьому темно-червоною. Яке ж було здивування інженера, коли різці після термічної обробки набули нових, не відомих досі властивостей – зберігати різальні властивості при температурах понад 600 °С. Про це Тейлор повідомив у своїй монографії [3], що дало підстави окремим радянським історикам техніки говорити про випадковість цього відкриття. Однак, як стверджує геніальний Блез Паскаль: "Випадкові відкриття робить лише підготовлений розум".

Що стосується способу термічної обробки швидкорізальної сталі, який разом з хімічним складом забезпечував надзвичайні різальні властивості, то Тейлор виклав їх у своїй монографії (переклад російською 1909 р.), не розкриваючи однак режим термообробки. Він писав: „Когда резцы из стали уже применявшегося ранее химического состава (содержание не менее1,2% хрома и 1% вольфрама или его эквивалента) были обработаны совершенно новым и необычным способом, при чрезвычайно высокой температуре, которая испортила бы окончательно обыкновенные резцы, то такая обработка сообщила лезвию резцов совершенно новое свойство – твердость при нагреве докрасна. Это и есть новое, что позволяет быстрорежущим резцам работать с такими большими скоростями резания”. Пізніше сучасником Тейлора було уточнено, що швидкорізальні сталі того часу нагрівались при гартуванні до температури понад 900 °С і швидко охолоджувались у воді. На сьогоднішній день технологія термообробки швидкорізальної сталі є широковідомою і полягає у гартуванні сталі з температур 1210 – 1240 °С в маслі з метою отримання високолегованого теплостійкого мартенситу і трьохразового відпускання при температурі 550–570 °С протягом 45…60 хв. При цьому досягається максимально можлива твердість сталі (HRC 63…65). Лабораторні досліди 1907 р. показали (табл. 1), що при використанні різців із швидкорізальної сталі при токарній обробці можна отримати наступні результати у порівнянні з роботою різців із вуглецевої інструментальної сталі (І.А. Тіме) і самогартівної сталі (Фішер) [2]:

Таблиця 1 – Зростання швидкостей різання при металообробці в період 1860 –1907 р.р., м/хв.

Оброблюваний матеріал	1860 р. (І.А. Тіме)	Кінець 1890-х р. (Фішер)	1907 р. (Тейлор)
М’яка сталь	4,5 – 7,5	5,4 – 7,8	25 – 30
Тверда сталь	2,4 – 3,9	2,4 – 6,0	12,6
Сірий чавун	3,0 – 6,0	3,0 – 9,0	—
Білий чавун	0,6 – 1,08	0,6 – 1,2	15,8
Бронза, латунь	7,5 – 10,8	9,0 – 18,0	—

Досліди з вольфрамвміщуючою сталлю, що були проведені у 1900 р. у США у заводських умовах, показали переваги сталі Тейлора–Уайта по стійкості інструменту в 11–30 разів над самогартівною сталлю Мушета.

У 1903–1904 рр. професор Манчестерської технологічної школи Нікольсон виконав серію надзвичайно точних дослідів по вивченню впливу на силу різання швидкості різання, подачі,

товщини зрізу, кута різання та кута в плані різця, а також форми леза головної та допоміжної різальної окрайки (прямолінійної та криволінійної). Для досліджень учений сконструював точний трьохкомпонентний гідравлічний динамоментр–супорт, який допускав навантаження по усіх компонентах сили різання (*Pz*, *Py*, *Px*) до 15 тонн-сили [2].

Володимир Сергійович Кнаббе – інженер, педагог (викладав у Харківському технологічному інституті), крупний практик машинобудування, учений, розкрив суть патенту Тейлора, яка полягала в особливості способу нагрівання, гартування і відпускання, що призвело до перевороту у справі термообробки сталевих інструментів [4].

Книга В.С. Кнаббе “Современные машиностроительные заводы и применяемые ими новые способы холодной обработки металлов” стала літописом якісних змін технічної бази світового машинобудування за два десятиліття (1890 – 1910 рр.), зокрема, обробки матеріалів різанням. Компетентне дослідження історії створення швидкорізальної сталі, яке було викладено В.С. Кнаббе вперше, супроводжувалось також глибоким аналізом причин, які перешкоджали широкому впровадженню цієї сталі у виробництво. В.С. Кнаббе першим показав, що інструмент з цієї сталі був надзвичайно ефективним і на той час його було вигідно застосовувати у всіх, без винятку, механізованих процесах обробки металів різанням [4]. Окремі порівняльні дані В.С. Кнаббе щодо різання інструментом з вуглецевої та швидкорізальної сталей наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняльні робочі швидкості в метрах за хвилину при обробці різних конструкційних матеріалів

Оброблюваний матеріал	Звичайна вуглецева інструментальна сталь			Швидкорізальна сталь		
	токарні, стругальні та довбальні різці	свердла	фрези	токарні, стругальні та довбальні різці	свердла	фрези
чавун	6–10	5–9	12–16	14–20	12–18	25–38
машинна сталь	7–9	6–8	13–18	16–24	14–20	30–40
кован залізо	10–13	7–9	20–25	22–32	18–25	45–60
латунь	13–19	9–14	25–38	30–40	25–32	60–75

Прикладом досить досконалого верстату, який призначено для обробки деталей машин швидкорізальними різцями може служити верстат ДИП-200 заводу "Червоний пролетар" (Москва). Перша партія з 10 таких верстатів була випущена до 1 травня 1932 р. Максимальне число обертів шпинделя цього верстату з масивною литою чавунною станиною становило 600 об/хв. Однак, на той час уже були відомі тверді сплави як новий інструментальний матеріал, що спонукало конструкторів до створення верстатів з більш високим швидкостями основного руху, які відповідали б можливостям нових інструментів (мод. 1А62, 16К20 та ін.). Так, остання модель токарно-гвинторізного верстата мала максимальне число обертів шпинделя 2000 об/хв [5]. Тим не менше, широке використання на сьогодні швидкорізальних сталей для виготовлення складнопрофільних інструментів обумовлюється поєднанням високих значень твердості (до HRC 68) і теплостійкості (550 – 650 °С) при високому рівні крихкої міцності і в'язкості, що значно перевищують відповідні значення для твердих сплавів та інших інструментальних матеріалів.

Ще одним досягненням Тейлора усі радянські фахівці у галузі обробки матеріалів різанням, що публікувались до печально відомого 1948 р. (С.С. Руднік, Н.Й. Рєзніков, О.М. Челюсткін та багато інших), вважають, що він був піонером у дослідженні законів швидкості різання [6, 7 та ін.]. Тейлор провадив ці дослідження протягом 1880 – 1906 рр. За цей час він зробив більш, ніж 50 тис. експериментів, знявши понад 365 т. стружки, і користувався простими приладами. Проте, його дані і до сьогодні ніхто не спростував, що можна пояснити великою кількістю дослідів.

Родзинкою експериментів Тейлора була стійкість інструментів, що мало під собою економічне підґрунтя – бурхливе зростання машинобудування у США у другій половині XIX ст. Він уперше дав у математичній формі (за допомогою математика Барта) основні закони швидкості різання: залежність періоду різання від швидкості (закон *T–v*), залежності швидкості різання від перерізу шару металу, що знімається (*v – st*), і від механічних властивостей оброблюваного матеріалу та мастильно-охолоджувальної рідини. Тейлор показав, що для швидкорізальних різців при обробці сталі період різання є обернено пропорційним до восьмого ступеня швидкості різання, тобто зі збільшення останньої цей період зменшується надзвичайно сильно. Для різців із вуглецевої сталі період різання є обернено пропорційним до п'ятого ступеня швидкості.

Тейлор першим увів поняття "економічний період різання" і обрахував величину цього періоду для різців. Поряд з підвищенням якості різального інструменту (заміна вуглецевих та легованих інструментальних сталей на швидкорізальну) Тейлор поставив проблему раціонального використання цього інструменту, тобто вибору економічного режиму різання (*v, s, t*) на підставі наукових даних. Він також показав, що вивчення законів різання має не тільки теоретичне значення і не лише служить основою для конструювання верстатів, але, що ці закони можна застосувати на виробництві. Спільно з математиком Бартом Тейлор створив першу лічильну лінійку для швидкого визначення раціональних режимів різання безпосередньо на заводі, тобто для призначення такої комбінації швидкості та подачі, яка забезпечувала б максимальну продуктивність інструменту та верстату. Цю лінійку в 20-х роках минулого століття незалежно один від одного удосконалили Д.С. Катков (Харків) та О.М. Челюсткін (Ленінград) [8]. Оптимальною конструкцією різця Тейлор вважав такий інструмент, у якого головний кут у плані φ був змінним, і зменшувався до $\varphi = 0°$ у напрямку до обробленої поверхні.

Результати своїх досліджень Тейлор опублікував у монографії 1906 р., що вийшла у перекладі на російську у 1909 р. [3].

Ще одна монографія Ф.У. Тейлора була опублікована пізніше (російською у 1912 р.) [9]. Ця робота стала підсумком його діяльності у важливій сфері виробництва – організації останнього. З 1895 р. Тейлор розпочинає свої дослідження з організації та продуктивності праці. Мета цих досліджень – отримання прибутку шляхом максимального підвищення інтенсивності праці. Система Тейлора ("тейлоризм") була заснована на розділенні та раціоналізації праці. Він розробив методи, відповідно до яких для кожної операції за допомогою хронометражу та визначенню рухів робітника визначався раціональний спосіб виконання даної роботи. Тейлор дійшов до важливого висновку, що потрібно встановлювати не тільки час виконання роботи, а й час для відпочинку. Його теорія організації праці – це система оригінально взаємнопов'язаних положень і принципів підвищення ефективності праці робітників шляхом удосконалення соціальної організації. Тейлор вважав, що не техніка і економіка, а саме управління людьми є основним фактором, який впливає на підвищення ефективності. Він рекомендував відмовитись від колективних норм організації трудової діяльності, тому що при праці у колективі передовик опускається до рівня середняка, а середняк – до рівня аутсайдера. З урахуванням людської специфіки Тейлор визначив наступні принципи, що визначають раціональну організацію праці: економні методи роботи; розстановка кадрів; професійній відбір останніх та їх навчання; взаємодія між керівниками та робітниками. Він також увів наступні конкретні вимоги до наукового вивчення елементів виробничого процесу: розділення цілого на мінімальні частини; спостереження та запис окремих елементів та умов їх виконання; точний часовий вимір цих елементів та витрати сил на їх виконання тощо. Вважаючи, що головна мета управління – забезпечення високої продуктивності праці і соціальної гармонії, Тейлор визначив концепцію досягнення цієї мети, базуючись на своєму розумінні природи людини і принципах раціональної організації праці тау правління [8].

Саме Генрі Форд першим підхопив процес інтенсифікації виробництва, який теоретично обґрунтував Тейлор. Принципи масового потокового виробництва дозволили знизити трудомісткість виготовлення автомобіля (рис. 2). Так, при переході на ці принципи затрати на виготовлення одного автомобіля знизились з 4664 робочих годин у 1912 р. до 813 – у 1923 р., тобто у 6 разів. Таким чином, Г.Форд і його фірма "Ford Motor" створили перший у світі автомобільний конвеєр [10].

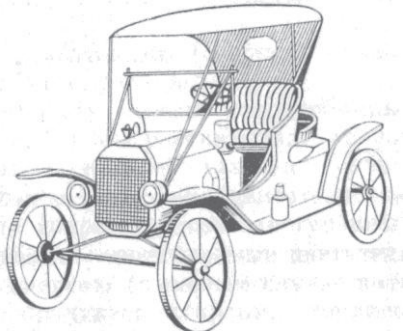


Рисунок 2 – Автомобіль Г. Форда (20-і роки XX ст.)

Пізніше радянські "теоретики" увели неологізм "фордизм", як такий (поряд з "тейлоризмом"), що був створений з метою отримання капіталістами найбільшої додаткової вартості на основі максимального підвищення інтенсивності та продуктивності праці робітників. Хоч тут доцільно

зауважити, що усі радянські і пострадянські автозаводи працювали і працюють сьогодні (в Росії, Білорусі, Україні та ін.) за принципами тейлоризму і фордизму.

Висновки

Підсумовуючи сказане, слід відзначити, що теоретичні та експериментальні наукові розробки Ф.У. Тейлора актуальні і працюють сьогодні. Серед найголовніших з них слід вважати наступні:

– винахід складу і термічної обробки інструментальної швидкорізальної сталі, більш як два десятки марок якої на сьогодні є основним матеріалом для виготовлення складнопрофільного металорізального інструменту;

– уведення в обіг поняття "економічної стійкості" інструменту та експериментальне визначення залежності цієї стійкості практично від усіх факторів процесу різання (швидкості, перерізу припуску, геометрії інструменту, механічних властивостей оброблюваного матеріалу, мастильно-охолоджувальної рідини тощо), що послужило основою створення більш жорстких металорізальних верстатів та сучасного інструменту;

– піонерські дослідження з організації та продуктивності праці, в основі яких на першому плані виступають не техніка і економіка, а управління людьми; автор цих досліджень є фундатором наукової організації праці та менеджменту у галузі машинобудівного виробництва;

– закладення теоретичних основ масового поточного виробництва, зокрема, сучасних автомобільних конвеєрів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тейлор Фредерик Уинслоу. Гуманитарная энциклопедия/ Персоналии [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. – 01.10.2012. URL:http://gtmarket.ru/personnels/frederick-taylor/info

2. Жорнік Н.І. (Посвятенко Н.І.) Діяльність науково-технічної школи професора М.Ф. Семка у контексті розвитку науки про різання матеріалів в Україні: дис. … канд. техн. наук: 05.28.01 / Жорнік Наталія Іванівна. – Харків, 2005. – 313 с.

3. Тейлор Ф. Искусство резать металлы / Ф. Тейлор. – СПб., 1909. – 357 с.

4. Кнаббе В.С. Современные машиностроительные заводы и применяемые ими новые способы холодной обработки металлов / В.С. Кнаббе. – Харьков: типография и лит. М. Зильберберг и с-вья, 1910. – 256 с.

5. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов / П.Р. Родин. – К.: Вища школа, 1986. – 455 с.

6. Рудник С.С. Теорія різання металів / С.С. Рудник. – К.: ОНТУ-Машбудвидав, 1932. – 240 с.

7. Резников Н.И. Учение о резании металлов: Учебник / Н.И. Резников. – М.: Машгиз, 1947. – 588 с.

8. Нариси історії розвитку прикладних технічних наук в Україні. З досвіду Харківського політехнічного інституту: Монографія / О.Є. Тверитникова, Н.І. Посвятенко, Т.В. Мельник; за заг. ред. Е.К. Посвятенка. – Х.: НТУ "ХПІ", 2015. – 272 с.

9. Тейлор Ф. Научные основы организации промышленных предприятий / Ф. Тейлор. – СПб, 1912. – 119 с.

10. Форд Г. Сегодня и завтра / Г. Форд. – М.-Л.: Время, 1927. – 216 с.

REFERENCES

1. Taylor Frederick Winslow. Gumanitarnaia entsiklopediia: Personalii [Electronic resource]. Tsentr humanitarnih tehnologii. – 2012. – 01 October. – 6 p. – Access Mode : URL: http://gtmarket.ru/personnels/frederick-taylor/info. (Rus)

2. Zhornik N.I. (Posviatenko N.I.) *Diialnist naukovo-tekhnichnoi shkoli profesora M.F. Semka u konteksti rozvitku nauki pro rizannia materialiv v Ukraini*: Ph.D. Diss. [The activities of scientific and technical school professor MF Semko in the context of the science of cutting materials in Ukraine, Ph.D. Diss.]. Kharkiv, 2005. 313 c. (Ukr)

3. Taylor F. *Iskesstvo rezat metalli* [Art cut metals]. Saint Petersburg, 1909. 357 p. (Rus)

4. Knabbe V.S. *Sovremennie mashinostroitelnie zavodi I primeniaemie imi novie sposobi kholodnoi obrabotki metallov* [Modern machine-building plants and used them new ways to cold treatment of metal]. Kharkov, 1910. 256 h. (Rus)

5. Rodin P.R. *Metallorezhushchie instrumenti* [Metal cutting tools]. Kyiv, Vishcha shkola Publ., 1986. 455 h. (Rus)

6. Rudnik S.S. *Teoriia rizannia metaliv* [Theory cutting metal]. Kyiv, ONTU-Mashbudvidav, Publ, 1932. 240 p. (Ukr)

7. Reznikov N.I. *Uchenie o rezanii metalov* [The doctrine of the cutting of metals]. Moscow, Mashhiz, Publ., 1947. 588 p. (Rus)

8. Tveritnikova O.Ye., Posviatenko N.I., Melnik T.V. *Narisi istorii rozvitku prikladnikh tekhnichnikh nauk v Ukraini. Z dosvidu Kharkivskoho politekhnichnogo institutu* [Essays on the History of Applied Technical Sciences in Ukraine. The experience of the Kharkov Polytechnic Institute]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2015. 272 p. (Ukr)

9. Taylor F. *Nauchnie osnovi orhanizatsii promishlennikh predpriiatii* [The scientific basis for the organization of industrial enterprises]. Saint Petersburg, 1912. 119 p. (Rus)

10. Ford H. *Sehodnia i zavtra* [Today and tomorrow]. Moscow-Leningrad, Vremia Publ., 1927. 216 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Посвятенко Е.К. Фредерік Тейлор – інженер та теоретик автомобільного конвейєра / Е.К. Посвятенко, Н.І. Посвятенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті показано, що Фредерік Уінслоу Тейлор був видатним фахівцем у галузі матеріалознавства і механічної обробки металів.

Мета роботи – встановити історичну правду про Тейлора і коротко висвітлити всебічну наукову і практичну діяльність останнього. оскільки до сьогодні такої оцінки досягнень цього інженера не було.

Об'єкт дослідження – наукова і практична діяльність Ф. Тейлора.

При виконанні дослідження використовувались методи аналізу, логічний, історичний, бібліографічний, дедуктивний і індуктивний, порівнянь та інші загальнонаукові методи.

Важливим відкриттям в області матеріалознавства, яке зробив Тейлор є швидкорізальна сталь. Він запропонував її склад та метод термообробки. Швидкорізальна сталь і зараз є базовим матеріалом для виготовлення металорізальних інструментів. Тейлор уперше дав у математичній формі основні закони швидкості різання. Він показав, що для інструмента із швидкорізальної сталі період різання є обернено пропорційним до восьмого ступеня швидкості різання. Тейлору належать піонерські дослідження з організації та продуктивності праці, в основі яких виступає управління людьми. Він заклав теоретичні основи масового поточного виробництва, зокрема, сучасних автомобільних конвейєрів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФРЕДЕРІК ТЕЙЛОР, ШВИДКОРІЗАЛЬНА СТАЛЬ, МЕНЕДЖМЕНТ, ШВИДКІСТЬ РІЗАННЯ, МЕТОД ТЕРМООБРОБКИ

ABSTRACT

Posviatenko E.K., Posviatenko N.I. Frederick Taylor – engineering and theorist automobile transporter. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article shows that Frederick Winslow Taylor was a prominent expert in the field of materials science and mechanical processing of metals.

Purpose - to establish the historical truth about Taylor and briefly demonstrate its comprehensive scientific and practical activities. Today, achieving this engineer had not been appreciated.

The object of research - scientific and practical activities F. Taylor.

Methods of analysis, logic, history, bibliography, deductive and inductive, comparisons and other scientific methods were used to conduct the research.

An important discovery in the field of materials science, which made Taylor – was a high-speed steel. He suggested its composition and heat treatment method. Now high-speed steel is the base material for the manufacture of cutting tools. Taylor was first given in mathematical form the basic laws of the cutting speed. He showed that the tool of high speed steel cutting period is inversely proportional to the eighth power of the cutting speed. Taylor conducted pioneering research on issues of management and productivity, which are based on people management. Taylor conducted pioneering research management and productivity, which are based on people management. Taylor owned pioneering studies on the issues of production management and productivity, which are based on people management. He laid the theoretical foundations of the mass line production, in particular, modern automotive transporters.

KEYWORDS: FREDERICK TAYLOR, HIGH-SPEED STEEL, MANAGEMENT, CUTTING SPEED, HEAT TREATMENT METHOD

РЕФЕРАТ

Посвятенко Э.К. Фредерик Тейлор – инженер и теоретик автомобильного конвейера / Э.К. Посвятенко, Н.И. Посвятенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье показано, что Фредерик Уинслоу Тейлор был выдающимся специалистом в области материаловедения и механической обработки металлов.

Цель работы – установить историческую правду о Тейлоре и коротко показать его всестороннюю научную и практическую деятельность. До сегодняшнего дня не было сделано такой оценки достижений этого инженера.

Объект исследований – научная и практическая деятельность Ф. Тейлора.

При выполнении исследований использовались методы анализа, логики, исторический, библиографический, дедуктивный и индуктивный, сравнений и другие общенаучные методы.

