

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І
ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН,
ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ.
IMPROVING THE RELIABILITY
AND EFFICIENCY OF MACHINES,
PROCESSES AND SYSTEMS**



**April 14-16, 2021
с. Кропивницький**

Центральноукраїнський національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України
Кафедра експлуатації та ремонту машин



ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН, ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

III Міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**14-16 квітня 2021 року
м. Кропивницький**

**Central Ukrainian National Technical University
Ministry of Education and Science of Ukraine
Department of operation and repair of machines**



IMPROVING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF MACHINES, PROCESSES AND SYSTEMS

III International scientific and practical conference

CONFERENCE MATERIALS

**April 14-16, 2021
c. Kropyvnytskyi**

ББК 34.41:39.3
УДК 62-192:656.02

Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 14-16 квітня 2021 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 179 с.

В збірнику представлені матеріали доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, докторантів, аспірантів та студентів ЦНТУ України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

Друкується згідно листа Міністерства освіти і науки України, Державної наукової установи "Інститут модернізації змісту освіти" від 19.01.2021 року №22.1/10-83 "Перелік міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій здобувачів вищої освіти та молодих учених Міністерства освіти і науки України на 2021 рік" та наказу ректора Центральноукраїнського національного технічного університету.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems":

Голова – *О. Левченко*, д-р екон. наук, проф., проректор з наукової роботи Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький.

Заступник голови – *В. Аулін*, д-р техн. наук, проф. кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький.

Секретар – *С. Лисенко*, канд. техн. наук, доц. кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький.

Члени оргкомітету:

Белоєв Х. – ректор аграрного університету в Русе (Республіка Болгарія);
Белоцерковський М.А. – д-р. техн. наук, проф., професор кафедри технології машинобудування БНТУ (Білорусь);

Біліченко В. – д-р техн. наук, проф., ректор Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця;

Войтов В. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних технологій і логістики, проректор з наукової роботи Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків;

Горбачов П. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних систем та логістики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків;

Диха О. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету, м. Хмельницький;

Іванов С.С. – директор НДІ МСГ Латвійського сільськогосподарського університету (Латвійська Республіка);

Калінін Є. – д-р техн. наук, доц., зав. кафедри надійності, міцності та технічного сервісу машин ім. В.Я. Аніловича Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків;

Козаченко О. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри сільськогосподарських машин Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків;

Кристочук М. – канд. техн. наук, доц., зав. кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Крочко В. – професор інженерно-технічного факультету Словацького університету наук про життя;

Кузьмінський Р. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри експлуатації та технічного сервісу машин ім. професора Семковича О.Д. Львівського національного аграрного університету, м. Дубляни;

Лобашов О. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків;

Лузан С. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри зварювання Національного технічного університету "ХП", м. Харків;

Ляшук О. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету, м. Тернопіль;

Магопець С. – канд. техн. наук, доц., зав. кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;

Марчук А. – декан агроінженерного факультету Природничого університету в Любліні (Республіка Польща);

Монастирський Ю. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автомобільного транспорту Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг;

Нагорний Є. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків;

Новицький А. – канд. техн. наук, доц., зав. кафедри надійності техніки Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ.

Ольт Ю. – професор Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);

Паскуці С. – професор університету Барі Альдо Моро (Італія);

Підгурський М. – д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені І. Пулюя, м. Тернопіль;

Савуляк В. – д-р техн. наук, проф., проф. кафедри галузеве машинобудування Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця;

Свірень М. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

Собчук Г. – директор Представництва Польської академії наук в м. Києві;

Тимофєєва Л. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків;

Хабутдінов Р. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних технологій Національного транспортного університету, м. Київ;

Чигарьов В. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри металургії та технології зварювального виробництва Приазовського державного технічного університету, м. Маріуполь;

Шлапак Л. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри зварювання конструкцій та відновлення деталей машин Івано-Франківського національного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ;

Яцун В. – канд. техн. наук, доц., декан факультету будівництва та транспорту Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

Григор Н. – керівник методично-організаційного відділу Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

Кропивна К. – фахівець I категорії методично-організаційного відділу Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький.

1. ФІЗИЧНІ ТА МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

УДК 621.891

КВАНТОВО-МЕХАНІЧНА ВЗАЄМОДІЯ В КОНТАКТНИХ ТРИБОСИСТЕМАХ

О.В. Диха, *д-р. техн. наук, проф.*,

Ю.П. Заспа, *канд. ф-м. наук, доц.*,

В.О. Дитинюк, *асп.*,

Хмельницький національний університет, м.Хмельницький, Україна

Динамічний контакт, твердих тіл, що деформуються, є джерелом широкого спектру збурень, які попередньо ведуть до катастрофічних наслідків [1-4]. Наявність контактних розривів в режимах сухого і граничного тертя, часова і просторова дискретність контактування обмежують можливості методів механіки суцільного середовища і класичної теорії поля при описі таких режимів. Тут доцільно використовувати ідеї і методи, розвинені в квантовій теорії поля, а також в теорії турбулентності [5-7]. Одним з найбільш ефективних методів такого роду є опис збурень у вигляді квантового ансамблю квазічасточок, які приймають участь у специфічній обмінній взаємодії, відсутній у класичній механіці [5, 6]. Ця взаємодія, яка виникає на фоні звичайних процесів електромагнітного характеру, визначає, зокрема, катастрофічні режими контактної-наведеного флатера і бафтінга, характерні також для гідро (аеро) динамічних систем в умовах розриву суцільності потоку. Разом з тим, рідкісним корисним ефектом, пов'язаним з обмінною взаємодією, є відомий ефект беззношування (вибіркового переносу), теорія якого потребує суттєвого уточнення.

Контраверсивним режимом тут виступає водневе зношування, який описується до теперішнього часу без урахування обмінної взаємодії і вихрехвильового переносу в трибо системах. Специфіка контактної тертя проявляється також в різких градієнтах температури, що обумовлює формування корпускулярно-вихрехвильових термомоделей, які приймають участь в обмінній взаємодії. Колапсні процеси в системі таких термомоделей, по суті і є головним джерелом контактної-наведеного збурень. Задачею теперішньої роботи являється формування фізичної моделі контактної генерації збурень в трибо системах, яка враховує обмінну взаємодію і колапс корпускулярно-вихрехвильових термомоделей.

В роботі розглянуті фізичні механізми утворення і трансформації корпускулярно-вихрехвильових термомоделей в контактних трибо системах, засновані на квантово-механічній обмінній взаємодії в ансамблях тотожних квазічасточок. Наявність контактної розриву двох термостатів з різними знаками абсолютної температури визначає генерацію пар квазічасточок збурень, стабілізованих по довжині хвилі в кооперації з фотонами вимушеного теплового випромінювання, а також за частотою у взаємодії з фононами. Внутрішня нестійкість і колапсні процеси в такій системі збурень ведуть до дефекту утворення в матеріалі трибопари і лежать в основі аварійних режимів тертя. Наведені конкретні технічні приклади генерації корпускулярно-хвильових термомоделей при фретинзі, терті ковзання і коченні, різанні. Запропонований корпускулярно-хвильовий механізм вибіркового переносу і водневого зношування в трибо системах.

Руйнівний характер фретингу при досить низьких значеннях швидкостей реверсивного ковзання (проковзування) в значному ступеню обумовлений генерацією і колапсом корпускулярно-вихрехвильових термомоделей.

Автори більшості робіт відмічають розділення сигналу акустичної емісії на два кластера – вузькосмуговий низькочастотний і широкосмуговий високочастотний. В нашій інтерпретації це розділення відповідає рівноважному (в кожному з двох термостатів окремо) і нерівноважному складу збурень. В останньому випадку генеруються джетові (смугові)

форми вихрехвильового поля швидкостей, формуючі часточки зносу. Придушення (часткове) таких форм за рахунок збільшення контактної навантаження зменшує знос. Відмітимо, що обміна взаємодія, яка тут розглядається, має той самий характер, що і адгезія (тяжіння). Тому сумарний ефект може значно перевищити контраверсивну дію сил в під контактних шарах, що веде до схоплення і заїдання. Навпаки, зменшення адгезії, наприклад, за рахунок різномірності матеріалів трибопари, стабілізує процес тертя.

Коллапсна складова генерації збурень значно підсилюється режимах руйнування матеріалів, в т.ч. при різанні. В якості прикладів можна навести спектри акустичної емісії, яка співставляє різання сталевих прутків на токарному верстаті в ненормативних режимах флатера-бафтингу. Тут чітко прослідковується зворотній енергетичний каскад в ансамблі квазидвовимірних сферичних генераторів збурень, який здійснюється на мезоскопічному рівні. Макроскопічна стабілізація цих збурень на власних частотах приводу ($\nu_1 \approx 13$ Гц, $\nu_2 \approx 40$ Гц) обумовлює домінуючі смугові максимуми в центральній частині спектру. Розділення сигналу акустичної емісії при різанні на два кластера, пов'язані з короткохвильовим і довгохвильовим пакетами збурень в цілому ряді випадків формує характерний провал в центральній частині спектру. Відсутність домінуючих дискретних ліній тут свідчить про нерівноважність процесу генерації збурень. Аналогічний провал в спектрі збурень виникає також при ударній взаємодії зубців передаточних шестерень в електромеханічних машинах.

Настільки різні по своєму трибологічному значенню процеси, як вибіркового перенос (ефект беззношуваності) і водневе зношування мають, як не дивно схожі механізми свого виникнення. Відома критичність вибіркового переносу атомів міді (та інших металів) до температурного режиму із складу мастильного матеріалу пояснюється умовою, яка накладає певні обмеження на параметри формування корпускулярно-вихрехвильових термокомплексів в зоні тертя. Зокрема при $m \approx 63$ а.е.м. (мідь) і $T \approx 300^\circ \text{K}$ слідує значення $\rho \approx 1,26 \text{ г/см}^3$, практично рівне щільності гліцерину, або щільності масла фреонової суміші в компресорних системах холодильних установок.

Вихрехвильовий перенос цих збурень вглиб контактної зони пояснює також виражені пластичні деформації в глибині зони тертя при відсутності (в певних випадках) сильних пластичних деформацій безпосередньо на поверхні тертя.

Таким чином, розглянуті практичні приклади підтверджують запропонований фізичний механізм контактної генерації збурень в трибосистемах.

Список літератури

1. Свириденко А.И., Мышкин Н.К., Калмыкова Т.Ф., Холодилов О.В. Акустические и электрические методы в триботехнике / Под ред. В.А. Белогою – Мн.: Наука и техника. - 1987
2. Акау А. Acoustics of friction // J. Acoust. Soc. Am. – 2002 (111), №4, 1525-1548.
3. Сергиенко В.П., Бухаров С.Н., Купреев А.В. Вибрация и шум в тормозных системах мобильных машин. Часть 1. Экспериментальные методы исследования (обзор) // Трение и износ. – 2008 (29), №3, 306-314.
4. Сергиенко В.П., Бухаров С.Н. Вибрация и шум в тормозных системах мобильных машин. Часть 2. Теоретические методы исследования // Трение и износ. – 2009 (30), №3, 296-310.
5. Физика микромира. Маленькая энциклопедия / Под ред. Д.В. Ширкова. – М.: Сов. энц. – 1980.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука. – 1975.
7. Данилов С.Д., Гурарий Д. Квазидвумерная турбулентность // УФН. – 2000 (170), №9, 922-968.

2. ТРИБОЛОГІЯ ВУЗЛІВ ДЕТАЛЕЙ, СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ, РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

УДК 631.372: 658.588

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖУВАНOSTІ ЗРАЗКІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ МЕТОДОМ КОГЕРЕНТНО-ОПТИЧНОГО СКАНУВАННЯ ДЕФОРМОВАНОЇ ПОВЕРХНІ

Г.Г.Писаренко¹, *д-р.техн.наук, проф.*,
О.В.Войналович², *канд. техн. наук, доц.*,
А.М.Майло¹, *канд. техн. наук, с.н.с.*
С.Г.Писаренко¹, *асп.*

¹*Інститут проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України, м. Київ, Україна*

²*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*

Упродовж експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки деталі та елементи конструкцій зазнають пошкодження. Його інтенсивність залежить від умов експлуатації (силового навантаження, впливу корозії, температурного режиму роботи деталей тощо).

Дослідження кінетики пошкодження матеріалів та елементів конструкцій важливі для розроблення методів підвищення надійності мобільної техніки, прогнозування залишкового ресурсу елементів конструкцій, встановлення ризику настання аварійних ситуацій. Дослідження пошкоджуваності металоконструкцій передбачає розроблення засобів і методів діагностування пошкодження у лабораторних зразках та елементах конструкцій з урахуванням експлуатаційних чинників.

Щоб контролювати пошкодженість конструкційного матеріалу, необхідно відстежувати кінетику пошкодження на різних структурних рівнях, що забезпечується застосуванням структурно-чутливих методів. У даній роботі кінетику накопичення деформаційних дефектів металоконструкції оцінювали на основі аналізу дискретних параметрів поверхневого шару, що корелюють з розсіяним пошкодженням. Оскільки зміни рельєфу поверхні матеріалу пов'язані з величиною пошкодження, то ступінь пошкодження можна кількісно оцінити за даними вимірювання профілю рельєфу поверхні.

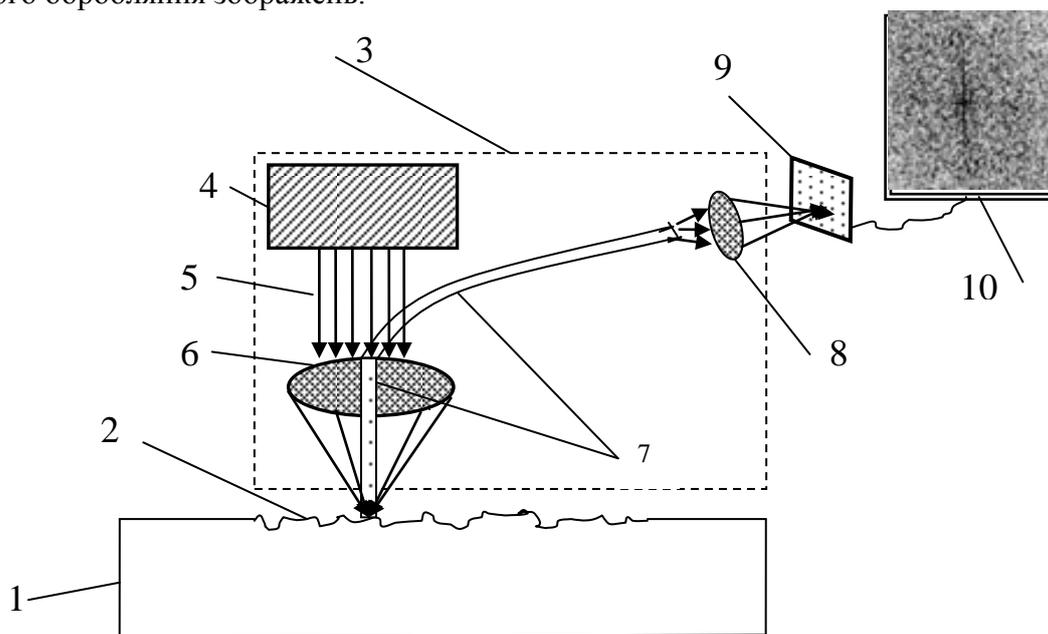
Для контролю кінетики пошкодження поверхневого шару матеріалу використано спосіб вимірювання дифузного розсіювання лазерного променя, відбитого від поверхні мікропластичних деформацій. Даний спосіб базується на кореляційному зв'язку енергії проміння когерентного джерела світла, відбитого поверхнею метала, і амплітуди мікропластичної деформацій пружно здеформованої поверхні (рис. 1).

Досліджувану зону поверхні зразка опромінюють когерентним променем світла з довжиною хвилі, яка відповідає масштабу локалізації мікропластичних деформацій поверхні зразка, отримують спеклограму проміння, відбитого від рельєфу поверхні, а як міру інтенсивності зміни деформаційного рельєфу використовують параметр у вигляді співвідношення кількості певних типів бінарних пікселів до загальної кількості пікселів зображення спеклструктури [1, 2].

Дискретна структура рельєфу містить інформацію про щільність деформаційних дефектів накопиченого розсіяного пошкодження. Обсяг вибірки даних у кожній зоні аналізу площею 200x200 мкм – $4 \cdot 10^6$ пікселів (пкс.). У разі застосування фотодіодної матриці розміром 1920x1080 пкс. за довжини хвилі когерентного випромінювання $\lambda = 0,450$ мкм, виокремівна здатність методу становить 0,2 мкм/пкс.

У роботі отримано кореляційні залежності дискретних розподілів спеклів від ступеня пошкодження поверхні за двох видів деформування зразків металоконструкції –

монотонного розтягу і циклічного розтягу-стиску. Для аналізу статистичних параметрів розподілу дискретних деформацій поверхні використано розроблену комп'ютерну програму цифрового оброблення зображень.



1 – фрагмент зразка металоконструкції на етапі тимчасового припинення навантажування; 2 – деформаційний рельєф поверхні; 3 – опромінювально-приймальний пристрій; 4 – джерело когерентного світла; 5 – потік когерентного світла; 6 – колімаційна лінза; 7 – світловолоконний кабель для спрямування світла, відбитого від локальної зони деформаційного рельєфу; 8 – система лінз для фокусування відбитого променя світла; 9 – приймальна матриця фотодіодів; 10 – зображення спеклструктури

Рисунок 1 – Схема пристрою для безконтактного моніторингу мікродеформаційного рельєфу поверхні металоконструкції

У результаті дослідження статистичних характеристик розподілу мікропластичних деформацій поверхні зразків аустенітної сталі 316Л було визначено характеристичні параметри розсіяної пошкодженості структури дискретних деформацій поверхні металевго полікристала. На основі аналізу статистичних характеристик кореляційних діаграм і системи блок-графіків отримано лінійну залежність параметрів розподілу дискретних властивостей рельєфу деформованої поверхні від ступеню навантаженості зразка металоконструкції. Оцінено зв'язок ступеню циклічної та статичної навантаженості зразка металоконструкції із залежністю амплітуди яскравості елементів зображення спеклструктури від амплітуди рельєфу механічного пошкодження деформованої поверхні (коефіцієнт кореляції $R^2 = 0,97$).

Отримані результати досліджень зміни статистичних характеристик стану мікропластичного деформування поверхні зразків металоконструкції дозволяють рекомендувати розроблений метод для визначення пошкодження елементів машин за критерієм неоднорідності мікропластичних деформацій поверхневого шару металу, а отже з певною достовірністю для оцінення ризику настання аварійних ситуацій.

Список літератури

1. Войналович О.В., Писаренко Г.Г., Майло А.М. Спосіб вимірювання ступеню мікрздеформованості поверхні металоконструкцій із застосуванням когерентного випромінювання. Патент на корисну модель № 134268. Бюл. № 9. Опубл. 10.05.2019 р.
2. Войналович О.В., Писаренко Г.Г., Майло А.М. Спосіб визначення граничного стану витривалості конструкційного елемента за фрактальною розмірністю деформованої поверхні. Патент на корисну модель № 138021. Бюл. № 21. Опубл. 11.11.2019 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ "ЗІРОЧКА" СІВАЛКИ GASPARDO ТА ЙОГО АНАЛОГІВ

О.Д. Деркач, канд. техн. наук, доц.,

Д.О. Макаренко, канд. техн. наук,

Є.С. Муранов, асп.,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Вступ. Використання конструкційних пластиків (КП) в сільськогосподарському машинобудуванні з кожним роком розширюється. Це стосується і посівної техніки. Впровадженням КП вирішуються проблеми підвищення: надійності техніки, якості агротехніки; поліпшуються умови праці механізаторів, а також досягається зниження собівартості продукції [1, 2]. Перераховані показники також позитивно впливають на рівномірність сходів і, як наслідок, сприяють підвищенню урожайності.

Відомі праці, в яких обґрунтовано параметри трибоспряжень паралелограмних механізмів посівних машин [3-5]. Досліджені міцнісні характеристики полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), як одного із важливих критеріїв роботоздатності [3]. Наприклад, виявлено, що максимальне навантаження на вузол у трибоспряженні паралелограмного механізму посівних машин типу Turbosem становить 2337 Н. Застосування ПКМ марки УПА-6-30 дозволило підвищити довговічність паралелограмного механізму до 19800 га наробітку для сівалок Turbosem II 19-60. Таким чином, продовження досліджень, направлених на впровадженні ПКМ та розробку нових конструкцій сільськогосподарської техніки є актуальним завданням.

Сучасні сівалки виконують посів більшості культур. А так, як терміни сівби вельми обмежені, то до сівалок висувуються вимоги високої надійності та продуктивності. Одним із способів підвищення темпів робіт є зменшення тривалості перебування в технічному обслуговуванні (ТО). Досягти цього можна застосуванням ПКМ в рухомих з'єднаннях. Так, у конструкціях сівалок Gaspardo застосовуються ПКМ для виготовлення підшипників ковзання, ланцюгових передач. Зокрема, в ланцюгових передачах використовуються зірочки, виготовлені з КП. Визначення їх деяких властивостей та пошук аналогів для застосування у вітчизняних сівалках і було метою роботи.

В якості об'єктів досліджень було обрано ПК деталі "Зірочка" ланцюгової передачі сівалки Gaspardo та ПКМ марки УПА-6-30 та УПА-6-30 з уведеним поліамідом ПА-6,6. Уведення поліаміду ПА-6,6 в структуру УПА-6-30 повинно підвищити економічну ефективність застосування розроблених деталей. Дослідження деяких трибологічних та міцнісних властивостей проводили за стандартними методиками.

Встановлено, що максимальний фактор PV матеріалу "Зірочка" (рис.1, а), за якого він є працездатним, складає $0,2 \text{ МПа} \times \text{м/с}$ при коефіцієнті тертя $0,3$. При чому на підвищення коефіцієнта тертя f ключовий вплив має тиск, а не швидкість ковзання у заданих діапазонах. У той же час, запропонований аналог (рис.1, б), УПА-6-30 досягає такої величини коефіцієнта тертя ($f = 0,3$) при факторі $PV = 0,75 \text{ МПа} \times \text{м/с}$. Як видно з рис.1 характер тертя ПКМ УПА-6-30 протікає стабільно за даних умов тертя, які є співставними з реальними умовами роботи зірочки. Введення в структуру УПА-6-30 до 10 % поліаміду ПА-6,6 забезпечило помірне зниження коефіцієнта тертя.

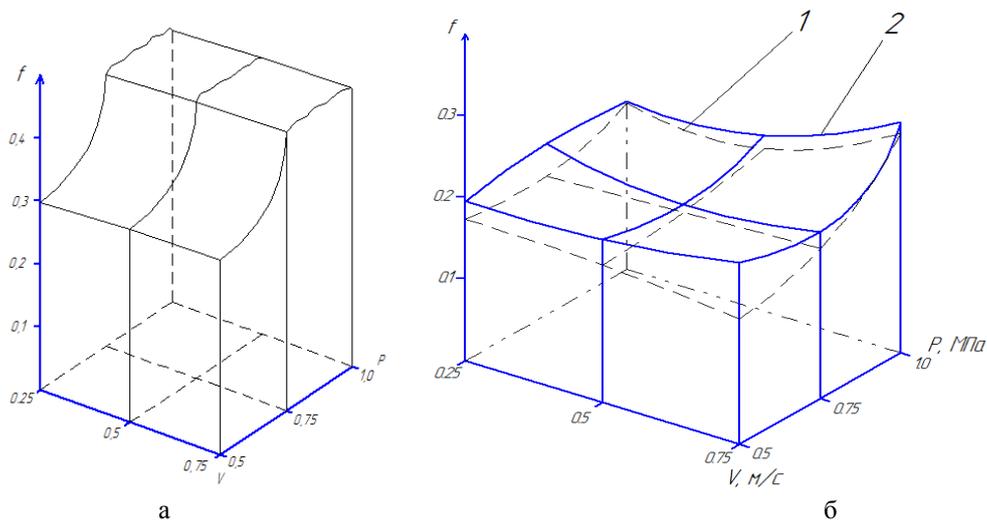


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнту тертя від тиску P та лінійної швидкості ковзання V матеріалу деталі "Зірочка" сівалки Gaspardo (а) та полімерних композитів (б): 1 – УПА-6-30; 2 – УПА-6-30 + ПА-6,6.

Дослідження міцнісних властивостей показало, що вони вищі ПКМ УПА-6-30+ПА-6,6, ніж у матеріалу деталі "Зірочка" (рис. 2). Так, межа текучості має вищі значення на 27 %, а модуль пружності вищий у 4 рази.

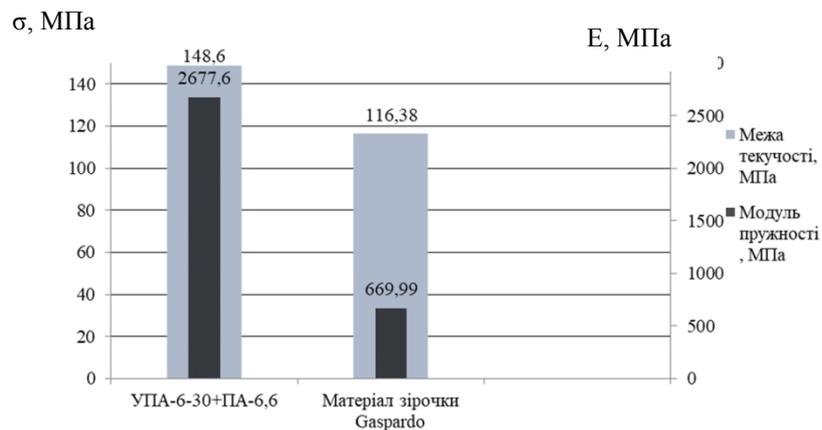


Рисунок 2 – Залежність модуля пружності E та межі текучості σ при стисканні матеріалу зірочки Gaspardo та удосконаленого ПКМ (УПА-6-30+ПА-6,6).

Залежність навантаження від відносної деформації зразків (рис.3) показує на те, що матеріал деталі "Зірочка" є більш еластичним.

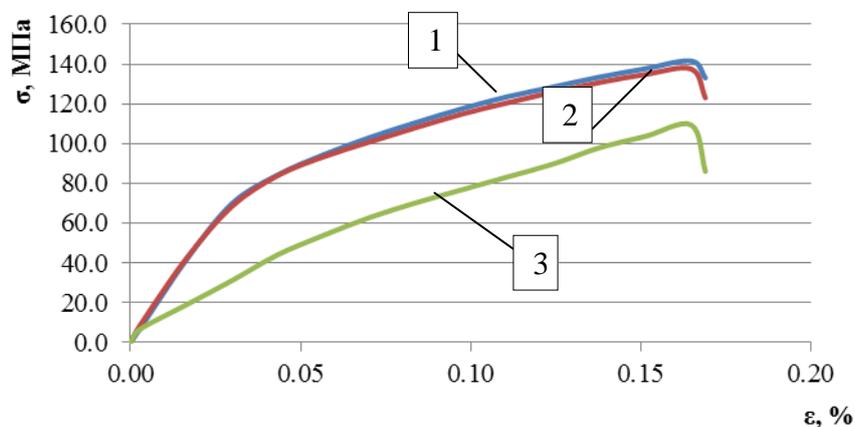


Рисунок 3 – Залежність напруження σ (МПа) від відносної деформації ϵ (%) матеріалів: 1-УПА-6-30, 2-УПА-6-30+ПА-6,6, 3-матеріал зірочки Gaspardo

Однак вже при напруженні 100 МПа зразок руйнується. Додавання ПА-6,6 до ПКМ УПА-6-30 не вплинуло на зміну даних показників і руйнування зразків відбувається в межах 135...142 МПа.

Таким чином, на даному етапі досліджень можна зробити наступні висновки.

Використання ПКМ марки УПА-6-30 та УПА-6-30+ПА-6,6 можливе в якості аналогів-замінників матеріалу деталі "Зірочка" сівалок Gaspardo.

Заявлені матеріали-аналоги мають вищі трибологічні та міцнісні властивості.

Рекомендовано провести ресурсні польові випробування.

Список літератури

1. Деркач О. Широкозахватні сівалки Turbosem для висівання просапних культур / Пропозиція, № 2 / 2020, - с. 8-11.
2. Макаренко Д.О. Деякі властивості конструкційних пластиків, наповнених вторинним поліетиленом та їх застосування в сільськогосподарському машинобудуванні / Деркач О.Д., Муранов Є.С., Крутоус Д.І. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного : електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д. т. н., проф. В. М. Кюрчев. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. - Вип. 10, том 1.
3. Деркач А.Д., Науменко Н.Н., Макаренко Д.А. Теоретические предпосылки к обоснованию режимов работы параллелограмного копирующего механизма / V international scientific congress "Agricultural machinery 2017". VOLUME 1/ Agricultural machines. Research and testing. New machine designs. Energy-saving technologies. 21.06 – 24.06.2017. Varna, BULGARIA.
4. Деркач О.Д. Підвищення технічного рівня посівних машин композитами конструкційного призначення / Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів / ТАСХ-2019: Матеріали III Всеукраїнської наукової конференції, 10 квітня 2019 р., м. Дніпро. – Дніпро: "Середняк Т.К.", 2019. – 140 с. С. 36-40.
5. V. Aulin. Analysis of tribological efficiency of movable junctions "polymeric-composite materials – steel" / Derkach, D. Makarenko, A. Hrynkiv, A. Pankov, A. Tykhyi // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 4/12, (100) 2019
6. Макаренко Д.О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Центральноукраїнський національний технічний університет – Кропивницький, 2018. – 20 С.
7. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях: Монография. – М.: Химия, 1982. – 220 с.

ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЗАТРАТ ЕКСКАВАТОРНИХ КОВШІВ ВИКОРИСТАННЯМ АНТИАДГЕЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ

А.А. Тихий, канд. техн. наук, доц.,

В.О. Куцерай, магістрант,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Розробка вологих зв'язних ґрунтів екскаваторами нерозривно пов'язана з інтенсивним налипанням ґрунту на поверхні ківша. Продуктивність роботи екскаватора з врахуванням налиплого ґрунту визначається опором [1]:

$$W = \frac{3600 \cdot q \cdot K_p \cdot k_n \cdot k_{нал}}{t_{ц}}, \quad (1)$$

де q - ємність ківша, м³;

K_p - коефіцієнт впливу розпушення ґрунту,

k_n - коефіцієнт наповнення ківша;

$k_{нал}$ - коефіцієнт налипання на поверхню ковзання вологого ґрунту, $k_{нал} = 0,7 \dots 1,0$, $t_{ц}$ - тривалість циклу, с.

$$k_{нал} = \frac{q - q_n}{q} \quad (2)$$

де q_n - об'єм ґрунту налиплого на внутрішню поверхню ківша, м³.

$q - q_n$ - фактичний об'єм ґрунту, що вивантажується із ківша, м³.

Силова взаємодія між контактними поверхнями твердих тіл приведе не тільки до появи сил, нормальних до поверхні розділу (сили адгезії), але і сил дотичних до поверхні розділу (сил тертя), що проявляються при спробі визвати взаємне переміщення взаємодіючих тіл. Тому адгезія ґрунту тісно пов'язана із зовнішнім тертям. Внаслідок зовнішнього та внутрішнього тертя зростають затрати енергії та погіршується якість виконуваних робіт.

ґрунти володіють рядом фізико-механічних властивостей, що можуть впливати на якість технологічного процесу розробки ґрунту. До цих властивостей слід віднести пористість щільність, пластичність, набухання, вологість та липкість.

Липкість ґрунту – це здатність ґрунтів прилипати до поверхні різних предметів при певному вмісті води. Липкість ґрунту виражається в Н/см², а вимірюється зусиллям необхідним для відриву прилиплого ґрунту від робочої поверхні. Явище ґрунтується на адгезії матеріалів на поверхні розділу і когезії самого матеріалу. Якщо сили когезії більше ніж сили адгезії розділення проходить в результаті подолання сил адгезії та навпаки. Якщо обидві сили приблизно рівні, то розділення відбувається завдяки частковому подоланні сил адгезії та когезії. Відомо що когезія це опір тіла руйнуванню пов'язаному з подоланням сил взаємодії між атомами та молекулами на поверхні розділу. Між роботою когезії і роботою крихкого руйнування існує пряма залежність. Адгезія – це властивість, що ґрунтується на взаємодії двох різних тіл на границі розподілу фаз і викликає їх зчеплення між собою. При розділенні тіл необхідно подолати сили зчеплення.

З результатів досліджень [2] визначено, що величина вологості при якій починається процес налипання ґрунту змінюється в залежності від вмісту глини в межах від 17...25%. Діапазон вологості від початку налипання до вологості в точці з найбільшим налипанням збільшується в напрямку від більш легкого до більш важкого гранулометричного складу ґрунту. Розглянутий інтервал свідчить про те що ґрунт в сухому стані практично не володіє липкістю. Зі збільшенням вологості – налипання збільшується. Розроблювані ґрунти

відрізняються один від одного різними значеннями початкового налипання. Збільшення в складі ґрунту чорнозему, гумуса, глини, кальція, магнія інтервал прояву налипання в ґрунтах збільшується [3].

Слід зауважити, що на адгезію частинок має вплив шорсткість поверхні. Нерівності поверхні ківша екскаватора змінюють площу контакту частинок з поверхнею, тому адгезійна взаємодія також змінюється. Можна виділити три випадки, що характеризують вплив шорсткості поверхні на адгезію частинок ґрунту:

- взаємодіючі поверхні ідеально гладкі;
- висота виступів менша розмірів частинок, при цьому площа реального контакту частинок з поверхнею зменшується та зменшується сила адгезії;
- збільшення сил адгезії відбувається за рахунок шорсткості коли величина виступів дорівнює розміру частинок.

Площа реального контакту збільшується, що призводить до збільшення сил адгезії. Дослідження показали, що найбільша адгезія породи спостерігається в основі зубів, а також передньої стінки ківша і практично не залежить від геометричних параметрів.

Для боротьби з налипанням, зниження тягового опору застосовували такі матеріали, як: бронза, мідь, скло, кераміка, нержавіюча сталь. Проте ці матеріали не дають бажаних ефектів. Також були випробувані гальванічні покриття - нікелювання, хромування. Ці покриття знижують налипання поверхонь до 35% за рахунок гідрофобних властивостей, але недостатня їх зносостійкість, недостатня товщина і висока собівартість технології нанесення не дозволяє широко використовувати їх. З усіх вищеописаних способів боротьби з налипанням найбільш перспективним є застосування полімерних пластичних мас в якості покриття робочих органів.

Досвід експлуатації екскаваторних ківшів, пов'язаних з видобутком і переробкою корисних копалин, доводить, що найбільш ефективним засобом боротьби з налипанням і намерзанням вологих мас породи, мінеральної сировини на контактуемі з ними поверхні робочих органів землерийних машин (РОЗМ), є їх захист (футеровка) полімерним покриттям, що володіють гідрофобними, антиадгезійними властивостями [2,3]. Антиадгезійні покриття виготовляють з композиції (рис.1) на основі високомолекулярного поліетилену та базальтового волокна (ВПБВ).



Рисунок 1 – Матеріал ВПБВ для покриття РОЗМ

Зазначимо, що при використанні ВПБВ процес тертя протікає на поверхні волокон, локалізованих по шляху тертя, а тому в результаті посилення адгезійної взаємодії між матеріалом базальтового волокна і полімером практично не зафіксовано частинок зносу (рис. 2).



Рисунок 2 – Адгезійні випробування покриття ВПБВ нанесених на поверхню зразку

Наведені результати досліджень взаємодії різних полімерних матеріалів з ґрунтом при покритті ними РОЗМ, показали високу ефективність їх застосування для усунення налипання і зниження коефіцієнта тертя.

З наведених результатів досліджень випливає, що істотно зменшується інтенсивність процесу налипання розроблюваної породи на поверхні РОЗМ з покриттям ВПБВ при підвищеній вологості.

Отже знижуючи величину адгезії ґрунту можна підвищити продуктивність екскаваторного ковшу, за рахунок зменшення зусилля копання, підвищення об'єму екскавуємого ґрунту та скорочення часу на очищення ковшу.

Список літератури

1. Aulin V., Derkach, O., Makarenko, D., Pankov, A., Tykhyi, A. Analysis of tribological efficiency of movable junctions polymeric-composite materials – steel Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 4(12-100), стр. 6–15
2. Aulin V., Lyashuk O., Tykhyi A., Karpushyn S., Denysiuk N. Influence of rheological properties of a soil layer adjacent to the working body cutting element on the mechanism of soil cultivation Acta Technologica Agriculturae 4 Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. 2018. pp. 153-159. <https://doi.org/10.2478/ata-2018-0028>
3. Аулін В.В., Тихий А.А., Карпушин С.О. Самозагострювання різальних елементів ґрунтообробних і землерийних машин в умовах зміцнення їх робочих поверхонь. *Сб. науч. трудов "Вестник Харьковського нац. автомобільно-дорожного университета"*. Харків: ХНАДУ. 2012. вып. 57. С. 188-194.

3. ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

УДК 621.793

ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДНОВЛЮЮЧИХ ПОКРИТТІВ МОДИФІКУВАННЯМ БЕНТОНІТОВОЮ ГЛИНОЮ

Т.С. Скобло, *д-р. техн. наук, проф.*,
І.М. Рибалко, *канд. техн. наук, ст. викладач*,
О.В. Сайчук, *д-р. техн. наук, проф.*

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна

У сьогоднішній час широко застосовується відновлення деталей з використанням вторинної сировини. Як відомо, чим дисперсніше домішка, яка додається у рідку ванну, тим однорідніший розподіл хімічних компонентів по перетину відновленого шару, що в свою чергу впливає на зміну мікротвердості. Раніше проводили дослідження з використанням вторинної сировини зольними відходами, детонаційної шихти від утилізації боєприпасів, шунгіту, які подрібнювали вручну та просіювали на різних решетах для використання дрібнофракції [1-3].

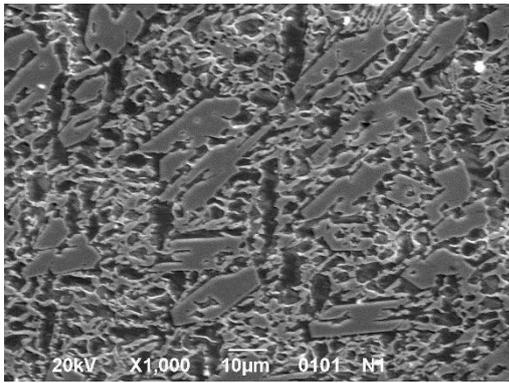
Найбільш ефективним є використання природної речовини – бентонітової глини з дрібнозернистою порошковою фракцією для обробки та формування металокерамічної структури [4] за рахунок взаємодії у спряженні. Її вплив на зміну структурного стану поверхні культиваторних лап при наплавленні буде сприяти підвищенню зносостійкості, особливо враховуючи і те, що компоненти та їх з'єднання у бентонитовій глині і в ґрунті, з яким працюють ці вироби, є близькими. При виборі такої природної речовини для модифікування виходили з того, що її домішка доступна до використання та вона включає підвищений вміст Si і Al і такі компоненти частково знаходяться у з'єднаннях з киснем (SiO_2 та Al_2O_3). У розглянутому прикладі [5] хімічний склад бентонітової глини має, %: 1,65 Fe; 0,25 K; 0,15 Ca; 0,06 S; 0,2 Mn; 54,88 Si; 32,42 Al; 0,3 Na; 0,2 Mg.

Враховуючи той факт, що найбільш ефективна модифікуюча доля такої домішки, яка вводиться у покриття складає 5-7% від частки електроду то вона буде дорівнювати, %: 0,10 Fe; 0,02 K; 0,01 Ca; 0,004 S; 0,012 Mn; 3,3 Si; 1,95 Al. При зменшенні частки введення в покриття ефект модифікування суттєво знижується, тому що не рівномірно подрібнюється карбідна фаза, а також зерно за розміром змінюється лише у локальних зонах. Збільшення частки домішки (>10-12%) призводить до появи та зростанню складних неметалевих включень та зниженню якості покриття. Одноразово має місце і неоднорідність мікротвердості.

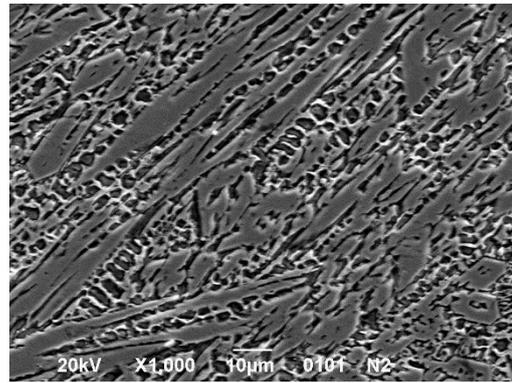
Для використання модифікуючої домішки її висушували при $t=240^\circ\text{C}$, а потім подрібнювали у кульовому млині до розміру зерен 40-50мкм на протязі 2 годин. Після цього до порошку додавали клей, перемішували та наносили на електрод, потім знову висушували при $t=180^\circ\text{C}$ і формували покриття наплавленням.

При нанесенні покриттів наплавленням в обох випадках формується структура мартенситу (рис. 1).

Встановлено, що такий технологічний процес забезпечує зміну структуроутворення. Карбідна фаза подрібнюється, вона розподіляється більш однорідно та доля її зростає на 30%, зменшується перехідна зона термічного впливу на 40 та 30% відповідно і ступень проплавлення тонкостінної культиваторної лапи становить лише 60%, а без домішки глини є випадки повного її пошкодження.



а



б

Рисунок 1 – Структура, що формується при наплавленні: а – електродом; б – з модифікуванням глиною

При даному модифікуванні суттєво змінюється і мікротвердість (рис. 2). Встановлено, що незалежно від напрямку вимірювань – поперечному або повздовжньому при оптимальному модифікуванні вона стає найбільш однорідною та змінюється у покритті з Н-50-671,6 (матриці) і до Н-50-1193,9 (карбідів), а без модифікування з Н-50-686,1 до Н-50-1283,3 відповідно. Такий рівень змін мікротвердості у вихідному стані покриття (без модифікування) відповідає і перехідній зоні та пов'язаний з тим, що більша частка грубих включень карбідної фази в цьому варіанті характеризує зміну показників, а також залежить від рівня напружень. Однак загальна доля подрібнених карбідних включень збільшується при модифікуванні глиною (рис. 2). Частка збільшення подрібнених включень досягає 20% за рахунок зниження температури рідкої ванни при нанесенні покриття з модифікуючою домішкою. Аналіз впливу введення домішки у зміцненому відновленому шарі оцінювали згідно локального розподілу компонентів, що входили до модифікуючої домішки та електроду Т-620 (хімічний склад, %: 3,0 С; 2,2 Si; 1,2 Mn; 22,5 Cr; 0,7 Ti; 0,8 В; 0,03 S).

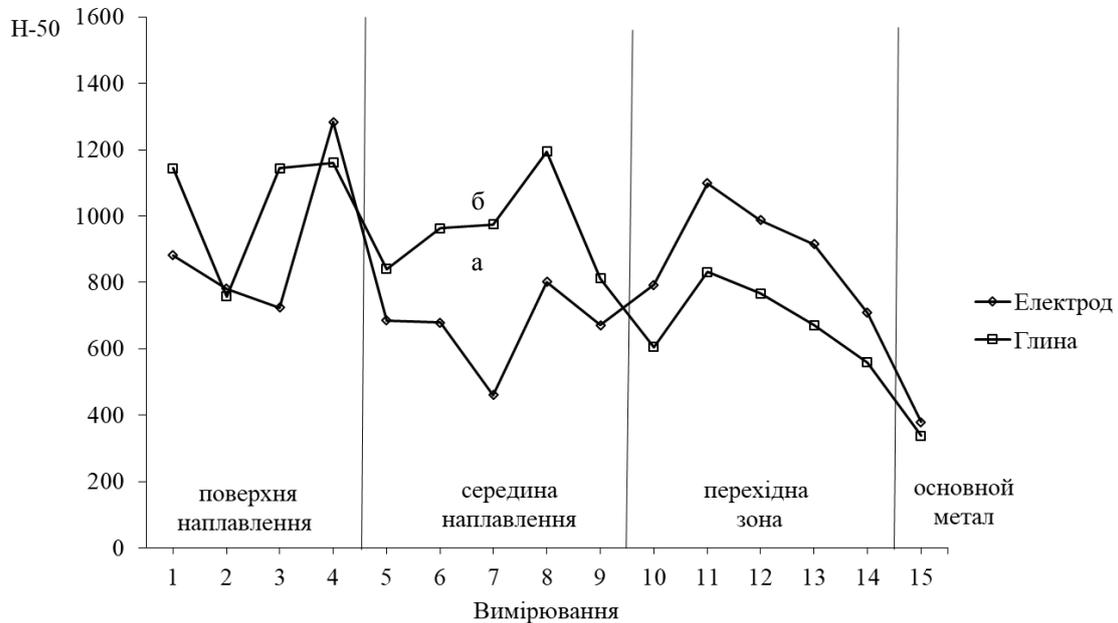


Рисунок 2 – зміна мікротвердості по глибині покриття: а – наплавлення електродом; б – з модифікуванням глиною

Дослідженнями встановлено, що вуглець, Ti, Ca, Al розподіляються достатньо однорідно, Cr – виявлено тільки в фазах структурно вільних карбідів, а у матричній – Mo, Mn. Найбільша частка Si концентрується в матричній фазі, а також цей компонент розподіляється у більш масивних включеннях карбідів хрому, поділяє їх на окремі фрагменти і вони стають більш тонкими. Залізо відсутнє в карбідах хрому, тому їх можна

віднести: до масивних включень Cr_7C_3 (евтектичні), а матричні до $Cr_{23}C_6$ та $(MeCr)_xC_y$. Розподіл кисню частково неоднорідний але, як показано локальним спектральним мікроаналізом, його частка не перевищує 15,98%.

Для використання такої модифікуючої домішки було також необхідним встановити міцність з'єднання покриття з основним металом. Оцінку проводили за методом вимірювання мікротвердості. Встановлено, що навантаження навіть до 1 кг на індентор не сприяло пошкодженням. Це можливо пояснити тим, що при модифікуванні знижуються і напруження у граничному перехідному шарі покриття. У табл. 1 наведені результати стендових випробувань на зношування, з яких видно, що коефіцієнт зносу при модифікуванні в 2,2 рази менше в порівнянні з вихідною сталлю 65Г і в 1,4 рази по відношенню до наплавлення тільки електродом Т-620. Аналіз стендових іспитів [6] на зношування (табл. 1) виявив суттєве підвищення зносостійкості при модифікуванні рідкої ванни бентонітовою глиною (> ніж у 2 рази).

Таблиця 1 - Випробування на зносостійкість в умовах абразивного середовища

№ з/п	Варіант зміцнення	Коефіцієнт зносу
1	Вихідний матеріал культиваторної лапи сталь 65Г	1,0
4	Наплавлення електродом Т-620	0,62
5	Наплавлення електродом Т-620 з додатковим модифікуванням бентонітовою глиною	0,45

Виходячи з одержаних результатів, модифікуванням відновлюючого покриття природним компонентом – бентонітовою глиною, можливо підвищити властивості покриття, зносостійкість та суттєво знизити витрати на використання традиційних домішок. Така сировина є доступною для використання і малим підприємствам при відновленні деталей, особливо працюючих з ґрунтом.

Список літератури

1. Применение шлакообразующих смесей при производстве и реновации изделий / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, А.Д. Мартыненко, Р.В. Ридный, Н.С. Пасько, А.К.Автухов - Х.: "Полосатая типография", 2016. - 284с.
2. Марков А.В. Использование вторичного сырья для модифицирования при восстановлении деталей наплавкой / А.В. Марков, Т.В. Мальцев // Матеріали VIII Міжнародної конференції молодих вчених та спеціалістів "Зварювання та споріднені технології" 20-22 травня 2015 р. - Київ, 2015. - С. 112.
3. Розробка технології відновлення деталей наплавленням з використанням введення домішок / Т. С. Скобло, О. І. Сідашенко, І. М. Рибалко, О. В. Тихонов // Промышленность в Фокусе. - Харьков, 2018. - № 2. - С. 51-58.
4. Patent No.: 7,304,020 B1 US B22C 23/02. Nano-particle metal treatment composition for creating a ceramic-metal layer / Dmitry Tananko, Olena Lyubchenko, Oleksandr Oliinik et al. / Assignee: Dmitry Tananko, Appl. No.: 11/465,852 Filed: Aug. 21, 2006 Date of Patent: Dec. 4, 2007.
5. Применение модифицирующей присадки - глины при восстановительной наплавке деталей / Т.С. Скобло, И.Н. Рыбалко, А.И. Сидашенко, А.В. Тихонов // Сварочное производство – Москва, 2020. - №7 – С. 41-49.
6. Improving the wear resistance of hoe blades by modifying of restoration coatings / T.S. Skoblo, I.N. Rybalko, A.V. Tihonov, T.V. Maltsev // Problems of Tribology – 2019. - 94 (4) - P. 27-31.

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ДЕФЕКТІВ ГОЛОВОК ЦИЛІНДРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

М.В. Красота, канд. техн. наук, доц.,

Р.А. Осін, канд. техн. наук, доц.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Тенденції підвищення потужності і зниження металоємності автомобільних двигунів призводять до перегрівання окремих деталей, що утворюють камеру згорання, зокрема головок блоку циліндрів. Ці деталі в процесі експлуатації двигунів зазнають значних механічних навантажень, що знижує їх довговічність. Обстеження двигунів показало, що найбільш характерними дефектами головок боків циліндрів є: термічна деформація (викривлення) - до 100%, термовтомлені тріщини в головках циліндрів - до 85%. граничний знос сідел клапанів в ГБЦ - до 25% [1].

Дослідження в напрямку підвищення надійності головок і підвищенням міцності спрямовані, в основному, на оптимізацію конструкції головок циліндрів, на організацію системи ефективного охолодження, використовуваної в головках [2, 3]. Лише деякі роботи [4] присвячені питанням підвищення надійності і термовтомленої міцності ГБЦ в процесі експлуатації.

До найбільш характерних дефектів головок блоків циліндрів двигунів слід віднести: наскрізні пробоїни і тріщини камери згорання або системи охолодження, що визначаються візуально (головка блоку підлягає вибракуванню або зварюванню); викривлення поверхні прилягання до блоку циліндрів (бракується при викривленні більше 0,5 мм); зношування отворів напрямних втулок клапанів (заміна втулок); пошкодження різьби. Найбільш серйозними слід вважати такі дефекти як тріщини і викривлення.

Причиною виникнення тріщин на теплосприймаючій поверхні головки блоку циліндрів є термічна деформація, яка виникає через циклічну зміну температурних режимів. Ці тріщини, що отримали назву термовтомлених, призводять до втрати потужності, зниження працездатності двигуна і є причиною вибракування головок блоку циліндрів.

Аналіз цих несправностей показує, що тріщини в головці циліндрів пов'язані зі значними коливаннями температури при запуску, зміні режиму роботи і зупинку двигуна. Наприклад, при нагріванні головки блоку виникають напруження стиснення, а при охолодженні після зупинки - напруження розтягнення. Вплив тисяч подібних термічних циклів нагрівання-охолодження може привести до так званої термічної втоми, характерною значно більшою амплітудою деформації деталі і значно меншим числом циклів до руйнування.

Основна проблема термовтомленої міцності – нерівномірність нагрівання по поверхні головки циліндрів, що обмежує камеру згорання в процесі експлуатації двигуна і, як наслідок, релаксаційна деформація в міжклапанних перемичках. При охолодженні в області міжклапанної перемички з'являються напруження розтягнення, які підвищуються разом зі збільшенням деформацій в процесі експлуатації двигунів.

Тріщини через термовтому матеріалу нерідко виникають на головці циліндрів між сідлами клапанів, між сідлом клапана і кришкою форкамери (у дизелів), а також на стінці сорочки охолодження головки під розподільним механізмом. Тріщини у сідел клапанів послаблюють посадку сидла, що може привести до випадання цих деталей і руйнуванню камери згорання. Утворенню тріщин термовтоми іноді сприяють несправності системи управління двигуном (порушення в подачі палива, запалюванні). Слід також зазначити, що на відміну від механічної втоми розвиток тріщин термовтоми може загальмуватися і навіть зовсім припинитися, т. як наявність тріщин призводить до зниження термічних напружень в

деталі.

Деформація головки блоку найчастіше настає через місцеве або загальне перегрівання. Але в результаті накопичених механічних і температурних напружень головка може деформуватися. Тому при кожному знятті з двигуна головку блоку слід обов'язково перевіряти на площинність. Сильну деформацію виявляють за допомогою лекальної лінійки. Більш точні результати забезпечує притиральні плита або обкатка індикатором.

З перегріванням і масляним голодуванням в двигуні пов'язана і основна причина пошкодження або зносу посадочних місць розподільного вала. Коли прогорає прокладка головки блоку і опорна площина головки деформується, а ремонт обмежується лише вирівнюванням площини головки, загальна вісь посадочних місць розподільного вала викривляється. Отвір посадочного місця за формою вже не є круглим, відбувається зміщення його осі, розподільний вал в кінцевому підсумку не зможе обертатися, його опорні шийки отримають серйозні пошкодження.

Висновки. Головка циліндрів по загальній геометрії повинна відповідати встановленим параметрам заводу-виготівника. Висота головки циліндрів, робочий зазор направляючих, концентричність направляючої і вертикальні поверхні повинні знаходитися в діапазоні заданих допусків. Головка циліндрів не повинна бути деформована або пошкоджена.

Основними дефектами головки є тріщини, що виникають внаслідок зниження термічної міцності, що обумовлюється термовтомою матеріалу головки циліндрів. З метою забезпечення надійності головок блоку циліндрів необхідно при експлуатації автомобільних двигунів ретельно дотримуватися теплового режиму роботи двигуна, запобігати порушень у роботі систем охолодження, при встановленні відхилень параметрів системи охолодження терміново визначати причини цих відхилень та виконувати негайне усунення несправностей.

Список літератури

1. Новиков, Е.П. Основные дефекты головок блоков цилиндров автомобильных двигателей и методы их восстановления с использованием электроэрозионных материалов / Е.П. Новиков, Г.Р. Латыпова, М.А. Зубарев // Перспективное развитие науки, техники и технологий: сб. науч. ст. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2016. С. 81-85.
2. Новиков, Е.П. Восстановление дефектных головок блоков цилиндров автомобильных двигателей с применением алюминиевых электроэрозионных материалов / Е.П. Новиков, А.С. Осьминина // Молодежь и системная модернизация страны: сб. науч. ст. Междунар. науч. конф. в 2 томах: Т 2. Курск, 2016. С. 239–243.
3. Агеев, Е.В. Восстановление головок блоков цилиндров двигателей автотракторной техники алюминиевыми электроэрозионными материалами / Е.В. Агеев, Е.П. Новиков // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 124. Ч. 2. С. 20-27.
4. Захаров, А. А. Анализ напряженного состояния и способы повышения надежности головок блока цилиндров дизелей / А. А. Захаров // Молодые ученые ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ" - агропромышленному комплексу Поволжского региона: сб. науч. тр./ ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ". - Саратов, 2003. - С. 458-462 (0,25 печ. л.).

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ТА КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

О.С. Дробот¹, канд. техн. наук, доц.,
С.Я. Підгайчук², канд. техн. наук доц.,
О.О. Нікітін¹, канд. техн. наук, доц.,
Н.М. Яворська¹, канд. техн. наук, доц.,

¹*Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна*

²*Національна академія Державної прикордонної служби України, м. Хмельницький, Україна*

Наплавлення проводять для відновлення зношених і для виготовлення нових деталей машин і механізмів. Найчастіше наплавлення застосовується для ремонтних робіт. Відновленню підлягають корпусні деталі різних двигунів внутрішнього згорання, розподільні та колінчасті вали, клапани, шківни, маховики, маточини коліс тощо.

Використовується ручне дугове наплавлення плавкими й неплавкими електродами; автоматичне та напівавтоматичне наплавлення під флюсом і в захисних газах; плазмове, вібро дугове, електрошлакове, індукційне, імпульсно-дугове й газове наплавлення. Найчастіше наплавлення виконують електричною зварювальною дугою.

На відміну від зварювання при наплавленні приймає участь невелика кількість основного металу, яка проплавляється на невелику глибину. Тому внутрішні напруги та деформації й схильність виробу до утворення тріщин незначні. Задані властивості наплавленого шару одержують введенням до його складу легуючих елементів. Легування виконують за рахунок взаємодії металу та шлаку, поглинанням елементів із навколишнього газового середовища, введенням у зварну ванну металевих добавок. Найважливішим при наплавленні є одержання однорідного хімічного складу наплавленого металу та заданих властивостей виробу.

Одним із відомих способів відновлення зношених деталей автомобіля є електродугове наплавлення сталевим низьколегованим дротом під легуючим флюсом.

На підприємстві "Авторемонт" розроблено наплавлення леговане марганцем, хромом, ніобієм, які сприяють підвищенню міцності та корозійної стійкості наплавленого металу.

Наплавлення металу одержували розплавленням дроту Св – 08 Г2С під стандартним флюсом АН – 348 А, в який додавали 3% порошкової суміші металевих хрому і ніобію. Основа, на яку наплавляється дріт – сталь 45. Товщина наплавленого шару 2,5 – 3,0 мм. Наплавлення до термічної обробки мало твердість HV 320...350 і структуру сорбіт + ферит. Кристали фериту мали дендритну форму і були розташовані нерівномірно. Для покращення структури, усунення внутрішніх зварювальних напружень зразки з наплавленням піддавали нормалізації від 850...870°C.

Після нормалізації структурна неоднорідність зникала і мікроструктура складалася з дрібноголчатого сорбіту з твердістю HV 275...285.

Присутність в складі наплавленого шару вуглецю, хрому, марганцю, ніобію забезпечувало утворення легованого твердого розчину, здатного до зміцнення гартуванням.

Зразки після нормалізації піддавали гартуванню від 850...870°C в маслі та низькотемпературному відпуску при 200 °С. Структура наплавленого шару після гартування – дрібноголчатий мартенсит.

Розподіл твердості по товщині наплавленого шару після гартування таке: на відстані від поверхні до 0,35 мм значення твердості HV 932...508, а до 1,8 мм - HV 508...400.

Нерівномірний розподіл твердості по товщині наплавленого шару пояснюється нерівномірним розподілом легуючих елементів. Внаслідок плавлення та кристалізації сплаву при наплавленні, які відбуваються з великою швидкістю, в зразку не встигають відбутися

дифузійні процеси, які сприяють вирівнюванню складу розплаву. Під час нормалізації та наступного гартування хімічна неоднорідність не усувається.

Механічні властивості наплавленого шару визначали на стандартних зразках після випробувань на розтяг та удар за ГОСТ 9454-78 і ГОСТ 1497-83.

Результати механічних випробувань зразків з легованим наплавленим шаром після термічної обробки наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати механічних випробувань зразків після різних видів термічної обробки

Назва термічної обробки	Міцність, Н/мм ²	Ударна в'язкість, Дж/см ²	Відносне видовження, %
Вихідний стан (після відпалу)	740	110	10
Нормалізація	700	150	10
Нормалізація + гартування + низький відпуск	1050	100	8

Результати свідчать, що після нормалізації, гартування і низького відпуску при незначному зниженні пластичності наплавлений шар має високу міцність, що забезпечує необхідні довговічність та надійність деталей.