Важным открытием в области материаловедения, сделанным Тейлором, – была быстрорежущая сталь. Он предложил её состав и метод термообработки. Быстрорежущая сталь и сейчас является базовым материалом для изготовления металлорежущих инструментов. Тейлор впервые дал в математической форме основные законы скорости резания. Он показал, что для инструмента из быстрорежущей стали период резания является обратно пропорциональным восьмой степени скорости резания. Тейлору принадлежат пионерские исследования, касающиеся вопросов менеджмента производства и производительности труда, в основе которых лежит управление людьми. Он заложил теоретические основы массового поточного производства, в частности, современных автомобильных конвейеров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ФРЕДЕРИК ТЕЙЛОР, БЫСТРОРЕЖУЩАЯ СТАЛЬ, МЕНЕДЖМЕНТ, СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ, МЕТОД ТЕРМООБРАБОТКИ

АВТОРИ:

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380442808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 101а.

Посвятенко Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380442809773, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, кім. 226.

AUTHOR:

Posviatenko Eduard K., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, professor, department of production, repair and materials science, e-mail: natali1963@ukr.net, +380442808203, Ukraine, Kyiv, st. Suvorova, 1, r. 101a

Posviatenko Natalia I., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department road vehicles, e-mail: natali1963@ukr.net, tel. +380442809773, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of.226.

АВТОРЫ:

Посвятенко Эдуард Карпович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры производства, ремонта и материаловедения, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380442808203, Украина, 01010, м. Киев, ул. Суворова 1, к. 101а.

Посвятенко Наталия Ивановна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380442809773, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 226.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Копейкіна М.Ю. кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, відділ технологічного управління якістю обробки поверхонь інструментами із надтвердих матеріалів, Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWER:

Kopeikina M.Y., Ph.D., Engineering (Dr.), Senior Research Associate, department of technology management quality surface treatment tools of superhard materials, Institute Superhard Materials named V.N. Bakul NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Mateichik V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of Environment and Safety, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.073.7
UDC 656.073.7

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ТЯГОВИХ ПЛЕЧЕЙ В МІЖМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Прокудін Г.С., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Ремех І.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Чупайленко О.А., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Майданик К.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Пилипенко Ю.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM OF TRACTION SHOULDERS IN LONG-DISTANCE FREIGHT TRAFFIC

Prokudin G.S., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Remekh I.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Chupaylenko O.A., Candidate of Techical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Maidanik K.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Pylypenko J.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЯГОВЫХ ПЛЕЧ В МЕЖДУГОРОДНЫХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

Прокудин Г.С., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Ремех И.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Чупайленко А.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Майданик Е.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Пилипенко Ю.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. За останні роки в міжміських регулярних перевезеннях вантажів найбільшої популярності зазнав автомобільний транспорт.

Надання переваги використанню автомобільного транспорту, незважаючи на відносну простоту і широке поширення, ускладнюється за рахунок експлуатації автомобілів і автопоїздів різної вантажопід’ємності на етапах збору вантажів, формування укрупнених відправлень, особливо в умовах термінальних систем. Це вимагає застосування таких сучасних методів організації руху, як система тягових плечей

Аналіз останніх досліджень і публікацій за темою статті. Вибір маршрутів руху залежить, перш за все, від територіального розташування вантажоутворюючих і вантажопоглинаючих пунктів, відстані між ними, величини вантажопотоку і застосовуваного типу рухомого складу.

Наявність постійних вантажопотоків зумовлює організацію регулярного руху транспортних засобів (ТЗ) за заздалегідь розробленими маршрутами перевезень. Маршрутом називається шлях прямування рухомого складу в напрямку між вантажоутворюючими і вантажопоглинаючими пунктами. Відстань між початковим і кінцевим пунктом перевезення називається довжиною маршруту Lм.

Вибір і складання маршрутів руху повинні відповідати наступним вимогам:

· максимально продуктивно використовувати пробіг рухомого складу по всьому маршруту;
· забезпечувати повне завантаження рухомого складу, що працює на маршруті;
· час одного обороту рухомого складу на маршруті не повинно перевищувати часу однієї зміни роботи водіїв;
· організація руху по можливості по найкоротшому відстані;
· можливість організації диспетчерського керівництва і контролю за перевезеннями;
· забезпечувати мінімальні нульові пробіги;
· виключити можливість зустрічних однорідних перевезень;

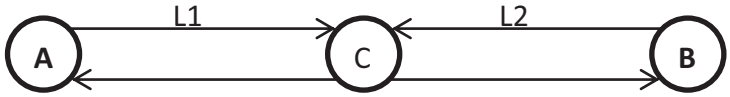
· домагатися виконання перевезень мінімальною кількістю рухомого складу;

· дотримуватися встановлених правил безпеки руху.

Робота ТЗ за заздалегідь складеними раціональними маршрутами спрощує оперативне планування, забезпечує регулярність перевезень, сприяє підвищенню продуктивності рухомого складу та ефективності перевезень.

Розрізняють такі типи маршрутів ТЗ: маятниковий, кільцевий, розвізний, збірний та розвізно-збірний.[1,2]

Дільничний метод перевезення застосовується при організації міжміських і міжнародних перевезень вантажів і характеризується тим, що весь маршрут поділяють на ділянки, що обслуговуються окремими автомобілями які рухаються та перевозять вантажі лише на своїй ділянці за кільцевим маршрутом , згодом відбувається зміна рухомого складу і перевантаження вантажу з одного автомобіля на другий за допомогою зміни кузовів або контейнерів. Дільничну (тягових плечей) систему руху доцільно застосовувати при постійних і значних за розмірами вантажопотоках, на маршрутах великої протяжності. За автотранспортними підприємствами (АТП), розташованими в різних пунктах маршруту, закріплюються ділянки, за якими вони організують рух ТЗ, у якості рухомого складу (РС), в основному, використовуються тягачі з напівпричепами. Передача напівпричепів відбувається естафетно в пунктах стику ділянок. На рис. 1 показана схема дільничного маршруту АВ. У пунктах А і В, розташованих на маршруті, знаходяться міста відправлення/отримання вантажу. Пункт С є вантажною станцією, де відбувається передача напівпричепа одним АТП іншому для подальшого перевезення.[3]



де: А, В – пункти завантаження/розвантаження;

С – пункт зміни напівпричепів (вантажний термінал);

Ln – довжина ділянки.

Рисунок 1 – Схема дільничного маршруту

Режим роботи автомобілів на маршруті визначається організацією руху, способами обслуговування автомобілів і автопоїздів водіями і вимогами технічного забезпечення рухомого складу [4]. Практика міжміських сполучень визначила дві основні схеми організації роботи і руху ТЗ на автомобільних маршрутах:

• наскрізний рух кожного автомобіля або автопоїзда від початкового до кінцевого пункту маршруту незалежно від відстані перевезення;

• система тягових плечей, при цьому автомобільний маршрут ділиться на ряд ділянок, на кожному з яких діє окремий парк сідельних тягачів, що обертається тільки в межах своєї ділянки, а напівпричепи з вантажем слідують від початку до кінця вантажного потоку, що обслуговується. На збігах двох суміжних ділянок вони передаються тягачем наступної ділянки і т. д. Передача напівпричепів здійснюється на перевалочних терміналах, в вузлових пунктах або при значному вантажообігу на маршруті для цих цілей організовуються автомобільні станції.[1]

Кожен із зазначених методів організації руху має свої переваги і недоліки, які з різною силою виявляються в певних конкретних експлуатаційних умовах. Істотною відмінністю цих систем є організація праці водіїв.

Система тягових плечей на маршруті дозволяє скоротити час на перевезення вантажів, уникнути спареної роботи водіїв, підвищити оперативність диспетчерського керівництва і значно збільшити продуктивність рухомого складу за рахунок його завантаження в прямому і зворотному напрямках, а також створює кращі умови роботи водіям, які мають можливість щоденно повертатися в своє АТП, що виключає можливість їх відрядження.

При застосуванні системи тягових плечей лінійні тягачі обертаються тільки на певних ділянках маршруту, напівпричепи ж просуваються з вантажем на протягом всього процесу його доставки, вступаючи в кінцевих пунктах маршруту до місцевого маневрового оберту, оборот рухомого складу представлений на рис.2. Після розвантаження напівпричіп надходить під навантаження в цьому ж пункті маршруту або при відсутності тут вантажу направляється в інший найближчий пункт, де відчувається нестача в порожніх автомобілях. З моменту надходження напівпричипу під наступне навантаження починається новий цикл його обороту. У практиці експлуатаційних розрахунків поняття

«оборот напівпричіпа» підміняється поняттям «оборот напівпричепа на замкнутому (кільцевому) маршруті» з обов'язковою вимогою повернення його в пункт першого навантаження.

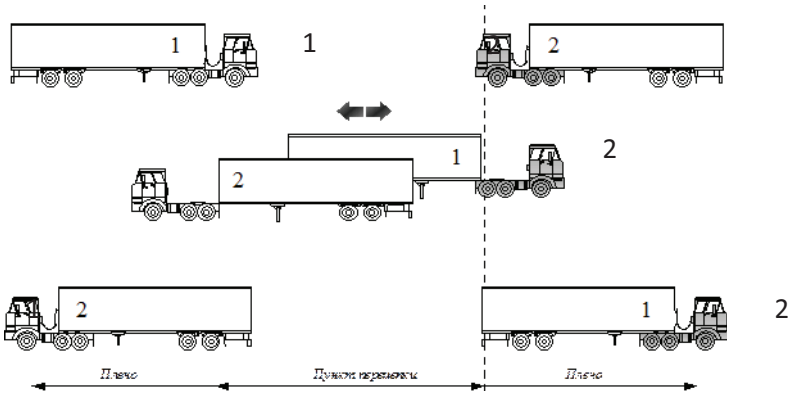


Рисунок 2 – Схема маршрутів та оборотів тягачів при застосування системи тягових плечей

Перевезення по системі тягових плечей організовуються за наявності постійних вантажопотоків на тих автомобільних мережах, по яких здійснюються регулярні міжміські перевезення вантажу.

При виборі кількості АТП, що беруть участь в перевезеннях по цій схемі, необхідно враховувати їх наявність в проектованих пунктах заміни напівпричепів, забезпеченість відповідними моделями і типами рухомого складу. Скорочення кількості АТП , які беруть участь у перевезенні до мінімуму, дає можливість більш чітко організувати і виконати перевезення та спростити розрахунки між учасниками перевізного процесу.[3]

Автомобілі-тягачі надають всі АТП-учасники перевезення, а напівпричепи - ті, що знаходяться в кінцевих пунктах. Технічне обслуговування напівпричепів і автомобілів-тягачів виконують АТП - власники, однак при необхідності дрібного ремонту може бути здійснене будь-яким АТП на маршруті перевезення з подальшим віднесенням витрат на рахунок підприємства-власника.[6]

Автомобілі-тягачі доставляють напівпричепи, як правило, на вантажні автостанції кінцевих пунктів. Напівпричепи з вантажем від автостанції до одержувачів і від відправників до автостанції доставляються маневровими автомобілями-тягачами.

Навантаження автомобіля в початковому, кінцевому і проміжному пунктах проводиться на території вантажних АТП, їх агентств або терміналів компаній-виробників. Зміна і короткочасне зберігання напівпричепів здійснюються на спеціальних майданчиках, які повинні мати розміри, що забезпечують вільне маневрування автомобілів-тягачів, тверде і рівне покриття. Його можна також проводити і, безпосередньо, на території відправників і одержувачів, якщо у останніх є підготовлені до відправки в зворотному напрямку завантажені напівпричепи або якщо ця територія знаходиться на відстані не більше 5 км від основного пункту перечеплення.

Переваги руху по системі тягових плечей в порівнянні з наскрізним рухом по всьому маршруту полягають в поліпшенні умов праці водіїв, підвищенні продуктивності тягачів і зниженні собівартості перевезень.

Показниками оцінки ефективності організації міжміських перевезень є продуктивність роботи автомобіля, собівартість перевезення, використання часу водія та оборотність автомобіля.[6]

Оцінити ефективність застосування системи тягових плечей порівняно зі маятниковим маршрутом із зворотнім порожнім пробігом можна на прикладі перевезення вантажів за маршрутами Львів-Харків у прямому напрямку і Харків-Львів у зворотному.

У випадку застосування системи тягових плечей, пунктом зміни напівпричепів виступатиме вантажний термінал у м. Київ. Рух на відповідних ділянках здійснюється із повторним завантаженням і автомобіль повертається до місця завантаження, отже, маршрут є кільцевим.

В першому випадку розглянемо прямі перевезення, де загальна протяжність маршруту Львів-Харків (Lm) становить 1016км. Розглянемо два маятникові маршрути, що здійснюються одночасно різним рухомим складом у різних напрямках, які представлені на рисунку 3. У такому випадку коефіцієнт використання пробігу рухомого складу (β) становить 0,5 , так як вантажі у напрямку Львів – Харків і Харків – Львів перевозяться у різних ТЗ і загальний пробіг для двох автомобілів з вантажем ($2*l_{ві}$) становить 2*1016=2032км.

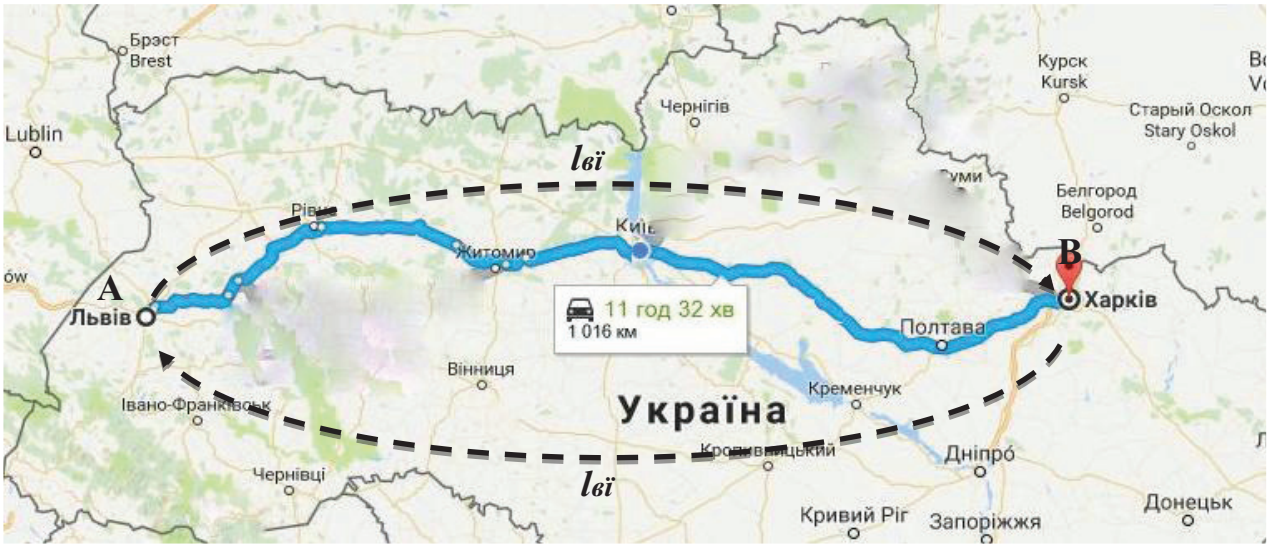
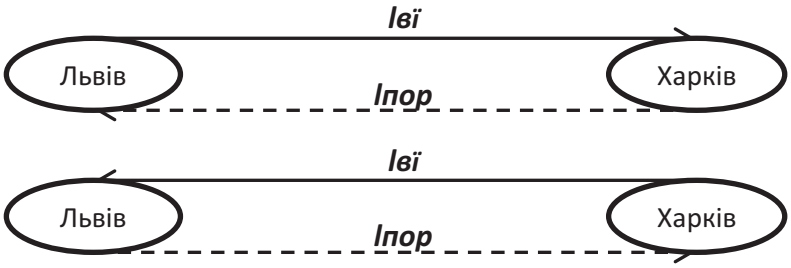


Рисунок 3 – Маятникові маршрути Львів-Харків та Харків-Львів із зворотнім порожнім пробігом

Даний маршрут здійснюється за схемою, що представлена на рисунку 4.



де: *lвї* – пробіг автомобіля з вантажем;
lпор – порожній пробіг автомобіля.

Рисунок 4 – Схема маятникового маршруту із зворотнім порожнім пробігом

Годинна продуктивність роботи рухомого складу (РС) визначається як:

$$P_{г.а} = \frac{q \cdot \gamma_{ст} \cdot V_T \cdot \beta}{2l_{вї} + V_T \cdot \beta \cdot t_{н,р}}, T/год \ , \qquad (1)$$

де: q – номінальна вантажність сідельного тягача, т;
$\gamma_{ст}$ – коефіцієнт статичного використання вантажності (в нашому випадку, $\gamma_{ст}$=0,99);
$V_т$ – технічна швидкість автомобіля, км/год;
β – коефіцієнт використання пробігу автомобіля;
$t_{нр}$ – час на навантажувально-розвантажувальні роботи, год.

$$P_{г.а} = \frac{21 \cdot 0{,}99 \cdot 60 \cdot 0{,}5}{2 \cdot 1016 + 60 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}67} = 0{,}30(T/год)$$

Собівартість перевезення вантажу автомобілем (ам) визначається за формулою:

$$S_a = \frac{C_{км} \cdot 2l_{вї}}{n_a \cdot \beta} + \frac{C_{пос} \cdot t_{нр}}{n_a}, грн/ам. \qquad (2)$$

де: $С_{км}$ – витрати на 1 км пробігу автомобіля, грн/км ;
$С_{пос}$ – постійні витрати складові собівартості, грн;
n_a – кількість одиниць РС, що рухаються на заданому маршруті.

$$S_a = \frac{13{,}39 \cdot 2 \cdot 1016}{2 \cdot 0{,}5} + \frac{184{,}48 \cdot 0{,}67}{2} = 28360{,}37(грн/ам)$$

Час їздки для двох автомобілів, що їдуть за маятниковим маршрутом із зворотною порожньою їздкою, в нашому випадку, визначаємо, як час їздки одного автомобіля, тому що вони виїжджають одночасно і відстань навантаженої їздки є рівною:

$$t_ї = \frac{2l_{вї}}{V_т \cdot \beta} + t_{нр}, год \qquad (3)$$

без урахування часу на відпочинок водія час їздки складає:

$$t_ї = \frac{2 \cdot 1016}{60 \cdot 0{,}5} + 0{,}67 = 69{,}07(год)$$

Згідно з Європейською угодою щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення (ЄУТР), водій має право працювати не більше 9 годин на добу, крім того, кожні 4,5 годин він повинен здійснювати відпочинок 45хвилин, а після кожних 9 годин роботи повинен відпочивати 11годин.[7]

Отже, на кожні 9 годин роботи водія припадає 11 год. і 45 хв. відпочинку.

Час відпочинку водія за ЄУТР складає:

$$t_В = n_{діб} \cdot 11{,}75 + n_{пер} \cdot 0{,}75, год, \qquad (4)$$

де: $n_{діб}$ – кількість діб роботи екіпажу транспортного засобу;
$n_{пер}$– наявність/відсутність перерви водія на 45 хв., (може бути або 0, або 1)

$$n_{діб} = \frac{t_ї}{9}, \qquad (5)$$

де цілі числа – це кількість повних періодів руху (9 год/добу),

а десяті – наявність/відсутність ще однієї перерви екіпажу на 45хв. (якщо десяті<0,5 , то перерви немає, а якщо≥0,5 , то є)

Для екіпажу транспортного засобу у складі 1 водія час відпочинку дорівнює:

$$n_{діб} = \frac{69{,}07}{9} = 7{,}67, \qquad t_{В1} = 7 \cdot 11{,}75 + 0{,}75 = 83(год)$$

Під час керування ТЗ принаймні двома водіями протягом кожних 30 годин кожному з них повинен надаватися відпочинок тривалістю не менше 8 годин підрядр[7], тому для екіпажу у складі 2 водіїв час їздки з урахуванням ЄУТР буде рівним часу їздки без урахуваннння відпочинку.

Відповідно, загальний час рейсу є:

$$t_р = t_ї + t_{в\ ,\ год} \qquad (6)$$

Для екіпажу з 1водія загальний час рейсу з урахуванням відпочинку згідно з ЄКМТ є:

$t_{р1}$ = 69,07+83=152,07 (*год*)

Для екіпажу з 2 водіїв:

$t_{р2}$ = 69,07 (*год*)

На рисунку 5 показано, що перевезення вантажу із застосуванням системи тягових плечей буде здійснюватись за тим же маршрутом, але розбитим на ділянки для кожного автомобіля із умовою, що машини із Львова і із Харкова виїдуть одночасно та рухатимуться кожен по своєму плечу. Пунктом заміни напівпричепів стане термінал у м. Києві.

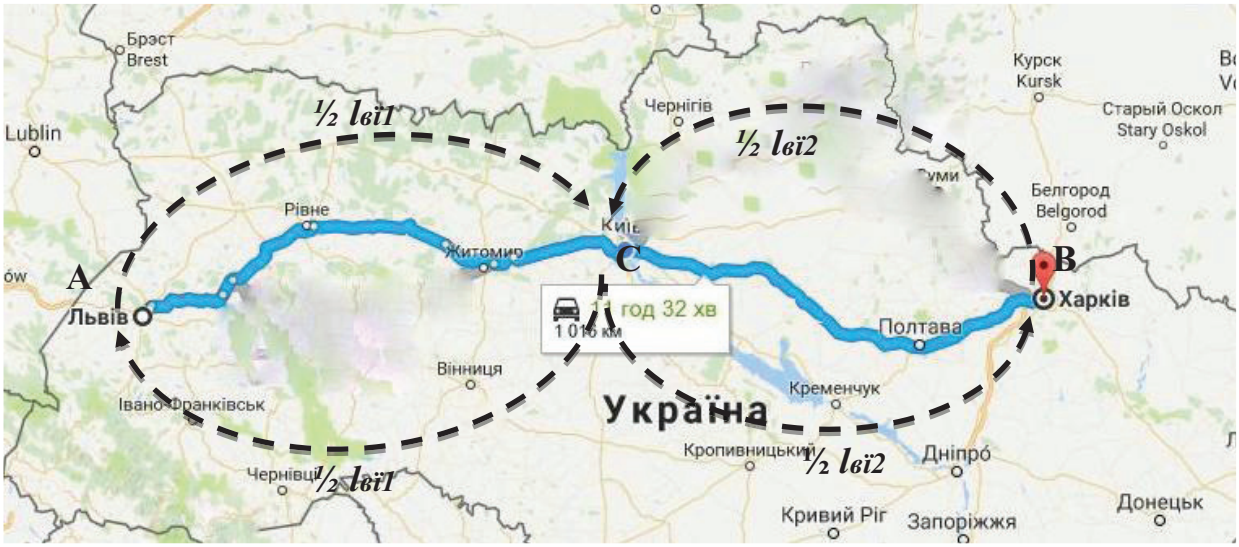


Рисунок 5 – Кільцеві маршрути Львів-Київ-Львів та Харків-Київ-Харків із застосуванням системи тягових плечей

В даному випадку, коефіцієнт використання пробігу рухомого складу (β) становить 1 , так як при заміні напівпричепів уникаються порожні пробіги. При цьому автомобілі здійснюють оберт на ділянці Львів-Київ-Львів, де довжина плеча ($l_{пл1}$) складає 538 км, відстань навантаженої їздки ($l_{вї1}$) 1076км, та на ділянці Харків-Київ-Харків, де довжина плеча ($l_{пл2}$) складає 478 км, відстань навантаженої їздки ($l_{вї1}$) 956 км і, відповідно, загальний пробіг для двох автомобілів з вантажем ($2*l_{вї}$) становить 2*1016=2032км.

Для оцінки ефективності даної схеми маршруту використовуємо ті ж показники, що й для попередньої.

Годинна продуктивність роботи автомобільного контейнеровоза становить:

$$P_{г.а} = \frac{21 \cdot 0{,}99 \cdot 60 \cdot 1}{2 \cdot 1076 + 60 \cdot 1 \cdot 0{,}58} = 1{,}20(т/год)$$

Собівартість перевезення для одного автомобіля :

$$S_{к.а} = \frac{13{,}39 \cdot 2 \cdot 1076}{2 \cdot 1} + \frac{184{,}48 \cdot 0{,}58}{2} = 14210{,}90(грн/ам)$$

Час їздки для двох автомобілів, що їдуть по системі тягових плечей, визначаємо, як час їздки одного і для розрахунків приймаємо максимальний з двох.

Без урахування часу на відпочинок водія, згідно з ЄУТР час їздки по маршруту Львів-Київ-Львів (вибраний максимальним) складає:

$$t_{ї} = \frac{1076}{60 \cdot 1} + 0{,}58 \cdot 2 = 19{,}10(год)$$

Час відпочинку водія за для екіпажу у складі 1 водія дорівнює:

$$n_{діб} = \frac{19{,}10}{9} = 2{,}12 \ , \ t_{В1} = 2 \cdot 11{,}75 = 23{,}5(год)$$

Відповідно, загальний час рейсу для екіпажу з 1водія з урахуванням відпочинку водія згідно з ЄУТР є:

$$t_{p1} = 19,10+23,5=42,60 \text{ (год)}$$

Для екіпажу з 2 водіїв:

$$t_{p2} = 19,10 \text{ (год)}$$

Порівняльний аналіз різних методів організації руху при перевезенні вантажів наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння економічної ефективності маятникового маршруту із зворотнім порожнім пробігом та системи тягових плечей

	Умовне позначення, одиниці виміру	Маятниковий із зворотнім порожнім пробігом	Система тягових плечей	
			Львів-Київ-Львів	Харків-Київ-Харків
Час їздки автомобілю	tї, *год*	69,07	19,10	17,10
Годинна продуктивність роботи автомобілю	Рга, *т/год*	0,30	1,20	
Собівартість перевезення для одного автомобілю	Sам, *грн/конт*	28360,37	14210,90	
Розрахункова ставка фрахту на перевезення одного автомобілю	fка, *грн/конт*	36868,48	18474,17	
Витрати на виконання рейсу автомобілем	Сра, *грн*	28360,37	28421,80	
Доходи від виконаного рейсу	Vda, *грн*	36868,48	36948,35	
Валовий прибуток від виконаного рейсу	Fa, *грн*	8508,11	8526,54	
Час рейсу автомобіля (1 водій)	tp1, *год*	152,07	42,60	18,10
Час рейсу автомобіля (2 водії)	tp2, *год*	69,07	19,10	17,10

Аналіз показників ефективності, які наведені у таблиці 1 виявив, що одними із найбільш істотних для нас є годинна продуктивність автомобіля ($P_{га}$) та доходи від виконаного рейсу (V_{da}) , яка із застосуванням схеми тягових плечей, при навантаженій їздці ($l_{ві}$) в 2032 км збільшується в чотири рази, що ми бачимо на рисунку 6.

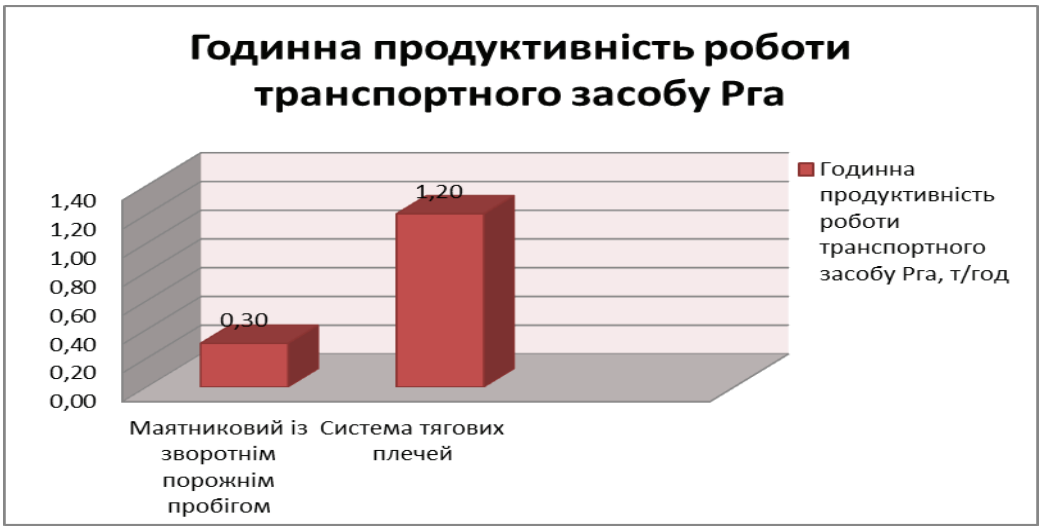


Рисунок 6 – Годинна продуктивність роботи транспортного засобу

Також значно зменшується час рейсу, як для екіпажу з одним, так і з двома водіями, рисунок 7. Таке зменшення часу в рейсі збільшує оборотність рухомого складу а також дозволяє обійтись екіпажем у складі 1 водія, таким чином, зменшити витрати фонду заробітної плати, при чому час рейсу для одного водія на маршруті по методу тягових плечей складає 2 доби, як і для двох водіїв на маятниковому маршруті із зворотною порожньою їздкою.

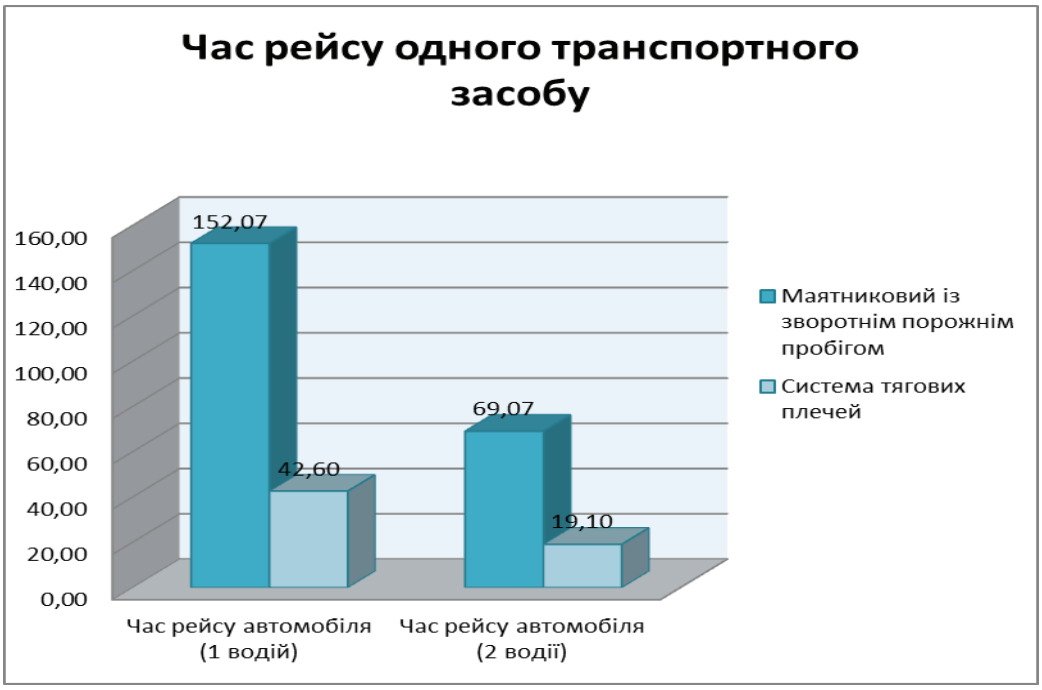


Рисунок 7 – Час рейсу одного транспортного засобу

Переваги руху по системі тягових плечей в порівнянні з наскрізним рухом по всьому маршруту полягають в поліпшенні умов праці водіїв, підвищенні продуктивності тягачів і зниженні собівартості перевезень.

Також підвищується місячна оборотність рухомого складу. Так, у випадку роботи одного водія на маршруті, за ЄУТР, при підсумованому обліку робочого часу водія за календарний місяць час керування ТЗ не може перевищувати 56 годин за тиждень при шести періодах щоденного керування., а щотижневий обов’язковий відпочинок – 24год.[7], визначаємо оборотність:

$$N_{об}=t_{maxM}/t_{ї} \qquad (7)$$

де t_{maxM} – максимальний час руху за місяць в 31 день

$$t_{maxM}=56\cdot4+9\cdot3=251 (год)$$

Для автомобілів на прямому маршруті:

$$N_{об}=251/35,20=7\ (об/міс)$$

Для автомобілів, що рухаються за системою тягових плечей:

$$N_{об}=251/19,1=13\ (об/міс)$$

Оборотність рухомого складу в місяць, при умові роботи одного водія, для системи тягових плечей є майже вдвічі вищою, ніж для маятникового прямого маршруту.

Висновки.

Введення руху по системі тягових плечей при регулярних міжміських перевезеннях вантажів характеризується підвищенням показників ефективності перевезень на маршруті, так годинна продуктивність на 75% вища ніж до застосування даної системи, а показник місячної оборотності рухомого складу підвищується майже вдвічі – більш ніж на 46%.

Також, даний метод дозволяє залучати екіпажі у складі лише 1 водія а також поліпшувати умови праці водіїв та отримати позитивну різницю у підвищенні продуктивності тягачів, як за використанням вантажопід’ємності транспорту, так і за суттєвим підвищенням його оборотності , зниженні собівартості перевезень за рахунок зменшення накладних витрат і економії коштів на виплату оплату відряджень водіям.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.

2. Грузовые автомобильные перевозки / А. В.Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, Л. Б. Куликов. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2006. – 560 с.

3. Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные узлы, терминалы): Учебник для транспортных вузов. / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. - М.: Издательство «Экзамен», 2003. - 448 с

4. Савін В.І. Перевезення вантажів автомобільним транспортом: Довідковий посібник. - М.: Видавництво «Дело І Сервіс», 2002. - 544 с.

5. Бутаев Ш.А., Мадаминов Ю. Совершенствование методов управления процессами автомобильных перевозок грузов/ Ш.А. Бутаев, Ю. Мадаминов.-Ташкент: Фан, 1988. - 152 с.

6. Воркут Т. А. Проектування систем транспортного обслуговування в ланцюгах постачань: Монографія / Т. А. Воркут. – К.: НТУ, 2002. – 248 с.

7. Європейська угода щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення (ЄУТР) [Електронний ресурс]. – 1996. – Режим доступу до ресурсу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994_016

REFERENCES

1. Vorkut A. I. Freight Road Transportation .Kyiv: Visha School, 1986. 447 p. (Rus)

2. A. V.Velmozhin, V. A. Gudkov, L. B. Mirotin, L. B. Kulikov. Freight Road Transportation. Moskov: Goryachaya Liniya-Telekom, 2006. – 560 p. (Rus)

3. L. B. Mirotin. Integrated logistics of storage and distribution complexes (warehouses, transport nodes, terminals): A textbook for transport universities. Moskov: Ekzamen, 2003. 448 p.

4. Savin V.I. Transportation of goods by road: A Reference Guide. Moskov: Delo I Servis, 2002. 544p. (Rus)

5. Butaev Sh.A., Madamynov Y. Perfection of methods of management of processes of automobile transportations of cargoes. Tashkent: Fan, 1998. 152p. (Rus)

6. Vorkut T.A. Design of transport service supply chains: Monograph. Kyiv: NTU, 2002. 248p. (Ukr)

7. The European Agreement concerning the work of crews of vehicles engaged in international road transport (AETR) [electronic resource], 1996. Access to the property: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994_016(Ukr)

РЕФЕРАТ

Прокудін Г.С. Ефективність застосування системи тягових плечей в міжміських перевезеннях / Г.С. Прокудін, І.О. Ремех, О.А. Чупайленко, К.О. Майданик, Ю.В. Пилипенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті запропоновано метод організації перевезень, що пропонує заміну напівпричепів в перевалочних пунктах на маршруті для збільшення економічної ефективності роботи транспорту та збільшення його оборотності.

Об'єкт дослідження – міжміські перевезення вантажів на довгі відстані.

Мета роботи – визначення впливу впровадження системи тягових плечей на економічну ефективність міжміських перевезень.

Метод дослідження –аналітично-статистичний.

Надання переваги використанню автомобільного транспорту, незважаючи на відносну простоту і широке поширення, ускладнюється за рахунок експлуатації автомобілів і автопоїздів різної вантажопід’ємності на етапах збору вантажів, формування укрупнених відправлень, особливо в умовах термінальних систем. Це вимагає застосування таких сучасних методів організації руху, як система тягових плечей.

Наявність постійних вантажопотоків зумовлює організацію регулярного руху рухомого складу по заздалегідь розроблених маршрутах перевезень. Вибір маршрутів руху залежить, перш за все, від територіального розташування вантажоутворюючих і вантажопоглинаючих пунктів, відстані між ними, величини вантажопотоку і застосовуваного типу рухомого складу. Робота рухомого складу за заздалегідь складеними раціональним маршрутами спрощує оперативне планування, забезпечує регулярність перевезень, сприяє підвищенню продуктивності рухомого складу та ефективності перевезень.

Система тягових плечей дозволяє скоротити час на перевезення вантажів, уникнути спареної роботи водіїв, підвищити оперативність диспетчерського керівництва і значно збільшити продуктивність рухомого складу за рахунок його завантаження в прямому і зворотному напрямках, а також створює кращі умови роботи водіям, які мають можливість щоденно повертатися в своє автотранспортне підприємство, що виключає можливість їх відрядження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВАНТАЖ, РУХОМИЙ СКЛАД, НАПІВПРИЧІП, МАРШРУТ, МЕТОД ТЯГОВИХ ПЛЕЧЕЙ, ЛІНІЙНА СИСТЕМА, ДІЛЯНКОВИЙ РУХ , ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ОБОРОТНІСТЬ.

ABSTRACT

Prokudin G.S., Remekh I.O., Chupaylenko O.A., Maidanik K.O., Pylypenko Y.V. The effectiveness of the system of traction shoulders in long-distance freight traffic**.** Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the article the method of transportation that offers replacement in the semi transit point on route to increase the economic efficiency of transport and increasing its turnover.

Object of study - long-distance freight transportation.

Purpose - to determine the impact of the introduction of traction shoulder on the cost-effectiveness of long-distance transport.

The method of research - analytical and statistical .

This preference for the use of road transport, despite the relative simplicity and widespread, compounded by operation of vehicles and road trains of various capacities at the stages of collecting goods, formation of consolidated shipments, especially in terminal systems. This requires the use of modern methods of movement such as traction system apart .

The presence of permanent cargo company makes regular movement of rolling stock on pre-designed route traffic. The choice of routes depends primarily on the territorial location of the cargo-forming and load-absorbing points, the distance between them, the value of traffic and the used type of rolling stock. Work of moving to a predefined routes rational simplifies operational planning, ensures the regularity of traffic, improves productivity and efficiency of mobile traffic.

The System of traction shoulders reduces the time for cargo transportation, avoid coupled of drivers, improve the efficiency of dispatching management and significantly increase the productivity of rolling stock due to its load in forward and reverse directions, and creates the best conditions of the drivers who are able to day to return to their haulage, excluding the possibility of their trip.

KEYWORDS: CARGO, ROLLING STOCK, SEMI, ROUTE, SYSTEM OF TRACTION SHOULDERS, LINEAR SYSTEM, THE DISTRICT TRAFFIC, TRANSPORTATION, TURNOVER.

РЕФЕРАТ

Прокудин Г.С. Эффективность применения системы тяговых плеч в междугородных грузовых перевозках / Г.С. Прокудин, И.А. Ремех, А.А. Чупайленко, Е.А. Майданик, Ю.В. Пилипенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложен метод организации перевозок, который предлагает замену полуприцепов в перевалочных пунктах на маршруте для увеличения экономической эффективности работы транспорта и увеличения его оборачиваемости.

Объект исследования - междугородние перевозки грузов на большие расстояния.

Цель работы - определение влияния внедрения системы тяговых плеч на экономическую эффективность междугородных перевозок.

Метод исследования – аналитически-статистический.

Предпочтение использованию автомобильного транспорта, несмотря на относительную простоту и широкое распространение, усложняется за счет эксплуатации автомобилей и автопоездов различной грузоподъемности на этапах сбора грузов, формирование укрупненных отправок, особенно в условиях терминальных систем. Это требует применения таких современных методов организации движения, как система тяговых плеч.

Наличие постоянных грузопотоков предопределяет организацию регулярного движения подвижного состава по заранее разработанным маршрутам перевозок. Выбор маршрутов движения зависит, прежде всего, от территориального расположения грузообразующих и вантажопоглинаючих пунктов, расстояния между ними, величины грузопотока и применяемого типа подвижного состава. Работа подвижного состава по заранее составленным рациональным маршрутам упрощает оперативное планирование, обеспечивает регулярность перевозок, способствует повышению производительности подвижного состава и эффективности перевозок.

Система тяговых плеч позволяет сократить время на перевозку грузов, избежать спаренной работы водителей, повысить оперативность диспетчерского руководства и значительно увеличить производительность подвижного состава за счет его загрузки в прямом и обратном направлениях, а также создает лучшие условия работы водителям, которые имеют возможность ежедневно возвращаться в свое автотранспортное предприятие, исключает возможность их командировки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГРУЗ, ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, ПОЛУПРИЦЕП, МАРШРУТ, МЕТОД ТЯГОВЫХ ПЛЕЧ, ЛИНЕЙНАЯ СИСТЕМА, УЧАСТКОВЫЙ ДВИЖЕНИЕ, ПЕРЕВОЗКЕ, ОБОРАЧИВАЕМОСТЬ.