Для оцінки довготривалості (довговічності) наплавлених деталей проведені корозійні випробування зразків після різних режимів термічної обробки в середовищі водних розчинів сірчаної кислоти таких концентрацій: 0,54 г/л; 2,25 г/л; 2,65 г/л; 3,0 г/л; 5,0 г/л. Концентрації сірчаної кислоти вибрані з урахуванням умов роботи автомобільних двигунів.

Під час роботи автомобільних двигунів з різними сірчаними видами палива при його згоранні виділяється сірчаний ангідрид SO₂, який з'єднується з парами вологи, утворюючи сірчану кислоту, яка в вищезазначених концентраціях негативно впливає на поверхню деталей [1].

Корозійну стійкість визначали ваговим методом.

Після випробувань на зразках з'явилась плівка, яка складається з продуктів корозії, яку знімали в 10%-ому розчині сірчаної кислоти, в який додавали в якості інгібітора розчин уротропіна з концентрацією 1 г/л.

Для порівняння одночасно випробувували зразки сталі 45 без наплавленого шару, після нормалізації, гартування та низького відпуску.

Процес корозії в різних термічнооброблених зразках мав різний перебіг: в зразках сталі 45 після нормалізації швидкість корозії, починаючи з концентрації сірчаної кислоти 2,5 г/л, стабілізувалася, а в зразках з нормалізованим легованим наплавленим шаром зміни були наступні: для зразків, які випробувалися в розчині з концентрацією сірчаної кислоти від 2 до 3 г/л швидкість корозії зменшувалась, а для більших концентрацій – зростала.

Зменшення швидкості корозії нормалізованого наплавленого шару зв'язане з структурними змінами, які відбуваються в металі наплавлення після нормалізації, а саме: подрібнення зерна, усунення залишкових зварювальних напружень.

Характер залежності швидкості корозії в розчинах сірчаної кислоти загартованих зразків сталі 45 і зразків з наплавленим шаром відрізняються більш суттєво. Якщо у загартованій сталі 45 при збільшенні концентрації кислоти корозійна стійкість зменшується, то у загартованих зразків з наплавленим шаром вона стабілізується, і за абсолютними значеннями визначається станом попередньої підготовки структури металу для гартування: швидкість корозії попередньо нормалізованих зразків з наплавленим шаром сягає 6,5 г/(м²*г), а зразків в вихідному стані – в два рази вища.

Причиною такої стабільності швидкості корозії зразків з загартованим наплавленим шаром є утворення пасивної плівки на поверхні металу, внаслідок формування структури легового мартенситу.

Результати експерименту показали, що для відновлення зношених сталевих деталей автомобільних двигунів доцільним є використання наплавлення легованим марганцем, хромом, ніобієм. Термічна обробка: нормалізація, гартування та низький відпуск дозволяє підвищити їх механічні властивості та корозійну стійкість.

Список літератури

1. Ярошенко О.Є. Автомобільні експлуатаційні матеріали: Навчальний посібник. – Хмельницький: Видавництво Національної академії ПВУ, 2000. – 294 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

А.С. Лузан, аспірантка

*Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка,
м. Харків, Україна*

Одним з нових напрямків в отриманні захисних покриттів є застосування попередньо механоактивованих композиційних матеріалів в процесах високотемпературного синтезу, а також застосування композитів, що містять в обсязі матриці нанорозмірні синтезовані включення, в процесах детонаційного напилення [1]. Об'єднання СВС, детонаційного напилення та механохімії в єдину інтегральну технологію має певні перспективи в плані розвитку нанотехнологій. Результати досліджень В.І. Яковлева дозволили встановити, що для більшості технологічних параметрів (гранулометричний склад порошку 40-63 мкм., товщина покриття за один постріл 10-20 мкм., витрати газів горючої суміші - стехіометричне співвідношення, дистанція напилення 50-100 мм., і т.п.) є вузький діапазон, при яких формуються покриття з досить високими властивостями міцності.

Розроблена двоступенева технологія, що поєднує процеси механічної активації порошкових сумішей і СВС, призначених для виготовлення та відновлення деталей сільськогосподарської техніки, схильних до інтенсивного зношування [2]. Створено багатокарбідні СВС-механокомпозити, що представляють собою нові композиційні матеріали зі структурою типу «зміцнююча фаза - матриця». Застосування складів типу «TiC + (Ni-Cr)», «TiC + SiC + (Ni-Cr)», «TiC + WC + (Ni-Cr)», «TiC + SiC + WC + (Ni-Cr)» дозволяє за допомогою порошкового електрода сформувати зносостійке покриття на деталях машинобудування [3].

Одне з принципово нових напрямків в отриманні захисних зносостійких покриттів - використання попередньої механоактивації порошкових компонентів для забезпечення високотемпературного синтезу нових композиційних порошкових матеріалів, а також їх застосування для дугового наплавлення і газотермічного напилення деталей машин [4].

Необхідно відзначити, що СВС не тільки нова технологія застосування відомих матеріалів, але і можливість створення нових типів матеріалів. Як приклад можна відзначити позитивні результати експериментів з отримання складних оксидних нанопорошків, ниткоподібних кристалів безкисневої кераміки, анизотропної оксидної кераміки, функціонально-градієнтних матеріалів, безкисневих монокристалів, боромісткі композиційні матеріали та ін. [4-7].

Технологія СВС є ефективним енерго- і ресурсозберігаючим методом отримання композиційних порошків. Метод заснований на використанні екзотермічного ефекту реакцій взаємодії металів з вуглецем, кремнієм, бором, азотом та ін. Сутність процесу полягає в тому, що після локального ініціювання реакція протікає у вузькій зоні - хвилі горіння, яка переміщується по виробу за рахунок теплопередачі. В якості реагентів застосовуються суміші наступних елементів: металів з неметалами, металів з металами, неметалів з неметалами або їх з'єднань, що виділяють при взаємодії велику кількість тепла.

Найбільшою зносостійкістю володіють тверді сплави на основі карбідів, одним з яких є карбід титану (TiC), який характеризується високими значеннями твердості, теплостійкості, малими значеннями коефіцієнта тертя по більшості металів і сплавів і порівняно низькою вартістю, що дозволяє його розглядати як один з найперспективніших матеріалів для створення зносостійких покриттів. Крім цього, висока твердість і зносостійкість карбиду титану забезпечують відмінні механічні властивості ко мпозицій на його основі. В якості металевих зв'язок використовують залізо, нікель, кобальт, алюміній, мідь і сплави на їх

основі.

Найбільш популярними є композиції на основі карбіду титану. Це пов'язано з високим екзотермічним ефектом реакції утворення карбіду титану з елементів (2), що забезпечує широкий вибір матеріалу зв'язки:



В результаті виділяється тепла температура твердих і розплавлених продуктів реакції досягає 2500-3500 К, тому реакція не залежить від зовнішніх джерел нагріву і може поширюватися як хвиля горіння, сама виробляє енергію для свого поширення. Незважаючи на високу температуру, перехід будь-якого з компонентів суміші в газову фазу незначний, і їм можна знехтувати.

Крім цього, висока твердість і зносостійкість карбіду титану забезпечують відмінні механічні властивості композицій на його основі. В якості металевих зв'язок використовують залізо, нікель, кобальт, алюміній, мідь і сплави на їх основі.

У відповідності зі сказаним для дослідження в якості вихідних матеріалів використовували порошки титану марки ВТ1-0 і вуглецю марки ПМ-15 з метою синтезування карбіду титану. А також для збільшення теплового ефекту і зносостійкості оксид заліза Fe_2O_3 , алюмінієвий порошок (пудра) ПАП-1 ГОСТ 5494-95 і термореагуючий порошок алюмінідами нікелю ПТ-НА-01. Функцію металевої зв'язки (матричного матеріалу) виконував самофлюсуючий наплавочний порошок марки ПГ-10Н-01 і ПТ-НА-01.

СВС проводили на циліндричних зразках в умовах фронтального здійснення синтезу. Підпалювання реагуючого складу здійснювалося електричною дугою (рис. 1).



Рисунок 1 – СВС-процес формування композиційного матеріалу 70% (Ti+C+Fe₂O₃+Al) + 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01

Після отримання композиційного матеріалу у вигляді спека здійснювали його дроблення, додавали матричний матеріал ПГ-10Н-01 в кількості 80-90% і здійснювали механоактиваційну обробку для поліпшення технологічних властивостей при наплавленні (рис. 2).

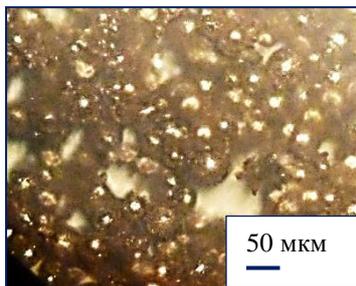


Рисунок 2 – Композиційний матеріал 10% (70% (Ti+C+Fe₂O₃+Al) + 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01) + 90% ПГ-10Н-01 після механоактиваційної обробки (180 с)

Результати досліджень мікротвердості покриттів, отриманих з композиційних матеріалів состава 10% {(70% (Ti+C+Fe₂O₃+Al) + 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01) + 90% ПГ-10Н-01} и {20% (70% (Ti+C+Fe₂O₃+Al) + 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01) + 80% ПГ-10Н-01}, свідчать про те, що в наплавленому шарі присутні частки карбідів імовірно це карбід титану TiC і заліза Fe₃C. Так, наприклад, мікротвердість покриття, отриманого шляхом наплавлення композиційного матеріалу складу {20% (70%

(Ti+C+Fe₂O₃+Al) + 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01) + 80% ПГ-10Н-01} на сталеву основу, перевищує мікротвердість матричного металу (520 HV) і становить 780 HV. Товщина перехідної зони між наплавленим шаром і металом основи дорівнює ~ 200 мкм.

Результати триботехнічних випробувань наплавлених матеріалів показали явні переваги покриттів, наплавлених композиційним матеріалом {20% (70% (Ti+C+Fe₂O₃+Al) + 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01) + 80% ПГ-10Н-01} в порівнянні з покриттям з матеріалу матриці ПГ-10Н-0. Так інтенсивність зношування покриття в процесі нормального тертя в середовищі індустріального мастила, наплавленого з композиційного матеріалу {20% (70% (Ti+C+Fe₂O₃+Al) + 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01) + 80% ПГ-10Н-01}, отриманого по СВС технології, в 2 рази менше, ніж покриття ПГ-10Н-01.

Випробування на абразивне зношування досліджуваних матеріалів в умовах при терті о закріплені абразивні частинки оцінювали відповідно до ГОСТ 17367. Як свідчать результати випробувань на зносостійкість наплавлених дуговим методом матеріалів (рис. 7), абразивна зносостійкість КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) в 1,5 раз, а КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) в 1,7 раз перевищує показник для самофлюсівного сплаву ПГ-10Н-01.

Мікроструктура композиційного матеріалу більш дрібнозерниста і має однорідний характер.

Список літератури

1. Евстигнеев В.В. Получение и исследование наноструктурных детонационных покрытий на деталях машиностроения с использованием механокомпозитов типа TiB₂-Cu / В.В. Евстигнеев, В.И. Яковлев, С.И. Гибельгауз и др. // Ползуновский вестник. – 2007. - № 4. – С. 155-161.
2. Собачкин А.В. Морфология покрытий из многокомпонентных, предварительно механо-активированных порошков СВС-композитов / А.В. Собачкин, И.В. Назаров, В.И. Яковлев // Обработка металлов. – 2012. - № 3(56). – С. 141-144.
3. Собачкин А. В. Применение метода механостимулированного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для создания многокомпонентных композиционных наплавочных материалов [Текст] / А.В. Собачкин, В.И. Яковлев, А.А. Ситников // Инновации в машиностроении : труды 4-ой Международной научно-практической конференции / под ред. Х.М. Рахимянова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – С. 287–291.
4. Merzhanov A.G. SHS technology / A.G. Merzhanov // Adv. Mater. – 1992. – Vol. 4. – No. 4. – P. 294-295.
5. Merzhanov A.G. Advanced SHS ceramics: Today and tomorrow morning / A.G. Merzhanov // Ceramics: Toward the 21st century. Symposium on Ceram.Proceedings.Commemorating the Centennial of the Ceram.Soc. of Japan / Eds. N. Soda, A. Kato. 16-18 October, 1991. Yokohama, Japan. Tokyo: CeramSoc. Jap. Publ., 1991. – P. 378-403.
6. Luzan, S.A., Sidashenko, A.I., Luzan, A.S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using shs-process (2020) Metallofizika i Noveishie Tekhnologii, 42 (4), pp. 541-552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>
7. Luzan, S.O., Luzan, A.S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni–Cr–B–Si System with Inclusions of Dispersed Phases (2020) Materials Science, 56 (3), pp. 381-388. DOI: 10.1007/s11003-020-00441-x

ВПЛИВ ДИСПЕРСНИХ БОРОМІСТКИХ ДОБАВОК НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПОКРИТТІВ СИСТЕМИ NI-CR-B-SI

С.О. Лузан, *д-р техн. наук, проф.*,
*Харківський національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м.
Харків, Україна*

В даний час досить активно розвивається метод отримання порошкових матеріалів шляхом саморозповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС), з попередньою механоактивною обробкою їх складових компонентів. Попередня механічна активація порошкових реагуючих сумішей є ефективним способом управління реакцією твердофазного горіння для синтезу неорганічних матеріалів.

Тому в даний час інтенсивно розширюється область застосування композиційних матеріалів, синтезованих за технологією СВС-процесу, що механічно активується.

Відомо, що сполуки металів з бором – бориди, мають високу твердість з пластичними властивостями і високу хімічну інертність, є одним з найбільш ефективних і економічних мікролегуючих елементів сталі. У більшості випадків мінімальна концентрація бору в металі для отримання позитивного результату становить близько однієї тисячної масової частки відсотка. Унікальність бору полягає в тому, що при такому малому вмісті в сталі, він здатний надавати на її властивості вплив, еквівалентний дії значно більшої кількості таких легуючих елементів, як Cr, Mo, Ni та ін. [1].

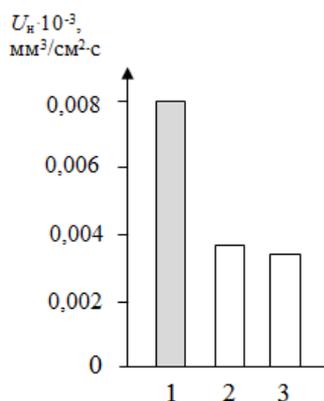
В якості вихідних матеріалів для отримання композиційного матеріалу використовували порошки титану марки ВТ1-0, бору В, вуглецю марки ПМ-15 з метою синтезування карбіду і дибориду титану. Крім того, для збільшення теплового ефекту в процесі синтезу карбіду і дибориду титану в механічну суміш вводиться терморреагуючий порошок алюмінід нікелю ПТ-НА-01, алюмінієва пудра (порошок) ПАП-1 ГОСТ 5494-95 і оксид заліза Fe₂O₃. Фракційний склад всіх вихідних порошкових компонентів знаходився в межах (63...100) мкм. Співвідношення компонентів в суміші було еквімолярним, щоб в результаті подальшої СВС-реакції відбувався синтез карбіду і дибориду титану, карбіду заліза стехіометричного складу.

Обрані компоненти змішувалися, і отримана порошкова суміш піддавалася механічній активації, яка здійснювалася в планетарних кульових млинах АГО-2. У проведених експериментах обсяг барабанів – 160 см³, діаметр куль – 4-5 мм, маса куль – 200 г. Час процесу механоактивації варіювався в діапазоні від 2 до 6 хвилин.

Отримання КМ здійснювалося в два етапи: 1) змішування порошків Ti, B, C, Fe₂O₃, Al, ПТ-НА-01 і їх спільна механоактивація, додавання едального – клей марки "Метилан", формування циліндра і сушка, ініціація СВС-процесу, в ході якого синтезуються частки бориду титану, хрому та ін.; 2) дроблення спека і змішування отриманого порошку з промисловим порошком марки ПГ-10Н-01 ТУУ 322-19-004-96, механоактивація отриманої порошкової суміші; додавання в механоактивовану порошкову суміш рідкого скла ГОСТ 13078-81 до придбання нею пастоподібного стану.

Приготовану пасту наносили на підготовлену для наплавлення поверхню сталевій пластини (сталь 20), і після просушування здійснювали наплавлення графітовим електродом діаметром 10 мм, струм наплавлення 80-120 А, полярність - пряма. Дугове наплавлення виконували з використанням інверторного джерела живлення Патон ВДІ-200Р DC TIG.

На рис. 1 представлені результати зносних випробувань наплавлених покриттів на машині тертя МІ за схемою диск-колодка в середовищі у середовищі індустриальної олії з питомим навантаженням 8 МПа.



1 – сплав ПГ-10Н-01; 2 – КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01);
3 – КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01)

Рисунок 1 – Зносостійкість наплавлених дуговим методом матеріалів в процесі нормального тертя

Тривалість випробувань $200 \cdot 10^3$ циклів або 16,6 годин, перед початком випробувань здійснювалась їх приробка в кількості $N = 30 \cdot 10^3$ циклів для забезпечення контакту по всій поверхні тертя. Виміри зносу шляхом зваження здійснювалися через кожні $20 \cdot 10^3$ циклів. Як показали результати випробувань зносостійкість КМ складу (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) в 2,1 рази перевищує зносостійкість самофлюсівного сплаву марки ПГ-10Н-01 ($0,0038 \cdot 10^{-3}$ і $0,008 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3/\text{см}^2 \cdot \text{с}$ відповідно), КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) в 2,35 рази ($0,0034 \cdot 10^{-3}$ і $0,008 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3/\text{см}^2 \cdot \text{с}$ відповідно) (рис. 1).

Випробування на абразивне зношування досліджуваних матеріалів в умовах при терті о закріплені абразивні частинки оцінювали відповідно до ГОСТ 17367. Результати випробувань на тертя о закріплені частки представлені на рис. 2. В якості контрольного матеріалу використовувався сплав ПГ-10Н-01, його зносостійкість була прийнята за одиницю.

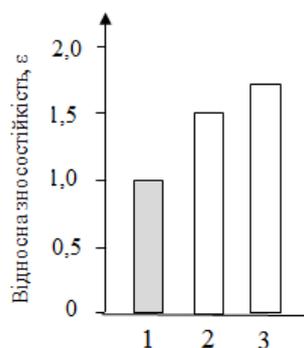
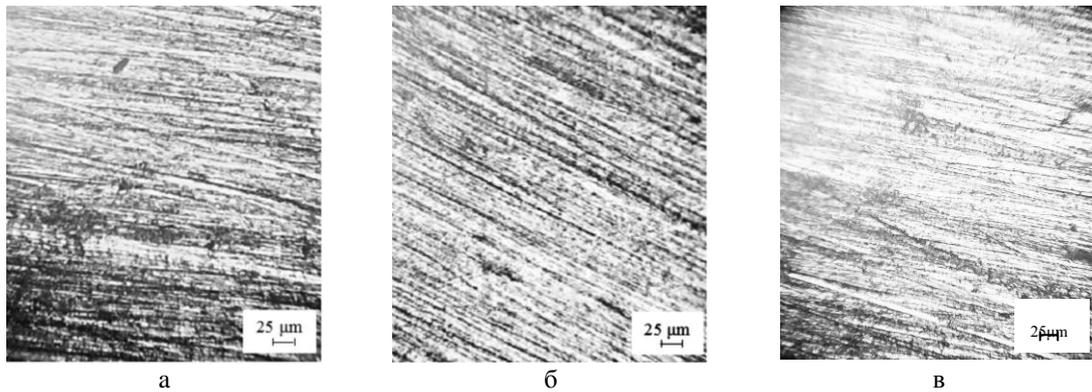


Рисунок 2 – Зносостійкість наплавлених дуговим методом матеріалів в умовах впливу закріплених частинок абразиву

Як свідчать результати випробувань на зносостійкість наплавлених дуговим методом матеріалів (рис. 2), абразивна зносостійкість КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) в 1,5 раз, а КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) в 1,7 раз перевищує показник для самофлюсівного сплаву ПГ-10Н-01.

Таким чином, наявність в наплавленому покритті дибориду титану (TiB_2), боридів хрому (CrB) і нікелю (Ni_3B), оксидів титану (TiO) та заліза (Fe_3O_4) призводить до зниження інтенсивності зношування [2, 3].

Морфологія поверхонь тертя також добре узгоджується з результатами випробувань на тертя о закріплені частки наплавлених покриттів ПГ-10Н-01 і КМ (рис. 3).



а – ПГ-10Н-01, б – КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01), в – КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01)

Рисунок 3 – Морфологія поверхонь тертя при зношуванні о закріплені частинки абразиву наплавлених матеріалів

При зношуванні в умовах впливу закріплених частинок абразиву виявлені досить глибокі паралельні канавки на покритті зі сплаву ПГ-10Н-01 (рис. 3, а).

Також зустрічаються і більш глибокі борозенки від відколовшихся твердих частинок боридів від нікелевої матриці. Рельєф поверхні зношування має нерівномірний характер. На поверхнях наплавлених покриттів з КМ спостерігаються неглибокі, дрібні і рівномірно розташовані подряпини від тертя (рис. 3, б і в), причому зі збільшенням вмісту МКМ подряпини стають більш дрібними. Це пояснюється введенням МКМ, який сприяє утворенню нових центрів кристалізації при наплавленні і в результаті призводить до подрібнення структури. Пластична матриця на основі нікелю ПГ-10Н-01 перерозподіляє напруги, забезпечуючи умови, в яких тверді складові займають сприятливе положення. Завдяки цьому усувається локальне підвищення контактного тиску і знижується ймовірність відриву твердих зносостійких частинок при введенні модифікуючого матеріалу в кількості до 20%.

Список літератури

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1998, – 744 с.
2. Luzan, S.A., Sidashenko, A.I., Luzan, A.S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using shs-process (2020) *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 42 (4), pp. 541-552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>
3. Luzan, S.O., Luzan, A.S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni–Cr–B–Si System with Inclusions of Dispersed Phases (2020) *Materials Science*, 56 (3), pp. 381-388. DOI: 10.1007/s11003-020-00441-x

4. ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

УДК 621.762

ЗАСТОСУВАННЯ ВАРІАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.О. Дубовик, канд. техн. наук, доц.,
В.В. Пукалов, канд. техн. наук, доц.,
А.Є. Солових, канд. техн. наук, доц.,
О.І. Дарієнко, студ.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Серед методів підвищення надійності деталей машин і обладнання широке поширення отримали технологічні методи. При цьому досить актуальним методом зміцнення є пластичне деформування робочих поверхонь. Це пояснюється можливістю формування на робочих поверхнях деталей внутрішніх напружень стискуючого характеру.

Величина і характер розподілу внутрішніх напружень в деталях по різному впливають на експлуатаційні характеристики, зокрема на надійність сполучень і машини в цілому. Відомо [1, 2, 3], що внутрішні напруження стискуючого характеру підвищують працездатність деталей машин в умовах знакозмінних навантажень, а розтягуючі напруження навпаки – знижують їх ресурс. Найбільш поширеними способами створення напруженого стану, які забезпечують зміцнення деталей є об'ємне та поверхневе деформування. Вони дозволяють цілеспрямовано формувати в матеріалах деталей комплекс заданих властивостей [4].

Для теоретичного дослідження напружено-деформованого стану як складової частини задачі термомеханіки часто виникає проблема вибору методу і засобів для опису поведінки матеріалів при їх зміцненні. На теперішній час відомо цілий ряд методів теоретичного аналізу процесів пластичного деформування та опису напружено-деформованого стану. Це інженерні, енергетичні та варіаційні методи.

Найбільш достовірно описують процеси формування внутрішніх напружень в деталях машин варіаційні методи. Це пояснюється тим, що варіаційні методи засновані на використанні закону збереження енергії чим подібні до енергетичних методів, але відрізняються більшою гнучкістю при описі процесів зміцнення при деформуванні. Варіаційні методи дозволяють нескладними засобами отримати якісну і кількісну оцінку зусилля деформування для складних задач та забезпечують досить точне їх вирішення.

Серед цих методів найчастіше використовують прямий варіаційний метод та метод кінцевих елементів. Перспективним методом опису напружено-деформованого стану, на нашу думку є метод кінцевих елементів, який поєднує механіку суцільних середовищ та сучасні методи чисельного аналізу. Відмінність методу кінцевих елементів від прямого варіаційного методу полягає в тому, що координатні функції (1) вибираються у виді кусково-лінійних функцій, що розширює можливості цього методу і значно спрощує рішення задачі.

$$v_k = a_1 \cdot \varphi_1(k) + a_2 \cdot \varphi_2(k) + \dots + a_n \cdot \varphi_n(k), \quad (1)$$

де v_k – компонента швидкостей (v_x, v_y, v_z);

k – узагальнена координата ($k=x, y, z, r, \theta$);

a_i – числові коефіцієнти – невідомі варіюємі параметри;

$\varphi_i(k)$ – координатні функції.

При цьому зусилля деформування можна подати у вигляді [5]:

$$\frac{\partial}{\partial a_i} \left[\sum_{h=1}^H \iiint_V \sigma_s \xi_i dV + \sum_{m=1}^M \iint_F \tau_k \sqrt{v_k^2 + v_l^2} dF + \sum_{n=1}^N \iint_G \tau_s |v_k - v_l| dG \right] = 0. \quad (2)$$

де ξ_i – інтенсивність швидкостей деформації;

v_k, v_l – компоненти швидкостей переміщення часток деформуємого тіла, які складають поле швидкостей;

k, l – узагальнені координати ($k=x, y, z, r, \theta$);

H – кількість областей, на які розбито зону деформації;

M – кількість поверхонь, де розраховується робота деформації;

N – кількість поверхонь розриву переміщень.

Процедура побудови таких функцій легко алгоритмується і може бути доручена ЕОМ. Лінійність координатних функцій дозволяє привести рішення системи складних інтегродиференціальних рівнянь (2) до системи лінійних рівнянь.

При цьому, для опису напружено-деформованого стану використовується варіаційний принцип Лагранжа, який полягає у мінімізації переміщень. А також варіаційний принцип задачі теплопровідності (3).

$$\begin{cases} I_1 = \int_V (\epsilon_{ij} \epsilon_{ji}) \\ I_2 = \int_V \Theta \end{cases}, \quad (3)$$

де $\epsilon_{ij} \epsilon_{ji}$ - пластичні деформації;

Θ – температура тіла.

При цьому отримується система рівнянь виду [6]:

- для переміщень в матеріалі

$$\begin{cases} U_x = a_1 + b_1 x + c_1 x + d_1 xy \\ U_y = a_2 + b_2 x + c_2 x + d_2 xy \end{cases}. \quad (4)$$

- для температурного стану

$$\Theta = a_3 + b_3 x + c_3 x + d_3 xy. \quad (5)$$

Після апроксимації наведених рівнянь отримуються рівняння пластичних деформацій:

$$\begin{cases} \epsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x} \\ \epsilon_{yy} = \frac{\partial u_y}{\partial y} \end{cases}.$$

Із відомих співвідношень знаходяться компоненти напружень і пластичних деформацій.

Тому для континуальних задач метод кінцевих елементів здійснює наближений перехід до дискретної задачі і відповідних кусково-лінійних (поліноміальних) функцій. Алгоритм методу кінцевих елементів особливо ефективний для рішення дво- і тривимірних задач, але потребує використання значних обчислювальних потужностей.

Список літератури

1. Биргер И.А. Остаточные напряжения. Государственное научно-техническое изд-во маш. строит. литературы, М.: 1963. - 232 с.
2. Джеймс, Ибрим и др. Экспериментальное сравнение нескольких современных вязкопластических моделей материалов при повышенной температуре// Теор. основы инженерных расчетов. – 1988. - № 1. – С. 52 – 68.
3. Аулін В.В., Дубовик В.О., Красота М.В. Вплив напружено-деформованого стану циліндричної деталі на її зносостійкість. Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: „Технічні науки”. – Луганськ: Вид-во ЛНАУ – 2006. – № 64 (87). – С. 26-30.
4. Кулешков ЮВ., Дубовик В.О. Зміцнення корпусів шестеренчатих насосів шляхом створення залишкових напружень стискання. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2006. – № 1. –

С. 30-32.

5. Шевченко Ю.Н. Термомеханические процессы деформирования элементов твердого тела (обзор)// Прикл. механика. 1994. – 30, № 3. С. 3 – 24.
6. Сенченков И.К., Табиева Г.А. Определение параметров модели Боднера-Партома термовязкопластического деформирования материалов// Прикл. механика. 1996. – 32, № 2. – С 64 – 72.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖЕЛЕЗОХРОМВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ-ЗВ'ЯЗКИ ПОРОШКОВИХ КАРБИДОСТАЛЕЙ

М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доц.,
О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доц.,
М.М. Бриков, д-р техн. наук, проф.,
Т.О. Акритова, асп.,

Національний університет "Запорізька політехніка", м. Запоріжжя, Україна

На кафедрі "Обладнання та технологія зварювального виробництва" НУ "Запорізька політехніка" давно і успішно для різних деталей застосовуються матеріали, що зазнають в процесі зношування в поверхневому шарі деформаційні $\gamma \rightarrow \alpha$ – перетворення, що супроводжуються підвищенням твердості до 12,0-12,5 ГПа поверхні, що зношується. Це призводить до підвищення зносостійкості і довговічності деталей обладнання [1, 2].

Як показали дослідження, проведені на кафедрі ОТЗВ раніше для литих кованих сталей, в діапазоні хімічного складу від 1,0 % до 1,4 % вуглецю і від 1,0 % до 5,4 % хрому забезпечується найбільша ступінь зміцнення і зносостійкості основи безкарбідної сталі [3].