АВТОРИ:

Прокудін Георгій Семенович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, завідувач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: p_g_s@ukr.net, тел.: +380633270243, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 430-а.

Ремех Інна Олександрівна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Київ, e-mail: Remekh.Inna@gmail.com, тел.: +380969200192, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к.437.

Чупайленко Олексій Андрійович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: dozentalexey@yandex.ru, тел.: +380975052559, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к.437.

Майданик Катерина Олександрівна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Київ, e-mail: emaydanik@inbox.ru, тел.: +380637702844, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к.437.

Пилипенко Юрій Вікторович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Київ, e-mail: pilipenko_yu.v@mail.ru, тел.: +380937533533, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к.437.

AUTHOR:

Prokudin Georgiy S., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, head of the department of international transportation and customs control, e-mail: p_g_s@ukr.net, +380633270243, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova, str. 1, of. 437.

Remekh Inna O, National Transport University, Kyiv, graduate student of international transportation and customs control, e-mail: Remekh.Inna@gmail.com, tel+380969200192, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str. 1, of 437.

Chupaylenko Oleksii A., Candidate of Techical Sciences, National Transport University, senior lecturer of international transportation and customs control, e-mail: dozentalexey@yandex.ru, tel +380975052559, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str. 1, of 437.

Maidanik Kateryna O., National Transport University, Kyiv, graduate student of international transportation and customs control, e-mail: emaydanik@inbox.ru, tel +380637702844, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str. 1, of 437.

Pylypenko Yurii.V., National Transport University, Kyiv, graduate student of international transportation and customs control, e-mail: pilipenko_yu.v@mail.ru, tel +380937533533, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str. 1, of 437.

АВТОРЫ:

Прокудин Георгий Семенович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, Киев, заведующий кафедрой международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: p_g_s@ukr.net, тел. +380633270243, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 430-а.

Ремех Инна Александровна, Национальный транспортный университет, Киев, аспиран кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail Remekh.Inna@gmail.com, тел..: +380969200192, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 437.

Чупайленко Алексей Андреевич, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры международных перевозок и таможенного контроля e-mail: dozentalexey@yandex.ru, тел.: +380975052559, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 437.

Майданик Екатерина Александровна, Национальный транспортный университет, Киев, аспиран кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: emaydanik@inbox.ru, тел.: +380637702844, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 437.

Пилипенко Юрий Викторович, Национальный транспортный университет, Киев, аспиран кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail pilipenko_yu.v@mail.ru, тел.: +380937533533, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 437.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Поліщук В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, Київ, Україна

Стасюк О.І., доктор технічних наук, професор, Державний економіко-технологічний університет транспорту, завідувач кафедри автоматизації комп’ютерно-інтегрованих технологій транспорту, Київ, Україна

REVIEWER:

Polischuk V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, head of department of Transport systems and traffic safety, Kyiv, Ukraine

Stasiuk O. I. Ph.D., Engineering (Dr.), State Economic and Technological University of Transport. head of department of Automation and computer-integrated technologies of transport

УДК 625.72.
UDC 625.72.

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Савчук С.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

DETERMINING SPATIAL VISIBILITY ON THE ROADS

Savchuk S.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВИДИМОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Савчук С.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Видимість – це максимальна відстань, на якій з місця водія можна чітко розпізнати межі елементів дороги та розміщення учасників руху, що дає змогу водієві орієнтуватися під час керування транспортним засобом, зокрема для вибору безпечної швидкості та здійснення безпечного маневру.

Існуючі методи дають змогу оцінити окремо видимість в плані та поздовжньому профілі, але цього буває не достатньо. Існують такі поєднання елементів дороги, коли по розрахунках видимість окремо в плані та профілі забезпечується, але просторова (реальна) видимість є незадовільною. Саме просторова видимість об'єднує в собі видимість в плані та профілі одночасно.

Для вирішення даної проблеми можна використовувати«метод конусів (ліхтаря)». Він ґрунтується на розподіленні концентрації зору водія. Водій може чітко бачити ситуацію в межах конуса, вершина якого знаходиться на рівні очей водія, приймається 1,2м, а довжина конуса залежить від швидкості руху транспортного засобу та часу доби, приймається за нормативами (табл.5.6 ДБН В.2.3-4:2007Споруди транспорту. Автомобільні дороги). Кут між бічними стінками конуса становить 12° - в денний час та 2° - в нічний час доби [1].

Метод «конуса» має графічне та аналітичне вираження.

В графічному вигляді метод використовується таким чином. Для початку необхідно створити просторову модель місцевості та дороги. Це можливо виконати за допомогою програмного комплексуCivil 3Dта функції завантаження координат для створення моделі місцевості з GoogleEarth.Для більш точного визначення видимості необхідно, щоб на моделі місцевості окрім рельєфу ще розміщувалися об’єкти, які можуть створювати перешкоди для забезпечення видимості: будинки, дерева, кущі, дорожні знаки тощо. На рівні зору водія встановлюється конус розподілу концентрації зору водія. З рухом транспортного засобу по просторовій моделі дороги переміщується й конус. Таким чином можна візуально оцінити межу видимості – все що розміщується в середині конуса потрапляє в зону видимості. Довжина конуса залежить від швидкості і приймається згідно [2].

На рис. 3. показано конус видимості, який дає можливість оцінити відразу видимість в просторі. Після оцінки просторової видимості можна оцінити ділянки де видимість не забезпечується і більш детально вивчити їх виявивши, яка саме видимість не забезпечена – в горизонтальній чи вертикальній площині.

В аналітичному вигляді цей метод описується рівнянням конуса в просторі. Для денної видимості воно має вигляд:

Основою конуса слугує коло з радіусом BE=r = |AB|·tg6° = d·tg6°

Рівняння кола знаходимо з наступних рівнянь:

Направляюча конуса, тобто окружність знаходимо з рівнянь:

Рівняння сфери з центром в точці $x_2\ y_2 z_2$

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = d^2 \cdot tg^2 6° \qquad (1.1)$$

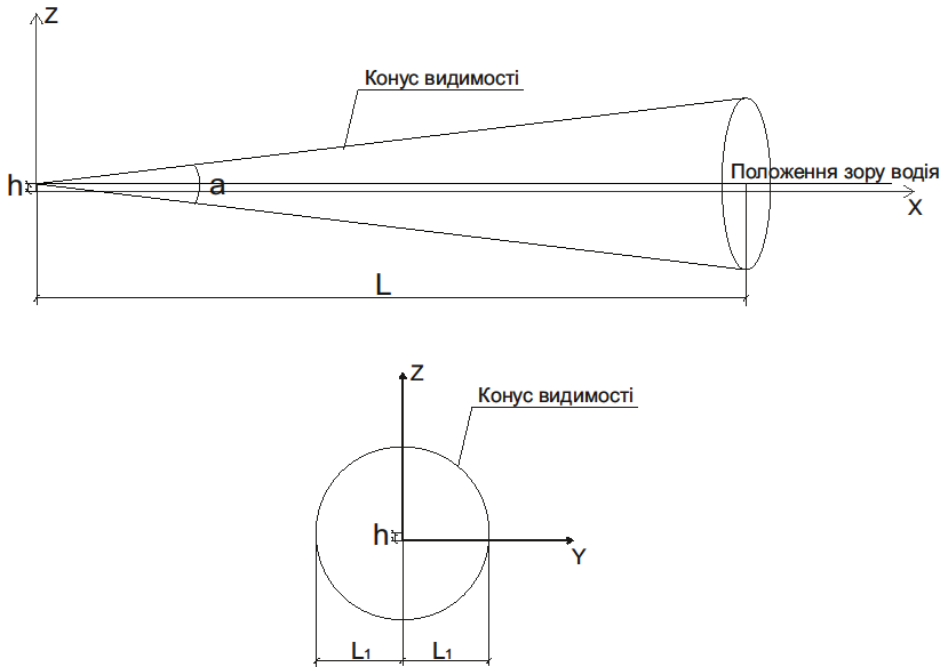


Рисунок 1 - Конус видимості на прямій ділянці:
L – відстань видимості, залежно від швидкості руху та погодних умов та часу доби;
L1 – бокова видимість; h – положення лінії зору водія над поверхнею дороги, h=1,2м;
α – кут розподілу концентрованого зору водія, залежить від часу доби

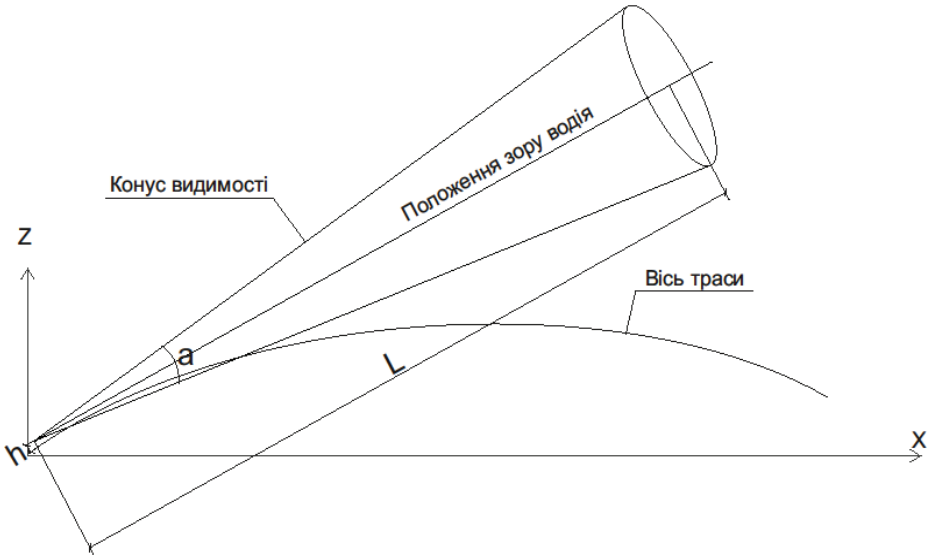


Рисунок 2 - Конус видимості на випуклій кривій:
L – відстань видимості, залежно від швидкості руху та погодних умов та часу доби;
h – положення лінії зору водія над поверхнею дороги, h=1,2м;
α – кут розподілу концентрованого зору водія, залежить від часу доби

Рівняння площини, яка проходить через точку В ($x_2\ y_2 z_2$) та перпендикулярна вектору, що співпадає з напрямком осі конуса АВ, тобто перпендикулярна площині

$$(x_2 - x_1)(x - x_2) + (y_2 - y_1)(y - y_2) + (z_2 - z_1)(z - z_2) = 0 \quad (1.2)$$

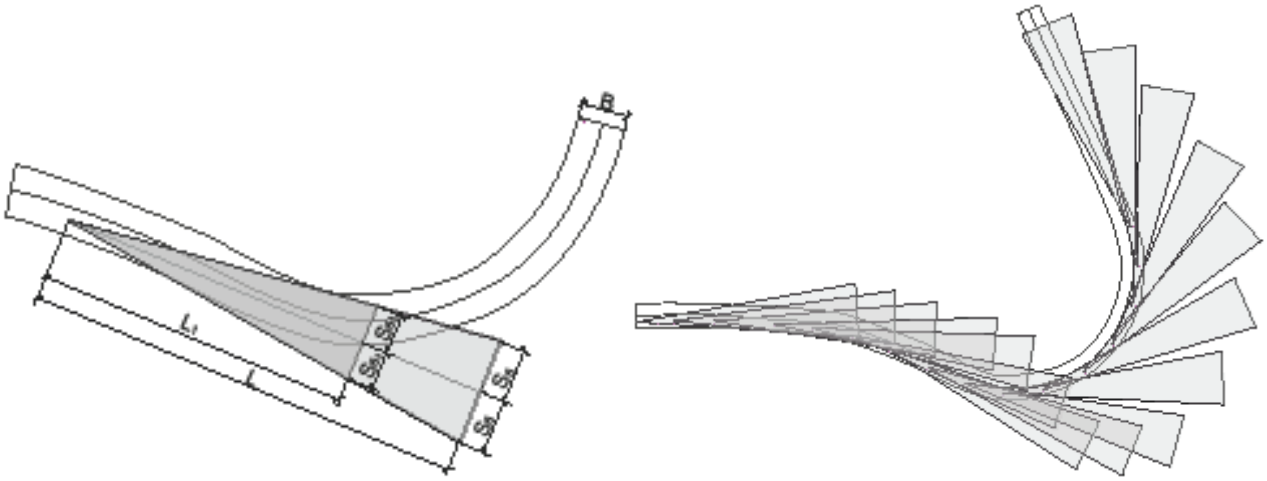


Рисунок 3 - Конус видимості на опуклій кривій:
L – відстань видимості, залежно від швидкості руху та погодних умов та часу доби;
L1 – відстань видимості зустрічного автомобіля в межах конуса;
Sб– бокова видимість; Sб1– бокова видимість; B – ширина траси

Отримуємо

$$\begin{cases} (x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2 = d^2\cdot tg^2 6^\circ \\ (x_2-x_1)(x-x_2)+(y_2-y_1)(y-y_2)+(z_2-z_1)(z-z_2)=0 \end{cases} \quad (1.3)$$

Вершина конуса знаходиться в точці А ($x_1\, y_1 z_1$). Утворююча конуса може бути записана в канонічному вигляді

$$\frac{x-x_1}{m}=\frac{y-y_1}{n}=\frac{z-z_1}{1} \quad (1.4)$$

Так як напрямок утворюючої залежить лише від співвідношень 3-х кутових коефіцієнтів m,nта e, то один із них (той, що не рівний нулю) можна вважати рівним 1. Таким чином, рівняння утворюючої конуса можна записати в такому вигляді:

$$\frac{x-x_1}{m}=\frac{y-y_1}{n}=\frac{z-z_1}{1} \quad (1.5)$$

Таким чином, конічна поверхня буде визначатися таким рівнянням:

$$\begin{cases} (x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2 = d^2\cdot tg^2 6^\circ \\ (x_2-x_1)(x-x_2)+(y_2-y_1)(y-y_2)+(z_2-z_1)(z-z_2)=0 \\ \frac{x-x_1}{m}=\frac{y-y_1}{n}=\frac{z-z_1}{1} \end{cases} \quad (1.6)$$

Цей конус встановлюється на рівні зору водія, де основа конуса знаходиться на максимальній відстані видимості для даної швидкості руху. Напрямок встановлення конуса визначається по просторовому вектору, який описується наступним чином: представимо трасу автомобільної дороги у вигляді годографа вектор-функції, який являє собою множину кінців векторів, що виходять з фіксованої точки у просторі і змінюються залежно від скалярного аргументу. За скалярний аргумент

приймаємо поширену у дорожній практиці – довжину горизонтального прокладання траси. Визначивши вектор-функцію, ми одержимо можливість її вивчати її властивості, а значить і властивості траси, за способами диференціальної геометрії [3].

ВИСНОВКИ

Результатом проведеної роботи є розробка методу для визначення просторової видимості. В роботі висвітлені основні принципи даного методу і описана методика визначення видимості.

Цей метод може використовуватися при проектуванні автомобільних доріг, аналізі умов безпечного руху автомобілів, а також при вирішенні необхідності часткової або повної реконструкції автомобільної дороги.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Визначення потенційно небезпечних ділянок доріг. СОУ . Державна служба автомобільних доріг України Укравтодор, Київ,2009.

2. ДБН В.2.3-4:2007Споруди транспорту. Автомобільні дороги, К.: Мінрегіонбуд України, 2007 – 87с.

3. Д.О. Павлюк, С.С. Кизима. Геометричні характеристики траси автомобільної дороги як просторової кривої : УДК 625.724.

REFERENCES

1.The definition of potentially dangerous road sections. JMA. State Road Service Ukravtodor Ukraine, Kyiv, 2009. (Ukr)

2.DBN V.2.3-4: 2007 Transport facilities. Highways, K .: Ministry of Regional Development of Ukraine 2007 - 87s.(Ukr)

3. D.O. Pavluk, S.S. Kizima. The geometrical characteristics of the track road as spatial curve.: UDC 625.724. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Савчук С.О. Визначення просторової видимості на автомобільних дорогах / С.О. Савчук // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті запропоновано підхід, щодо оцінки просторової видимості та удосконалення методів визначення видимості на автомобільних дорогах.

Об'єкт дослідження – автомобільна дорога.

Мета роботи –розробка методу для визначення просторової видимості на автомобільних дорогах.

Метод дослідження –графічний та аналітичній метод.

Одним із факторів забезпечення безпеки дорожнього руху є достатня видимість у плані, поздовжньому профілі та просторі. Метод «конуса», представлений в роботі, дає змогу оцінити просторову видимість. Метод слугує для вирішення задач пов’язаних з урахуванням на ділянці дороги одночасно поздовжніх похилів та горизонтальних кривих. Він може використовуватися при проектуванні автомобільних доріг, аналізі умов безпечного руху автомобілів, а також при вирішенні необхідності часткової або повної реконструкції автомобільної дороги.

Результати дослідження можуть бути упровадженні у проектних інститутах та експлуатаційних службах для визначення транспортно-експлуатаційного стану доріг і вирішення питань реконструкції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, ВИДИМІСТЬ В ПЛАНІ, ВИДИМІСТЬ В ПРОФІЛІ, БЕЗПЕЧНА ШВИДКІСТЬ РУХУ, ПРОСТОРОВА ВИДИМІСТЬ, «КОНУС» ВИДИМОСТІ.

ABSTRACT

Savchuk S.O. Determining spatial visibility on the roads. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection.– Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The paper proposes approachto assess spatial visibility and improving methods for determining the visibility on the roads.

Object of the study - motorway.

Purpose of the study - to develop a method for determining the spatial visibility on the roads.

Method of the study- graphical and analytical method.

One of the factors of road safety is sufficient visibility in alignment, longitudinal profile and space. The method of "cone", presented in this paper, makes it possible to estimate the spatial visibility. The method is used to solve problems related to consideration of both longitude inclinations and horizontal curves on a road section at the same time. It can be used in the design of roads, analysis of traffic safety conditions, as well as at deciding the necessity of partial or full reconstruction of the road.

Results of the study can be implementing in design institutes and operational services to determine the transport and operating condition of roads and reconstruction issues.

KEYWORDS: ROAD, VISIBILITY IN ALIGNMENT, VISIBILITY IN PROFILE, SAFE SPEED, SPATIALVISIBILITY, "CONE" OF VISIBILITY.

РЕФЕРАТ

Савчук С.А. Определение пространственной видимости на автомобильных дорогах // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье предложен метод, к оценке пространственной видимости и усовершенствовании методов определения видимости на автомобильных дорогах.

Объект исследования – автомобильная дорога.

Цель работы – разработка метода для определения пространственной видимости на автомобильных дорогах.

Метод исследования – графический и аналитический метод.

Одним из факторов обеспечения безопасности дорожного движения есть достаточная видимость в плане, продольном профиле и пространстве. Метод «конуса», представленный в работе, позволяет оценить пространственную видимость. Метод служит для решения задач связанных с учетом на участках дороги одновременно продольных уклонов и горизонтальных кривых. Он может использоваться при проектировании автомобильных дорог, анализе условий безопасного движения автомобилей, а также при решении необходимости частичной или полной реконструкции автомобильной дороги.

Результаты исследований могут быть внедрены в проектных институтах и эксплуатационных службах для определения транспортно-эксплуатационного состояния дорог и решения вопроса реконструкции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, ВИДИМОСТЬ В ПЛАНЕ, ВИДИМОСТЬ В ПРОФИЛЕ, БЕЗОПАСНАЯ СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВИДИМОСТЬ, «КОНУС» ВИДИМОСТИ.

АВТОРИ:

Савчук Світлана Олександрівна, аспірант кафедри проектування доріг, геодезії, картографії т землеустрою, Національний транспортний університет, e-mail: svetuk2009@ukr.net, тел. +380677182879, Україна , 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 01.

AUTHOR:

Savchuk Svitlana Oleksandrovna, graduate student of road design, surveying and land management, National Transport University, e-mail: svetuk2009@ukr.net, tel. +380677182879, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1,of. 01.

АВТОРЫ:

Савчук Светлана Александровна, аспирант кафедры проектирования дорог, геодезии, картографии та землеустройства, Национальный транспортный университет, e-mail: svetuk2009@ukr.net, тел. +380677182879, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 01.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Пальчик А.М., кандидат технічних наук, професор, Національний університет, професор кафедри проектування доріг, геодезії, картографії та землеустрою, Київ, Україна.

REVIEWER:

Palchik A.N., Ph.D., Engineering (Dr.), associate professor, National University, professor, department of road design, surveying and land management, Kyiv, Ukraine.

УДК 629.017
UDC 629.017

ВПЛИВ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Сахно В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Іванушко О.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS AND SYSTEMS MAINTENANCE AND REPAIR ON THE TECHNICAL STATE OF MOTOR VEHICLES

Sahno V.P., Ph.D., Engineering (Dr), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Ivanushko A.N., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Сахно В.П., д*октор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Иванушко А.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Автомобільний транспорт – забезпечує задоволення потреб населення та суспільного виробництва у перевезеннях пасажирів та вантажів. Згідно статистичної інформації Міністерства інфраструктури України, на даний час автомобільна транспортна система України налічує більше 9,2 млн. транспортних засобів з яких майже 1,3 млн. – вантажні автомобілі [1].

За рівнем пасажиро- і вантажоперевезень автомобільний транспорт посідає найперше місце в світі і в Україні, зокрема. На нього припадає до 80% [2] усіх перевезень, тому він відіграє ключову роль в економіці країни і суттєво впливає на певні галузі промисловості.

Собівартість перевезень (робіт, послуг) – це виражені у грошовій формі поточні витрати транспортних підприємств, безпосередньо пов’язані з підготовкою і здійсненням вантажоперевезень, а також виконанням робіт та послуг, які забезпечують перевезення (послуги з ремонту рухомого складу, послуги навантаження-розвантаження тощо) [3].

Витрати на підтримання в працездатному стані автотранспортного засобу (АТЗ) можуть значно перевищувати вартість самого АТЗ. Вони залежать від умов експлуатації, що є індивідуальними для кожної одиниці рухомого складу (РС) і носять випадковий характер.

Одним з важливих показників конкуренто-спроможності автомобіля, у відповідності до стандарту ISO 9000, є відношення витрат на забезпечення працездатності за весь строк експлуатації до витрат на виробництво [4]. Таким чином, витрати на експлуатацію, зокрема і на підтримання в працездатному стані АТЗ, прямопропорційно впливають на ефективність використання автомобільного транспортну.

За підтримання в працездатному стані АТЗ відповідає система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Незалежній Україні, у спадок від Радянського Союзу, дісталася планово-попереджувальна система ТО і Р АТЗ.

На даний час, офіційно в Україні діє «Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» 1998 р. («Положення – 98») [5], що передбачає систему планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Ця система, з метою попередження виникнення відмов, передбачає виконання ТО і поточний ремонт (ПР) по запланованому графіку і не враховує реальний технічний стан тих чи інших елементів конструкції АТЗ.

В такій ситуації виникає потреба у визначенні основних факторів, що впливають на технічний стан (ТС) АТЗ під час експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні фактори, що впливають на ТС АТЗ під час експлуатації можна умовно розділити на зовнішні і внутрішні. До зовнішніх факторів можна віднести умови експлуатації АТЗ, що можуть бути індивідуальним і не повторними для кожної одиниці РС складу. До внутрішніх – систему ТО і Р, яка визначає основні аспекти виробничої діяльності направленої на підтримання АТЗ у справному стані.

З метою забезпечення безпеки використання колісних транспортних засобів (КТЗ), в Україні діють «Правила експлуатації транспортних засобів», згідно яких встановлено, що нормальні умови експлуатації це:

- дорожньо-кліматичні умови центральної й північної зони України;
- дороги міст та міжміського сполучення I, II та III категорії конструкції за ДБН В.2.3–4–2007 та ДБН В.2.3–5–2001 й технічного стану за ДСТУ 3587-97;
- тип дорожнього покриття – асфальтобетон;
- співвідношення величин пробігу КТЗ у місті та пробігу поза містом становить 2:3;
- застосування, технічне обслуговування й ремонт КТЗ здійснюють за вимогами їхнього виробника й нормативних документів;
- інтенсивність експлуатації за місячним пробігом не менше: вантажних КТЗ (бортові, автомобілі-тягачі, причепи та напівпричепи) у внутрішньому сполученні – 3000 км/місяць, вантажних КТЗ (бортові, автомобілі-тягачі, причепи та напівпричепи) у міжнародному сполученні – 6300 км/місяць, вантажопасажирських КТЗ – 2700 км/місяць;
- щомісячний коефіцієнт використання вантажності КТЗ: $k_в = (0,5…0,7)$ – для вантажних автомобілів, причепів та напівпричепів, $k_в = (0,6…0,8)$ – для вантажопасажирських автомобілів, $k_в = (0,7…0,95)$ – для автомобілів-самоскидів;
- щомісячний коефіцієнт використання пробігу: $k_{пр} = (0,5...0,7)$ – для вантажних автомобілів, $k_{пр} = (0,4…0,48)$ – для автомобілів-самоскидів, $k_{пр} = (0,8…1,0)$ – для вантажопасажирських автомобілів;
- ступінь хімічного забруднення – I [6].

Питанню впливу умов експлуатації на зміну технічного стану АТЗ присвячені роботи Авдонькіна Ф.М., Говорущенка М.Я., Кузнєцова Є.С., Лисого О.В., Полянського О.С. Форнальчика Є.Ю., Хасанова Р.Х., Чабанного В.Я. та багатьох інших вчених. Кожен з них розглядає певні умови експлуатації і пояснює їхній вплив як на весь ТЗ так і на окремі його частини. При цьому, класифікація факторів умов експлуатації поки що до кінця не сформована і потребує уточнення.

В свою чергу, в залежності від умов експлуатації залежить періодичність ТО і Р, а також об’єм їх робіт. «Положення – 98» дає право авторемонтним і обслуговуючим підприємствам самостійно коректувати періоди проведення ТО і ПР, а також коректувати їхній обсяг робіт враховуючи дорожні, природно-кліматичні умови експлуатації та конструкційні особливості АТЗ. Подібне коректування, як правило, базується на досвіді ремонтно-експлуатаційного персоналу і не має наукового обґрунтування.

«Положення – 98», посилаючись на ГОСТ 21624-81 «Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности изделий» [7], що в свою чергу базується на ГОСТ 18322-78 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения» [8], визначає 5 категорій умов експлуатації, згідно яких необхідно коректувати нормативи періодичності та трудомісткості ТО і Р. Але дані нормативи не в повній мірі відображають весь спектр реальних умов експлуатації, в яких перебувають АТЗ і тому не є коректними.

Система ТО і Р, що передбачена в Україні «Положенням – 98», передбачає наступні технічні впливи:

- підготовку до продажу;
- технічне обслуговування в період обкатки;
- щоденне обслуговування (ЩО);
- перше технічне обслуговування (ТО-1);
- друге технічне обслуговування (ТО-2);
- сезонне технічне обслуговування;
- поточний ремонт (ПР);
- капітальний ремонт (КР);
- технічне обслуговування під час консервації ДТЗ;
- технічне обслуговування та ремонт ДТЗ на лінії [5].

«Положення – 98» також визначає, що:

- ТО повинні виконуватися у планово-обов'язковому порядку, включаючи визначений цим положенням та інструкціями виробників перелік обов'язкових робіт;

• ПР виконується за потребою, згідно з результатами діагностування технічного стану ДТЗ, або за наявності несправностей і призначений для забезпечення або відновлення його роботоздатності [4].

Згідно цієї системи визначається жорсткий графік виконання ТО, ПР та КР, які можуть виконуватися за графіком або за даними контрольно-діагностичних робіт (тобто за станом). Крім того, також діюча система ТО і Р не в повній мірі передбачає раціональні періоди проведення технічних впливів для сучасних АТЗ, особливо імпортних. В даному випадку «Положення – 98» передбачає застосування нормативів ТО і Р заводів-виробників. Але ці нормативи, особливо для АТЗ іноземного виробництва, не повністю відповідають умовам експлуатації, що склалися на території України, і тому не можуть, у повній мірі запобігти раптовим відмовам та забезпечити достатній рівень надійності.

При таких умовах організації існуючої системи ТО і Р виникають проблеми, пов’язані з нераціональним використання ресурсів як самих АТЗ і їх компонентів, так і на підтримання працездатного стану АТЗ, а це суттєво впливає на ефективність їхньої експлуатації.

Метою даної статті є дослідження впливу умов експлуатації та діючої системи ТО і Р на технічний стан АТЗ, що експлуатуються в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі аналізу матеріалів представлених в [9-15] було складено узагальнену схему умов експлуатації АТЗ (див. рис. 1).

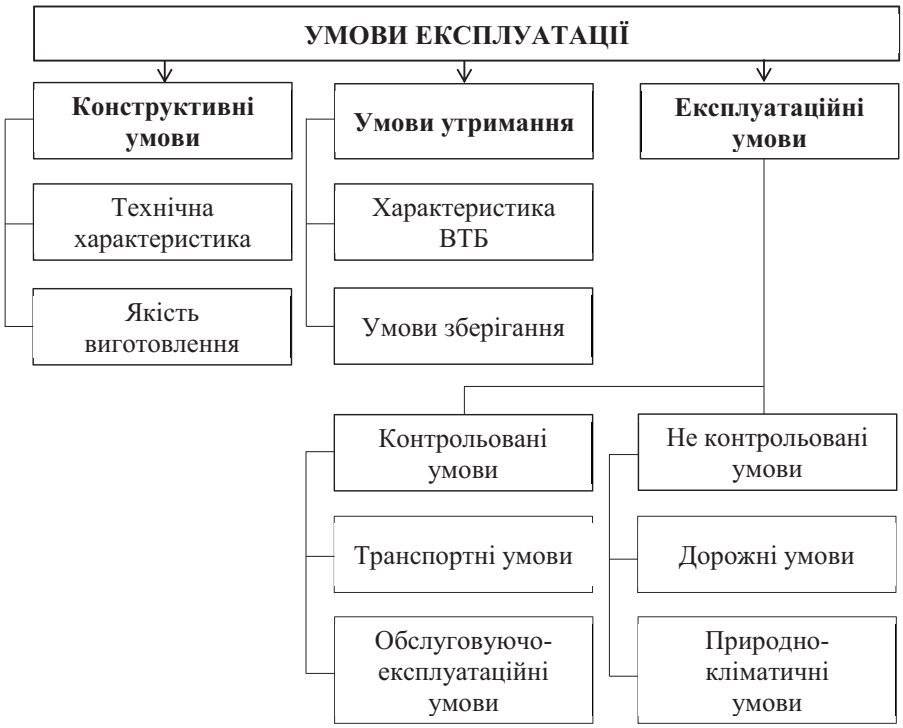


Рисунок 1 – Умови експлуатації, що впливають на ТС АТЗ

Згідно рис. 1 випливає, що до умов експлуатації відносяться:

конструктивні умови, що складаються з технічної характеристики АТЗ (тип, компонувальна схема, пристосованість до умов експлуатації) і його якість виготовлення;

умови утримання, що складаються з характеристики виробничо-технічної бази (ВТБ) експлуатаційно-обслуговуючого підприємства та умов зберігання (відкриті або закриті стоянки та ін.);

експлуатаційні умови, що складаються з контрольованих і не контрольованих. До контрольованих належать: транспортні умови (вид вантажу, довжина рейсу, швидкість та умови завантаження і розвантаження) та обслуговуючо-експлуатаційні умови (обрана система ТО і Р, кваліфікація обслуговуючо-експлуатаційного персоналу, якість виконання ТО і Р, якість використовуваних запасних частин (ЗЧ) і експлуатаційних матеріалів). До не контрольованих належать: дорожні умови (тип, стан і рельєф використовуваних доріг, режим руху, видимість дороги) та природо-кліматичні умови (тривалість періодів року, середня температура, тиск і вологість повітря, кількість опадів).

В свою чергу, автовиробники створюють нормативні приписи по виконанню технічних впливів для кожної моделі АТЗ. На основі цих приписів розроблюються сервісні книжки, а фірмові автосервісні підприємства організовують свою роботу для надання послуг з ТО і Р.

Проаналізувавши нормативну інформацію по виконанню ТО в сервісних книжках та на офіційних сайтах виробників або їхніх сервісних партнерів [16-20], були встановлені основні фактори, які враховують автовиробниками, для забезпечення відповідного рівня надійності своєї техніки. До цих факторів відносяться:

технічна категорія доріг – це залежність від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху, що впливає на режим руху і середню технічну швидкість;

рельєф місцевості характеризується перепадом висот і впливає на режим руху і середню технічну швидкість;

тип та стан дорожнього покриття впливає на режим руху, середню технічну швидкість і на амплітуду зміни динамічних навантажень, що діють на конструкцію автомобіля;

зона експлуатації (міська, приміська, заміська) впливає на режим руху і середню технічну швидкість;

середня технічна швидкість автомобіля залежить від умов експлуатації і зокрема впливає на залишковий ресурс двигуна і середній рівень витрати пального;

час перебування в роботі дозволяє врахувати період використання приводу відбору потужності і формує коефіцієнт використання робочого часу автомобіля; разом з середньою технічною швидкістю визначає довжину рейсу, що впливає на періодичності ТО;

якість пального характеризується місткістю сірки, яка впливає на швидкість спрацювання моторного мастила і знос певних деталей двигуна;

коефіцієнт використання вантажопідйомності загалом впливає на середній рівень витрати пального і на величину статичного і динамічного навантаження, що діють на конструкцію автомобіля та при їх збільшенні – зменшується ресурс автомобіля і виникає потреба у зменшенні періодичність виконання ТО;

Як об’єктивний показник умов експлуатації і кваліфікації водія є *середня витрата пального* на 100 км пробігу, що разом з показником якості пального впливає на швидкість спрацювання моторного мастила.

Для забезпечення достатнього рівня надійності та безвідмовності автомобілів, мінімізації витрат для підтримання їх в працездатному стані, а також для забезпечення максимальної ефективності їх використання виникає потреба в розробці системи ТО і Р, яка в повній мірі дозволить досягти поставлених цілей. Тут поняття «система» вбирає як сукупність фізичних елементів, так і відповідних дій (робіт та операцій), які виконуються за відповідними правилами (періодичністю) із конкретною метою [2]. ТО служить для підтримки технічно справного стану техніки, а ремонт – відновлення цього стану [15].

Схематично діюча система ТО і Р представлена на рис. 2. Дамо характеристику технічним впливам, що передбачені «Положенням – 98», до яких відносяться:

Технічне обслуговування під час консервації ДТЗ (або по іншому – при зберіганні) – технічне обслуговування при підготовці до зберігання, зберіганні, а також безпосередньо після його закінчення [8]. Порядок технічного обслуговування ДТЗ під час їх зберігання в законсервованому стані викладений у «Рекомендациях по обслуживанию автомобильного транспорта, находящегося на консервации, и технологии снятия его с хранения» [5].

Підготовка до продажу – комплекс операцій чи операція щодо виявлення та усунення усіх несправностей, які виникли в процесі транспортування і зберігання ДТЗ та підготовки їх до використання. Підготовка до продажу здійснюється торговельною організацією з метою введення ДТЗ в експлуатацію. Вона виконується на спеціалізованих пунктах чи підприємствах, які реалізують продукцію та здійснюють фірмове обслуговування. У разі відсутності сервісного обслуговування підготовку ДТЗ до експлуатації здійснює покупець [5].

Технічне обслуговування (ТО) – комплекс операцій чи операція щодо підтримки роботоздатності або справності виробу під час використання за призначенням, зберігання та транспортування [5]. У свою чергу ТО поділяється на:

- *Технічне обслуговування в період обкатки* (перелік та обсяг робіт технічного обслуговування в період обкатки ДТЗ встановлюється виробником і наводиться у сервісній документації);
- *Щоденне обслуговування* (проводиться після роботи з метою підготовки ДТЗ до подальшої експлуатації і передбачає: перевірку технічного стану; виконання робіт щодо підтримування

належного зовнішнього вигляду; заправлення експлуатаційними рідинами; усунення виявлених несправностей; санітарну обробку ДТЗ);

- *ТО-1* та *ТО-2* (рекомендується здійснювати згідно даних приведених в [5]. Якщо визначена періодичність обслуговування відрізняється від періодичності, визначеної документацією заводу-виробника, слід керуватися документацією заводу-виробника).

Сезонне технічне обслуговування – технічне обслуговування, яке виконується для підготовки виробу до використання в осінньо-зимових чи весняно-літніх умовах. Сезонне технічне обслуговування здійснюється двічі на рік (весною та восени) [5].

Ремонт – комплекс операцій щодо відновлення справності або роботоздатності виробів та відновлення ресурсів виробів чи їх складових частин [5]. Ремонт може бути – поточним і капітальним.

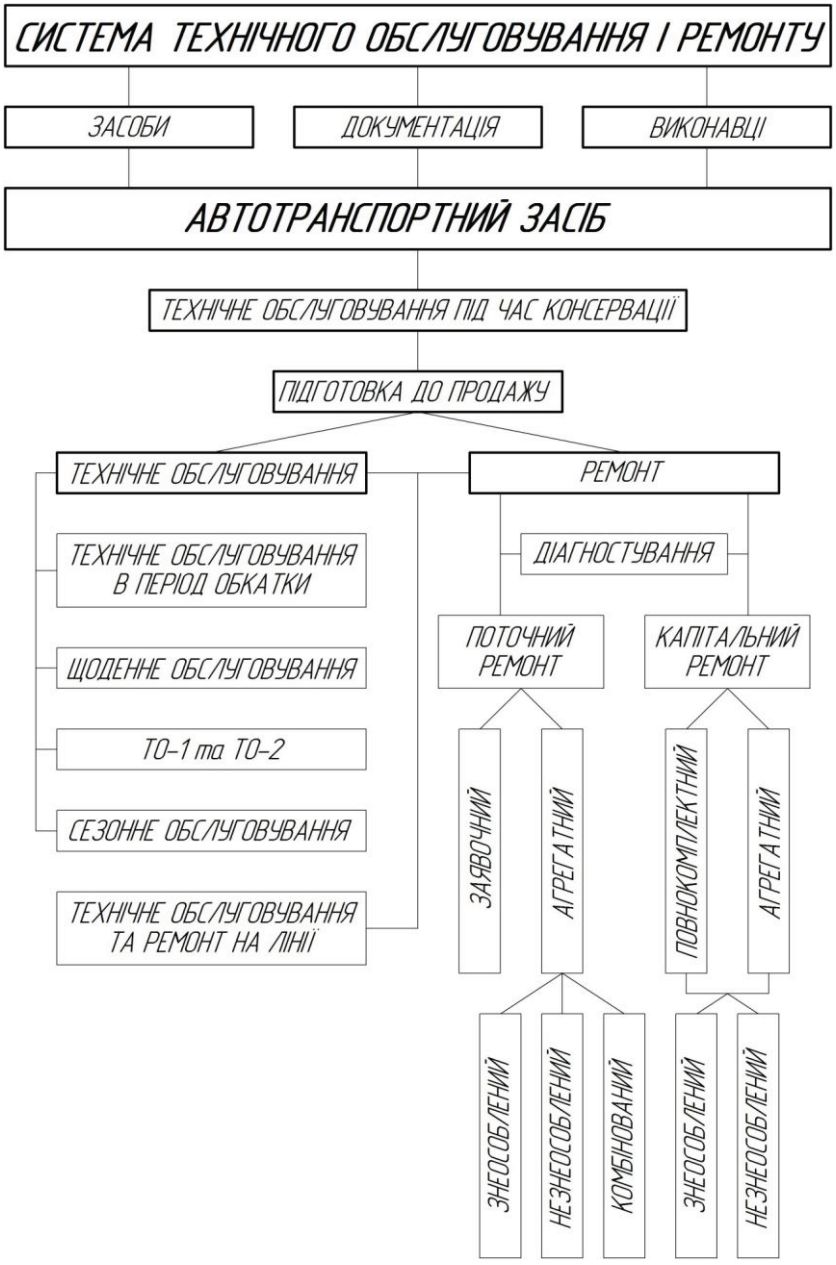


Рисунок 2 – Схема діючої в Україні системи ТО і Р

Поточний ремонт (ПР) – ремонт, який виконується для забезпечення або відновлення роботоздатності виробу і полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин (може виконуватись заявочно або за результатами діагностування агрегатним, знеособленим та іншими методами). Поточний ремонт виконується за потребою, згідно з результатами діагностування технічного стану ДТЗ, або за наявності несправностей і призначений для забезпечення або відновлення його роботоздатності [5]. Для реалізації ПР може застосовуватися два методи – знеособлений агрегатний і незнеособлений.

Знеособленість полягає у швидкій заміні несправного агрегату автомобіля, який ремонтують, справним новим чи заздалегідь відремонтованим з іншого автомобіля. Такий ПР зводиться лише до демонтажно-монтажних операцій. Незнеособленість не допускає таку заміну: автомобіль «очікує» на повернення з ремонту «свого» агрегату. Теоретично існує третій різновид ПР – комбінований Суть його полягає в тому, що для тимчасового швидкого відновлення працездатності АТЗ несправні агрегати заміняють «чужими» (знеособлений метод), оскільки на відновлення «своїх» потрібно тривалого часу через значну трудомісткість або ж відсутність запасних частин. Після того, як ці агрегати відновлені, вони встановлюються на «свій» АТЗ [2].