Для ще більшого підвищення зносостійкості сплаву необхідно збільшити кількість карбідної фази в його структурі. Однак в литих сплавах з термомеханічною обробкою збільшення їх загального легування для підвищення кількості карбідної фази не дозволяє зберігати оптимальну високозносостійку матрицю.

У зв'язку з цим, для створення зносостійких матеріалів безсумнівний інтерес представляють методи порошкової металургії, які дозволяють механічно насичувати оптимальну матрицю матеріалу будь-якими твердими включеннями (карбідами, боридами та ін.). У цьому випадку з'являється можливість виготовлення матеріалів із структурою і властивостями, які недосяжні для литих сплавів.

Завдання даної роботи – визначення впливу типу шихтових компонентів на можливість отримання в структурі загартованого порошкового матеріалу залишкового аустеніту, визначення його здатності до фазових $\gamma \rightarrow \alpha$ - перетворень у процесі зношування, визначення впливу способу компактування порошкового матеріалу на формування структури при подальшій термічній обробці.

Досліджувалися процес пресування, отримані формуванням шихти, яка складається з порошків заліза і карбіду хрому. В якості шихтових компонентів гарячештампованих матеріалів використовували порошок заліза ПЖВ 1.160.24 ГОСТ 9849-86 і порошок карбіду хрому Cr_3C_2 виробництва Донецького заводу хімічних реактивів ТУ 6-09-02-403-75. За рівнем легування виготовлялися два типи порошкових сталей: ПХ6 і ПХ12, які містять у складі шихти 7,5 % і 14,0 % мас. карбіду Cr_3C_2 відповідно. Рівень легування порошкового матеріалу ПХ6 практично відповідає необхідному для матриці зносостійкого матеріалу, а легування матеріалу ПХ12 досягає рівня інструментальної сталі Х12.

Створення шихти вироблялося безпосередньо перед змішуванням шляхом зважування у необхідній пропорції компонентів у фарфоровому посуді з точністю до 1 г. Маса однієї композиції не менше 1000 г. Змішування шихти проводили в лабораторному змішувачі, що складається з приводу і сталевих барабанів, вісь обертання якого нахилена під кутом 15° до горизонтальної площини. Кількість шихти в барабані не перевищувала 33 % його об'єму. Для поліпшення якості змішування в шихту додавали сталеві кулі діаметром 15-20 мм. Час змішування становив 4-6 годин.

Холодне пресування здійснювали на гідравлічному пресі ДБ2432А при питомому тиску 500-700 МПа в жорсткій прес-формі. Розмір зразків 10 мм × 15 мм × 17 мм. Спінання

пресовок проводилося при температурі 1100 °С в електричній печі з карбідокремневими нагрівачами від 5 год до 30 год. Хімічний склад визначали спектральним методом за стандартними методиками.

Досліджувалися також порошкові сталі ПХ2 і ПХ12Ф1, отримані способом гарячого ізостатичного пресування розпорошеного порошку.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Легування залізної основи порошкових сталей вуглецем і хромом шляхом складання композицій: порошок заліза і порошок карбіду хрому Cr_3C_2 , дозволяє отримувати хромисті сталі шляхом використання традиційних технологій твердофазного спікання і ущільнення порошкових матеріалів.

2. Основним недоліком матеріалів, синтезованих з порошоків заліза і карбіду Cr_3C_2 , є неоднорідність структури сталі у термообробленому стані, що не дозволяє ефективно використовувати деформаційне зміцнення поверхні тертя матеріалу для підвищення його опірності зношуванню.

3. Підтверджено, що для виготовлення порошкових хромистих сталей з однорідною структурою у термообробленому стані необхідно в якості шихтових компонентів застосовувати розпорошені порошки.

4. Встановлено, що залишковий аустеніт порошкових залізохромвуглецевих матеріалів зазнає деформаційні фазові перетворення при зношуванні, які супроводжуються підвищенням твердості поверхні тертя до 12,5 ГПа.

5. Визначено, що для порошкових хромистих сталей, синтезованих з розпорошених порошоків, товщина зони, в якій відбуваються деформаційні $\gamma \rightarrow \alpha$ - перетворення становить 10-12 мкм, мікротвердість зміцненої зони знижується з 12,5 до 4,5 ГПа, а кількість залишкового аустеніту зростає з 3 до 30% за експоненціальною залежністю в міру віддалення від поверхні тертя до серцевини матеріалу.

Список літератури

1. Попов В.С., Брыков Н.Н., Дмитриченко Н.С. Износостойкость пресс-форм огнеупорного производства. - М.: Металлургия, 1971.- 160 с.
2. Попов В.С., Брыков Н.Н., Дмитриченко Н.С., Приступа П.Г. Долговечность оборудования огнеупорного производства. - М.: Металлургия, 1978. - 232 с.
3. Сопротивляемость абразивному изнашиванию сплавов со структурой метастабильного аустенита в зависимости от их химического состава / Попов В.С., Брыков Н.Н., Андрущенко М.И., Гапон А.А., Осипов М.Ю. // Трение и износ. – 1991.- Т. 12.- № 1.- С. 163-170.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ ШТАМПІВ ПРЕС-ФОРМ

Т.О. Акритова, асп.,

М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доц.,

О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доц.,

Р.А. Куликовський, канд. техн. наук, доц.,

Національний університет "Запорізька політехніка", м. Запоріжжя, Україна

До необхідних складових металургійної промисловості України відноситься виробництво вогнетривких виробів. Ефективність роботи вогнетривкого виробництва значною мірою залежить від терміну служби деталей устаткування й пресового оснащення. Одними із швидкозношуваних деталей пресового оснащення є змінні штампи прес-форм. Строк їх служби не перевищує 6...8 змін при виготовленні шамотних виробів і 1...3 зміни при пресуванні мулітокорундових, частка яких в загальному обсязі останнім часом помітно збільшується. Нерівномірний знос штампів прес-форм призводить до зниження якості поверхні кінцевих виробів, до якої пред'являються жорсткі вимоги, особливо до точності геометричних параметрів.

Мета роботи полягає у виборі раціональної технології відновлення і зміцнення штампів прес-форм для підвищення ефективності експлуатації пресового оснащення. Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати наступні задачі:

- проаналізувати конструкцію, матеріал штампів та основні параметри їх експлуатації;
- визначити характер зношування пластин штампів;
- зазначити вимоги, які пред'являються до штампів прес-форм;
- проаналізувати технології відновлення і зміцнення штампів прес-форм.

Конструктивно штампи помітно відрізняються один від одного у зв'язку з тим, що номенклатура вогнетривких виробів за формою та розмірами дуже широка. Вони можуть бути як у вигляді пластин простої форми, так і деталей складної конфігурації. В якості матеріалів для виготовлення штампів застосовують сталі марок 18ХГТ, 20Х, 08Х13 та ін. Після механічної обробки деталі піддаються цементації й гартуванню.

Виробництво формованих вогнетривких виробів здійснюється шляхом напівсухого пресування у двосекційних прес-формах. Встановлено, що швидкість пресування вогнетривких виробів залежить від типу преса і знаходиться в межах 0,1...0,2 м/с. При такій швидкості температура поверхні деталей може доходити до 45...55° С. Питомі зусилля пресування залежать від розміру і форми виробу, властивостей пресованої маси й варіюється в межах 14...35 МПа. Основними абразивними елементами вихідної маси для пресування алюмосилікатних шамотних і мулітокорундових вогнетривких виробів являються шамот та мулітокорунд, мікротвердість яких становить 12,3 ГПа і 18 ГПа відповідно.

Згідно аналізу умов експлуатації деталей пресового оснащення, можна зробити висновок, що причинами виходу з ладу штампів прес-форм є безударне абразивне зношування робочої кромки та шаржування робочої поверхні абразивною масою.

За результатами аналізу основних параметрів експлуатації та характеру зношування деталей пресового оснащення встановлено, що штампи прес-форм повинні відповідати наступним вимогам:

- 1) робоча кромка повинна ефективно чинити опір абразивному зношуванню при досить високому рівні в'язкопластичних властивостей;
- 2) поверхня штампів не повинна бути схильна до шаржування вогнетривкою масою;
- 3) величина зносостійкого шару повинна бути в межах допустимого зносу і складати 0,8...1 мм.

Встановлено, що в умовах безударного абразивного зношування оптимальна структура штампів має містити не менше 25...40% карбідів твердістю сумірною твердості абразиву (для цього вміст хрому має становити 10...13%); матриця повинна містити близько 80% метастабільного аустеніту і 20% мартенситу. Отже одним зі шляхів підвищення зносостійкості є використання матеріалів, що містять у структурі карбіди хрому, які перебувають в аустенітно-мартенситній матриці. Однак високохромисті чавуни або ледебуритні сталі типу X12, у яких велика кількість карбідів, не мають достатнього запасу пластичності. Складність вибору технології відновлення і зміцнення штампів полягає в тому, що деталі прес-форм повинні володіти як високою зносостійкістю, так і досить високою міцністю і пластичністю. Проблема ускладнюється ще і тим, що перед наплавленням зносостійкими матеріалами потрібен підігрів штампа. А це приводить до зниження твердості цементованого шару на робочій поверхні штампа і, в результаті цього, до зниження опірності шаржуванню поверхні абразивними частками в процесі пресування.

Отже, відсутність ефективного технологічного процесу зміцнення й відновлення штампів прес-форм обумовлено рядом причин:

- використання матеріалів для наплавлення, які містять карбіди, призводить недостатнього рівня в'язкопластичних властивостей наплавленого металу. До того ж наплавлення кромки штампу цими матеріалами практично не можливе без утворення гарячих або холодних тріщин;

- у процесі наплавлення внаслідок нагрівання відбувається надмірне зниження твердості робочої поверхні, що при повторній експлуатації штампів призводить до налипання вогнетривкої маси і браку пресованого виробу;

- швидкість охолодження наплавленого металу в різних частинах валика істотно відрізняється, що перешкоджає одержанню необхідної однакової структури й спричиняє нерівномірність зношування кромки штампу;

- висока схильність наплавленого металу до сколювання в процесі роботи штампів через неоднорідність розподілу карбідів;

- механічна обробка різальним інструментом поверхні, яка наплавлена зносостійкими матеріалами високої твердості, ускладнена, а в ряді випадків практично неможлива.

Для уникнення зазначених ускладнень технологічний процес відновлення і зміцнення штампів можливо провести комбінованим способом у два етапи. Перший етап складається з наплавлення кромки штампу з подальшою обробкою штампу лезовим інструментом в остаточний геометричний розмір. На другому етапі проводиться цементация з наступним гартуванням для забезпечення оптимальної структури металу в умовах безударного абразивного зношування. Однак, питання про те, яким повинно бути співвідношення вихідного вмісту вуглецю й кількість карбідоутворюючого елементу в наплавленому металі, способи й режими цементации та гартування потребує подальших досліджень.

Згідно аналізу основних параметрів експлуатації пресового оснащення та характеру зношування деталей прес-форм визначено вимоги, які пред'являються до пластин штампів. Зазначено, що оптимальна структура металу штампу повинна характеризуватися наявністю 80% метастабільного аустеніту і 20% мартенситу, а також містити 25...40% карбідів. Визначені ускладнення, які виникають при відновленні штампів наплавленням зносостійкими матеріалами, які містять карбіди. Запропоновано для усунення зазначених ускладнень комбінований спосіб відновлення і зміцнення штампів шляхом наплавлення з наступною хіміко-термічною обробкою.

SURFACE MODIFICATION OF 18HGT STEEL BY PLASMA THERMOCYCLING NITRIDING TREATMENT

Dolgov N.A., *D.Sc., Associate Professor,*
Rutkovsky A.V., *PhD, Senior Research Scientist,*
Pisarenko Institute for Problems of Strength, Nat. Ac. Sci. of Ukraine, Kiev, Ukraine,

Using of external fields for the processing of new materials and coating has seen renewed interest in recent years. Enhancement techniques to improve surface properties and bulk features of materials by energy field treatment have attracted increasing attention [1, 2]. Many scholars have done researches on the improvement of material properties by magnetic, electric, and ultrasonic fields, and remarkable results have obtained. Pulsed fields are favoured for minimizing energy consumption [3, 4]. The surface modification of steel and alloys using plasma nitriding is an efficient and reliable technique that can be used in the manufacturing and machining industries primarily to treat engine components as well machine tools [4, 5].

In this study, the effect of plasma nitriding treatment with thermal cycling on the microstructure and microhardness of 18HGT steel (0.2C, 0.27Si, 1.0Mn, 0.06Ti, 1.3Cr) was analyzed and studied. Each cycle induces high temperatures in a short time in the vacuum chamber, followed by an also fast cooling down.

Plasma thermocycling nitriding of steel samples has been carried out using pulse DC glow discharge. Plasma nitriding was performed in an atmosphere of a 25% N₂ and 75% Ar mixture. The gas flow rate was controlled by a mass flow meter. After nitriding for the required time, the specimens were cooled to room temperature in the vacuum chamber. Plasma thermocycling nitriding was performed at a pressure of 70 Pa and a temperature of (500 ± 25) °C. The plasma nitrided samples showed significant surface property improvements: the dissolved nitrogen and the volume expansion of nitrides precipitation cause compressive residual stress in the diffusion layer.

The heating process for 2 hours is to heat up to 500 °C, then plasma nitriding at 500 °C for 9 hours, cooling in the vacuum chamber for 6 hours. Figure 1 presents the process schematically.

Specimens for optical microscopy and those for measurement of microhardness were cut in half and mounted in holders. They were then ground, polished, and etched in 3% nital. Measurements of microhardness were performed using a Vickers indenter at a load of 50 g. The surfaces of the specimens were observed in a XS-6220 microscope, and the structure of the layers was observed using a Leica DM IRM optical microscope (Fig. 2).

As a result of nitriding, layers approximately 500 µm thick were obtained. Measurements of microhardness performed on the transverse cross-section of specimens showed that the microhardness in the diffusion zone of the samples was higher than that for the core zone. The thicknesses of the nitrided layers were determined from the microhardness profile. The measurements started at 50 µm depth from the edge of the specimen with an increment of 100 µm per measurement afterwards.

Plasma thermocycling nitriding has advantages compared to other techniques of surface engineering: lowering time of the process, lowering dimensional changes, no need for final finishing mechanical treatment, lowering the cost of treatment, the harmlessness of plasma nitriding. Despite the above-mentioned advantages, there are also some problems for the plasma thermocycling nitriding method. Some of them are as follows: the difficulty of processing with reproducible results, nonuniformity of the temperature distribution on the surface of the specimens, surface damage by arcing discharge.

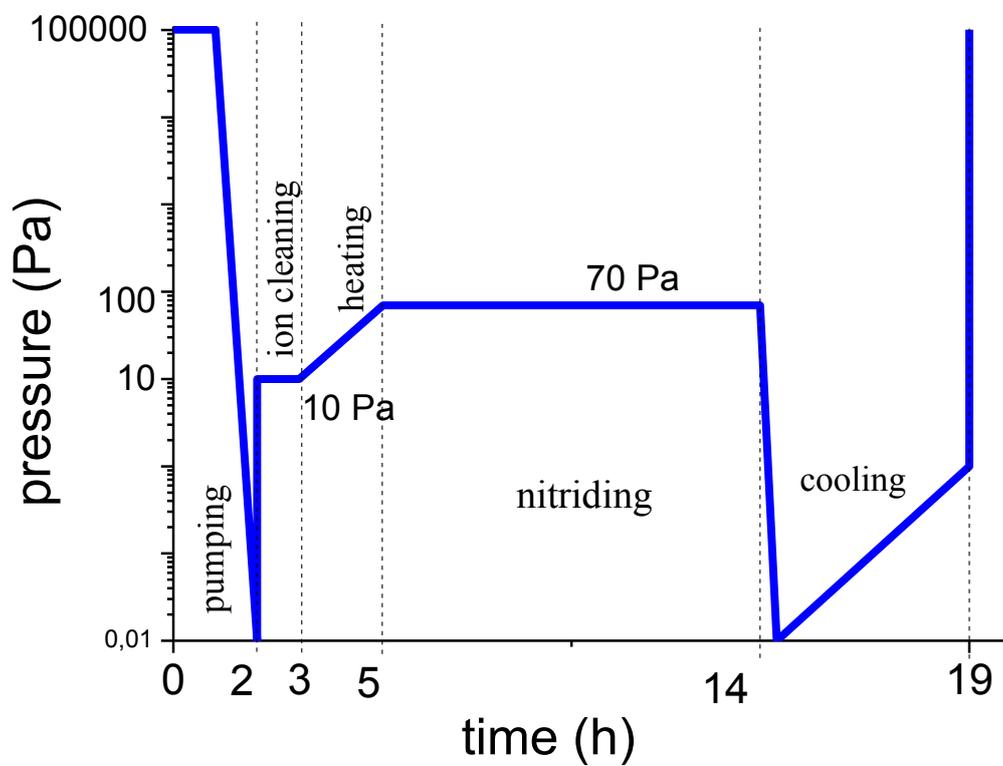
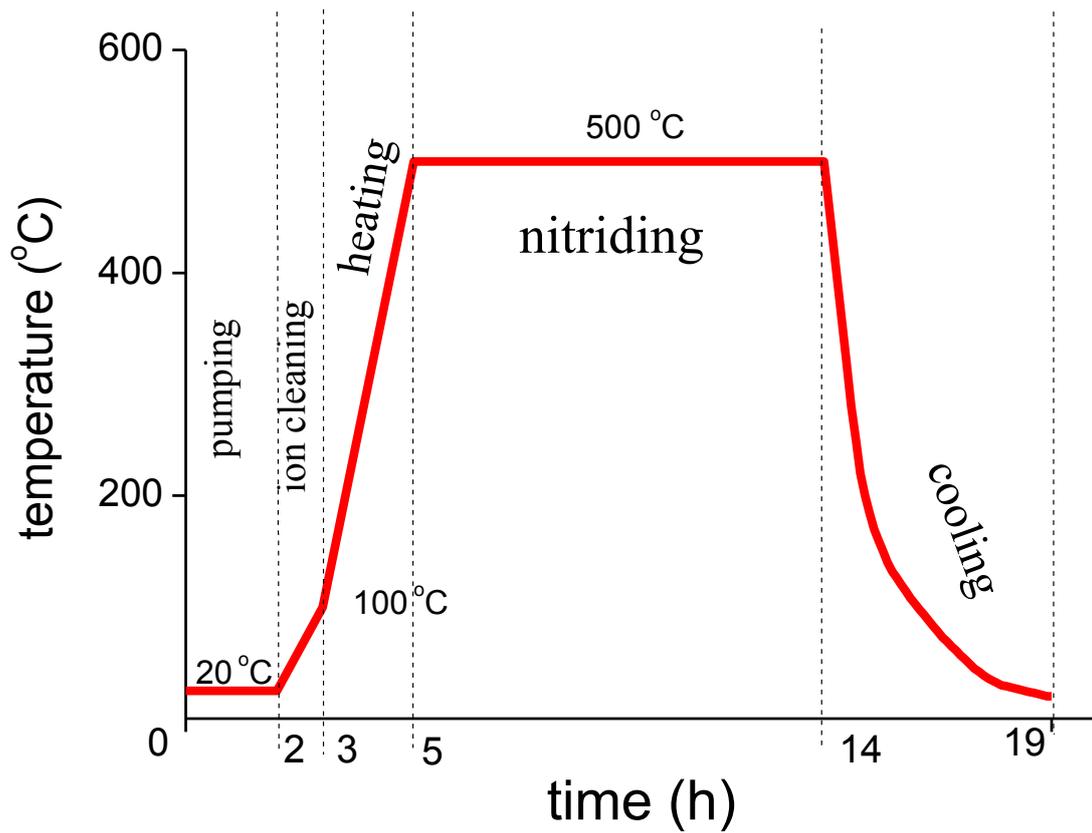


Fig. 1 – Process schematic of plasma thermocycling nitriding

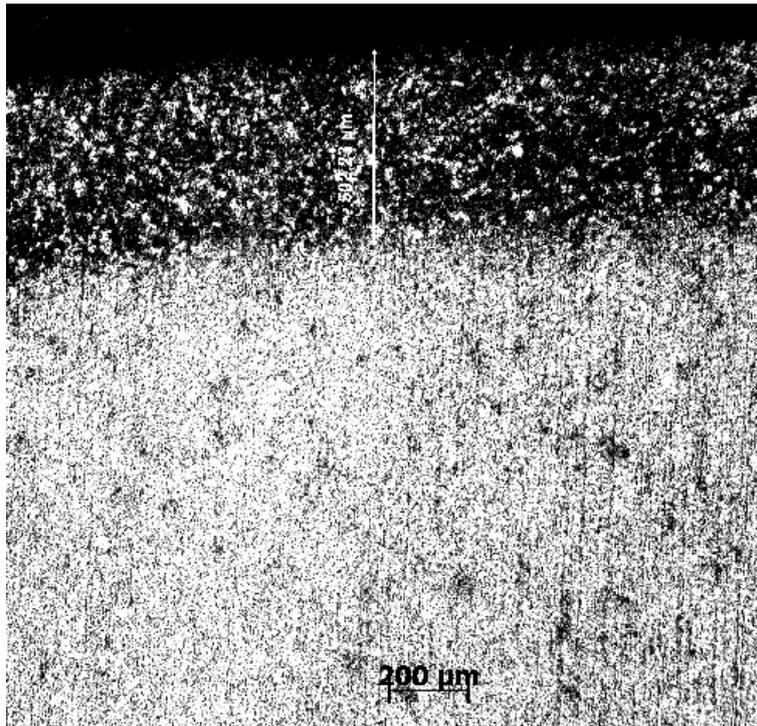


Figure 2 – Optical microscopy of the cross section of the 18HGT steel after the nitriding thermocycling process, etched with 3% nital solution

Список літератури

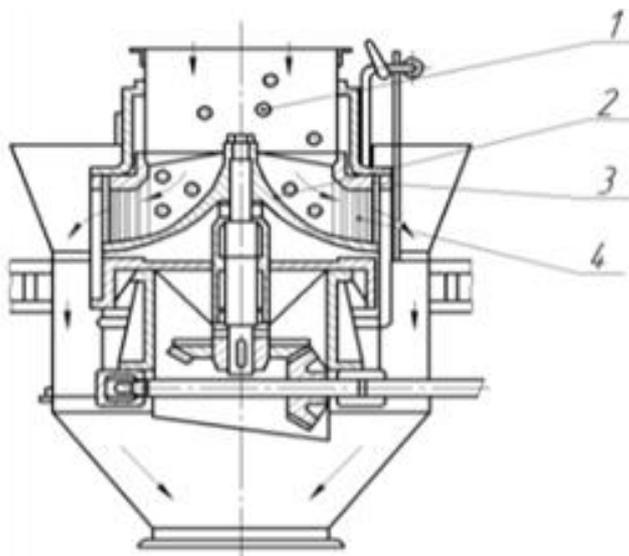
1. Guillon O., Elsässer C., Gutfleisch O. et al. Manipulation of matter by electric and magnetic fields: Toward novel synthesis and processing routes of inorganic materials // *Materials Today*. – 2018. – V. 21, No 5. – P. 527 – 536.
2. Dolgov, M. A., Zubrets'ka N. A., Buketov A. V., Stukhlyak P. D. Use of the method of mathematical experiment planning for evaluating adhesive strength of protective coatings modified by energy fields // *Strength of Materials*. – 2012. – V. 44, No 1. – P. 81 – 86.
3. Dolgov N. A., Rutkovsky A. V. Plasma Thermocycling Nitriding: An Improved Method for Surface Treatment // XVI International Conference Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (dedicated to memory Professor Dmytro Freik). *Materials*. / Ed. by Prof. Prokopiv V.V. – Ivano-Frankivsk : Publisher Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 2017. – P. 46.
4. Dolgov N.A., Rutkovsky A.V. The influence of plasma thermocycling nitriding treatment of 18HGT steel on the microhardness / *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції: у 2-х т. / Національний університет "Чернігівська політехніка" [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко А.М. [та ін.]. – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 2. – 16 – 17 с.*
5. Biehler, J., Hoche H., Oechsner M. Corrosion properties of polished and shot-peened austenitic stainless steel 304L and 316L with and without plasma nitriding // *Surface and Coatings Technology*. – 2017. –V. 313. – P. 40 – 46.

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ, УМОВ РОБОТИ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ НОЖІВ МАШИН ПЕРЕРОБКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

В. М. Бабка, канд. техн. наук, доц.,
А. В. Новицький, канд. техн. наук, доц.,
І. С. Харьковський, канд. техн. наук,
Ю. В. Бабка, магістр

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Найбільш поширеними в цукровій промисловості є відцентрові бурякорізки [2]. Основними їх перевагами є простота конструкції та високої продуктивності. Відцентрова установка працює наступним чином. Буряк, що підлягає подрібненню 1 надходить в нерухомий циліндр 2 із закріпленими в ньому двоножовими рамками 3, розкручується равлик 4 і під дією відцентрових сил притискається до ножових рамок, просувається по стінках уздовж граней ножів і подрібнюється. Далі стружка переміщується в дифузійний апарат.



1 – коренеплід; 2 – циліндр; 3 – двоножові рамки; 4 – равлик

Рисунок 1 – Подрібнення цукрових буряків в стружку відцентровою установкою

Конструктивно подрібнення цукрових буряків у відцентровій установці являє собою рубуючий похилий процес. Робота різання при цьому витрачається на створення пружної та пластичної деформації тканини буряка, а також на подолання сил тертя пари "ніж - буряк". Буряк, що представляє собою складний біологічний об'єкт, в силу своєї будови характеризується твердістю, а в період технологічної стиглості має ще й задерев'янілу структуру. Згідно технології подрібнення, вихід бурякового соку з розчиненої в ньому сахарозою в значній мірі залежить від процесу подрібнення буряків та якості отриманої бурякової стружки, що забезпечується конструктивними особливостями і технічним станом ножа.

Конструкція ножа (рис. 2) повністю пристосована для отримання стружки з обґрунтованими конструктивно-технологічними параметрами: формою, товщиною; довжиною [5].



Рисунок 2 – Конструкція ножа відцентрової установки для подрібнення буряків 1011-В

Ножі для подрібнення буряків відцентрової установки (рис. 2) [5] являють собою зигзагоподібну ріжучу площину з ромбовидними гранями. При інерційному контакті з буряком, що подрібнюється, у відцентровій бурякорізці завдяки загостреній ріжучій крайці забезпечується часте і хаотичне поздовжньо-поперечне зрізання коренеплоду. Ножі змонтовані в ножовій рамці закріплені на нерухомому циліндрі установки за допомогою кріпильних пазів. У кожній рамці знаходяться два ножа, а кількість рамок в установці залежить від продуктивності і може становити 9, 12, 16 штук.

Навантаження, що припадає на ріжучі грані ножів, носить досить складний характер та виникає від ударних впливів буряка [4, 5]. Досвід використання відцентрових установок показує, що руйнування різальних крайок і граней ножів можна класифікувати як процес зношування при різанні буряка та втомного руйнування, що протікає від циклічного ударного її впливу на площину граней. Як показали дослідження, велика частина ножів мають малу витривалість на згин при симетричному циклі навантаження, а напружена циклічність залежить від конструктивних особливостей відцентрової бурякорізки і перш всього від її продуктивності [1].

Для різання буряка застосовують наступні технології та матеріали ножів [3-6]: фрезеровані з вуглецевої і інструментальних сталей; ножі Голера, які штамповані з листової високовуглецевої сталі. Знос різальних крайок залежить від зносостійкості матеріалу і усувається шляхом перезаточування, кількість яких залежить від параметра вильоту різальних крайок.

Окремі дослідники зазначають, що якісні характеристики представлених ножів визначаються, збереженням конфігурації, корозійною стійкістю, зносостійкістю, ударною в'язкістю і шорсткістю поверхні робочої частини, невеликою схильністю до заїдання та гостротою ріжучої крайки ножа. Автори зазначають, що існує цілий ряд різних способів обробки ножів для подрібнення буряків з метою підвищення зазначених показників [3, 4].

Аналіз літературних джерел показує, що найбільш поширеними способами підвищення зносостійкості фрезерованих безреберних бурякорізальних ножів, що виготовлені із загартованих інструментальних сталей є наступні [3]: вакуумно-плазмовий спосіб обробки; обробка лазерним променем з наступним зміцненням тугоплавкими металами із парів; хіміко-термічна обробка.

Як зазначається в [5], ресурс ножів відцентрової установки для подрібнення буряків можна підвищити за рахунок використання методів пластичного деформування.

Список літератури

1. Валентас, К. Дж. Пищевая инженерия : справочник.: под ред. К. Дж. Валентаса и А. Л. Ишевского. СПб. : Профессия, 2004. 848 с.
2. Гребенюк С. М. Технологическое оборудование сахарных заводов. М.: Лег. и пищ. пром-ть, 1983. 342 с.
3. Науменко А. О. Розробка способу підвищення експлуатаційної стійкості ножів дванадцятирамних відцентрових бурякорізок. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Вип.183. Харків. 2017 С. 155-159.

4. Рудик Ф. Я. Скрябина Л. Ю., Ковылин А. П. Дефектное состояние ножей к центробежным установкам и повышение их усталостной прочности. Ремонт, восстановление, модернизация. 2014. № 8. С. 22–26.
5. Рудик Ф. Я., Богатырев С. А., Ковылин А. П., Тулиева М. С. Повышение эффективности измельчения сахарной свеклы в центробежных свеклорезках. Вестник МГУ. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-izmelcheniya-saharnoy-svekly-v-tsentrob>
6. Фабричнікова І. А., Коломієць В. В. Дослідження способів підвищення зносостійкості бурякорізних ножів. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип. 59 "Механізація с/г виробництва", Харків: ЧП Черв'як, 2007. С. 394-397.