До поточного ремонту ДТЗ належать роботи, пов'язані з одночасною заміною не більше двох базових агрегатів (крім кузова і рами). Будь-який ремонт агрегатів належить до поточного ремонту ДТЗ [5].

Капітальний ремонт (КР) – ремонт, який виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь-яких частин, у тому числі базових. Капітальний ремонт виконується за потреби згідно з результатами діагностики технічного стану і призначений для продовження строку експлуатації ДТЗ. До капітального ремонту належать роботи, пов'язані із заміною кузова для автобусів та легкових автомобілів, рами для вантажних автомобілів або одночасною заміною не менш трьох базових агрегатів [5]. КР виконується повнокомплектно, або агрегатами знеособленим чи незнеособленим методом [2].

Технічне обслуговування та ремонт ДТЗ на лінії – передбачає виконання комплексу технологічних операцій ТО або ПР без зняття автомобіля з лінії, безпосередньо під час рейсу.

Висновок. Аналіз літературних джерел показує, що існуюча система підтримки працездатності АТЗ – це планово-попереджувальна система ТО і Р, передбачена можливість виконання технічних впливів за технічним станом окремих вузлів та агрегатів автомобіля. Дана система не раціонально використовує ресурси і не враховує особливості конструкцій автомобілів, що можуть мати бортові системи нагляду за технічним станом та діагностування, які в свою чергу, дозволяють своєчасно виявити або попередити появу несправностей або відмов.

Приведені фактори умов експлуатації є об’єктивними, оскільки вони найбільш тісно пов’язані з умовами експлуатації ТЗ, а отже мають найбільший вплив на ТС автомобіля. Тому необхідно аналізувати зміну ТС по основним вузлам і агрегатам конкретного автомобіля.

Перспективи подальшого дослідження. На теперішній час гостро постало питання в розробці нової або удосконаленні існуючої системи ТО і Р, що дозволить забезпечити необхідний рівень надійності та працездатності АТЗ при залученні сучасних засобів та заходів для мінімізації витрат. Як додаткова умова, може виступати потреба у гнучкій системі ТО і Р, що дозволить пристосувати її до будь-яких умов експлуатації, а також можливість її удосконалення або зміни в залежності від майбутніх потреб.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту // Міністерство інфраструктури України [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html?PrintVersion.

2. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мастикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навч. посіб / За загальною ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.

3. Собівартість вантажних автоперевезень // Клуб Баланс [Електронний ресурс]. Режим доступу: http: //balance.ua/files/products/.../biblioteka-balans.../pdf.

4. ДСТУ ISO 9000:2015 Системы управления качеством. Основные положения и словарь терминов (ISO 9000:2015, IDT). – [Діючий 01-07-2015].

5. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Міністерство транспорту України, 1998. – 16 с.

6. Правила експлуатації транспортних засобів. Міністерство інфраструктури України наказ № 550 від 26.07.13, ст.46.

7. ГОСТ 21624-81. Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности изделий. – [Действующий 01-01-1983]. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 15с.

8. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения [Текст]. – Введ. 15.11.1978. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 15 с.

9. Авдонькин Ф.Н. Текущий ремонт автомобилей. – М.: Транспорт, 1978. – 269 с.

10. Денисов И.В. Разработка методики управления техническим состоянием систем автомобиля, влияющих на безопасность движения / Дис... канд. техн. наук 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Денисов И.В.; Влад. гос. ун. им. А.Г. и Н.Г. Столетовых — Владимир, 2011. — 189 с.

11. Техническая эксплуатация автомобилей. Говорущенко Н.Я. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1984. – 312 с.

12. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.

13. Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с.

14. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.

15. Лисий О.В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільних поїздів шляхом управління їх технічним станом : Дис... канд. техн. наук: 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.В. Лисий; Харк. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва. ім. П. Василенка. — Х., 2016. — 177 с.

16. Карты проведения технического обслуживания, ТО-1000, ТО-1, ТО-2, СТО автомобилей КрАЗ 6х4. – АвтоКрАЗ, 2007 г. – 62 с.

17. Сервисная книжка КАМАЗ. Модели: 65115, 65116, 65117, 6540, 43253, 43255. / Акинин С.А., Нурмехамитов М. Н., Якунин В.Н. – Набережные Челны, 2010 г. – 79 с.

18. Руководство по эксплуатации автомобилей МАЗ // Официальный сайт Минского автомобильного завода [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://maz.by/ru/services/documentation/customer-info/manual-avto/.

19. Интервалы обслуживания при ТО // Интерсервис – официальный сервисный партнер DAF Trucks N.V. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.daf-tlt.ru/maintaplication.daf.

20. Предисловие к регламенту технического обслуживания. Серии P, G, R и T. // 00:16-01 Ru, Выпуск 35 – Scania CV AB 2015, Sweden – 57c.

REFERENCES

1. Statistical data on road transport. Ministry of Infrastructure of Ukraine [Electronic resource]. Access mode: http://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html?PrintVersion. (Ukr)

2. Fornalchyk E.Y., Oliskevych M.S., Mastykash O.L., Pegli R.A. Technical operation and reliability of cars: Teach. guidances. Lviv: Bill, 2004. 492 p. (Ukr)

3. The cost of road freight transport. Balance Club [Electronic resource]. Access mode: http: //balance.ua/files/products/.../biblioteka-balans.../pdf. (Ukr)

4. DSTU ISO 9000:2015. Quality management systems. Fundamentals and vocabulary (ISO 9000:2015, IDT). [Acting 01-07-2015]. (Ukr)

5. Regulations on maintenance and repair of road vehicles road transport. Kyiv: The Ministry of Transport of Ukraine, 1998. 16 p. (Ukr)

6. Regulation for vehicles. Ministry of Infrastructure of Ukraine decree number 550 of 07.26.13, art. 46. (Ukr)

7. GOST 21624-81 Maintenance and repair of motor vehicles system. To maintainability product requirements [Effective 01.01.1983]. Moscov: Publishing House of Standards, 1987.15 p. (Rus)

8. GOST 18322-78 Maintenance and repair of equipment. Definitions [text]. Enter. 11.15.1978. Moscov: Published standards, 1991. 15 p. (Rus)

9. Avdonkin F.N. Current repair of motor vehicles. Moscov: Transport, 1978. 269 p. (Rus)

10. Denisov I.V. Development of technical condition of the car's systems management practices affecting the traffic safety / Dis ... Cand. tehn. Sciences 05.22.10 «Operation of motor transport». Vladimir State University them. A.G. and N.G. Stoletovs. Vladimir, 2011. 189 p. (Rus)

11. Govorushchenko N.Y. Technical operation of the vehicle Kharkov: Vishcha school. Publishing house at Kharkov University, 1984. 312 p. (Rus)

12. E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov and other. Technical operation of automobiles: Textbook for universities. 4th ed., Rev. and complementary. Moscov: Nauka, 2001. 535 p. (Rus)

13. Hasanov A.D. Bases of technical operation of automobiles: Textbook. Orenburg: SEI OSU, 2003. 193 p. (Rus)

14. Repair of automobiles: Textbook. Ed. V.Y. Chabanniy. Kirovograd Kirovohrad regional printing house, 2007. 720 p. (Ukr)

15. Liciy A.V. Improving the efficiency of operation of motor trains by controlling their technical condition: Dis ... Cand. tehn. Sciences: 05.22.20 «Maintenance and repair of means of transport». Kharkov National technical Univercity Agriculture them. P. Vasilenko. Harkov. 2016. 177 p. (Ukr)

16. Maps of maintenance TO-1000 TO-1, TO-2, STO KrAZ 6x4 vehicles. AutoKrAZ, 2007. 62 p. (Rus)

17. Service book KAMAZ. Models: 65115, 65116, 65117, 6540, 43253, 43255. Akinin S.A., Nurmehamitov M.N., Yakunin V.N. Naberezhnye Chelny. 2010. 79 p. (Rus)

18. Operating Instructions MAZ. Official site of the Minsk Automobile Plant [Electron resource]. Access: http://maz.by/ru/services/documentation/customer-info/manual-avto/.

19. Service intervals for the OT. Interservice - DAF Trucks N.V. official service partner [Electron resource]. Access: http://www.daf-tlt.ru/maintaplication.daf. (Rus)

20. Preface to the maintenance regulations. Series P, G, R and T. 00:16-01 Ru, No 35 – Scania CV AB 2015, Sweden – 57c. (Rus)

РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Вплив умов експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту на технічний стан автотранспортних засобів / В.П. Сахно, О.М. Іванушко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті приведено аналіз умов експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту, що впливають на технічний стан автотранспортних засобів.

Об’єкт дослідження – умови експлуатації та офіційно діюча в Україні система технічного обслуговування і ремонту.

Мета роботи – дослідження впливу умов експлуатації та діючої системи технічного обслуговування і ремонту на технічний стан автотранспортних засобів, що експлуатуються в Україні.

Методи дослідження – аналітичний.

Існуюча система підтримки працездатності автотранспортних засобів – це планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту, в якій передбачена можливість виконання технічних впливів за технічним станом окремих вузлів та агрегатів автомобіля. Вона передбачає жорсткі терміни проведення технічного обслуговування і ремонту, при цьому не регламентує методів коректування періодичності та обсягів технічних впливів відносно умов експлуатації. Це право передано ремонтно-експлуатуючому персоналу автотранспортних засобів (на їх власний розсуд). Дана система не раціонально використовує ресурси і не враховує особливості конструкцій автомобілів, що можуть мати бортові системи нагляду за технічним станом та діагностування, що дозволяють своєчасно виявити або попередити появу несправностей або відмов.

Визначення факторів умов експлуатації є необхідним кроком для подальшого уточнення нормативів проведення технічного обслуговування і ремонту автомобілів, оскільки вони найбільш тісно пов’язані з реальними умовами експлуатації транспортних засобів, а отже мають найбільший вплив на їх технічний стан. Але в зв’язку з різними конструкційними умовами, умовами утримання та експлуатації може виникати широкий розподіл даних показників, тому необхідно аналізувати зміну технічного стану по основним вузлам і агрегатам конкретного автомобіля.

Прогнозовані припущення щодо розвитку об’єкта досліджень – на теперішній час гостро постало питання в розробці нової або удосконаленні існуючої системи ТО і Р, що дозволить забезпечити необхідний рівень надійності та працездатності АТЗ при залученні сучасних засобів та заходів для мінімізації витрат. Як додаткова умова, може виступати потреба у гнучкій системі ТО і Р, що дозволить пристосувати її до будь-яких умов експлуатації, а також можливість її удосконалення або зміни в залежності від майбутніх потреб.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕХНІЧНИЙ СТАН, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ.

ABSTRACT

Sahno V.P., Ivanushko A.N. Influence of operating conditions and systems maintenance and repair on the technical state of motor vehicles. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the article the analysis of conditions and system maintenance affecting the technical condition of vehicles.

The object of study – the operating conditions and officially operating in Ukraine the system of maintenance and repair.

Objective – study of the influence of operating conditions and operating system maintenance and repair on the technical condition of vehicles operating in Ukraine.

Research Methods – Analytical.

The current system of maintaining the health of vehicles – is scheduled preventative system maintenance and repair, which is able to perform the technical effects of the technical state of separate units and units of the car. It provides for strict time limits for maintenance and repairs, thus does not regulate methods of adjusting frequency and volumes of technical influences on the operation conditions. This right is transferred to repair and operating personnel vehicles (at their own discretion). This system does not efficiently use the resources and takes into account the design of the car, which may be on-board systems of supervision over the technical condition and diagnostics, allowing time to identify or prevent the occurrence of faults or failures.

Determining factors of the operating conditions is a necessary step for the further refinement of the technical standards of service and repair of cars, as they are most closely related to the actual operation of the vehicle, and hence have the greatest impact on their technical condition. But due to the different structural conditions, living conditions and exploitation can occur broad distribution of these indicators, so it is necessary to analyze the changes in the technical condition on the basic units and units of a particular vehicle.

Projected assumptions about the development of the research object - now there was a question in the development of new or improving existing systems maintenance and repair, will provide the required level of reliability and efficiency of exchanges in attracting modern means and measures in order to minimize costs. As an additional condition may be a need for a flexible systems maintenance and repair will allow it to adapt to any operating conditions, and the possibility of its improvement or change depending on future needs.

KEYWORDS: TECHNICAL STATE, OPERATING CONDITIONS, SYSTEM MAINTENANCE AND REPAIR.

РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Влияние условий эксплуатации та системы технического обслуживания и ремонта на техническое состояние транспортных средств / В.П. Сахно, А.Н. Иванушко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2017. — Вып. 1 (37).

В статье приведены анализ условий эксплуатации и системы технического обслуживания и ремонта, влияющие на техническое состояние автотранспортных средств.

Объект исследования – условия эксплуатации и официально действующая в Украине система технического обслуживания и ремонта.

Цель работы – исследование влияния условий эксплуатации и действующей системы технического обслуживания и ремонта на техническое состояние автотранспортных средств, эксплуатируемых в Украине.

Методы исследования – аналитический.

Существующая система поддержания работоспособности автотранспортных средств – это планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта, в которой предусмотрена возможность выполнения технических воздействий за техническим состоянием отдельных узлов и агрегатов автомобиля. Она предусматривает жесткие сроки проведения технического обслуживания и ремонта, при этом не регламентирует методов корректировки периодичности и объемов технических воздействий относительно условий эксплуатации. Это право передано ремонтно-эксплуатирующего персонала автотранспортных средств (на их собственное усмотрение). Данная система не рационально использует ресурсы и не учитывает особенности конструкций автомобилей, которые могут иметь бортовые системы надзора за техническим состоянием и диагностирования, позволяющие своевременно выявить или предупредить появление неисправностей или отказов.

Определение факторов условий эксплуатации является необходимым шагом для дальнейшего уточнения нормативов технического обслуживания и ремонта автомобилей, поскольку они наиболее тесно связаны с реальными условиями эксплуатации транспортных средств, а следовательно имеют наибольшее влияние на их техническое состояние. Но в связи с различными конструкционными условиями, условиями содержания и эксплуатации может возникать широкое распределение данных

показателей, поэтому необходимо анализировать изменение технического состояния по основным узлам и агрегатам конкретного автомобиля.

Прогнозируемые предположения относительно развития объекта исследований – в настоящее время остро встал вопрос в разработке новой или усовершенствовании существующей системы ТО и Р, позволит обеспечить необходимый уровень надежности и работоспособности АТС при привлечении современных средств и мер для минимизации затрат. Как дополнительное условие, может выступать потребность в гибкой системе ТО и Р, позволит приспособить ее к любым условиям эксплуатации, а также возможность ее усовершенствования или изменения в зависимости от будущих потребностей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА.

АВТОРИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», e-mail: sakhno@i.ua, тел.(044)280-42-52, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 301.

Іванушко Олександр Миколайович, асистент кафедри «Технічна експлуатація автомобілів та автосервіс», аспірант кафедри «Автомобілі», e-mail: ivanushko_o@ukr.net, тел.(044)280-56-21, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 410.

AUTHOR:

Sakhno Volodymyr P., Ph.D., Engineering (Dr), professor, National Transport University, professor, head of department of automobile, e-mail: sakhno@i.ua, tel. (044)280-42-52, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 301.

Ivanishko Oleksandr M., assistant department of technical operation of cars and service station, postgraduate, department of automobile, e-mail: ivanushko_o@ukr.net, tel.(044)280-56-21, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 410.

АВТОРЫ:

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», e-mail: sakhno@i.ua, тел. (044)280-42-52, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 301.

Иванушко Александр Николаевич, ассистент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис», аспирант кафедры «Автомобили», e-mail: ivanushko_o@ukr.net, тел.(044)280-56-21, Украина, 01010, м. Киев, ул. Суворова 1, к. 410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка», Київ, Україна.

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство», Вінниця, Україна.

REVIEWER:

Gutarevych Ju. F. Ph.D., Engineering (Dr), professor, National Transport University, Head of the Department of Motors and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.

Bilichenko V.V. Ph.D., Engineering (Dr), professor, Vinnytsia National Technical University, Head of the Department of Vehicles and Transport management, Vinnitsa, Ukraine.

УДК 629.4.018
UDC 629.4.018

ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Сахно В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Савостін-Косяк Д.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

WAYS OF VEHICLE TECHNICAL CONDITION MONITORING

Sakhno V.P., Doctor of Science in Technology, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Savostin-Kosiak D.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Сахно В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Савостин-Косяк Д.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Автомобільний транспорт – це частина транспортного комплексу, основною метою якої є задоволення попиту у вантажних та пасажирських перевезеннях.

Забезпечення роботоздатності рухомого складу (РС) та підтримання його в належному технічному стані при раціональних витратах всіх видів ресурсів, нормативних рівнях дорожньої та екологічної безпеки, дотримуючись визначених законодавством умов праці персоналу, є одним з основних завдань технічної експлуатації, як галузі практичної діяльності. У роботі [1] зазначено, що найбільш ефективним рівнем управління технічним станом автомобіля є система моніторингу.

Останнім часом спостерігається тенденція до збільшення кількості малих транспортних підприємств, які у своєму розпорядженні мають лише кілька одиниць РС. Такий розмір парку значною мірою ускладнює організацію контролю за технічним станом, оскільки на підприємствах такого типу економічно недоцільно або технічно неможливо організувати повний комплекс робіт по діагностуванню, технічному обслуговуванню та ремонту. Тому досить гостро стає проблема впровадження нових методів і засобів безперервного контролю (моніторингу) технічного стану автомобілів, які можуть забезпечити достатню інформативність та достовірність при економічній доступності форм контролю та відносно низькому рівні витрат на сам процес моніторингу.

Однією з найважливіших умов якісного моніторингу технічного стану транспортних засобів (ТЗ) є вибір найбільш раціональних способів збору та обробки інформації про поточні значення контрольованих параметрів автомобіля в цілому та окремих його елементів зокрема.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

На початку 1990-х р.р. для діагностування ТЗ почало використовуватись зовнішнє аналогове випробувальне устаткування – універсальні вимірювальні стенди, прилади, аналізатори двигунів тощо. У середині 1990-х р.р. одержали поширення системи електронного керування двигунами, трансмісіями, гальмівними системами; почали використовуватись датчики, з'єднані із вбудованими шинами даних, модулі керування двигуном (Engine Control Module – ECM); переносні зчитувачі кодів несправностей (помилок), що генеруються ECM; технічні настанови активно переводяться в цифрову форму. З кінця 1990-х р.р. на ТЗ одержали поширення модулі ECU (Electronic Control Unit – електронні системи керування ТЗ) із вбудованою електронною діагностичною системою, у тому числі з бездротовими каналами зв'язку для передачі інформації від датчиків. Експлуатаційні й діагностичні дані, а також дані про місце розташування ТЗ передаються через супутниковий або стільниковий зв'язок у центри керування парками ТЗ. Супутникові комунікації широко поширюються на транспорті, у будівництві й сільському господарстві. На початку 2000-х р.р. одержали поширення спеціальні обчислювальні платформи для забезпечення сервісу машин, які представляють собою комп’ютер із USB роз’ємами для приєднання шин даних автомобіля та інших діагностичних приладів та устаткування [2]. Дані платформи дозволяють накопичувати значні об’єми даних експлуатаційних параметрів ТЗ та на їх основі робити розрахункові прогнози щодо інтенсивності зміни технічного стан автомобіля та періодичності профілактичного обслуговування.

Швидкий розвиток комп’ютерної техніки та телекомунікаційних технологій дозволили перейти до створення дистанційних системи контролю технічного стану транспортних засобів. Відомі закордонні системи дозволяють здійснювати моніторинг, контроль і керування транспортними засобами, що пересуваються на всій території, де є мобільний зв’язок GPRS/GSM. Серед них CarinPhone (Латвия, Sanatels), Карьер (Російська Федерація, ООО «ВИСТ Групп»), NaviFleet (Латвия, Geospars), Caretrack (Швеція, Volvo Construction Equipment), Dynafleet (Швеція, Volvo Group), ruDi (Німеччина, Інститут транспортної техніки й логістики для гірничодобувної й металургійної промисловості при Технічному інституті у м. Аахен спільно з компанією Fritz Rensmann Maschinenfabrik (Дортмунд)) та ін. [2, 3].

Дані системи дуже складні, мають вузьку спеціалізацію і розроблялися для окремих марок транспортних засобів або для конкретних виробничих завдань (будівництво, сільське господарство, гірнича промисловість тощо.). Проте сучасні економічні тенденції вимагають від підприємств мобільності і ефективності. Крім того, в Україні більше 120000 перевізників, які мають від 1 до 10 одиниць рухомого складу (РС) і яким недоцільно організовувати власну технічну службу [4].

Вихід із ситуації, що склалася, вітчизняні вчені вбачають у застосуванні інформаційних технологій та інтеграції технічної експлуатації автомобілів зі структурою і процесами інтелектуальних транспортних систем ITS [3, 4, 5].

Робота цих систем базується на даних, отриманих із бортової системи самодіагностування (OBD), які обробляються на сервері розробників програмного забезпечення. Кожному клієнту надається доступ до персонального онлайн кабінету, де він має можливість відслідковувати основні параметри робочого процесу транспортного засобу та отримувати рекомендації щодо періодичності технічно обслуговування та необхідності ремонтних дій.

У зв’язку з цим широко ведуться дослідження щодо пошуку методів та математичних моделей моніторингу технічного стану окремих вузлів та агрегатів автомобіля на основі параметрів, які можна отримати із OBD [6, 7, 8].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Як показує аналіз останніх досліджень і публікацій, питанням моніторингу технічного стану транспортних засобів та способам його організації присвячена значна кількість наукових публікацій. Проте більшість з них носять описовий характер і розкривають або принципові підходи, використані в тому чи іншому способі, або їх функціональні можливості. Науковий підхід до комплексного вирішення проблеми моніторингових досліджень технічного стану ТЗ передбачає створення класифікації існуючих способів за певними спільними ознаками.

Мета: Визначити ключову класифікаційну ознаку та представити розроблену на її основі класифікаційну схему способів моніторингу технічного стану транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Під технічним станом автомобіля слід розуміти сукупність його властивостей, змінних в процесі виробництва та експлуатації, які на певний момент часу характеризуються ознаками, встановленими технічною документацією [9]. Іншими словами – це ступінь відповідності параметрів систем, механізмів, вузлів та агрегатів нормам, встановленим правилами технічної експлуатації.

Згідно [10], моніторинг технічного стану транспортного засобу (ТЗ) – це періодичне або неперервне спостереження за встановленим заздалегідь набором параметрів з метою відслідковування погіршення його технічного стану в процесі експлуатації. Згідно з цим визначенням, в якості ключової класифікаційної ознаки способів організації моніторингу технічного стану ТЗ було обрано періодичність контролю параметрів, а саме: періодичний контроль або безперервний контроль.

На сьогоднішній день існує ряд способів як періодичного, так і неперервного контролю параметрів функціонування ТЗ, а саме:

- за допомогою стаціонарних пристроїв;
- за допомогою спеціалізованих пристроїв;
- за допомогою тестових систем [11].

Перевірка технічного стану стаціонарним обладнанням представляє собою періодичний контроль значень визначеної кількості параметрів, який здійснюється багатофункціональними пристроями всебічного діагностування автомобіля, його окремих систем, вузлів та агрегатів. До таких пристроїв відносяться стенди та мотор-тестери, які дозволяють вимірювати значення параметрів безпосередньо на автомобілі шляхом їх підключення до відповідних систем.

Спеціалізованими пристроями контролю технічного стану ТЗ є діагностичні сканери – обладнання, призначене для діагностування електронних систем управління за допомогою

зчитування цифрової інформації з діагностичного роз'єму автомобіля. Зазвичай, сканер підключається до комп'ютера через послідовний порт для передачі даних або може бути виконаний у вигляді самостійного багатофункціонального пристрою, що є комбінацією мультиметра, осцилографа і мікрокомп'ютера, обладнаного дисплеєм, із заздалегідь встановленим спеціалізованим програмним забезпеченням для конкретної марки чи моделі рухомого складу.

Автосканер підключається до шини обміну даними (CAN, Controller Area Network) між блоками автомобіля, що дозволяє отримувати вичерпну інформацію про його стан, вимірювати характеристики, зчитувати дані з датчиків та дає змогу отримати комплексну оцінку технічного стану транспортного засобу. Проте серед ключових недоліків даного способу слід відзначити те, що для систем і вузлів, які не обладнанні датчиками, технічний стан визначається за непрямими параметрами, а в деяких випадках взагалі не може бути визначений в такий спосіб.

Тестові системи дозволяють зчитувати коди помилок і потоки даних в режимі реального часу і представляти їх у вигляді таблиць, графіків тощо. За допомогою таких систем проводять віртуальні тести: "вручну" змінюють один з параметрів і визначають його вплив на інші.

Тестові системи встановлюються на транспортний засіб додатково і включають в себе три основні елементи:

- інформаційний пристрій – дисплей, кишеньковий персональний комп’ютер (КПК), смартфон або планшет і т.д.;
- адаптер – програмований мікроконтролер зі встановленими протоколами зв'язку, який дозволяє з'єднати бортову систему самодіагностування з інформаційним пристроєм;
- система зв'язку – канал передачі інформації від адаптера до інформаційного пристрою, який може бути дротовим (COM (RS-232) чи USB.) або бездротовий (Bluetooth чи Wi-Fi) [11].

В більшості випадків такі тестові системи підключається до роз’єму бортової системи самодіагностування і зчитують інформацію з CAN шини, тому мають всі зазначені для діагностичних сканерів недоліки. Проте їхньою ключовою перевагою є те, що всі дані можна отримувати в реальному часі і оперативно реагувати на динаміку зміни контрольованих параметрів.

Можливість безперервного моніторингу параметрів технічного стану сучасних ТЗ в процесі експлуатації забезпечується функцією самодіагностики електронних систем управління робочими процесами вузлів і агрегатів. Такі системи оснащені рядом індикаторів, які виведені на панель приладів для інформування водія про можливі несправності та необхідність своєчасного проходження технічного обслуговування (ТО) [12].

Отримавши сигнал про відхилення значень контрольованих параметрів від нормативних, система самодіагностування класифікує несправність по номеру (коду помилки) і записує цей код в оперативну пам'ять, виконуючи коригуючі дії, що передбачені на цей випадок програмою управління [13].

У світовій автомобільній промисловості прийняті стандарти бортових систем моніторингу технічного стану ТЗ – OBD (On Board Diagnostic), що визначають особливості конструкції систем самодіагностування та протоколів, які вони виконують. Стандарт уніфікує порядок обміну даними між системою самодіагностування та обладнанням, систему позначення кодів несправностей та порядок роботи системи в цілому [14]. Проте, істотним недоліком стандарту OBD-II, не зважаючи на його стандартизацію, є наявність великої кількості різних протоколів зв'язку між контролером системи та інформаційними пристроями.

Ще одним способом безперервного спостереження за параметрами ТЗ є супутникові системи моніторингу. Вони дають можливість контролювати місцезнаходження, час, швидкість та напрям руху, пройдену відстань, факт відкриття дверей чи капоту та ін. [15].

Системи супутникового моніторингу складаються з трьох основних компонентів.

1. Модуль моніторингу – визначає координати та час за даними GPS супутників, приймає інформацію з датчиків ТЗ (штатних та додатково встановлених), формує пакети даних та передає їх на сервер через GPRS мережі.

2. Сервер моніторингу – приймає інформацію від модулів моніторингу, зберігає її в базі даних, передає інформацію диспетчеру за запитом.

3. Диспетчерське місце – спеціалізоване програмне забезпечення, що здійснює обробку та відображення отриманих із серверу даних, виводить на карту в режимі онлайн місцезнаходження ТЗ (модулю моніторингу), будує маршрути руху, формує та зберігає звіти тощо. [16].

Суттєвими превагами даного методу є можливість контролю умов експлуатації (маршрутів, швидкісних режимів, місцезнаходження і т. д.) та отримання інформації з різноманітних датчиків, як

штатних так і додатково встановлених (датчик витрати палива, акселерометр тощо.), оскільки, згідно з [4, 8] витрата палива є більш чутливим показником технічного стану ТЗ ніж пробіг.

На рис. 1 представлена класифікаційна схема способів моніторингу технічного стану транспортних засобів за способом організації.

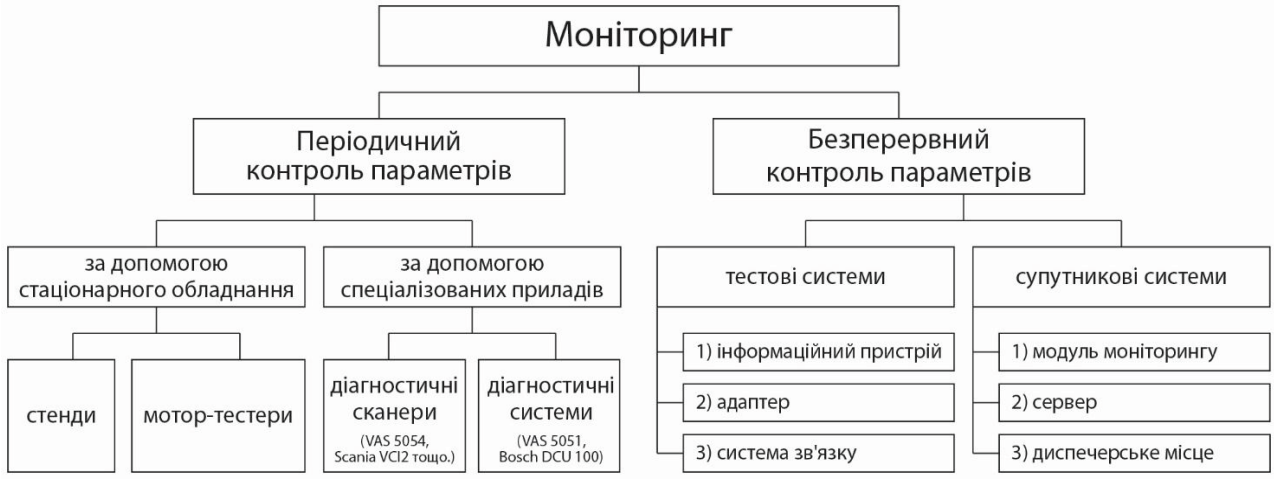


Рисунок 1 – Класифікаційна схема способів моніторингу технічного стану транспортних засобів за періодичністю контролю параметрів

Система моніторингу, яка базуватиметься на неперервному спостереженні та вимірюванні параметрів робочих процесів є найбільш ефективним способом управління технічним станом автомобіля. Такий підхід можливо реалізувати, використовуючи бортові систем діагностування (OBD). Вони дозволяють зчитувати достатньо велику кількість параметрів транспортного засобу в режимі реального часу і, при наявності GPRS/GSM підключення до мережі інтернет, одразу передавати їх на сервер для обробки.

Проте використання лише OBD в якості способу організації моніторингу має певні обмеження. Зокрема, показники витрати палива є розрахунковими (фіксується кількість повітря, яка проходить через впускний колектор і при заданому відношенні коефіцієнту надлишку повітря б=1 визначається необхідна кількість палива), що значною мірою знижує точність вимірювання та не враховує енергетичні втрати на подолання опорів в трансмісії, шасі, та під час руху у складних умовах експлуатації.

Висновки. Для досягнення максимально можливої точності безперервного контролю технічного стану автомобіля варто використовувати супутникові моніторингові системи, підключені до OBD та доповнені датчиками контролю витрати палива. Оскільки витрата палива є більш точним показником, який характеризує технічний стан транспортного засобу ніж пробіг, такий підхід дає можливість оперативно відслідковувати його погіршення. Доповнення цієї інформацію даними з бортової системи самодіагностування дозволяє, з достатньо високою точністю, визначити потенційні несправності та прийняти рішення щодо необхідності профілактичного обслуговування або ремонту.

Доцільність використання даного методу характеризується приростом ефективності експлуатації рухомого складу та визначається техніко-економічними розрахунками. Розробка системи критеріїв для оцінки ефективності експлуатації транспортних засобів, на основі яких буде можливим здійснювати техніко-економічний аналіз доцільності використання даного методу, є напрямком подальших досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Варфоломеев В.Н. Научные основы построения и реализации технологии поддержания автомобилей в работоспособном состоянии на базе диагностической информации: Дис ... докт. техн. наук. – Харьков, 1992. – 450 с.

2. Матейчик В.П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов, І.В. Грицук, А.П. Комов, Ю.В. Волков // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 13. С. 125-137.

3. Волков В.П. Особливості інформаційного обміну в процесі дистанційного моніторингу і прогнозування технічного стану транспортного засобу з системою прогріву в умовах ITS / В.П. Волков, Ю.В. Грицук // Вісник ХНТУСГ. 2015 р. – Вип. 160 – С. 232-243.

4. Волков В.П. Совершенствование методов и средств мониторинга работоспособности автомобилей / В.П. Волков, П.Б. Комов, И.В. Грицук, Ю.В. Волков // Вісник НТУ «ХПІ». 2014. – № 8 (1051) – С. 93-97.

5. Комов П.Б. Особенности транспортно-информационной системы «ХНАДУ ТЕСА» для дистанционного контроля и управления парком наземного транспорта и оборудования / Комов П.Б., Комов А.Б., Грицук И.В., Рыбалко Р.И. // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2014 – № 3, – С. 4-12.

6. Кукурудзяк Ю.Ю. Альтернативні методи моніторингу технічного стану автомобілів / Кукурудзяк Ю.Ю., Добровольський О.Л. // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2012. – №2 – С. 23-27.

7. Сергиенко Н.Е. Диагностика технического состояния подвески Автомобиля бортовым устройством / Н.Е. Сергиенко, Н.В. Мирошниченко // Вісник НТУ «ХПІ». 2012. – № 64 (970) – С. 75-80.

8. Кукурудзяк Ю.Ю. Система моніторингу технічного стану автомобільного двигуна // Вісник машинобудування та транспорту. 2015 – №2 – С. 49-53.

9. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мастикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: навчальний посібник / За загальною ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.

10.ГОСТ Р 27.606-2013 Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентирование на безотказность. Москва, 2014. 40 с.

11.Волков В.П. Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів: навчальний посібник / [В.П. Волков, В.П. Матейчик, М. Смешек та ін.; під заг. Ред. В.П. Волкова]; Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Донецьк: Вид-во «Ноулідж» (донецьке відділення), 2014. – 324 с.

12.Пестриков В.М. Особенности диагностики современных автотранспортных средств / В.М. Пестриков, В.Е. Евкарпиев // ТТПС. 2014. – №4 (30) – С. 14 – 19.

13.Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів [Текст]: навч. посіб. [для студентів автомоб.-дорож. вузів і ф-тів] / [В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов та ін.; за заг. ред. В.П. Волкова]; Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 387 с.

14.SAE J1939/13_201610 Off-Board Diagnostic Connector. SAE International, 2016. 17 p.

15.Кунафин А.Ф., Саматов Р.А. Совершенствование системы технического обслуживания автомобилей на основе использования спутниковых систем мониторинга // Никоновские чтения. 2011. – №16 – С. 384-385.

16.Матеріали сайту ГК СКАУТ // Офіційний сайт компанії «Скаут». URL: http://scout-gps.ru (дата звернення: 13.12.2016).

REFERENCES

1. Varfolomeev V.N. Nauchnyie osnovyi postroeniya i realizatsii tehnologii podderzhaniya avtomobiley v rabotosposobnom sostoyanii na baze diagnosticheskoy informatsii. Harkov, 1992. 450 p. (Rus)

2. Mateichyk V.P. Volkov V.P., Komov P.B., Hrytsuk I.V., Komov A.P., Volkov Iu.V. Osoblyvosti monitorynhu stanu transportnykh zasobiv u skladi bortovykh informatsiino-diahnostychnykh kompleksiv. Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka. Naukovyi zhurnal: v 2 ch. Ch. 1: Seriia: „Tekhnichni nauky”, issue 13, 2014, pp. 125-137. (Ukr)

3. Volkov V.P. Hrytsuk Iu.V. Osoblyvosti informatsiinoho obminu v protsesi dystantsiinoho monitorynhu i prohnozuvannia tekhnichnoho stanu transportnoho zasobu z systemoiu prohrivu v umovakh ITS. Visnyk KhNTUSH, issue 160, 2015, pp. 232-243. (Ukr)

4. Volkov V.P., Komov P.B., Hrytsuk Y.V., Volkov Iu.V. Sovershenstvovanie metodov i sredstv monitoringa rabotosposobnosti avtomobiley. Visnyk NTU «KhPI», issue 8 (1051), 2014, pp. 93-97. (Rus)

5. Komov P.B., Komov A.B., Hrytsuk Y.V., Rybalko R.Y. Osobennosti transportno-informatsionnoy sistemyi «KhNADU TESA» dlya distantsionnogo kontrolya i upravleniya parkom nazemnogo transporta i oborudovaniya. Visnyk Donetskoi akademii avtomobilnoho transportu, issue 3, 2014, pp. 4-12. (Rus)

6. Kukurudziak Iu.Iu., Dobrovolskyi O.L. Alternatyvni metody monitorynhu tekhnichnoho stanu avtomobiliv. Visnyk Donetskoi akademii avtomobilnoho transport, issue 2, 2012, pp. 23-27. (Ukr)

7. Serhyenko N.E., Myroshnychenko N.V. Diagnostika tehnicheskogo sostoyaniya podveski Avtomobilya bortovyim ustroystvom. Visnyk NTU «KhPI», issue 64 (970), 2012, pp. 75-80. (Rus)

8. Kukurudziak Iu. Iu. Systema monitoryngu tekhnichnoho stanu avtomobilnogo dvyguna. Visnyk mashynobuduvannia ta transportu, issue 2, 2015, pp. 49-53. (Ukr)

9. Fornalchyk Ie.Iu., Oliskevych M.S., Mastykash O.L., Pelo R.A. Tekhnichna ekspluatatsiia ta nadiinist avtomobiliv: navchalnyi posibnyk. Lviv. Afisha publ., 2004. 492 p. (Ukr)

10. GOST R 27.606-2013 Nadezhnost v tehnike. Upravlenie nadezhnostyu. Tehnicheskoe obsluzhivanie, orientirovanie na bezotkaznosterevoda. Moskow., 2014. 40 p. (Rus)

11. Volkov V.P. Informatsiini tekhnolohii v tekhnichnii ekspluatatsii avtomobiliv: navchalnyi posibnyk. Donetsk. Noulidzh Publ., 2014. 324 p. (Ukr)

12. Pestrikov V.M., Evkarpiev V.E. Osobennosti diagnostiki sovremennyih avtotransportnyih sredstv. TTPS, issue 4 (30), 2014, pp. 14-19. (Rus)

13. Volkov V.P., Mateichyk V.P., Komo P.B. Informatsiini tekhnolohii v tekhnichnii ekspluatatsii avtomobiliv. Kharkiv. KhNADU Publ., 2015. 384 p. (Ukr)

14. SAE J1939/13-201610 Off-Board Diagnostic Connector. SAE International, 2016. 17 p.

15. Kunafin A.F., Samatov R.A. Sovershenstvovanie sistemyi tehnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley na osnove ispolzovaniya sputnikovyih sistem monitoringa. Nikonovskie chteniya, issue 16, 2011, pp. 384-385. (Rus)

16. Materiali saytu GK SKAU [Electronic resource]. Avaliable at URL: http://scout-gps.ru – Title from Screen. (Rus)

РЕФЕРАТ

Сахно В. П. Форми організації моніторингу технічного стану транспортних засобів / В. П. Сахно, Д. О. Савостін-Косяк // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті розглянуті сучасні тенденції щодо питань забезпечення ефективності експлуатації автомобільного транспорту та необхідності переходу до безперервного контролю технічного стану транспортних засобів.

Об’єктом дослідження є процес моніторингу технічного стану транспортних засобів.

Метою статті є аналіз способів організації моніторингу технічного стану транспортних засобів та визначення потенційних можливостей використання тих чи інших його форм для підвищення ефективності експлуатації автомобілів.

Методи дослідження – інформаційно-аналітичні.

За періодичністю контролю параметрів технічного стану транспортних засобів способи моніторингу технічного стану можна розділити на дві групи: з періодичним контролем та безперервним контролем.

Періодичний контроль параметрів здійснюється, як правило, в умовах виробничо технічної бази за допомогою стаціонарного або спеціалізованого обладнання.

Швидкий розвиток інформаційних систем та телекомунікаційних мереж дозволив організувати безперервний контроль параметрів технічного стану під час експлуатації транспортних засобів. Такий підхід реалізується за допомогою тестових систем, які в режимі реального часу можуть демонструвати параметри роботи автомобіля і, через мережу інтернет, передавати їх на сервер для обробки, або через більш складні супутникові системи моніторингу, які дають змогу відслідковувати маршрут і переміщення рухомого складу в режимі реального часу, а також можуть бути дообладнані додатковими датчиками (наприклад, рівня палива) для більш точного визначення технічного стану.

За результатами аналізу було визначено способи моніторингу технічного стану транспортних засобів за періодичністю контролюючих дій, представлено методи його проведення, розглянуто принципові схеми організації найбільш популярних моніторингових систем.

Розроблено класифікаційну схему форм моніторингу технічного стану транспортних засобів за способом організації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, БЕЗПЕРЕРВНИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ФОРМИ МОНІТОРИНГУ.

ABSTRACT

Sakhno V. P., Savostin-Kosiak D. O. Ways of vehicle technical condition monitoring. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The current trends at ensuring of road transport operational efficiency and necessity of moving to vehicle’s technical condition monitoring are viewed at the article.