EQUIPMENT FOR CYLINDER LINERS REPAIR**I.V. Shepelenko**, *associate professor, Ph.D***M.V. Krasota**, *associate professor, Ph.D**Central Ukrainian National Technical University, Ukraine***Warouma Arifa**, *Ph.D**Dan Dicko Dankoulodo University of Maradi, Niger*

The efficiency of using cylinder liners for finishing anti-friction non-abrasive treatment (FANT) on the basis of a honing machine with the use of a special honing head with abrasive and antifricition bars has been proven [1]. Using a similar scheme to ensure the centering of the tool relative to the hole being machined. It is advisable to use brass grades L62, L63 as the material of the rubbing element. A higher copper content is undesirable, since this affects the plastic properties of the material [2].

The author took the honing principle as the basis for the tooling for FANT cylinder liners [3], replacing the ceramic stones in the honing head with brass rollers with protruding working belts. This made it possible to increase the pressure on the working surface of the cylinder, as well as create conditions for the intensive transfer of material from the roller to the cylinder. The disadvantage of this design is the impossibility of regulating the pressure of the tool on the working surface, as a result of which the quality of processing decreases.

To increase the wear resistance of the treated surfaces, the productivity of the application process and the quality of the applied coating, a device has been developed for the friction-mechanical coating of the inner cylindrical surfaces in the medium gallium-indium alloy [4]. When processing a part, the device performs both reciprocating and rotary motion, and passing an electric current through a pair of "tool - part" allows you to maintain the material of the medium in a state of melt. It should be noted that the known designs of equipment and tooling for FANT cylinder liners do not provide the required performance for mass processing of cylinders, and the technologies used do not provide the necessary hardening of the cylinder working surface, and also do not provide optimal wear resistance of the part.

For many years, the Central Ukrainian National Technical University (Kropyvnytskyi) has been conducting research aimed at increasing the efficiency of the FANT application in the processing of cylinder liners. The result of these works was the creation of technologies, devices and technological environments that significantly increase the productivity and quality of FABO coatings when processing cylinder liners [5-7].

References

1. Balabanov V., Ischenko S., Bolgov V. Applying Nanoscale antifricition coatings by rubbing on machine parts, Nanotechnologies. Nanotechnology, Ecol Prod. 2010; 1(3): 104–107. [in Russian].
2. Chelyubeev V.V. Development and optimization of frictional brass plating modes for improving the cylinder liners running-in of engines in the maintenance conditions. Moscow State Agro-engineering University named after V. P. Goriachkin; 1998. 108 p. [in Russian].
3. Namakonov B.V. Increasing the durability of cylinder liners of internal combustion engines by the FANT method, Durability of rubbing machine parts. Moscow; 1990; 4: 139–141. [in Russian].
4. Garkunov, D.N. Finishing antifricition non-abrasive treatment (FANT) of friction surfaces of parts. RVM (Repair. Restoration. Modernization). 2009; 3: 36–41. [in Russian].
5. Shepelenko I.V., Sherkun V.V., Gutsul V.I. Increasing the efficiency of finishing antifricition non-abrasive treatment, Innovative technologies in the agro-industrial complex. Materials of the 1st all-Ukrainian scientific and practical conference. Melitopol; 2020; 1: 35–38. [in Russian].
6. Shepelenko I., Cherkun V., Warouma A. Improvement of finishing antifricition treatment without abrasive of the rubbing parts surfaces of agricultural machineries. Int J Agric Res Innov Technol. 2014; 4(1): 98–101.
7. Shepelenko I.V., Posviatenko E.K., Cherkun V.V. The mechanism of formation of anti-friction coatings by employing friction-mechanical method. Problems of Tribology, 2019; 1: 35–39.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ ТА КОМБІНОВАНИХ КОРМІВ

І. І. РЕВЕНКО, *д-р техн. наук, проф.*,
Ю. І. РЕВЕНКО, *канд. техн. наук, доц.*,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Ефективного використання кормових ресурсів можна досягти в разі створення оптимальних умов для протікання обмінних процесів в організмах тварин і забезпечення їх повноцінною збалансованою годівлею.

Відомо, зокрема [2], що середні втрати кормів та їх поживних речовин, пов'язані з недосконалістю способів підготовки кормової сировини до згодовування і незадовільним її зберіганням, часто перевищують 20-30 %. Затрати ж пов'язані з переробкою в 3-4 рази менші за вартість додатково одержаної за рахунок цього тваринницької продукції [1].

Тому раціональна підготовка кормів до згодовування є доцільною в технологічному та економічному відношеннях, оскільки сприяє ефективнішому використанню кормових ресурсів і, таким чином, дозволяє збільшити виробництво продукції тваринництва.

Досить наглядно питання ефективності використання кормів можна розглянути на прикладі процесу їх подрібнення, який є одним з обов'язкових і найпоширеніших. В кожному конкретному випадку рівень технологічної ефективності кормоприготування за тим чи іншим показником (наприклад, вихід продукції, окупність кормів) залежно від виду і віку тварин, типу годівлі тощо, буде неоднаковим.

Максимального технологічного ефекту у вигляді додаткового виробництва продукції тваринництва можна досягти лише у тому випадку, якщо буде забезпечена оптимальний розмір кормових часток. Він визначається науково обґрунтованими зоотехнічними рекомендаціями і залежить від біологічного виду та віку тварин чи птиці, а також від виду кормової сировини і способу використання (роздільне згодовування чи у складі сумішок, розсипних чи в ущільненому вигляді).

Практичний підхід до оцінки подрібнених кормів за середньозваженим розміром часток (модуль помелу M) не дає досить повної інформації стосовно досконалості процесу і якості продуктів подрібнення, зокрема, не характеризує їх гранулометричний склад і рівномірність.

Наприклад, продукти подрібнення концентрованих і грубих одержаних в результаті їх переробки сучасними молотковими подрібнювачами, які найчастіше використовуються з цією метою в сільському господарстві та комбикормовій промисловості, при значеннях показника M , що відповідають стандартним ступеням помелу (дрібний, середній та грубий), являють собою дуже нерівномірний гранулометричний склад. Коефіцієнт варіації їх фракційного складу знаходиться в межах 60-90 %; вихід фракції раціонального

розміру не перевищує 35-40 %, а в окремих випадках знижується навіть до 10-15 % [6].

В зв'язку з цим виникає питання щодо практичної реалізації можливості підвищення ефективності використання кормів.

У комбікормовій промисловості і в сільськогосподарських підприємствах приготування комбікормів здійснюється за такою технологічною схемою: очищення вихідних компонентів – їх подрібнення – дозування – змішування. В зв'язку з відміченими положеннями слід зазначити, що відомий спосіб приготування і використання комбікормів не є достатньо ефективними.

З метою підвищення ефективності використання комбікормів шляхом забезпечення рівномірного фракційного складу їх інгредієнтів пропонуємо таку технологічну схему їх приготування [3]. Вихідні компоненти спочатку очищають від сторонніх домішок і подрібнюють. Потім продукти подрібнення класифікують на фракції: до 0,2 мм – пиловидну, 0,2-1,0 мм – дрібну, 1,0-1,8 мм – середню, 1,8-2,6 мм – крупну та більше 2,6 мм – недостатньо подрібнену. Кожну з розмірних фракцій використовують за спеціальним призначенням: пиловидну – для одержання сумішок для приготування поживних розчинів молодняку худобі; дрібну – для одержання комбікормів для свиней; середню – для одержання комбікормів для молодняку птиці та рогатої худоби; крупну – для одержання комбікормів для дорослого поголів'я птиці та рогатої худоби; більше 2,6 мм – повертають на додаткове подрібнення.

Запропонований спосіб приготування комбікормів доцільно використовувати в спеціалізованих цехах та підприємствах комбікормової промисловості з широкою номенклатурою виробництва комбікормів. При цьому класифікація продуктів подрібнення за розміром часток інгредієнтів дозволить до можливого мінімуму (5-10 %) зменшити коефіцієнт варіації (нерівномірність) їх фракційного складу і цим самим підвищити якість та ефективність використання комбікормів. Оскільки зниження коефіцієнту варіації фракційного складу при подрібненні інгредієнтів комбікормів на кожних 10 % рівноцінне за технологічною ефективністю додатковому виробництву або ж економії 1-3 % кормів, то загальна технологічна ефективність при згодовуванні одержуваних комбікормів буде рівноцінна їх економії чи додатковому виробництву в розмірі не менше 4-6 % і може досягати 12-15 % [4, 5].

Список літератури

1. Бабич А.А., Моторный Д.К. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства, хранения и использования кормов. Под ред. М.И.Зубца. – К.: Урожай, 1986. – 104 с.
2. Лесик Б.В., Трисвятський Л.О., Снежко В.А. Зберігання і технологія сільськогосподарських продуктів. – К.: Вища школа, 1980. – 415 с.
3. Патент на корисну модель № 72675 (Україна). Спосіб приготування комбікормів / Ревенко І.І., Ревенко Ю.І. - Бюл. № 16. – 2012.
4. Ревенко І.І. Технологічний ефект і обґрунтування якісних показників подрібнення кормів // Вісник с.-г. науки, 1976. - № 12. – с. 76-80.
5. Ревенко І.І. Оцінка економічної ефективності подрібнення кормової сиролвини // Вісник с.-г. науки, 1976. - № 3. – с. 100-103.

6. Ревенко И.И., Ревенко Ю.И. Качество приготовления и эффективность использования концентрированных и комбинированных кормов / Motrol/ Commission of Motorization andnergetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 15. - № 3. – С. 356-361.

ЗАДИРИ ЦИЛІНДРІВ: ПРИЧИНИ ПОЯВИ ТА ДІАГНОСТИКА

М.С. Магопець, студ.,

С.О. Магопець, канд. техн. наук, доц.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Сучасний двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) – складна технічна система, яка повинна відповідати потужносним, економічним, екологічним, ресурсним та іншим вимогам. Більшість же величин, що характеризують параметри роботи ДВЗ є взаємопов'язаними; намагання оптимізувати одні - призводить до зміни інших, й на жаль не вбік покращення. Так, останнім часом, виробниками сформована та реалізована технологія підвищення питомої потужності двигунів за рахунок зменшення маси ДВЗ та використання систем примусового наддуву повітря. Відмова від використання чавуну в якості матеріалу блок-картерів двигунів дійсно дозволило зменшити вагу ДВЗ та разом з тим обумовило зменшення жорсткості цієї базової деталі, порушення посадок деталей кривошипно-шатунного механізму (КШМ) та циліндро-поршневої групи (ЦПГ), і як наслідок – зменшення ресурсу двигунів, який для ДВЗ легкових автомобілів складає 300-400 тис. км пробігу, а інколи й значно менших [1, 2].

Підвищені показники потужності, що генерується двигуном, обумовлюють зростання теплонавантаженості основних деталей ЦПГ (поршня, гільзи) та деталей механізму газорозподілення. В експлуатаційних умовах це призводить до зміни форми й розмірів в зазорах пар тертя спряжених деталей. Так, при зменшенні робочого зазору між поршнем і стінками циліндру, оливна плівка розривається, і виникає явище граничного тертя металевих поверхонь, яке без присутності мастильного середовища та русі поршня в циліндрі викликає додаткове стрімке підвищення температури поршня. Підвищення температури обумовлює збільшення діаметра поршня, мінімізацію зазорів та подальший ще більш інтенсивний характер тертя і зростання температури. Як наслідок – поява задирів на робочих поверхнях стінок циліндра та юбках поршнів (рис. 1а та рис. 1б) або й навіть виникнення явища заклинювання поршня в циліндрі [3, 4].



а



б

а – задири на робочій поверхні циліндру; б – задири на поверхні юбки поршня

Рисунок 1 – Задири на поверхнях деталей ЦПГ

Проведений аналіз дозволив сформулювати групи основних причин утворення задирів в циліндрах сучасних ДВЗ:

Група 1 - задири, що утворюються в період обкатки двигуна. Під обкаткою двигуна мається на увазі початковий експлуатаційний період його роботи (після виготовлення або після проведеного капітального ремонту). В процесі обкатки поверхні циліндра, поршня і кілець взаємно припрацьовуються за формою; покращується прилягання поршневих кілець до стінок циліндра, оптимізується шорсткість оброблених поверхонь деталей спряження. Саме в цей період необхідно мінімізувати пікові силові та температурні навантаження на деталі двигуна, адже деталі ЦПГ мають підвищену схильність до утворення задири. Саме тому, для періоду обкатки двигуна розроблені спеціальні рекомендації, які обмежують швидкісні режими його роботи. Разом з тим, виключити можливість утворення задири в циліндрах на цьому етапі не можна враховуючи суб'єктивність з боку водія по відношенню до дотримання таких рекомендацій.

Підтвердженням цього є зафіксовані випадки появи задири в циліндрах ДВЗ у автомобілів різних виробників вже на пробігах 20...30 тис. км з початку експлуатації при повній відповідності в дотриманні регламентів сервісного обслуговування цих автомобілів. Більш того, жодних ознак їх наявності за зовнішніми характеристиками роботи ДВЗ виявлено не було – двигуни не мали підвищеної витрати оливи на угар, а стуки в ЦПГ спостерігалися лише в окремих двигунах й то, тільки на режимах прогріву, а із виходом на робочі температури - зникали. Виявити ці дефекти вдалося лише візуальним оглядом за допомогою ендоскопії, проведення якої було запропоновано власникам автомобілів з огляду на схильність двигуна до появи цього дефекту та після оцінки характеру швидкісних та динамічних режимів експлуатації автомобіля.

Група 2 – задири, що обумовлюються невідповідністю параметрів оливної плівки на поверхнях тертя. Наявність стійкої оливної плівки на робочих поверхнях стінок циліндрів визначається наявністю достатньої кількості оливи в піддоні двигуна, тиском оливи та відповідністю властивостей самої оливи типу двигуна та його експлуатаційним режимам. Так, низькі показники тиску оливи в головній оливній магістралі двигуна або її недостатній рівень в піддоні, можуть викликати на режимах прогріву ДВЗ при низьких температурних показниках навколишнього середовища та поверхонь тертя деталей, недостатню кількість оливи в парах тертя або навіть її повну відсутність. Холодна олива характеризується більш високими показниками в'язкості та має погіршену здатність до прокачування, що при зниженні робочих характеристик насосу системи мащення (наприклад, в результаті зношення або присутності конструктивних дефектів) може викликати явище граничного тертя в спряженнях ЦПГ й, як наслідок – появу задири.

Безумовно, найбільший вплив на якісні показники процесу тертя здійснює саме мастильне середовище. Використання неякісної (з недостатнім рівнем присадок) або неправильно підбраної за класом в'язкості оливи призводить появи таких експлуатаційних пошкоджень як: інтенсифікація процесів тертя, погіршення тепловідведення, закоксування поршневих кілець в канавках поршнів та викликає утворення рисок і задири.

Слід розуміти, що при проектуванні двигуна вихідними параметрами для конструктора виступають саме властивості оливи. Ці властивості впливають на величини і форми зазорів в спряженнях та визначають ступінь технічної досконалості самого двигуна; від них залежать такі фактори як шумність роботи ДВЗ, його надійність та ресурс. Використання власниками автомобілів моторних оливи із невідповідними (як правило, завищеними) показниками в'язкості, наприклад замість оливи із класом в'язкості 0W30 – оливи 10W40 з різних причин, призводить до того, що при роботі двигуна утворення на поверхнях тертя стійкої оливної плівки досягається не на всіх температурних та навантажувальних режимах.

Група 3 – задири, що обумовлюються підвищеними температурними параметрами поверхонь тертя. Перегрів або недостатнє охолодження теплонавантажених деталей двигуна виникає як при недостатній ефективності роботи системи охолодження двигуна так і при недоліках системи мащення, так як остання також повинна забезпечити певні показники тепловідведення, особливо поршнів, які не можуть безпосередньо віддати надлишкову

енергію системі охолодження. Причому, явище перегріву може бути сформоване як конструктивними особливостями конкретного двигуна, так і різними експлуатаційними факторами, серед яких можна виділити наступні:

- використання палив із підвищеними теплотворними показниками. Як правило це стосується неякісних палив, октанове число яких виробники намагаються підвищити за рахунок додавання, наприклад, залізовміщуючих присадок, які в свою чергу збільшують температуру горіння паливо-повітряної суміші на декілька сотень градусів;

- частковою втратою ефективності роботи системи охолодження, обумовленою: зменшенням рівня охолоджувальної рідини в системі, забиттям каналів в сорочці охолодження двигуна та в радіаторі, несправностями термостату та жалюзі, суттєвими відкладеннями масла й бруду на зовнішніх поверхнях двигунах тощо;

- тривалою роботою двигуна на максимальних швидкісних та навантажувальних режимах: рухом у транспортному потоці із мінімальними швидкостями при наявності частих зупинок та рушань, тривалим рухом на нижчих передачах або із пробуксовкою коліс та ін.

Так, при підвищенні температури оливи вона втрачає властивість зберігати плівку між циліндром і поршнем із підвищенням тиску на поверхню тертя в парі "поршень – циліндр"; в результаті фізичного контакту плівка тоншає і розривається, й вже через декілька секунд відбувається ефект граничного тертя. При недостатній ефективності роботи системи охолодження, поява задирів в ЦПГ обумовлюється іншим фактором – мінімізацією зазорів при надлишковому температурному розширенні поршнів. Особливою схильністю до перегріву характеризуються крайні циліндри рядних блок-картерів двигунів, які мають по краях вузькі канали для проходження охолоджуючої рідини, а також ДВЗ, конструкція яких не передбачає каналів для руху рідини між циліндрами всередині самого блоку циліндрів.

Негативним прикладом формування задирів в циліндрах через конструкційні особливості двигуна при його перегріві є автомобілі корейських автовиробників Kia й Hyundai. Так, на двигунах G4KD цих автомобілів явище утворення задирів (рис. 2) в циліндрах масово виявлено на пробігах до автомобілів до 100 тис. км. Серед основних причин перегріву названі прорахування в системі мащення, а саме – відсутність в експортних версіях двигунів автомобілів оливних форсунок для омивання днищ поршнів оливою [5].



Рисунок 2 – Місця формування задирів в циліндрах двигунів G4KD автомобілів виробництва компаній Kia та Hyundai

Група 4 – задири, що обумовлюються потраплянням твердих часток в пари тертя ЦПГ. Сучасні екологічні вимоги до автомобільних двигунів передбачають спрямування більшої частини відпрацьованих газів у систему впуску для повторного їх спалення у камерах загорання. Конструкція систем впуску таких двигунів оснащена клапаном рециркуляції газів (EGR) та каталітичним нейтралізатором відпрацьованих газів. При підвищенні температури відпрацьованих газів, що можливе при використанні

низькооктанових та низькоякісних бензинів, керамічний блок каталітичного нейтралізатора починає руйнуватися - оплавляється та починає кришитися. Оплавлений блок нейтралізатора, зменшує поперечний прохідний переріз для руху відпрацьованих газів та спричиняє підвищення опору системи випуску й температури в ній; пил же й дрібні частинки зруйнованого керамічного блоку нейтралізатора разом із відпрацьованими газами при заборі через клапан EGR потрапляють у систему впуску, а потім – безпосередньо у циліндр двигуна. Подібна суміш палива і дрібних частинок кераміки виконує роль абразиву, викликаючи надмірний знос ЦПГ групи та спричиняє стрімке формування задирів на дзеркалах циліндрів і юбках поршнів. Слід зазначити, що задири можуть бути викликані попаданням в спряження "поршень-кільця-циліндр" частинок іншої фізичної природи – часточок нагару (палива, що не згоріло), води або будь-яких твердих частинок (наприклад, кварцевого пилу) через нещільності системи впуску двигуна або погіршений технічний стан повітреочисника.

Спираючись на вищесказане були сформовані наступні практичні рекомендації, дотримання яких дозволить мінімізувати ризики формування задирів в циліндрах ДВЗ або їх своєчасне виявлення в експлуатаційних умовах:

1) проведення оцінки акустичної картини роботи двигуна. Дану процедуру, яка передбачає визначення сторонніх стуків й шумів при різних температурних режимах роботи двигуна (особливо під час прогріву) доцільно проводити регулярно під час експлуатації автомобіля безпосередньо самим водієм. Слід зазначити, що хоча цей спосіб й найпростіший, але на практиці його ефективність доволі низька з огляду на суб'єктивізм виконавця, хоча повністю відкидати цей спосіб не доцільно;

2) більш ефективним є регулярне проведення процедури діагностики задирів за допомогою ендоскопу (оптичного приладу для огляду важкодоступних порожнин). Дану операцію доцільно проводити під час планового технічного обслуговування автомобіля (рекомендується навіть включити до переліку планових сервісних операцій), а у разі можливості забезпечення – й в міжсервісних інтервалах. Технічно вона передбачає фото- та (або) відеофіксацію робочих поверхонь циліндрів через технологічні отвори для свічок запалення в бензинових двигунах або через подібні отвори для свічок накаливання (форсунок) в дизелях. Доцільніше починати огляд із крайніх циліндрів двигуна (наближених до маховика); якщо двигун має чотирициліндрову рядну конструкцію то переважно найбільші за інтенсивністю задири будуть спостерігатися у 3-му та 4-му циліндрах. Ендоскопії слід піддавати й керамічний блок каталітичного нейтралізатора з боку надходження в нього відпрацьованих газів через різьбовий отвір для розміщення лямбда-датчику. У разі неможливості проведення такої операції, оцінка технічного стану нейтралізатора можлива за показниками опору в системі випуску - до та після його розміщення;

3) використовувати моторні оливи виключно із показниками в'язкості та класом якості передбаченими заводом-виробником автомобіля (допускається використання моторних олив із підвищеними якісними показниками). При цьому, за можливостю, слід скоротити інтервал заміни моторної оливи до 8...10 тис. км пробігу; при цьому дотримання означеного інтервалу при важких умовах експлуатації автомобіля критично необхідне. При проведенні процедури заміни оливи доцільним є здійснення контролю стану фільтруючого елемента на наявність або відсутність продуктів зношення (металевих часточок) деталей ЦПГ;

4) здійснювати попереднє прогрівання силового агрегату автомобіля після першого запуску протягом декількох хвилин перед поїздкою та, в жодному разі, не навантажувати його в цей час роботою на максимальних швидкісних та динамічних режимах, особливо при низьких значеннях температури навколишнього середовища.

Список літератури

1. Почему современные моторы ломаются чаще старых и проверенных. *Колеса.ru* : веб-сайт. URL: <https://www.kolesa.ru/article/pochemu-sovremennye-motory-lomajutsja-chasche-staryh-i-proverennyh-2015-02-23>.
2. Системы, которые снижают ресурс двигателя. *АвтоПарк*: веб-сайт. URL: <https://rg.ru/2020/01/17/piat-sistem-kotorye-snizhaiut-resurs-dvigatelia-avtomobilia.html>.
3. Seizure due to insufficient clearance on the piston skirt. *MS-Motorservice* : веб-сайт. URL: <https://www.ms-motorservice.com/en/technipedia/post/seizure-due-to-insufficient-clearance-on-the-piston-skirt/>.
4. Задиры в цилиндрах двигателя. *Супротек* : веб-сайт. URL: <https://suprotec.ru/suprotek-stati/zadiry-v-cilindrakh/>.
5. Задиры в цилиндрах двигателя. *AWS* : веб-сайт. URL: <https://aws-russia.ru/blog/zadiry-v-tsilindrah.html>

ВПЛИВ СКЛАДУ ЕЛЕКТРОЛІТУ ДЛЯ ТВЕРДОГО АНОДУВАННЯ АЛЮМІНІЮ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКСИДНОГО ШАРУ

М.М. Студент, *ст. наук. співр., д-р. техн. наук*¹,
С.І. Маркович, *доц., канд. техн. наук*²,
В.М.Гвоздецький, *ст. наук. співр., канд. техн. наук*¹,
Г.Г. Веселівська, *ст. наук. співр., канд. техн. наук*¹,
Х.Р. Задорожна, *мол. наук. співр., канд. техн. наук*¹,
Р.С. Мардаревич, *наук. співр., канд. техн. наук*¹,
Я.Я. Сірак, *мол. наук. співр., канд. техн. наук*¹,

¹*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Україна*

²*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

Постановка проблеми. Алюмінієві сплави володіють високою конструкційною міцністю та поліпшеними ливарними властивостями, низькими питомою вагою і температурою плавлення, тому їх часто використовують в промисловості. Через хімічну активність до кисню з утворенням на поверхні металу тонкої захисної плівки алюмінієві конструкції тривкі в умовах атмосферного впливу. Проте їм властива низька абразивна зносостійкість, для підвищення якої, необхідні нові технології. Найчастіше для підвищення експлуатаційних властивостей деталей з алюмінієвих сплавів використовують гальванічне хромування, газотермічне нанесення покриттів та способи штучного вирощування оксиду на їх поверхні – плазмо електродне оксидування та тверде анодування [1–5]. Сталеві та чавунні деталі заміняють на алюмінієві з оксидним шаром (наприклад, алюмінієві блоки циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, робочі поверхні яких вкриті оксидним зносостійким шаром).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений огляд літературних джерел показав, що для підвищення властивостей алюмінієвих сплавів на їх поверхні формують зносостійкі та корозійнотривкі покриттів. З метою підвищення характеристик отриманих анодних шарів необхідно додатково їх ущільнювати просочуванням з наступною термічною обробкою до 200°C. Також часто рекомендують термічну обробку, як спосіб зменшення кількості молекул води в анодному алюмінієвому шарі (Al₂O₃·H₂O). Найпоширеніші операції термічної обробки часто є неможливими через габарити анодованих деталей. Метод твердого анодування технологічно простіший та дешевший, однак, має суттєві недоліки: поверхневі шари мають низькі твердість (≤ 500 HV) та зносостійкість [4]. Сучасні вимоги до підвищення надійності і довговічності машин за зниження собівартості виробництва, дотримання екологічної чистоти визначають актуальність технологій зміцнення поверхневого шару алюмінієвих сплавів.

Постановка завдання. Шляхом введення сильних окиснювачів до складу електроліту сформувати анодні шари на поверхні алюмінію з підвищеними механічними характеристиками. Визначити вплив тривалості формування анодного шару на зміну його властивостей.

Виклад основного матеріалу. Тверде анодування виконували за температури –4...0°C упродовж 60, 120 та 180 хв, використовуючи класичну схему анодування.

Базовим електролітом слугував 20%-й водний розчин H₂SO₄. Під час анодування підтримували густину струму 5 А/дм². Зразки з технічного алюмінію АД0 (1011) (0,25 мас.% Si; 0,40 Fe; 0,05 Cu; 0,05 Mn; 0,05 Mg; 0,05% Ti; решта – Al) розміром 20 × 20 × 5 мм заздалегідь знежирювали віденським вапном (водний розчин суміші CaO + MgO). Зразки освітлювали в водному розчині нітратної кислоти (400 г/л), промивали в дистильованій воді з наступним просушуванням гарячим повітряним струменем впродовж 3...5 хв та, під'єднавши до анодної напруги, занурювали в електроліт. Для визначення впливу сильних окиснювачів на

властивості анодних шарів, змінювали склад електроліту шляхом додавання перекису водню (H_2O_2) у кількості 30; 50; 70 та 100 г/л та продуванням озono-повітряною сумішшю з розрахунку 5 мг·хв/л озону. Мікротвердість анодних шарів визначали приладом ПМТ-3 (ГОСТ 9450-76) та багатофункціональним пристроєм “Мікронгамма” методом локального навантаження [6]. Міцність, пластичність та модуль Юнга матеріалів встановлювали методом склерометрії. Структуру досліджували в характеристичному випромінюванні BSD на електронному мікроскопі EVO 40 XVP. Фазовий аналіз виконували на рентгенівському дифрактометрі BRUKER D8 DISCOVER.

Для досліджень абразивного зношування використовували абразивний диск діаметром 150 мм та шириною 8 мм із електрокорунду середньом’якої твердості СМ-2 на керамічній зв’язці 7K15 з розміром зерна 20 мкм за частоти його обертання 2,7с-1 (58 м/хв), навантаження в зоні лінійного контакту $P = (14,7 \pm 0,25)$ Н. Тривалість дослідження 60 с. Знос оцінювали за втратою маси зразків з точністю $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ г на електронній аналітичній вазі марки KERN ABJ 220 4M.

Структура та мікротвердість анодованих шарів. Анодний шар є пористий та складається з тонкого бар’єрного шару та зовнішньої пористої ділянки з циліндричними порами, які виходять на поверхню (рис. 1) [7–9]. Він містить щільно розташовані стовпчасті шестикутні комірочки з центральною циліндричною порою. Бар’єрний шар на дні комірок має напівсферичну форму.

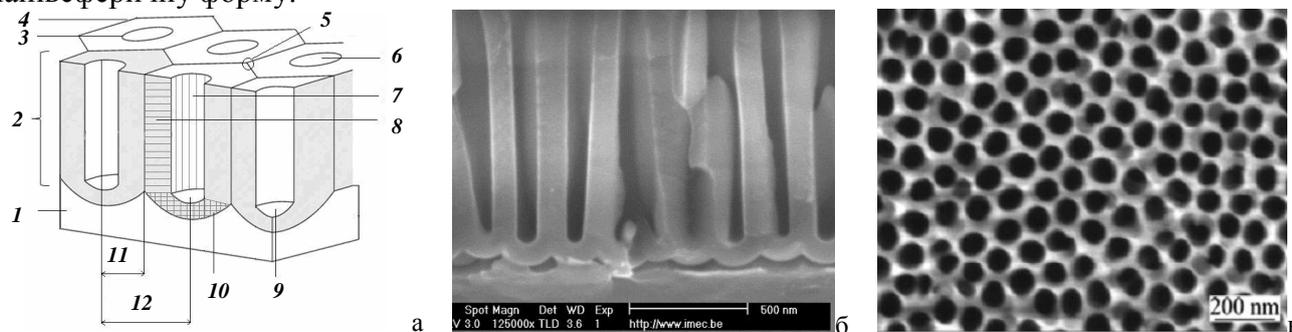


Рисунок 1 – Зображення структури анодного шару: а – схематичне [7] (1 – алюміній; 2 – Al_2O_3 ; 3 – пора; 4 – комірочка; 5 – потрійна точка; 6 – гирло пори; 7 – стінка пори; 8 – стінка комірки; 9 – основа пори; 10 – бар’єрний шар; 11 – радіус комірки; 12 – відстань між порами); б – у поперечному перерізі [8]; в – вид зверху [9]

Оксидний шар на поверхні алюмінієвих сплавів формується у вигляді стовпчиків діаметром не більше 50 мкм зі сильно гідратованого оксиду алюмінію $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ [7]. Кількість молекул води в ньому залежить від режиму його синтезу. Під час анодування в сірчанокислотному електроліті діаметр пори типової анодної комірки до 25 нм, а бар’єрного шару – 10...30 нм.

У структурі анодних шарів присутні пори двох типів: крупні (≤ 5 мкм) та нанометрові (≤ 50 нм). Їх кількість зростає зі збільшенням тривалості анодування (рис. 2, табл. 1).

За всіх електрохімічних способів формування товстошарового оксиду необхідно активувати кисень і кисневмісні компоненти в між електродному проміжку. Кисень утворюється в продуктах гідролізу води та внаслідок дисоціації електроліту. Властивості анодованих шарів можна змінювати складом електроліту.

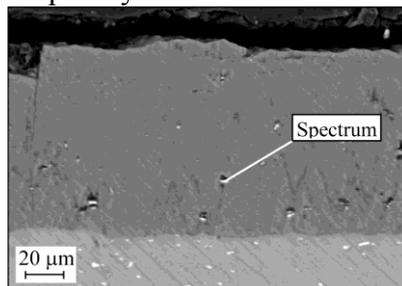


Рисунок 2 – Структура анодного шару на сплаві АД0 з включеннями інтерметалідів, синтезованого впродовж 60 хв

Таблиця 1. Спектральний аналіз включень в анодному шарі (рис. 2, спектр)

Вміст	Елемент					
	Al	Si	Mn	Fe	Cu	Всього
мас. %	59,12	5,40	6,07	20,52	8,89	100,00
ат. %	73,01	6,41	3,68	12,24	4,66	100,00

З підвищенням концентрації перекису водню в базовому електроліті від 0 до 70 г/л товщина оксидного шару зростає майже на 50%, тобто з 75 до 110 мкм (рис. 3). З подальшим її ростом до 100 г/л (10%) його товщина не збільшується. Після додаткового продування електроліту з таким вмістом перекису водню озono-повітряною сумішшю товщина шару не зростає, а після продування базового збільшується на 15% (до 90 мкм).

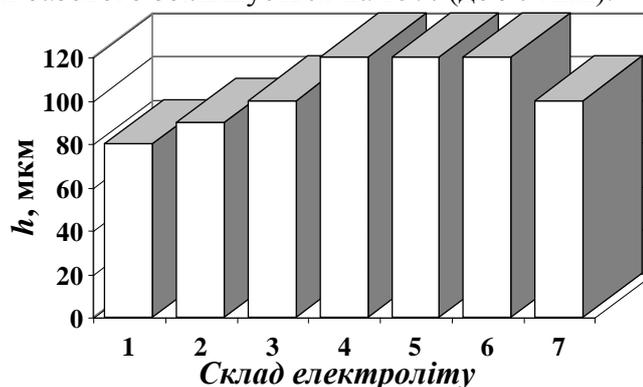


Рисунок 3 – Вплив концентрації H_2O_2 та O_3 (2-7) в електроліті (1) на товщину синтезованого анодного шару: 1 – 20%-ий р-н H_2SO_4 ; 2 – 30 г/л H_2O_2 ; 3 – 50 г/л H_2O_2 ; 4 – 70 г/л H_2O_2 ; 5 – O_3 та 6 – 70 г/л $H_2O_2 + O_3$

Крім того, з підвищенням концентрації перекису водню в базовому електроліті (від 0 до 70 г/л) мікротвердість оксидного шару зростає (на 60% – з 400 до 650 HV; табл. 2). Максимальне її значення отримано в електроліті з 30 г/л H_2O_2 . Внаслідок анодування в базовому електроліті, мікротвердість покриття становить 380...400 HV.

Таблиця 2. Фізико-механічні характеристики анодних шарів

Склад електроліту (тривалість анодування – 60 хв)	Мікротвердість, HV
Базовий (20%-й р-н H_2SO_4)	380
+ 30 г/л H_2O_2	650
+ 50 г/л H_2O_2	510
+ 70 г/л H_2O_2	500
+ 100 г/л H_2O_2	470
+ O_3	510

Проведеними дослідженнями встановлено, що зі збільшенням тривалості анодування до 120...180 хв мікротвердість шару зростає на 60 % (табл. 3). Ймовірно, що таке зростання зумовлено зменшенням вмісту молекул води в структурі анодного шару, або зменшенням його пористості. Можливо також, що збільшення тривалості анодування сприяє формуванню нової фази (γ -фази), сліди якої виявлено фазовим аналізом, яка має підвищені механічні властивості.

Таблиця 3. Фізико-механічні характеристики анодних шарів залежно від тривалості анодування

Склад електроліту	Тривалість анодування, хв	Мікротвердість, HV
Базовий	60	380
Базовий	120	640
Базовий	180	640

Абразивна зносостійкість. На поверхні деталей алюмінію та його сплавів поверхневі шари піддаються впливу абразиву. Проведеними дослідженнями анодних шарів, сформованих впродовж 60 хв, на абразивну зносостійкості за умов жорстко закріпленого абразиву встановлено, що зміна складу електроліту забезпечує підвищення опору їх зношуванню (табл. 4).

Таблиця 4. Абразивна зносостійкість анодних шарів

	Тривалість анодування, хв							
	60	120	180	60				
Склад електроліту	Базовий	Базовий	Базовий	Базовий електроліт з додатками				
				30 г/л H ₂ O ₂	50 г/л H ₂ O ₂	70 г/л H ₂ O ₂	100 г/л H ₂ O ₂	O ₃
Втрата маси, мг	22,4	5,3	6,7	18,3	16,8	35,4	22,2	31,8

Вміст в електроліті перикису водню в кількості 30...100 г/л спричиняє зменшення втрати маси 18,3...22,2 мг. Це забезпечено зменшенням кількості молекул води в анодному шарі. Продування озоном збільшує втрату маси шару, що, очевидно, викликано зміною структури анодного шару, бо його мікротвердість є вищою порівняно з базовим (табл. 2).

Збільшення тривалості анодування до 120 та 180 хв суттєвіше покращує властивості анодних шарів. Абразивна зносостійкість зростає в 3-4 рази. Вища втрата маси під час анодування 180 хв можливо викликана дещо більшим вмістом молекул води в шарі, ніж при його синтезі впродовж 120 хв, однак їх мікротвердість є однаковою, а, отже, і структура.

Висновки

1. Встановлено, що анодування алюмінію впродовж 60 хв. забезпечує підвищення його властивостей. Зміна складу електроліту сприяє зростанню мікротвердості в 1,2...1,7 рази. Опір абразивному зношуванню збільшується за вмісту різної кількості додатків в електроліт та максимальним є при 30 г/л H₂O₂. Продування базового електроліту озоном забезпечує підвищення мікротвердості шару від 380 до 510 HV. Вища втрата маси за вищої мікротвердості спричинена збільшенням пористості покриттів.

2. Визначено, що збільшення часу анодування в базовому електроліті до 120 та 180 хв сприяє зростанню мікротвердості до 640 HV порівняно із анодованим шаром впродовж 60 хв. Втрати маси при дослідженні абразивного зношування є меншою в 3-4 рази при більш тривалому анодуванні, ніж при 60 хв в базовому електроліті.

Список літератури

1. Friction behavior of iron-carbon alloys in couples with plasma-electrolytic oxide-ceramic layers synthesized on D16T alloy / M. M. Student, V. M. Dovhnyk, V. M. Posuvailo, I. V. Koval'chuk, V. M. Hvozdet's'kyi // *Materials Science*. – 2017. – 53, № 2. – P. 359–367.
2. Gibbs energy calculation of electrolytic plasma channel with inclusions of copper and copper oxide with Al-base / V. M. Posuvailo, M. D. Klappiv, M. M. Student, H. V. Pokhmurska, Y. Y. Sirak // *Mat. Sci. and Eng.* – 2017. – 181, № 1. – P. 157–168.
3. Effect of hydrogen on the wear resistance of steels upon contact with plasma electrolytic oxidation layers synthesized on aluminium alloys / V. Hutsaylyuk, M. Student, V. Dovhnyk, V. Posuvailo, O. Student, P. Maruschak, I. Koval'chuk // *Metals*. – 2019. – 9, № 3. – P. 280. <https://doi.org/10.3390/met9030280>.
4. Structure and properties of aluminum alloys modified with silicon carbide by laser surface treatment / H. V. Pokhmurs'ka, M. M. Student, N. R. Chervinska, Kh. R. Smetana, A. Wank, T. Hoenig, H. Podlesak // *Materials Science*. – 2005. – 41, № 3. – P. 316–323.
5. Optimization of the chromium content of powder wires of the Fe–Cr–C and Fe–Cr–B systems according to the corrosion resistance of electric-arc coatings / T. R. Stupnyts'kyi, M. M. Student, H. V. Pokhmurs'ka, V. M. Hvozdet's'kyi // *Materials Science*. – 2016. – 52, № 2. – P. 165–172.
6. Головин Ю. И. Наноиндентирование и его возможности. – М.: Металлургия, 1991. – 158 с.
7. Torrescano Alvarez, Jeanette Marcela. Hard anodic films for aluminium alloys. – The University of Manchester, UK, 2018. – 184 p.
8. Ning-ning Hu, Shi-rong Ge and Liang Fang. Tribological properties of nano-porous anodic aluminum oxide template // *J. of Central South University of Tech.* – 2011. – 18. – P. 1004–1008.
9. Alaa M. Abd-Elnaiem, Gaber A. Parametric study on the anodization of fabricating nano-pores template // *Int. J. Electrochem. Sci.* – 2013. – 13. – P. 9741–9751.
10. Galusek D. and Ghillányová K. Ceramic oxides // *Ceramics Science and Technology. Mat. and Properties*. – Darmstadt: Wiley-VCH, 2010. – 2, Ch. 1. – P. 3–58.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ШЕСТЕРЕНЬ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА

Ю.В. Кулешков, *д-р. техн. наук, проф.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

А.В. Кривошея, *канд. техн. наук, ст.. науковий співробітник,*
Інститут надтвердих матеріалів НАН України ім. В.М. Бакуля

М.В. Красота, *канд. техн. наук, доц.,*

Т.В. Руденко, *канд. техн. наук, доц.,*

С. Одайський, *магістрант,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Вал – шестерні шестеренного насоса виконують понад 10 функцій головними з яких є всмоктування робочої рідини перенос її від камери всмоктування до камери нагнітання і нагнітання в рукав високого тиску. Окрім того одними з найбільш навантажених з'єднань шестеренного насоса є підшипниковий вузол. Достатньо сказати, що розміри цього з'єднання щонайменше в 2...2,5 рази перевершують розмір робочого органу шестеренного насоса – вінців шестерень. Підшипники насоса виконують декілька важливих функцій, що забезпечують працездатність насоса. Цапфи шестерень разом з втулками виконують функцію підшипників ковзання і орієнтують положення шестерень відносно інших деталей насоса.

Звичайно шестерні насосів НШ виготовляють з цементуємих сталей, зокрема сталі 18 ХГТ. Сучасна технологія зміцнення шестерень полягає у цементації шестерень, загартування в масло з послідуєчим низьким відпуском при температурі 180...220⁰С. Це забезпечує високу твердість НРС 56...58, і зносостійкість поверхонь шестерень, зокрема цапф.

До недоліків зазначеного способу зміцнення шестерень слід віднести термічні деформації, які відбуваються внаслідок загартування. Зубошліфування – доволі вартісна операція, яку недоцільно використовувати в масовому виробництві. Результатом цього є використання в насосах шестерень, які мають параметри по точності і шорсткості поверхонь далекі від бажаних.

Реальний шлях підвищення довговічності шестерень - отримання на поверхні шестерні зміцнюючого покриття з підвищеними фізико механічними властивостями.

Одним з найбільш прийнятних і ефективних методів зміцнюючих покриттів є азотування, як засіб підвищення зносостійкості.

В роботі [1] наведені результати порівняльних випробувань зубчастих коліс, які показали, що зношування зубців у азотованих коліс в 3...6 разів менше ніж у цементованих.

Азотування сталі - це технологія дифузного насичення її поверхневого шару азотом. У порівнянні з цементацією азотування має кілька вагомих переваг, яке зробило його одним з основних способів поліпшення показників стали, щодо контактної міцності і зносостійкості. Азотований шар має високий показник твердості без додаткової термообробки. Крім того, після азотування розмір оброблюваної деталі залишається практично незмінним. На відміну від цементації, азотування можна застосувати до готових виробів, які пройшли термічне загартування з високим відпустком і шліфування до остаточних форм. Після азотування деталі повністю готові до чистового полірування і інших видів фінішної обробки.

Азотування - це обробка стали в процесі її нагрівання в середовищі високого вмісту аміаку. Внаслідок цього поверхня стали насичується азотом і набуває такі якості:

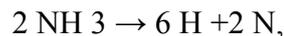
- поліпшується зносостійкість деталей з металу за рахунок підвищення індексу твердості їх поверхневого шару;
- зростає втомна міцності сталевих виробів;

- оброблений матеріал набуває стійку антикорозійний захист, яка зберігається при контакті з водою, повітрям і пароповітряною середовищем.

Результати азотування набагато цінніше в плані подальшої експлуатації, ніж показники виробів після цементації. Так, шар після цементації може зберігати стабільні показники твердості при температурі не більше 225° С, а шар з азотом - до 550...600° С. Причиною тому служить сам механізм азотування, внаслідок якого утворюється поверхневий шар, який в 1,5...2 рази міцніше, ніж після гарту і тієї ж цементації.

Механізм азотування - зазвичай ця процедури відбувається при 500...600° С в герметично закритій реторті (муфелі) із заліза, яка впроваджується в піч. Її розігрівають до температури, що відповідає обраному режиму, і витримується необхідний час.

У реторту з балона безперервно під певним тиском запускається аміак. В середині неї аміак, що має в своїй молекулі азот, під дією температури починає дисоціацію (розкладання) за такою формулою:



звідки отриманий в результаті цього розкладання атомарний азот проникає в метал шляхом дифузії. Це призводить до утворення нітрідів на поверхні залізних виробів. А нітрід і їх тверді розчини характеризуються підвищеною твердістю. Після закінчення процедури піч повинна плавно охолоджується разом з потоком аміаку. Такий підхід закріплює ефект по твердості шару, не даючи поверхні окислюватися. Товщина такого нітрідного шару може варіювати від 0,3 до 0,6 мм. Таким чином, відпадає потреба в подальшій термічній обробці з метою підвищення міцності.

Для азотування застосовуються як вуглецеві сталі, так і леговані, в яких частка вуглецю становить 0,3...0,5%. Найкращий результат можна отримати при використанні сталі з легуючими металами, які утворюють найбільш термостійкі і тверді нітриди. Так, найбільш результативним процес азотування для легованих сталей, які мають в своєму складі алюміній, молібден, хром і подібні метали. Сталі з таким складом називають нітраллоями. Молібден, зокрема, попереджає відпускну крихкість, викликану повільним охолодженням стали після процесу насичення азотом.

Для порівняння наведемо твердість різних сталей після азотування:

- вуглецевої сталі - HV 200-250;
- легованої - HV 600-800;
- нітраллої до HV 1200 і навіть вище.

Подальшим розвитком азотування є технологія поверхневого зміцнення іонним азотуванням. Цей процес в кілька разів скорочує трудомісткість зміцнення, так як деталі обробляються при невисокій твердості матеріалу і надходять на хіміко-термічну обробку з остаточними розмірами і точністю. У порівнянні з іншими видами азотування іонне азотування забезпечує більшу глибину зміцненого шару. Деформація деталей при іонному азотуванні фактично відсутня, що дозволяє замінити остаточне зубошліфування зубчастих коліс для 6-го ступеня точності на хонінгування зі збереженням необхідної точності і формуванням рівномірного високоміцного поверхневого шару [1].

Іншим важливим напрямком підвищення працездатності зубчастих коліс є зниження шорсткості поверхні їх робочих частин, які піддаються найбільш інтенсивному зносу в процесі експлуатації. Для оцінки зміни параметрів шорсткості після вакуумного плазмового термоциклічною азотування були проведені дослідження на зразках зі сталі 18 ХГТ, яка звичайно використовується для виготовлення зубчастих коліс. Для азотування зразків використовували установку «ВИПА-1». В процесі термоциклічної обробки відбувається циклічна зміна напруженого стану на поверхні за рахунок імпульсів малої тривалості і великої амплітуди. В результаті обробки формується рівномірний дифузний шар глибиною до 0,5 мм.

Шорсткість варіювалася від зразка до зразка і в середньому становила $R_z=2,03\text{мкм} \pm 5\%$. Вимірювання показали, що на модифікованій поверхні зразків зі сталі 18 ХГТ в процесі зміцнення шорсткість підвищується незначно в межах допуску.

Проведені в роботі дослідження показали високу ефективність процесу вакуумного термоциклічною азотування для зміцнення поверхні сталі 18ХГТ з незначним збільшенням шорсткості поверхні. Зносостійкість зразків залежить як від мікротвердості поверхні і глибини азотированного шару, так і від шорсткості і висоти піків на поверхні, які характеризують її хвилястість. Було відзначено, що хвилястість при невеликому часу обробки знижується, а потім незначно підвищується.

З вищенаведеного бачимо, що застосування плазмової термоциклічної обробки у вакуумі є перспективним методом для підвищення якості виготовлення і ресурсу зубчастих коліс. Використання методу плазмового термоциклічною азотування на відміну від інших методів термозміцнення дозволяє зберегти точність і шорсткість зубчастих коліс отриманих до термічного зміцнення.

Досить ефективним є теніфер-процес - азотування в рідині, який проходить в розплавленому ціаністимому шарі при 570 °С протягом 30-180 хвилин.

Висновки

Азотування один з найбільш ефективних способів зміцнення металевих деталей, який забезпечує один з найкращих показників опору зношування. Крім того, отримані в результаті насичення азотом поверхневі шари мають високу опірність корозії. Вироби, які пройшли насичення азотом, не вимагають додаткової термічної гарту. В результаті чого, азотування дозволяє суттєво підвищити довговічність шестерень насосів НШ, що значно підвищує ресурс шестеренних насосів.

Список літератури

1. Климов П.В. Прочность азотированных зубчатых передач. С. «Проблемы качества и прочности зубчатых передач»М, 1987 – 257 с
2. Поверхностное упрочнение зубчатых колес: монография / Б. А. Ляшенко, П. В. Каплун, Ф. И. Златопольский и др. // Кировоград: Кировоград. нац. техн. ун-т., 2015. – 183 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ РІДКОЇ ФАЗИ ДОБРИВА РІВНОМІРНИМ ЙОГО ПЕРЕМІШУВАННЯМ

**Д.Ф. Кольга,
С.А. Костюкевич,
Ф.І. Назаров,**

*УО «Білоруський державний аграрний технічний університет», м Мінськ, Республіка
Білорусь*

Виробництва продукції тваринництва на промисловій основі висунуло на перший план проблему утилізації відходів великих тваринницьких комплексів і пов'язані з нею питання охорони навколишнього середовища від забруднень. Як, правило, на великих тваринницьких комплексах з виробництва яловичини використовується гідравлічна система видалення гною періодичної дії. За час зберігання гній розшарується. У верхній частині плавають частинки корму в середині рідка частина і на дні тверда. При відкритті шибера рідка фракція швидко сплавляється, а тверда залишається, для її видалення використовують воду під великим тиском. Це призводить до збільшення гноєсховища, до нераціональних транспортним витратам по вивезенню стоків, а також до замулювання ґрунту і забруднення навколишнього середовища. Для видалення гною без додавання води використовують гомогенізатори.

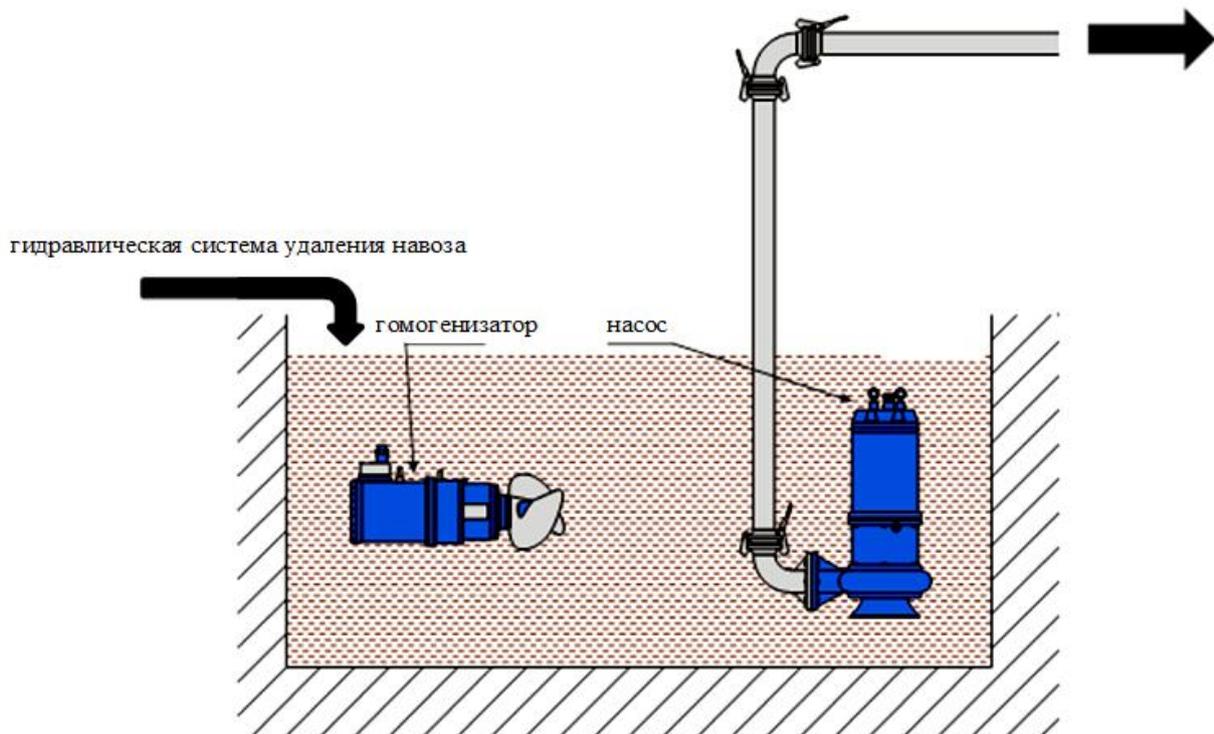
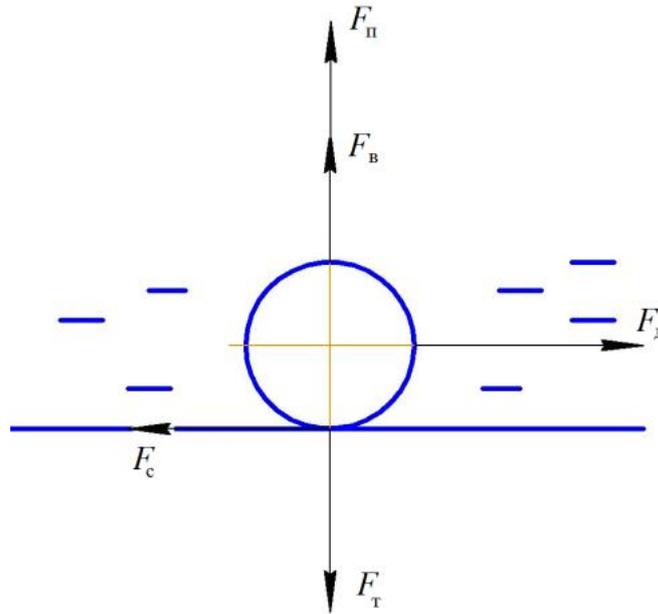


Рисунок 1 – Технологічна схема утилізації гною з використанням заглибних насоса і гомогенізатора

У розшарується рідкому гної тверді частинки переважно знаходяться на дні резервуара (рис. 2). На частинки діють сила тяжіння F_T , виштовхуюча сила F_B , підйомна сила f_n , що виникає в результаті дії потоку на частку, сила зчеплення F_C , рушійна сила потоку F_δ .



F_T – сила тяжіння, F_B – виштовхуюча сила, f_n – підйомна сила, F_C – сила зчеплення, F_D – рушійна сила потоку.
Рис. 2 – Сили, що діють на частинку при ламінарному потоці

В резервуарі під час перемішування рідка фаза гною повинна текти з такою швидкістю і, щоб частинки переміщалися не тільки в горизонтальному напрямку, а й вертикальному. Для визначення необхідної швидкості потоку при перемішуванні розглянемо, які сили діють на частку, коли вона знаходиться на дні резервуара, і має, для визначеності, форму кулі діаметр d_o і масу m .

$$F_{\Pi} + F_B - F_T = 0; \quad (1)$$

$$F_D - F_C - F_{\text{тр}} = 0. \quad (2)$$

Виштовхуюча силу можна визначити за формулою:

$$F_B = GV_{\text{ч}} \rho_{\text{ж}} \quad (3)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ,
 $\rho_{\text{ж}}$ – щільність рідини, кг/м^3 ,
 $V_{\text{ч}}$ - обсяг частки, м^3 ,

$$V_{\text{ч}} = \frac{\pi d_o^3}{6}. \quad (4)$$

За формулою (1) з урахуванням формули (3) і (4) визначимо умова руху частки у вертикальній площині:

$$F_{\Pi} \geq gm - gV_{\text{ч}}\rho_{\text{ж}} = g(m - V_{\text{ч}}\rho_{\text{ж}}). \quad (5)$$

За формулою (2) з урахуванням формули (3-5) визначимо умова перенесення частинок в горизонтальному напрямку:

$$F_D \geq F_C + k_{\text{д}}(g(m - V_{\text{ч}}\rho_{\text{ж}}) - F_{\Pi}), \quad (6)$$

де $k_{\text{д}}$ – коефіцієнт тертя між часткою і дном.

Внаслідок умов (5) і (6) при деяких природних припущеннях, використовуючи формули Бернуллі і Ньютона, отримуємо формулу для швидкості потоку $u_{\text{к.в}}$, при якому частка буде переміщається в вертикальній площині [2]:

$$u_{к.в} = 2\sqrt{\frac{gd_0}{3} \left(\frac{\rho_{ч}}{\rho_{ж}} - 1 \right)}, \quad (7)$$

де ρ – щільність частки, кг/м³.

Швидкості потоку, при якій частка буде перенесена в горизонтальному напрямку:

$$u_{к.г} \geq 2\sqrt{\frac{gd_0k_d(\rho_{ч} - \rho_{ж}) - 12\tau_0}{3\rho_{ж}(\zeta + 2k_d)}}, \quad (8)$$

де τ_0 – тангенціальна напруга зсуву, кг/м · с²,

ζ – коефіцієнт опору.

Порівнявши формули (7) і (8) отримуємо, що швидкість потоку, при якому частка буде переміщатися у вертикальній площині, більше швидкості потоку, при якому частка буде переміщатися в горизонтальному напрямку. Отже, для переміщення твердих частинок у всьому обсязі резервуара повинна дотримуватися умова $u > u_{к.г}$.

Отримано формули, що дозволяють визначити величину швидкості потоку рідкої фракції гною, при якій відбувається переміщення твердих частинок гною у всьому обсязі резервуара.

Список літератури

1. Кольга Д.Ф. Переработка навоза втэкологически безопасные органические удобрения/ Д.Ф.Кольга, А.С.Васько. – Минск: БГАТУ. – 128с.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ГІДРОФТОРОЛЕФІНАХ

**Ф.Д. Сапожников,
М.П. Жук,
Ф.І. Назаров,
М.В. Булак,**

УО «Білоруський державний аграрний технічний університет», м Мінськ, Республіка Білорусь

В даний час для заправки молокоохолоджувальних установок прагнуть застосовувати екологічно безпечні холодоагенти-гідрофторолефіни (ГФО). Найбільш часто використовувані на сьогоднішній день в якості холодоагентів олефіни R1234yf і R1234ze (E). В рамках цієї статті освячені технічні та експлуатаційні особливості роботи з системами на ГФО [1, 2, 3].

Виявлення витоків – найважливіше завдання при обслуговуванні систем не тільки на традиційних хладагентів, але і систем на ГФО. Найбільш рекомендованими методами є: 1) контроль системи під надлишковим тиском азоту – опресовування; 2) застосування пінних речовин; 3) використання ультрафіолетової (УФ) присадки; 4) електронні течіпошукачі.

Два перших способи є універсальними і їх застосування для виявлення витoku конкретно для ГФО нічим принципово не відрізняється. Застосування в системі азоту під тиском не дозволяє визначити конкретне місце витoku, хоча і є найбільш точним з точки зору ймовірності виявлення факту навіть найменшої витoku. Використання пінних речовин є найстарішим методом, однак сьогодні практично програє, оскільки знайти з його допомогою найдрібніші витoku неможливо, і найчастіше їх застосування вкрай утруднено.