The process of vehicle’s technical condition monitoring is an object of research.

The aim of the article is to analyze ways of vehicle’s technical condition monitoring and to determine the potential ability of using the monitoring forms to improve the efficiency of vehicle operation.

Informational and analytical methods were used.

According to the frequency of parameters control ways of vehicle’s technical condition monitoring can be divided into two groups: with periodical control and with continuous control.

The periodical control of technical condition parameters usually is made by the stationary or specialized equipment at the vehicle service facilities.

Continuous control of vehicle’s technical condition parameters became possible by the fast development of information systems and telecommunications networks. This approach is implemented by using test systems, which can display the parameters of vehicle technical condition in real time and send them to server for processing, or by satellite monitoring systems, which give the possibility of vehicle tracking and more accurate determination of technical condition.

Based on analysis results ways of vehicle’s technical condition monitoring depending on the frequency of regulatory actions were determined, the methods of monitoring were presented, the most popular monitoring system’s concepts were considered.

The classification scheme of vehicle's technical condition monitoring forms depending on the way of organizing was developed.

KEY WORDS: MONITORING OF VEHICLES TECHNICAL CONDITION, CEASELESSLY MONITORING OF TECHNICAL CONDITION PARAMETERS, FORMS OF MONITORING.

РЕФЕРАТ

Сахно В. П. Формы организации мониторинга технического состояния транспортных средств / В. П. Сахно, Д.А. Савостин-Косяк // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены современные тенденции в вопросах обеспечения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта и необходимости перехода к непрерывному контролю технического состояния транспортных средств.

Объектом исследования является процесс мониторинга технического состояния транспортных средств.

Целью статьи является анализ способов организации мониторинга технического состояния транспортных средств и определения потенциальных возможностей использования тех или иных его форм для повышения эффективности эксплуатации автомобилей.

Методы исследования – информационно-аналитические.

По периодичности контроля параметров технического состояния транспортных средств способы мониторинга можно разделить на две группы: с периодическим контролем и непрерывным контролем. Определяющим при этом является применяемые оборудование и технологии.

Периодический контроль параметров осуществляется, как правило, в условиях производственно-технической базы с помощью стационарного или специализированного оборудования.

Быстрое развитие информационных систем и телекоммуникационных сетей позволило организовать непрерывный контроль параметров технического состояния во время эксплуатации транспортных средств. Такой подход реализуется с помощью тестовых систем, которые в режиме реального времени могут демонстрировать параметры работы автомобиля и, через сеть интернет, передавать их на сервер для обработки, или через более сложные спутниковые системы мониторинга, позволяющие отслеживать маршрут и перемещения подвижного состава в режиме реального времени, а также могут быть дооборудованы дополнительными датчиками (например, уровня топлива) для более точного определения технического состояния.

По результатам анализа были определены способы мониторинга технического состояния транспортных средств по периодичности контролирующих действий, представлены методы его

проведения, рассмотрены принципиальные схемы организации наиболее популярных мониторинговых систем.

Разработана классификационная схема форм мониторинга технического состояния транспортных средств по способу организации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, БЕЗПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ, ФОРМЫ МОНИТОРИНГА.

АВТОРИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», e-mail: sakhno@i.ua, тел.(044)280-42-52, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 301.

Савостін-Косяк Данило Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Технічна експлуатація автомобілів та автосервіс», e-mail: daniel_s@ukr.net, тел. (044)2805621, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 406.

AUTHORS:

Sakhno Volodymyr P., Ph.D., Engineering (Dr), professor, National Transport University, professor, head of department of automobile, e-mail: sakhno@i.ua, tel. (044)280-42-52, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 301.

Savostin-Kosiak Danylo O., National Transport University, assistant lecturer of the Department of Technical operation of cars and car services, e-mail: daniel_s@ukr.net, tel. (044)2805621, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 406.

АВТОРЫ:

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», e-mail: sakhno@i.ua, тел. (044) 280-42-52, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 301.

Савостин-Косяк Данил Александрович, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис», e-mail: daniel_s@ukr.net, тел. (044)2805621, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 406.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінниця, України.

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWER:

Bilichenko V.V. Ph.D., Engineering (Dr), professor, Vinnytsia National Technical University, Head of the Department of vehicles and transport management, Vinnitsa, Ukraine/

Levkivskyi O.P, Ph.D., Engineering (Dr), professor, National Transport University, Head of the Department of Manufacturing, Repair and Materials Engineering, Kyiv, Ukraine.

УДК 65.658
UDC 65.658

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Сохань В.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

METHOD OF OPERATIVE MANAGEMENT IN ROAD CONSTRUCTION

Sokhan V.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сохань В.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ.

Метод освоєного обсягу (Earned Value Management) – це зручна та корисна функція для відстеження й оцінювання бюджетних процесів. Незважаючи на безліч складних акронімів (наприклад, AC, TPI, EV тощо), цей метод не надто складний. EVM допоможе відповісти на таке запитання: «Скільки грошей ми мали витратити на об’єм роботи, уже виконаної в цьому проекті?». Це приводить до інших запитань на кшталт «Чи встигнемо ми вчасно завершити проект?».

Постановка проблеми.

Високий ступінь невизначеності і пов’язаний з цим ризик, який супроводжує реалізацію проектів, у тому числі у сфері будівництва доріг, вимагають розробки відповідних компенсаційних заходів, що спрямовані на зменшення проектного ризику.

Мета дослідження.

В статті розглянуто метод оперативного управління в дорожньому будівництві.

Результати дослідження.

Інвестиційний проект, а також процес його реалізації і здійснення є складною системою, в якій сам проект виступає як керована підсистема, а керуючою підсистемою є управління проектом. Відмінності між плановими і поточними показниками реалізації проекту є найважливішими характеристиками, на підставі яких приймаються рішення з оперативного управління.

Точки контролю проекту повинні включати моніторинг вартісних показників реалізації проекту з метою виявлення відхилень від бюджету, запобігання раніше запланованих помилкових рішень, інформування всіх зацікавлених осіб про хід виконання проекту.

У практиці контролю вартості проекту найчастіше використовується традиційний метод, що включає такі поняття:

– плановий обсяг (планова вартість запланованих робіт, Budget Cost of Work Scheduled, BCWS, Planned Value, PV) – бюджетна вартість роботи, яка згідно розкладу повинна бути виконана до певного терміну;

– фактична вартість (фактична вартість виконаних робіт, Actual Cost of Work Performed, ACWP, Actual Cost, AC) – загальна вартість виконання роботи в результаті планової операції протягом певного періоду часу.

Основний недолік цього методу в тому, що він не враховує, які роботи були фактично виконані за рахунок витрачених коштів.

Інакше кажучи, він не оперує часом або графіком виконання робіт. Розбіжність за витратами при традиційному методі розраховується як різниця між фактичними і плановими витратами.

Найбільш прийнятним при контролі вартості проекту є метод освоєного обсягу, що дозволяє отримати об’єктивну картину реалізації проекту. Цей метод передбачає розрахунок ще одного параметра – освоєного обсягу.

Освоєний обсяг (планова вартість виконаних робіт, Budget Cost of Work Performed, BCWP, Earned Value, EV) – це обсяг виконаної роботи в показниках затвердженого бюджету, виділеного для даної роботи в рамках операції або елемента ієрархічної структури робіт [4].

Метод освоєного обсягу враховує фактор часу, дозволяє визначити як реальне відхилення за витратами, так і відставання за графіком виконання робіт. Відхилення за витратами – CV (Cost Variance) (перевитрата грошових коштів) являє собою величину, отриману як різниця фактичної і планової вартості виконаних робіт, CV = ACWP – BCWP.

Відхилення від графіка – SV (Schedule Variance) визначається різницею між плановою вартістю робіт за графіком і плановою вартістю виконаних робіт, SV = BCWS – BCWP.

Індекс виконання бюджету – CPI (Cost Performance Index) показує ставлення освоєного обсягу до фактичних витрат, CPI = BCWP / ACWP. Індекс виконання розкладу – SPI (Schedule Performance Index) показує відношення освоєного обсягу до бюджетних витрат, SPI = BCWP / BCSW.

Узагальнюючим показником поточного стану проекту є критичний коефіцієнт (Critical Ratio, CR), що дорівнює добутку індексу виконання термінів та індексу виконання вартості: CR = CPI x SPI. Якщо критичний коефіцієнт перевищує одиницю, тобто CR > 1, то статус проекту слід визнати задовільним, і незадовільним, якщо має місце зворотна нерівність: CR < 1.

Планова (бюджетна) вартість проекту BAC (Budget At Completion) дорівнює кумулятивному значенням бюджетних витрат BCWS.

На основі прогнозної (EAC) і планової (BAC) вартості визначають показник прогнозного відхилення вартості проекту (Variance at Completion – VAC): VAC = EAC – BAC.

Аналіз теорії і практики застосування методики освоєного обсягу дозволяє констатувати, що цей метод є ефективним для оперативного управління проектом. Проте, застосування цього методу та інтерпретація його результатів викликає ряд питань.

Ключовим моментом методу є правильне визначення освоєного обсягу за окремими операціями проекту. На практиці застосовують такі підходи [1,3]: метод зважених точок, метод фіксованої формули, метод відсотка виконання, метод еквівалентних одиниць, метод стандартів, комбінація методів характерних точок і відсотка виконання. Можливе використання комбінації всіх перерахованих вище методів.

При цьому менеджмент проекту повинен мати можливість отримати чітку відповідь на питання про обґрунтованість тієї чи іншої оцінки.

Розглянемо приклад: уявімо, що суть нашого проекту полягає в тому, щоб звести монолітний фундамент. Припустимо, що всі чотири сторони фундаменту однакові і бюджет кожної з них – 200$, і на будівництво потрібен один день. Таким чином, ми повинні закінчити проект через чотири дні, його вартість складе 800$, табл. 1.

Таблиця 1 – Опорний план проекту

Робота	BCWS	Календар			
		1 день	2 день	3 день	4 день
1 сторона	200$	200$	-	-	-
2 сторона	200$	-	200$	-	-
3 сторона	200$	-	-	200$	-
4 сторона	200$	-	-	-	200$
Загальна BCWS		200$	200$	200$	200$
Кумулятивна BCWS		200$	400$	600$	800$

Станом на третій день відома така інформація про проект:

День 1: Перша сторона завершена, і витрачений бюджет склав 200$.

День 2: Сторона друга розпочата, але фундамент довелося робити глибше, ніж очікувалося, і використовувати більше матеріалів. Таким чином, сторона не до кінця зведена, і ми витратили 120$.

День 3: Сторона друга закінчена – витратили ще 100$, і тільки половина третьої сторони зведена, але погодні умови змусили припинити роботу, при цьому у цей день витратили 140$ через збільшення глибини фундаменту.

У даному прикладі ми можемо оперувати не тільки вартісними, а й фізичними обсягами, що дозволяє по незавершеній роботі точно оцінити освоєний обсяг. Так як третя сторона у фізичному еквіваленті була зведена на 50%, то освоєний обсяг по цій роботі склав 100$ (50% від кошторису). Ми зробили 2,5 з чотирьох сторін фундаменту, що становить 62,5% (2,5 / 4 x 100 = 62,5) від всього проекту. При цьому витратили: 560$ = 200$ + 220$ + 140$, що становить 70% від усього бюджету (800$). Отже, витративши 70% бюджету і виконавши 62,5% робіт, закладених до бюджету, ми витрачаємо швидше, ніж передбачалося.

Завершивши лише 2,5 замість трьох сторін до кінця третього дня, ми отримуємо 2,5 / 3 = 0,83 – індекс виконання термінів (SPI), який можна обчислити і через вартісні показники (500$ / 600$ = 0,83). Аналогічно витративши 560$ і при цьому освоївши 500$, явно гірше нашого вихідного плану – індекс виконання бюджету (CPI) складе 0,89 (500$ / 560$). Критичний коефіцієнт (CR) дорівнює:

0,89 х 0,83 = 0,74 тобто статус проекту слід визнати незадовільним. При таких темпах проект коштуватиме замість 800$ від (оптимістичний варіант): 560$ + (800$ – 500$) / 0,89 = 897$ до (песимістичний варіант): 560$ + (800$ – 500$) / 0,74 = 971$.

Як ми бачимо на розглянутому прикладі, теорія освоєного обсягу працює ідеально. Складнощі виникають, коли доводиться після контрольної точки переглядати не тільки вартість, але і тривалість операцій, які залишилися. Відхилення по вартості від базового плану відбулося через збільшення вартості другої та третьої сторони. При цьому якби вартість робіт не змінювалася, то коефіцієнт CV був нульовий, а CB дорівнює 100. Зазначені показники дадуть невірний результат, якщо в проекті виникнуть оплачені роботи, не включені в опорний, базовий план.

Використання показників відхилення від графіка (SV) та індексу виконання розкладу (SPI) засновано не на тимчасових показниках, а на вартісних показниках обсягів робіт. Якщо проект відхиляється від плану, як у нашому прикладі на один день, у момент фактичного завершення плановий обсяг буде дорівнювати фактичному, і показники виконання розкладу будуть знаходитися в нормі: SV = 0 і SPI = 1, так як BCWP = BCWS. Дане протиріччя можна виключити, розглядаючи замість вартісних характеристик розкладу тимчасові: плановий час (Planning Time – PT) і витрачений час (Elapsed Time – ET). Тоді SV = PT – ET і SPI = PT / ET.

Використовуючи індекс виконання розкладу можна розрахувати прогнозну тривалість проекту (за умови, що поточні тенденції збережуться і в майбутньому): EACT = (BAC / SPI) (BAC / T), де T – первісна тривалість проекту.

Для нашого проекту переглянута тривалість проекту становитиме: (800$ / 0,83) / (800$ / 4) = 4,82 дня. Важливо відзначити, що в SV немає інформації про критичний шлях. Графік відхилення від запланованих термінів робіт показує зміни в русі фінансових потоків, а не в часі.

Єдиний точний метод, що дозволяє визначити справжній час ходу робіт над проектом – це порівняння фактичних строків проекту з мережевою моделлю. Проте показник SV дуже корисний для визначення, в якому напрямку йде вся робота над проектом. У критичному коефіцієнті (CR) використовується кумулятивний принцип впливу відхилення від розкладу SPI і бюджету CPI. Однак даний коефіцієнт не дозволяє врахувати пріоритети конкретного проекту в рамках заданих обмежень за вартістю, часу і якістю. Межею ефективності проекту є значення CR = 1. Важливо зрозуміти чи є негативним положення проекту, коли випередження графіка відбулося за рахунок перевитрати кошторису або відставання від графіка компенсується «економією» кошторису. Крім того вкрай значущим є оцінка того, наскільки критично відхилення від межі ефективності на ту чи іншу величину. Очевидно, що значення CR = 1,07 свідчить про те, що чутливість до зміни параметрів виконання бюджету та розкладу вкрай мала і проект знаходиться в зоні ризику. Одночасно, якщо значення CV, SV і CR в результаті їх аналізу по декількох точках перевищують значення 1,2 – 1,5, то це може вказувати не на досягнення в управлінні проектом, а на помилки при плануванні.

Недолік методу відсотка виконання полягає в наявності так званого «синдрому 90%» [2] – виконавці повідомляють, що операція (етап) «майже» завершена, в той час як до фактичного завершення ще дуже далеко (як у сенсі часу, так і в сенсі необхідних ресурсів). Припустимо, що у менеджера не було можливості визначити обсяг освоєння за фізичними параметрами і він оцінив його в обсязі 90% тобто 180$. Результуючими показниками проекту на третій день будуть: SPI = 0,97; CPI = 1,04; статус проекту задовільний (CR = 1), хоча спостерігається відставання від графіка.

Висновки.

Періодично необхідно перераховувати вартість проекту, ґрунтуючись на порівнянні ходу його виконання з вихідним планом.

На підставі порівняння результатів виконання проекту з планом, керівник проекту може точніше оцінити загальний обсяг фінансування, необхідний для завершення тієї чи іншої роботи або проекту в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Разу М.Л. и др. Управление проектами. Основы проектного управления / М.Л. Разу. - М.: КНОРУС, 2006.

2. Cooper K.G. The Rework Cycle: Benchmarks for the Project Manager / K.G. Cooper // International Journal of Project Management. 1993. Vol. 24. № 1. p. 17 - 22.

3. Fleming Q.W., Hoppelman J.M. Earned Value Project Management / Q.W. Fleming, J.M. Hoppelman. PMI, 1996. - 141 p.

4. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 4th Edition, - PMI, 2008.

REFERENCES

1. Razu M.L. and others. Projects Management. Basics of Project Management / M.L. Razu. - M.: KNORUS, 2006. (Rus)

2. Cooper K.G. The Rework Cycle: Benchmarks for the Project Manager / K.G. Cooper // International Journal of Project Management. 1993. Vol. 24. № 1. p. 17 - 22. (Eng)

3. Fleming Q.W., Hoppelman J.M. Earned Value Project Management / Q.W. Fleming, J.M. Hoppelman. PMI, 1996. - 141 p. (Eng)

4. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 4th Edition, - PMI, 2008. (Eng)

РЕФЕРАТ

Сохань В.В. Метод оперативного управління в дорожньому будівництві / В.В. Сохань // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті розглянуто метод оперативного управління в дорожньому будівництві.

Об’єкт дослідження – метод оперативного управління в дорожньому будівництві.

Мета роботи – розглянути метод оперативного управління в дорожньому будівництві.

Метод дослідження – метод освоєного обсягу.

Описаний метод дає керівникові проекту можливість оцінювати обсяг виконаних робіт і робіт, які залишилося виконати до завершення проекту для того, щоб залишатися в рамках існуючих обмежень.

Результати статті дозволяють будь-якому керівнику проекту використовувати дані для прогнозу витрат, потрібних для завершення робіт за проектом з мінімальною ймовірністю помилки.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – пошук оптимального методу оперативного управління в дорожньому будівництві.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВАРТІСТЬ, МЕТОД, ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ, ПРОЕКТ, ФУНДАМЕНТ.

ABSTRACT

Sokhan V.V. Method of operative management in road construction. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article considers a method of operative management in road construction.

Object of the study – a method of operative management in road construction.

Purpose of the study – to consider the method of operative management in road construction.

Method of the study – earned value method.

The described method gives the leader of the project an opportunity to assess the volume of work performed and the work that is left to do to complete the project in order to remain within the existing constraints.

The results of the paper allow any project manager use the data to forecast the costs necessary for the completion of work on the project with minimal probability of error.

Forecast assumptions about the object of study – the search for optimal method of operative management in road construction.

KEYWORDS: COST, METHOD, OPERATIVE MANAGEMENT, PROJECT, FOUNDATION.

РЕФЕРАТ

Сохань В.В. Метод оперативного управления в дорожном строительстве / В.В. Сохань // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрен метод оперативного управления в дорожном строительстве.

Объект исследования – метод оперативного управления в дорожном строительстве.

Цель работы – рассмотреть метод оперативного управления в дорожном строительстве.

Метод исследования – метод освоенного объема.

Описанный метод дает руководителю проекта возможность оценивать объем выполненных работ и работ, которые осталось выполнить до завершения проекта для того, чтобы оставаться в рамках существующих ограничений.

Результаты статьи позволяют любому руководителю проекта использовать данные для прогноза расходов, необходимых для завершения работ по проекту с минимальной вероятностью ошибки.

Прогнозные предположения относительно развития объекта исследования – поиск оптимального метода оперативного управления в дорожном строительстве.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СТОИМОСТЬ, МЕТОД, ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ПРОЕКТ, ФУНДАМЕНТ.

АВТОР:

Сохань В’ячеслав Вікторович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри транспортного права та логістики, e-mail: SlavikSo@bigmir.net, тел. +380442803876, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, каб. 245.

AUTHOR:

Sokhan Viacheslav V., National Transport University, Postgraduate Student of Department of Transport Law and Logistics, e-mail: SlavikSo@bigmir.net, tel. +380442803876, Ukraine, 01010, Kyiv, 1, Omelianovycha-Pavlenka St., of. 245.

АВТОР:

Сохань Вячеслав Викторович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры транспортного права и логистики, e-mail: SlavikSo@bigmir.net, тел. +380442803876, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленка 1, каб. 245.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мельниченко О.І., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, вчений секретар Національного транспортного університету, Київ, Україна.

Дружинін Є.А., доктор технічних наук, професор, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», завідувач кафедри інформаційних технологій проектування ЛА, Харків, Україна.

REVIEWER:

Melnychenko O.I., Ph.D., Engineering, Professor, National Transport University, Scientific Secretary, Kyiv, Ukraine.

Druzhynin Ye.A., Ph.D., Engineering (Dr.), Professor, National Aerospace University M.Ye. Zhukovskoho «KhAI», Head of Department of Information Technology Designing Aircraft, Kharkiv, Ukraine.