Загальний набір пристосувань для застосування УФ-присадок (УФ-лампа, захисні УФ-окуляри, інжектор, ручний насос, засоби для чищення та ін.) Може використовуватися і для виявлення витoku ГФО. Однак необхідно використовувати присадки, допущені для олефінів, тому що УФ-присадка повинна бути на основі спеціальних масел, розроблених саме для таких речовин

Для електронних течошукачів виявлення найдрібніших витоків не представляє складності. Однак правильне застосування перевірконого зонда в деяких областях навряд чи можливо, чи, як мінімум, вимагає великих витрат часу. Для пошуку витoku олефінів необхідно застосовувати тільки рекомендовані для них електронні течішукачів, що пов'язано з помірною горючістю цих речовин. Конструкція такого течошукача повинна припускати іскрозахисне виконання корпусу і наконечника. Більшість традиційно використовуваних течошукачів не підходить для виявлення витoku олефінів, більш того – їх застосування небезпечно. У будь-якому випадку застосовність конкретного течошукача необхідно уточнити в інструкції виробника.

Використання нового холодоагенту означає зміну стандартів, розмірів, фітингів, приєднувальних роз'ємів, різьблення - це означає обов'язковим до застосування нового обладнання, щоб уникнути аварій при заправці та обслуговуванні. Частина пропонованого на ринку тари та упаковки може працювати з новими і старими типами холодоагентів. Зупинимося на основних особливостях.

Приєднувальні муфти. Різьбові сервісні порти стаціонарних холодильних систем на олефіна залишаються традиційними, тому немає необхідності в придбанні нових заправних шлангів або будь-яких перехідників. Потрібно лише чітко ідентифікувати систему по холодильному агенту і далі правильно з нею працювати.

Сервісні колектори. Конструктивно механічні сервісні колектори не мають вибухонебезпечних елементів, тому можуть використовуватися для традиційних холодоагентів, в тому числі вони годяться для роботи з олефінами. Необхідно тільки встановити відповідні манометри зі шкалами температур для олефінів. Застосування електронних колекторів найбільш переважно, тому що у всіх сучасних моделях в пам'яті вже є прийнятним ГФО, що істотно спрощує роботу з ними. Корпуси електронних колекторів, як правило, виконані герметичними і в іскрозахисному виконанні (додатково ущільнена кришка відсіку з батареями). На малюнку 1 показані варіанти механічних та електронних сервісних колекторів.



Рисунок 1 – Заправні колектори: зліва - механічний з манометрами для роботи з R1234yf і комплектом шлангів; праворуч - електронний налаштований на роботу з олефіном R1234yf

Станції збору холодоагенту. Олефіни представляють собою однокомпонентні речовини поки досить дорогі, тому їх збір і повторне використання фізично можливо і з економічної точки зору доцільно. Однак станції збору для традиційних холодоагентів використовувати для відкачування олефінів можна, в зв'язку з їх хоч і помірною, але горючістю. Для збору олефінів можна використовувати станції, призначені для горючих холодоагентів, таких як пропан (R290) і ізобутан (R600a), але таких станцій на нашому ринку в даний час практично не знайти. Тому збір олефінів з метою їх повторного застосування становить на сьогоднішній день певні труднощі [4].

Сервісні станції для систем кондиціонування. Для сервісу холодильного обладнання давно розроблені і з успіхом використовуються пересувні універсальні станції, що дозволяють зібрати холодоагент, провести його часткову очистку, свакууміровать систему, провести діагностику герметичності холодильного контуру, заправити необхідну кількість холодоагенту, при необхідності з додаванням дози УФ-барвника. Такі станції широко застосовуються для холодоагенту R134a, але вони не годяться для олефінів знову ж з причин помірної горючості останніх, і не тільки тому.

Встановлені виробниками автомобілів нові нормативи точності заправляється кількості R1234yf значно перевершують старі для R134a, тому і були розроблені нові установки для обслуговування систем кондиціонування. У них значно підвищена точність заправки до ± 15 г, також використаний новий метод компенсації кількості холодоагенту залишається в заправних шлангах з точністю ± 5 г при температурі навколишнього середовища від $+5$ до $+45$ °C і при обсязі заправки від 300 до 900 г.

Крім цього обладнання для роботи з R1234yf містить ряд спеціальних додаткових функцій (пояснення викладені нижче), однак і коштують такі станції дорожче звичайного сервісного обладнання. Головне, що всі електричні компоненти станції для роботи з R1234yf виконані в іскрозахисному виконанні. Установки оснащуються додатковою системою

вентиляції для запобігання скупченню холодоагенту усередині корпусу, введений контроль справності вентилятора. При першому запуску станція проводить інтенсивну вентиляцію корпусу протягом встановленого часу. Є детектор витoku хладагента, що забезпечує включення автоматичної вентиляції корпусу і сигналізацію персоналу. Також застосована більш технологічна система зважування ємностей для нового і відпрацьованого масел і УФ-барвника. Самі ємності для нового масла і барвника герметичні для запобігання контакту з повітрям і поглинання вологи з нього, оснащені системою розпізнавання холодоагенту і визначення ступеня його чистоти, що виключає помилки в заправці. Управління новою станцією для роботи з R1234yf максимально уніфіковано зі старими станціями для роботи зR134a.

Розглянуто основні відмінності технічного оснащення для роботи з олефінами, решта ж обладнання і інструменти можуть бути використані такі ж, як і для традиційних холодоагентів.

В майбутньому холодильні системи на олефін і сумішах на їх основі будуть зустрічатися все частіше. Позитивні моменти для фахівців, які будуть або вже працюють з ГФО наступні: кардинальним чином з появою нового холодоагенту нічого не змінюється; конструкція холодильних систем використовують ГФО не зазнала сильних змін; основні методики роботи з новим холодоагентом залишилися без змін; серйозного перенавчання (як наприклад, для роботи з пропаном, аміаком або діоксидом вуглецю) сервісним фахівцям не потрібно. Однак необхідно враховувати і суттєві відмінні риси при роботі з речовинами, що представляють більшу небезпеку, ніж традиційні холодоагенти [5].

Список літератури

1. Паспорта безопасности на R1234yf и R1234ze. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agas.com/products-services/refrigerants> (дата обращения 28.09.2020).
2. Озонабезопасные технологии в холодильной промышленности. Гидрофторолефины. [Электронный ресурс]. URL: <http://hvaccenr.ru/gidroftorolefiny> (дата обращения 23.09.2020).
3. Какие масла использовать для фреонов R1234yf и R1234ze. [Электронный ресурс]. URL: <https://cool-system.ru/blog/ustroystvo-i-osnovnye-uzly-sistemy/kakie-masla-ispolzovat-dlya-freonov-r1234yf-i-r1234ze> (дата обращения 24.09.2020).
4. Оборудование для ремонта и обслуживания кондиционера. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.xiron.ru/content/view/32052/28/>(дата обращения 02.02.2021).
5. Сапожников, Ф.Д. Охлаждение молока и техническое обслуживание установок : практикум / Ф.Д. Сапожников

5. КОНСТРУКТОРСЬКІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ ДЕТАЛЕЙ, СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ

УДК 621.81

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РОЗРАХУНКУ ПРЯМОЗУБИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПЕРЕДАЧ

Ю.А. Невдаха, канд. техн. наук, доц.,
В.О. Дубовик, канд. техн. наук, доц.,
С.Є. Катеринич, канд. техн. наук, доц.,
К.В. Козаков, студ.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Зубчасті передачі відносяться до найбільш розповсюджених груп механічних передач [1-4]. Вони використовують в широкому діапазоні областей і умов роботи, від приладобудування до самих потужних машин з діаметрами коліс від декількох міліметрів до 10 метрів і більше.

Циліндричні зубчасті передачі застосовують для перетворення і передачі обертового моменту між валами осі яких паралельні. Розрахунок зубчастих коліс зводиться до виконання умови за контактними напруженнями в зубцях, щоб вони були менші, або дорівнювали допустимим. Розрахунок ведуть для зачеплення в полюсі, так як викришування зубців починається з полюсної лінії (на ножці зубця) [1-4]. Але снуючі формули не дають дійсної величини максимального напруження, а еюра не відповідає реальному закону розподілу напружень. З метою отримання задовільних результатів правильніше проводити розрахунок зубців по максимальним місцевим напруженням [5].

Враховуючи нерівномірний розподіл навантаження по довжині контактної лінії і додаткове динамічне зусилля в зачепленні, в розрахунку замість питомого контактного навантаження візьмемо значення розрахункового навантаження:

$$F_p = K_F \cdot F_{cp}, \quad (1)$$

де коефіцієнт K_F може бути представлений у вигляді добутку двох коефіцієнтів:

$$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{FV} \quad (2)$$

Тут $K_{F\beta}$ - коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині зубчатого вінця;

K_{FV} - коефіцієнт, який враховує додаткові динамічні навантаження в зачепленні;

F_{cp} - середнє питоме контактне навантаження, визначене в припущенні рівномірного розподілу навантаження по лінії контакту за формулою:

$$F_{cp} = \frac{F_n}{L_k} = \frac{2T_1}{d_1 \cdot L_k \cdot \cos \alpha_w}, \quad (3)$$

де F_n - нормальне зусилля, діюче на зубці;

T_1 - момент, діючий на валу шестерні;

L_k - сумарна довжина контактних ліній.

В некоригованих передачах при зачепленні в полюсі все навантаження передається однією парою зубців, тому довжина контактної лінії L_k дорівнює ширині B зубчатого вінця. В цьому випадку розрахункове навантаження буде рівне:

$$F_p = \frac{2T_1 K_F}{d_1 \cdot B \cdot \cos \alpha_w}. \quad (4)$$

Величина питомого розрахункового навантаження F_p , визначається коефіцієнтом K_F , який визначається за формулою (2), що враховує вплив нерівномірності розподілу навантаження по ширині зубчастого вінця і додаткових динамічних зусиль в зачепленні на згинальну міцність зубців.

Значення коефіцієнта K_{FV} достатньо складне і для розрахунків зубчастих передач можна використати значення наведені у [1-4]. Величина коефіцієнта $K_{F\beta}$ визначається по кривим відповідних графіків для циліндричних передач [1-4]. Напруження розтягу, яке виникає на робочій стороні зубця в небезпечному перерізі, приймаючи гіпотезу невикривлення плоских перерізів, нормальних до осі симетрії зуба, може бути записано у виді:

$$\sigma = \sigma_{z2} - \sigma_{cm} = \frac{6 \cdot F_p \cdot \cos \gamma}{a^2} \cdot l - \frac{6 \cdot F_p \cdot \sin \gamma}{a} \leq [\sigma]. \quad (5)$$

Підставляючи значення F_p , отримуємо [5]:

$$\sigma = \frac{2 \cdot T_1 \cdot K_F}{B \cdot d_1 \cdot m} \cdot \left(\frac{6 \cdot l \cdot m \cdot \cos \gamma}{a^2 \cdot \cos \alpha_w} - \frac{m \cdot \sin \gamma}{a \cdot \cos \alpha_w} \right) \leq [\sigma], \quad (6)$$

або

$$\sigma = \frac{2 \cdot T_1 \cdot K_F}{B \cdot d_1 \cdot m \cdot y} \leq [\sigma], \quad (7)$$

де

$$y = \frac{1}{\frac{6 \cdot l \cdot m \cdot \cos \gamma}{a^2 \cdot \cos \alpha_w} - \frac{m \cdot \sin \gamma}{a \cdot \cos \alpha_w}}. \quad (8)$$

Величина коефіцієнта y залежить від форми зуба та розташування точки в якій прикладається зусилля. У свою чергу форма зубця при даному початковому контурі, тобто при фіксованому профільному куті α_w , залежить від числа зубців Z і коефіцієнта корекції x і не залежить від m , оскільки при заданих Z і x зубці різних модулів є подібними геометричними фігурами. В розрахунковій практиці визначення величини y робиться за допомогою таблиць або графіків [1 - 4].

Гіпотеза невикривлення плоских перерізів, нормальних до осі симетрії балки, несправедлива для коротких балок змінного перерізу, тому представлена на рисунку 2 сумарна епюра не відповідає реальному закону розподілу напружень, а формула (6) не дає дійсної величини максимального напруження. У основі зуба є місце концентрації напруження, причому величина місцевих напружень зростає зі зменшенням радіусу кривизни r перехідної кривої зуба.

З метою отримання задовільних результатів в розрахункові залежності (зазвичай в виразі для визначення допустимого напруження) вводять ефективні коефіцієнти концентрації K_σ або частіше (через обмеженість даних про величини K_σ) теоретичні коефіцієнти концентрації α_σ . В результаті при знакозмінному симетричному (реверсивному) навантаженні отримуємо:

$$\sigma = \frac{2 \cdot T_1 \cdot K_F}{B \cdot d_1 \cdot m \cdot y} \leq \frac{[\sigma_{-1}]_{F_{\text{ном переріз}}}}{\alpha_\sigma}. \quad (9)$$

Але навіть при врахуванні концентрації напруження в основі зуба наведена розрахункова схема зберігає ряд недоліків, які полягають перш за все в тому, що дійсний небезпечний переріз лежить нижче перерізу, визначеного зазначеним вище способом, особливо при великих x , і, крім того, прийнята гіпотеза не виправдовується. Останнє підтверджується тим, що тріщини втоми утворюють кут з кривою навантаження, близький до прямого, і злам зуба має опуклу форму.

Далі розрахунок ведеться за умовним номінальним напруженням, що значно відрізняється від дійсних максимальних напружень, і ускладнюється необхідністю мати для всіх комбінацій Z і x (при різних точках прикладення зусилля) не тільки значення Y , а й величини α_σ . Окремий облік коефіцієнтів Y і α_σ ускладнює підбір x , які забезпечують рівномірність по згину зубців шестірні і колеса. Принципово правильніше проводити розрахунок зубців по максимальним місцевим напруженням.

Якщо прийняти коефіцієнт форми зуба при розрахунку на згин у вигляді співвідношення $Y = \frac{Y}{\alpha_\sigma}$ і скористатися гіпотезою ломаних перерізів, теоретично можна

отримати розрахункову залежність для визначення величини коефіцієнта Y при різних значеннях Z і x прикладеного в будь-якій точці робочого профілю зуба.

Тоді перевірку згинальної міцності зубців шестірні і колеса можна виконувати за виразами [5]:

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot T_1 \cdot K_F}{B \cdot d_1 \cdot m \cdot Y_1} \leq [\sigma]_{F1} \quad (10)$$

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot T_1 \cdot K_F}{B \cdot d_1 \cdot m \cdot Y_2} = \sigma_1 \cdot \frac{Y_1}{Y_2} \leq [\sigma]_{F2}$$

Перехід до розрахунку згинальної міцності зубців з використанням коефіцієнтів Y забезпечує можливість безпосередньої оцінки впливу на згинальну міцність різних параметрів. Наприклад, з переходом від $Z = 12$ до $Z = 100$ величина Y зростає, оскільки зі збільшенням Z не тільки збільшується товщина зубця у основі, а й зменшується радіус кривизни перехідної кривої, що в свою чергу збільшує концентрацію напруження у основі зуба, отже в наслідок цього згинальна міцність зростає і точно на таке ж значення збільшиться коефіцієнт Y . Таким чином зростання коефіцієнта Y зі збільшенням x безпосередньо характеризує зростаючу при цьому згинальну міцність зубців [5].

Згинальна міцність в значній мірі залежить від термічної обробки поверхні зубця біля основи, чистоти і способу кінцевої обробки. Значне збільшення згинальної міцності отримують при поверхневому загартуванні всієї западини і при застосуванні дробоструменевому наклепу [1-4].

Проведені дослідження показали зменшення коефіцієнта форми зуба Y при збільшенні кількості зубів z . Це пояснюється тим, що при збільшенні кількості зубів відбувається зменшення кута між зубами, а тому сусідні зуби сприймають частину напруження, що виникає в навантаженому зубі. Тому проведені уточнення для розрахунку прямозубих циліндричних передач вказують на сприятливий вплив підвищення точності виготовлення зубців.

Список літератури

1. Павлице В.Т. "Основи конструювання та розрахунок деталей машин" Київ "Вища школа" 1993. - 356 с.
2. Решетов Л.Н. Детали машин: Учебник для студентов Машиностроительных и механических специальности вузов. 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1989.— 496 с.
3. Гузенков П.Г. Детали машин: Учебник для студентов высших технических учебных заведений М.: Высшая школа, 1982. - 351 с.
4. Березовский Ю.Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных техникумов / Ю.Н. Березовский, Д.В. Чернилевский, М.С. Петров – М.: Машиностроение, 1983. -384 с.
5. Ю.А. Невдаха, В.О. Дубовик, Н.А. Невдаха, Ф.Й. Златопольський. До розрахунку зубців прямозубих циліндричних передач на згин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 50, - Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С. 151 - 158.

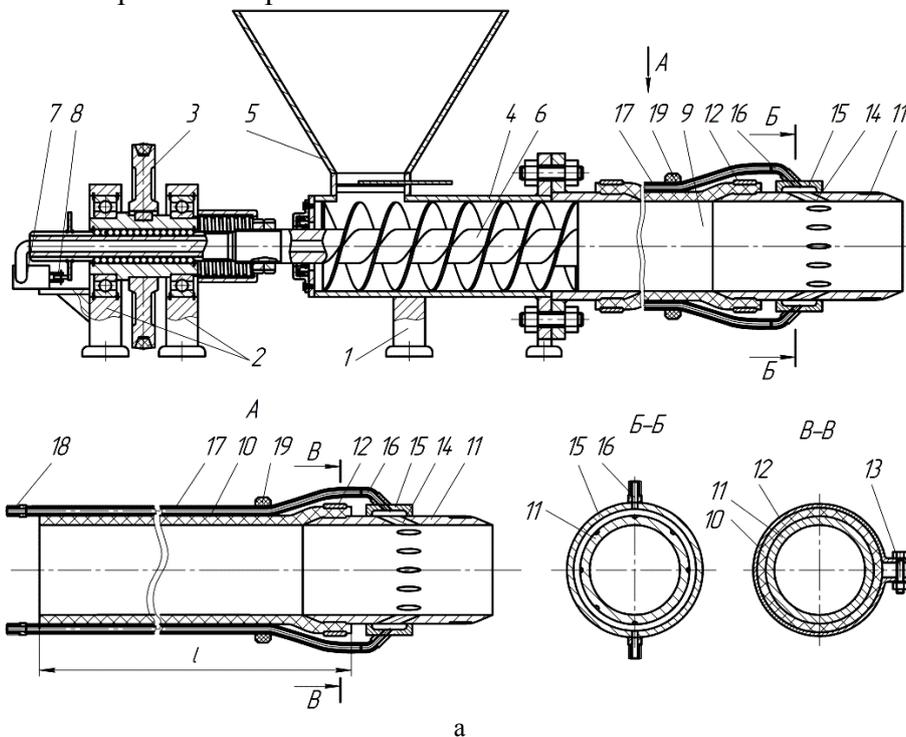
ПНЕМО-ШНЕКОВИЙ ТРАНСПОРТЕР

О.М. Троханяк, канд. техн. наук, доц.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

На основі проведеного аналізу літературних та патентних джерел конструкцій робочих органів і способів транспортування сипких матеріалів в замкнутих кожухах, як по прямолінійних, так і по криволінійних трасах [1-5] встановлено, що в тій чи іншій мірі вони задовольняють частину вимог до якості виконання технологічного процесу. Однак не повністю є вирішені питання, які пов'язані з підвищенням продуктивності транспортерів, зниженням енерговитрат на виконання технологічного процесу, надійності робочих органів, мінімізації пошкодження сипких матеріалів, які транспортуються та інше.

Для усунення вищезазначених недоліків було розроблено пневмо-шнековий транспортер, який зображено на рис.1.



б

Рисунок 1 – Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) пневмо-шнекового транспортера з під'єднаними шлангами живлення до гнучкого кожуха

Він містить опори 1 і 2, на яких встановлено привід 3, корпус транспортера 4 з бункером 5, гвинтовий живильник 6, пневмосистему 7 і пневматичний клапан 8. Магістраль транспортера складається із послідовно з'єднаних між собою секцій 9 довжиною l , причому кожна секція містить еластичний кожух 10, що з правої сторони закріплений на з'єднувальній циліндричній втулці 11 за допомогою кільця 12, що регулюється через затяжку болта 13.

В центральній частині циліндричної втулки 11 рівномірно по колу розташовані похилі в напрямку транспортування матеріалу отвори 14, та охоплені Π -подібною втулкою 15, на зовнішньому діаметрі якої закріплені штуцери 16 під кутом в напрямку транспортування матеріалу, і до яких під'єднані шланги подачі повітря 17. З лівої сторони еластичного кожуха на шлангах подачі повітря закріплені вхідні штуцери 18, які зв'язані із загальною пневмосистемою транспортера, причому довжина шлангів подачі повітря кожної наступної секції є у два рази більша ніж у попередньої та шланги секції зміщені у коловому напрямку та зафіксовані по довжині секції 9 хомутом 19.

В процесі роботи сипкий матеріал через бункер 5 потрапляє в корпус транспортера 4 на гвинтовий живильник 6. При виникненні перевантаження, яке зумовлено накопиченням певної кількості сипкого матеріалу в робочій камері корпусу транспортера 4 гвинтовий живильник 6 зміщується в осьовому напрямку протилежному до напрямку транспортування матеріалу. При цьому по шлангах 17 повітря через отвори 14 потрапляє в секцію 9 і розріджує накопичення матеріалу.

Запропонована конструкція пневмо-шнекового транспортера забезпечує достатньо велику відстань транспортування, відсутність скупчення транспортного матеріалу, що значно підвищує технологічні властивості транспортера та продуктивність його роботи.

Список літератури

1. Hevko R.B., Dzyura V.O., Romanovsky R.M., (2014), Mathematical model of the pneumatic-screw conveyor screw mechanism operation, *INMATEH: Agricultural engineering*, vol.44, no.3, pg.103-110, Bucharest/Romania;
2. Гевко Р.Б., Дзюра В.О., Романовський Р.М., (2009), Проектування пневмо-механічного транспортера сипких матеріалів // Вісник Тернопільського державного технічного університету.- Том 14.- № 4.- С.84-88.
3. Hevko R.B., Klendiy M.B., Klendii O.M., (2016), Investigation of a transfer branch of a flexible screw conveyer, *INMATEH: Agricultural Engineering*, vol.48. no.1, pp.29-34, Bucharest/Romania.
4. Hevko R.B., Klendiy O.M., (2014), The investigation of the process of a screw conveyer safety device actuation, *INMATEH: Agricultural Engineering*, vol.42, no.1, pp.55-60, Bucharest/Romania.
5. Hevko R.B., Rozum R.I., Klendiy O.M. (2016), *Development of design and investigation of operation processes of loading pipes of screw conveyors*, *INMATEH: Agricultural engineering*, vol.50, no.3, pg.89-96, Bucharest/Romania.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ ВАЛКІВ ПРИ ЇХ ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВЕЛИЧИНИ ЗНОСУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

К. Автухов, *д-р техн. наук, доц., директор ІПО,*
О.С. Кур'янов *аспірант,*
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка,
м.Харків, Україна

Основним завданням металургійної промисловості є підвищення ефективності і поліпшення якості продукції, що випускається. На продуктивності прокатних станів істотно впливає стан прокатних валків[1].

В основі дослідження зносу прокатних валків лежить визначення початкових геометричних параметрів досліджуваних поверхонь і зміна їх у процесі експлуатації. Для визначення геометричних розмірів під час виготовлення і величини зносу прокатних валків і при експлуатації використовуються різні види обладнання, виготовлення і застосування яких не завжди економічно виправдано.

Згідно з даними літературних джерел, знос валків залежить від багатьох чинників: якості матеріалу з якого вони виготовлені, а також властивостей виробленого металу[2].

Дослідженню зносу і стійкості деталей машин присвячені роботи багатьох видатних вчених [3,4]. Значні роботи в цій області виконані фахівцями з обробки металів тиском [5,6].

Відповідно до технічних вимог контроль геометричних розмірів прокатних валків виконується обмірними інструментами по ГОСТ 7502, ГОСТ 427, ГОСТ 166. [7,8].

Під час виробництва прокатних валків для вимірювань профілю прокатних валків при їх обробці на вальцешліфувальних верстатах "HERKULES" застосовується обладнання виробництва НСС/КРМ Electronics GmbH, Німеччина [9].

Принцип дії цього пристрою для вимірювань геометричних параметрів прокатних валків (далі - пристрій) заснований на контактному методі вимірювань. Конструкція являє собою скобу, на кінцях якої розташовані вимірювальні елементи, що контактують з поверхнею валка. При виконанні контрольних операцій реалізується двоточкова схема вимірювання лінійних розмірів.

Дане обладнання дає можливість визначати геометричні розміри прокатних валків при їх виробництві і при перешліфовках. Однак слід зазначити, що використовувати його для визначення величини зносу робочої поверхні прокатних валків під час їх експлуатації не надається можливим.

Автори статті "Дослідження зносу листових валків валкових систем квартостанів гарячої прокатки" [10] для вивчення характеру зносу валків чистової групи стану 2000 застосували спеціально сконструйоване пристосування у вигляді балки, яке базується на бочці валка. По довжині балки в лінію, паралельну осі валка, були вмонтовані індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Крок розміщення індикаторів - 100 мм, крім крайніх. Крайні індикатори встановлювали з таким розрахунком, щоб виміри виконувалися в точках, віддалених від краю бочки на 20 мм. При вимірах опорних валків відстань між упорами 5 приймали рівним 350 мм, при вимірах робочих валків яку зменшували шляхом збільшення висоти втулок 4. Відстань вибирали з таким розрахунком, щоб забезпечити стабільне положення пристосування на валку і зазор між валком і балкою 10...15 мм.

Для визначення величини зносу валків на робочій поверхні бочки в радіальному напрямку керном наносили поглиблення, які називають "кернами". За зміною глибини кернів оцінювали величину зносу в місцях їх нанесення. "Керни" наносили по координатам $z = (-0,9; 0,9; 0,8; 0,8; 0)$, де z - вісь обраної системи координат, що збігається за напрямком з віссю валка (цифри дані в метрах). Керни по кожній координаті наносили двома діаметрально

протилежними гніздами: по 3 керна в кожному гнізді. Глибину кернів вимірювали індикатором (ціна розподілу 0,01 мм).

Запропоноване обладнання дає можливість досить точно визначити величину зносу прокатних валків, але воно складне у виготовленні і трудомістке при проведенні вимірювань.

Оптимальним способом для визначення величини зносу прокатних валків під час експлуатації є спосіб, який полягає в тому, що на поверхні виробу наносяться штучні бази у вигляді конусних заглиблень.

Надалі зі зміни глибини штучної бази, яке визначають за допомогою розрахунків по відбитку її дна до початку експлуатації і після певного періоду експлуатації, визначають величину зносу.

Методика визначення глибини штучної бази полягає в наступному: після утворення заглиблених на досліджуваній поверхні, поруч з відбитком штучної бази розміщують контрольний розмірний елемент у вигляді каліброваної смуги. Фотоапаратом (бажано використовувати фотоапарат з максимальним розширенням) робиться знімок поглибленим разом з контрольним елементом. Після певного періоду експлуатації повторно роблять знімок штучної бази. Також, як і в початковому випадку поруч з поглибленням розміщати контрольний розмірний елемент.

Отримані знімки в bmp або jpg форматі вводяться в будь-яку з програм для розробки креслярської документації, яка використовує векторну графіку, наприклад: Autocad, Inventor, Solid Works, Компас тощо. На знімках з високим ступенем збільшення проставляються розміри діаметра дна конуса заглиблення і характерного розміру контрольного елемента. Природно, розміри, визначені програмою, не будуть відповідати реальності. Але в даному випадку дослідників цікавить не абсолютне значення розмірів, які визначить програма, а співвідношення діаметра дна конуса заглиблення і розміру контрольного елемента. Знаючи точний розмір контрольного елемента, можна за допомогою пропорції визначити діаметр дна конуса заглиблення.

Використання даного способу дозволяє з точністю 0,01 мм визначити зміну розмірів і форми робочої поверхні прокатного валка при експлуатації.

Список літератури

1. Виробництво і застосування прокатних валків: довідник / Т. С. Скобло та ін. Ред. Т. С. Скобло. Харків, 2013. ЦД № 1. 572 с.
1. 2.Скобло Т. С., Автухов А. К., Соколов Р. Г. Аналіз експлуатаційної стійкості двошарових чавунних валків. Сталь. 2015. №2. С. 34-37.
2. Крагельський І. В. Тертя і знос. Вид. 2-е, перераб. і доп. - Москва: Машинобудування, 1968. 480 с.
3. Крагельський І. В., Алісин В. В. Тертя, зношування та змащення: довідник в 2-х кн. Москва: Машинобудування, 1979. 358 с.
4. Експлуатація валів обтискових і сортових станів / Н. М. Воронцов та ін. Москва: Металургія, 1973. 288 с.
5. Бистров В. А. Дьяков П. К., Уманець А. Г. Умови експлуатації і знос валків прокатного стану гарячого металу. Известия вузів. Чорна металургія. Москва. 2014. № 5. С. 24- 29.
6. ОСТ 24.013.20-90. Видання. Валки сталеві ковані для холодної прокатки металів. Технічні умови. [Діє з 01.01.1991 Изд. офіц. НПОтяжмаш. 1990. 20с.
7. 8.ТУУ 27.1-26524137-1291-2007. Видання. Валки чавунні для гарячої прокатки металу. [Чинний від.01.02.2007. Вид. Офіц. Харків. 2007. 29 с.].
8. all-pribors.ru> opisanie.
9. Борисов В. І., Голубьев В. В. Дослідження зносу листових валків валкових систем квартостанов гарячої прокатки. Вісник МГТУ ім. Н.е. Баумана. Серія. "Машинобудування". Москва. 2005. №4. С.49-62

**АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОЗПОДІЛЬЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИСІВНИХ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ
ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**

В.Б. Онищенко, канд. техн. наук, доц.,

О.С. Девятко, канд. техн. наук, доц.,

К. Ю. Назаренко, студ.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

В.В. Ратушний, канд. техн. наук, с.н.с.,

ННЦ ІМЕСГ НААН України, Україна

У конструкції багатоканальних висівних систем знайшли застосування розподільчі робочі органи з пасивними та активними розподільниками мінеральних добрив. У розподільчих робочих органах з пасивними розподільниками добрив використовуються нерухомі поверхні, на які добрива подаються під дією повітряного потоку або гравітаційних сил, а в робочих органах з активними розподільниками - останні мають привод.

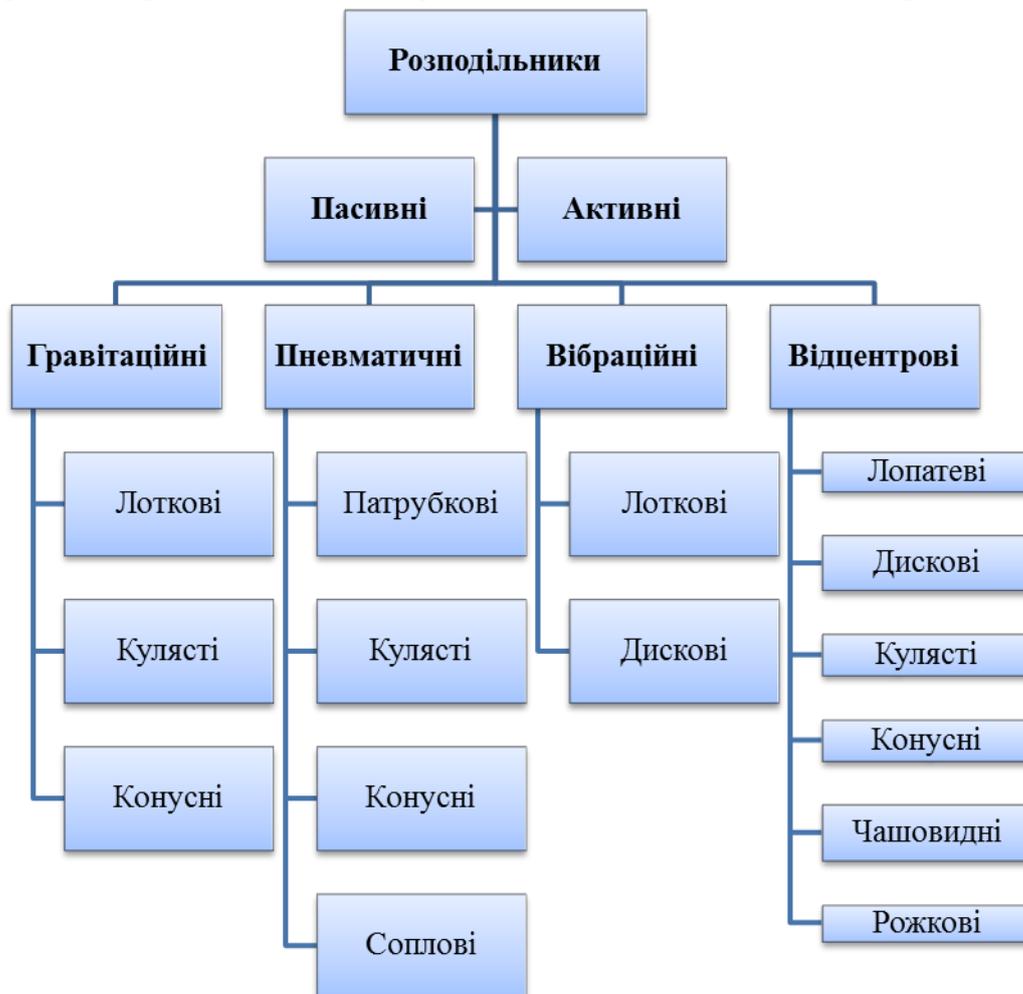
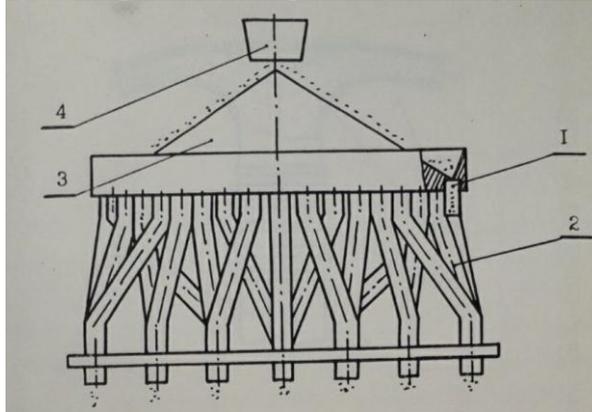


Рисунок 1 – Класифікація розподільників потоку багатоканальних висівних систем

Різноманітність застосовуваних розподільчих робочих органів з пасивними та активними розподільниками потоку визначається відмінністю виконання конструктивних елементів останніх, що представлено в класифікації на рис. 1.

На рис. 2 представлена схема робочого органу з гравітаційним розподільником потоку добрив, конусного типу (2), який отримав найбільшої популярності серед гравітаційних розподільників. Основними перевагами таких розподільників є простота їх конструкції і незначне руйнування гранул мінеральних добрив.

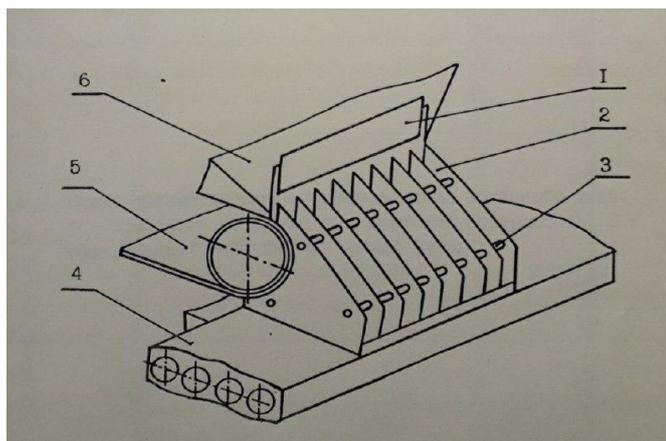


1 – приймальна горловина; 2 – відвідний патрубок; 3–конусна поверхня; 4–туконапрямляч

Рисунок 2 – Схема гравітаційного розподільника конусного типу

Такі розподільники знайшли застосування у машинах для поверхневого внесення мінеральних добрив, вимоги до яких, щодо рівномірності внесення відносно не жорсткі. Для покращення якості показників роботи машин з гравітаційними розподільниками вдаються до конструкторських удосконалень розподільчих робочих органів, об'єднуючи потоки із двох і більше відвідних патрубків (1).

Гравітаційні розподільники потоку лоткового типу (рис.3) являють собою блок лотків, утворюючих систему паралельних каналів, з'єднаних з відвідними патрубками. Такими розподільниками оснащені робочі органи машини Урса Матік (Ursa Mat.ic) шведської фірми Уста Маскінер (Ustaa Maskiner) (1), призначеної для поверхневого внесення мінеральних добрив.



1- заслінка; 2-пластина; 3-розпірна втулка; 4-блок каналів; 5-стрічковий живильник; 6-бункер.

Рисунок 3 – Схема гравітаційного розподільника лоткового типу

Машина складається з одноосного причепа з бункером для добрив і висівної системи. Туки з бункера подаються стрічковим дозуючим пристроєм. Норма висіву змінюється висотою випускної щілини в задній стінці бункера за допомогою регулювальної заслінки. Добрива, які сходять з дозуючого пристрою розподільника, діляться на рівні частини і через відповідні патрубки потрапляють в ежекторні живильники, до яких подається повітряний

потік від вентилятора високого тиску, і по окремих каналах транспортуються до кінцевих напрямників. Характерним недоліком розподільників лоткового типу є обмежене число каналів, що залежить від ширини дозуючого пристрою.

Список літератури

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів //Техніка АПК.-2000.-№3.- С.10-12.
2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха.- ННЦ „ІМЕСГ” , -2002. Вип. 86.- с. 90-99.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ, ЯК КОНСТРУКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ, ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ РУХОМИХ СПРЯЖЕНЬ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

О.Д. Деркач, канд. техн. наук, доц.,
Д.О. Макаренко, канд. техн. наук,
Є.С. Муранов, асп.,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Аналіз стану питання. Полімерно-композиційні матеріали (ПКМ) набувають все ширшого застосування в якості конструкційних матеріалів у сільськогосподарських машинах, вантажних автомобілях, машинах і промислового обладнанні [1-3]. ПКМ володіють високими характеристиками, які задовольняють умовам роботи їх в спряженнях різних машин і механізмів. Більшість таких ПКМ мають також високу вартість та технологічно емкі способи переробки у готові вироби [4]. Однак експлуатація техніки з використанням цих матеріалів є дешевшою. Вважаючи, що Україна майже повністю закупляє полімери з-за кордону, питання рециклінгу з наступною модифікацією полімерних відходів є актуальним. Це забезпечить зменшення імпортозалежності, вартості виробів з ПКМ та підвищення екологічності.

Одними з найбільш розповсюджених полімерів, які застосовуються в побутовій сфері є поліетилен, поліпропілен та поліетилентерефталат (ПЕТФ). Як правило, ПЕТФ використовують для виготовлення тари та упаковок харчових продуктів. При цьому, широке розповсюдження полімерів призвело до накопичення значного обсягу відходів пластику. У наукових роботах [5-7] вирішуються проблеми переробки відходів пластиків в аналогічні вироби або їх спеціальної утилізації (наприклад, спалювання). При цьому відоме дослідження [8], в якому ПЕТФ запропоновано використовувати в якості конструкційного, шляхом його модифікації різними наповнювачами. Аналіз роботи показав, що недоліками запропонованих композицій на основі ПЕТФ є все ж низькі механічні характеристики. Модифікація відпрацьованого (вторинного) ПЕТФ вуглецевими волокнами та графітом може бути одним із методів суттєвого підвищення міцнісних властивостей створених ПКМ, що дозволить їх використовувати в якості конструкційних ПКМ, а не повторно використовувати в побуті. Як встановлено в [9] ударна в'язкість є одним із важливих показників, так як для трибоспряжень, наприклад, сільськогосподарської техніки, характерні ударні навантаження.

Метою роботи є дослідження впливу введення в полімерну матрицю ПЕТФ вуглецевого волокна та термічно розширеного графіту на ударну в'язкість отриманої композиції.

Обладнання та методики досліджень. У композицію, як складалася із матриці – ПЕТФ і вуглецевого волокна, вводили термічно розширений графіт і змішували в обертальному (3500 хв^{-1}) електромагнітному полі (0,15 Тл) за допомогою феромагнітних часток, які потім вилучали магнітною сепарацією. Зразки ($4 \times 6 \times 50 \text{ мм}$) отримували методом лиття під тиском на ливарній напівавтоматичній машині ТПА-63 за температури $260 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 12 МПа. Ударну в'язкість визначали на маятниковому копрі КМ-0,4 за методом Шарпі (ISO 179/2D) за температури $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $50 \pm 5\%$.

Результати досліджень. Для досліджень було підготовлено чотири композиції (табл. 1). Вуглецеве волокно було уведене в усі композиції, так як ненаповнений ПЕТФ має дуже низьку ударну в'язкість (до 3 кДж/м^2) і не може застосовуватися як конструкційний матеріал у рухомих спряженнях машин і механізмів. Уведення оптимальної кількості вуглецевого волокна (40 %) забезпечило підвищення цього показника в 1,5 рази [10].

Таблиця 1 – Композиції, що досліджувалися

Шифр ПКМ	Вміст, мас. %		
	ПЕТФ	Вуглецеве волокно	Термічно розширений графіт
1	60	40	-
2	59,7	40	0,3
3	59	40	1
4	58,3	40	1,7

Результати дослідження (табл. 2) показали, що уведення в матрицю термічно розширеного графіту сприяє підвищенню ударної в'язкості ПКМ до 2,1 разів. Встановлено, що зі збільшенням абсолютної кількості уведеного графіту в матрицю, його вплив на зростання ударної в'язкості зменшується.

Таблиця 2 – Показники ударної в'язкості

Показники	Шифр ПКМ			
	1	2	3	4
Ударна в'язкість, кДж/м ²	4,5	6,33	7,75	9,44

Висновки. На думку авторів, позитивний ефект забезпечується активним впливом наповнювача на структуру полімерної матриці.

Завдяки підвищеним показникам міцнісних характеристик композиція може бути використана для виготовлення деталей рухомих спряжень сільськогосподарських машин, хімічного і металургійного обладнання.

Список літератури

1. Деркач О.Д., Буря О.І. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів. Наукові рекомендації: Дніпропетровськ: ДДАУ. – 2011. – 71 с.
2. Арламова Н.Т. Розробка та дослідження властивостей композитів на основі фенілолу для вузлів тертя посівних машин : Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.17.06 / Український державний хіміко-технологічний університет, 2001. – 15 с.
3. Кузнецова О.Ю. Розробка фулеренвмісних композитних матеріалів на основі фенілолу для деталей конструкційного призначення: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / Луцький національний технічний університет, 2013. – 23 с.
4. Деркач О.Д., Артемчук В.В., Муранов Є.С. До питання технологічності отримання деталей з полімерних композитів для посівної техніки. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2017. – № 181. – С. 157-166.
5. Савченко Б.М. Модифікація та розробка технологій переробки вторинного поліетилентерефталату : Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06 / Київський національний ун-т технологій та дизайну. — К., 2005. — 213 С.
6. Павленко А.А. Композиційні матеріали на основі відходів поліетилентерефталату і поліаміду : Дис. ... канд. техн. наук. : 05.17.06 – технологія полімерних і композиційних матеріалів / А. А. Павленко. - Суми, 2011. – 191 С.
7. Супрун Л.В., Романенко С.В., Цыганкова Т.С. Анализ и решение проблемы утилизации и вторичной переработки полиэтилентерефталат (ПЭТ) отходов в городе Томске. Вестник науки Сибири. – 2012. – № 4 (5). – С. 107-112.
8. Бурькина О.В. Зависимость физико-химических свойств модифицированного полиэтилентерефталата от структуры модификатора: Дис. ... канд. техн. наук - 2003, Курск, Россия – 143 С.
9. Деркач О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Дис. ... канд. техн. наук - 2006, Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, Україна – 182 С.
10. Розробка композитів на основі поліарилата для вузлів тертя бурякозбиральної техніки : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.01 / О. П. Чигвінцева; Технол. ун-т Поділля. - Хмельницький, 1999. - 16 с. - укр. - рус.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ САПР SOLIDWORKS

А.В. Йовченко, ст. викладач
О.А. Тригуб, канд. техн. наук, доц.,
О.М. Пилипенко, д-р техн. наук, проф.,
А.П. Солтус, д-р техн. наук, проф.,

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Параметризація дозволяє за короткий час змоделювати за допомогою зміни параметрів або геометричних співвідношень різні конструктивні схеми. Параметризоване моделювання істотно відрізняється від звичайного двовимірного креслення або тривимірного моделювання. Конструктор при параметризованому проектуванні створює математичну модель об'єктів з параметрами, при зміні яких відбуваються зміни конфігурації деталі, взаємні переміщення деталей в збірці.

3D-модель параметризації дозволяє безліч разів використовувати розроблену модель та значно скоротити час на проектування деталей механізму, підготовку креслень та іншої супутньої проектної документації.

Об'єктом дослідження є система автоматизованого проектування SolidWorks, технології формування параметризованих моделей і складальних конструкцій.

Предметом дослідження є параметризація складальної конструкції кривошипно-шатунного механізму.

Мета роботи - на прикладі формування складальної конструкції кривошипно-шатунного механізму (КШМ) спроектувати параметричну модель в САПР SolidWorks.

Основним інструментом параметризації SolidWorks 2020 є блок "equations" в дереві конструювання функцій Manager. Параметризувати збірку можна з дуже високим ступенем деталізації.

При формуванні основних деталей КШМ в САПР SolidWorks використано операції створення об'ємних тіл і збережений ідентичний порядок основних операцій щодо САПР. Найбільш трудомісткими моделями з погляду моделювання й параметризації є поршень, шатун і колінчатий вал (рис. 1).

Перед параметризацією необхідно визначити основні конструктивні співвідношення розмірів елементів КШМ [1]. Величину верхньої частини поршня h_1 вибирають, виходячи із забезпечення однакового тиску опорної поверхні поршня по висоті циліндра й міцності бобишок, ослаблених отворами для пропуску оливи (табл. 1). Висоту головки поршня $h_Г$ встановлюють виходячи із забезпечення нормального температурного режиму її елементів — товщини дна поршня й розташування компресійних і маслосаз'ємних кілець. Висота юбки $h_{ю}$ визначається величиною необхідного теплового зазору між юбкою поршня й циліндром.

Діаметр поршня приймаємо основним розміром за допомогою якого виконується параметризація поршня і інших деталей КШМ. Знак " Σ " означає, що даний розмір параметризований з використанням основного розміру – діаметра поршня D (рис. 1) [2], [3].

Перед параметризацією КШМ було визначено основні конструктивні співвідношення розмірів поршневої групи (табл. 1), а саме поршня, кільця, поршневого пальця; шатунної групи, а саме поршневої головки, кривошипної головки, стержня шатуна; колінчатого валу.

Для параметризації поршневого пальця та інших деталей КШМ спочатку необхідно виконати моделювання даних деталей в SolidWorks. Сам процес параметризації виконується під час збірки КШМ (рис. 2).

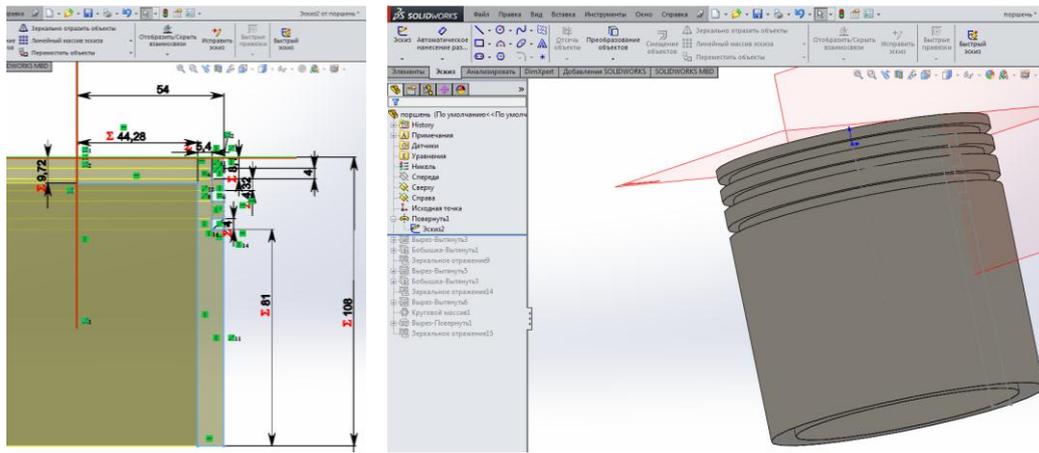


Рисунок 1 – Ескіз операції "обертання" в Solidworks з параметризованими розмірами поршня

Таблиця 1 - Основні конструктивні співвідношення розмірів поршня при параметризації

Формули задані в Solidworks				Загальні формули
Dporsh@Эскиз2	54мм	54мм		радіус поршня R
D3@Эскиз2	4мм	4мм		кільце
D4@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.04	4.32мм	товщина першої кільцевої перемички	$h_{II}=R \cdot 2 \cdot 0,04$
D6@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.09	9.72мм	товщина днища поршня	$\delta=R \cdot 2 \cdot 0,09$
D9@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2	108мм	висота поршня	$H=R \cdot 2$
D2@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.075	8.1мм	висота вогневого пояса	$e=R \cdot 2 \cdot 0,075$
D1@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.75	81мм	висота юбки поршня	$h_{Ю}=R \cdot 2 \cdot 0,75$
D5@Эскиз2	= "D3@Эскиз2"	4мм		кільце поршня
D8@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.05	5.4мм	товщина стінки головки поршня	$S=R \cdot 2 \cdot 0,05$
D7@Эскиз2	= ("Dporsh@Эскиз2" * 2 - 2 * ("D8@Эскиз2"))	44.28мм	внутрішній діаметр поршня	$R\delta = D - 2 \cdot (s + t) + \Delta t = (R \cdot 2 - 2 \cdot (R \cdot 2 \cdot 0,05 + R \cdot 2 \cdot 0,04)) / 2$
D1@Повернуть1	360градусов	360градусов		$h_t = R \cdot 0,95$
D1@Эскиз5	= "Dporsh@Эскиз2" * 0.95	51.3мм	лиска	$D = R \cdot 2 + 10$
D3@Эскиз5	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 + 10	118мм	для утворення лиски	$H_{Ю} = R \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 0,85$
D1@Вырез-Вытянуть3	= "D1@Эскиз2" * 0.85	68.85мм	висота лиски юбки поршня	$H_{ВЮ} = (R\delta - R \cdot 0,3) \cdot 1,4$
D1@Эскиз11	= ("D7@Эскиз2" - "Dporsh@Эскиз2")	39.31мм	внутрішня лиска поршня	$H_{внЮ} = H_{Ю}$
D1@Бобышка-Вытяну	= "D1@Вырез-Вытянуть3"	68.85мм	висота внутрішньої лиски поршня	$d_n = R \cdot 2 \cdot 0,25$
D1@Эскиз8	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.25	27мм	зовнішній діаметр поршневого кільця	$h_1 = R \cdot 2 \cdot 0,6$
D2@Эскиз8	= "Dporsh@Эскиз2" * 0.6 * 2	64.8мм	висота верхньої частини поршня	$d_{зп} = d_n \cdot 1,3$
D1@Эскиз13	= "D1@Эскиз8" * 1.3	35.1мм	зовн. діаметр внутр. лиски	$l_{\sigma} = H_{ВЮ} - R \cdot 0,35 - 2$
D1@Бобышка-Вытяну	= "D1@Эскиз11" - "Dporsh@Эскиз2"	18.41мм	довжина внутрішньої бобышки	d_m
D1@Эскиз10	= "D3@Эскиз2" * 0.4	1.6мм	діаметр масляного каналу	
D2@Круговой массив	36градусов	36градусов		Кількість масляних каналів
D1@Круговой массив	10	10		
D1@Эскиз14	= "Dporsh@Эскиз2" * 0.78	42.12мм	відстань від центра до кільця	$l\delta = R \cdot 0,78$
D2@Эскиз14	= "D1@Эскиз8" / 2	13.5мм	радіус кільця	$R_K = d_n / 2$

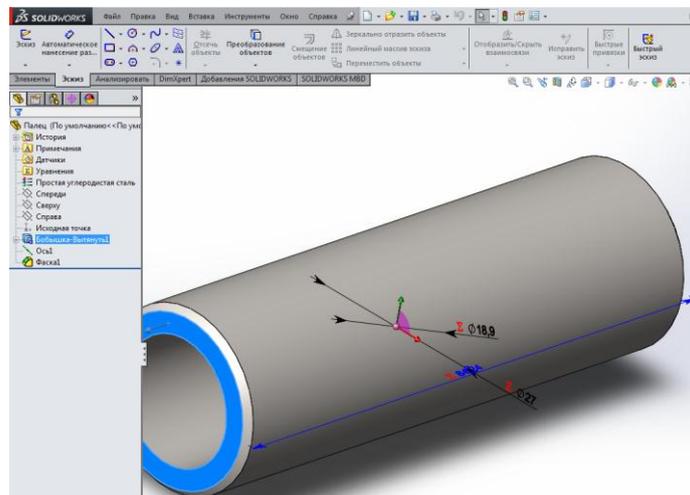


Рисунок 2 – 3D-модель параметризованої деталі "поршневий палець" з деревом побудови

Основні рівняння, що використовувались під час параметризації поршня вказані в табл. 2.

Таблиця 2 - Основні конструктивні співвідношення розмірів поршневого пальця при параметризації

Формули задані в SolidWorks				Загальні формули
D1@Эскиз1	= "D2@Эскиз1" * 0.7	18.9мм	внутрішній діаметр поршневого пальця	$d_{вн.п} = d_n \cdot 0,7$
D2@Эскиз1	27мм	27мм		зовн. діам. порш. пальця
D1@Бобышка-Вытянут	= "D2@Эскиз1" * 0.78 / 0.25	84.24мм	довжина поршневого пальця	$d_n = R \cdot 2 \cdot 0,25$
D1@Фаска1	1мм	1мм		$ln = R \cdot 0,78 / 0,25$
D2@Фаска1	45градусов	45градусов		фаска
				фаска

Подальша параметризація КШМ відбувається за подібною методикою.

Згідно із статистичними даними, на зміну параметрів повністю параметризованої 3D-моделі йде менше 1 хв. При цьому перебудовування відбувається в автоматичному режимі. Генерування та випуск САД-системою конструкторської документації триває від 15 до 30 хв. при розробці дуже складних моделей. Перебудовування 3D КШМ відбувається за декілька секунд. Всі складові деталі механізму, а саме: поршень, палець, шатун, кришки головки шатуна, шатунні вкладиші, колінчатий вал перебудовуються автоматично.

В результаті проведеного аналізу розглянуто основні можливості САПР SolidWorks для параметризації складних механізмів на прикладі параметризації КШМ. При проектуванні параметричних моделей елементів КШМ і формуванні складальної конструкції вузла КШМ розглянуто методи роботи з ескізами, операції формування об'ємів, технології формування складальних одиниць із застосуванням інструментів спряжень. В результаті сформовано параметризовану складальну конструкцію КШМ в системі SolidWorks, яка дозволяє не тільки швидко перебудовувати деталі КШМ, а й виконувати розрахунок даних деталей на міцність із підключеним модулем SolidWorks Simulation з використанням методу кінцевих елементів.

Список літератури

1. А.И. Колчин, В.П. Демидов. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. / А.И. Колчин, В.П. Демидов – 3-е изд. Перераб. И доп. – М.: Высш. Шк., 2003. – 496 с.
2. Алямовский А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике (+ DVD-ROM): Научное пособие. - К.: Информавтодор, 2008. - 62 с.
3. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. — М.: ООО "Бином-Пресс", 2004 г. – 448 с.: ил.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИГОТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КОРМІВ ВДОСКОНАЛЕННЯМ КОНСТРУКЦІЇ ЕКСТРУДЕРА

**А.А. Романович,
І.І. Скорботи,**

*УО «Білоруський державний аграрний технічний університет», м.Мінськ, Республіка
Білорусь*

В останні роки у виробництві кормів все ширше застосовується екструзійна обробка зерна. У комбікормової промисловості цей спосіб є найбільш перспективним для подальшого вдосконалення технології, підвищення якості і харчових достоїнств комбікормів, а також використання найнесподіваніших компонентів в рецептах комбікормів, з метою залучення нових ресурсів, зниження вартості корму, підвищення його споживчих переваг [1, 2].

У найбільш економічно розвинених державах (США, Японія, країни Західної Європи) екструзійні технології стали пріоритетним напрямком розвитку харчової та кормової промисловості. В даний час різними екструзійними методами виробляють кондитерські вироби, а також корми для домашніх птахів, тварин, риб.

Найбільше застосування в технології комбікормів знайшов цей процес при виробництві спучених кормів для молодняку тварин. Наприклад, в США щорічно виробляється таких кормів не менше, ніж на 4 млн. Дол. [1]

В даний час лінії по переробці відходів рільництва, борошномельної промисловості та інших відходів встановлені в ряді птахівницьких, тваринницьких і звірівницьких господарств різних 8 регіонів Росії і Білорусі, в Республіці Казахстан. Їх експлуатація підтверджує зазначені вище переваги.

Екструзійна переробка багатокомпонентних кормів особливо складна, так як необхідно враховувати внутрішню будову матеріалу (структуру), мати уявлення про залежність складу корму (рецепт, раціон), необхідності обробки цього складу корму, кінцевий результат зміни структурно-механічних властивостей, для яких тварин даний екструдований корм буде згодуватися [2].

У процесі приготування корму зерно піддається короткочасного, але дуже інтенсивному механічному й баротермічному впливу за рахунок високої температури 110-160°C, Тиску 5,0 МПа і зсувних зусиль в гвинтових робочих органах екструдера, в результаті чого відбуваються структурно-механічні та хімічні зміни сировини. За рахунок різкого падіння тиску при виході розігрітій зернової маси відбувається «вибух» (збільшення в обсязі) продукту, що робить його більш доступним для впливу ферментів шлунка тварин, а також підвищує засвоюваність. У процесі екструдуювання крохмаль розпадається на прості цукри, шкідлива мікрофлора знезаражується.

Крім того, на процес екструдуювання практично не впливають такі фактори як вологість переробляється продукту і засміченість насінням інших культур [3].

Таким чином, за час проходження через екструдер, суміш:

- стерилізується і знезаражується (хвороботворні мікроорганізми, грибки, цвіль повністю знищуються);
- збільшується в об'ємі (внаслідок розриву молекулярних ланцюжків крохмалю і стінок клітин при виході з екструдера);
- гомогенізується (процеси подрібнення, і перемішування сировини в стовбурі екструдера тривають, продукт стає повністю однорідним);
- стабілізується (нейтралізується дію ферментів, що викликають прогорання продукту, таких, як ліпаза і ліпоксигенази, інактивуються антипоживні фактори, токсини);
- зневоднюється (знижується вологість від вихідної) [4].

Фундаментальним завданням процесу екструзії є глибока клейстеризація крохмалю. При цьому відбувається декструкція макромолекул крохмалю з утворенням різних декстринів і цукрів, в результаті чого істотно підвищується засвоюваність зернофуражу, причому асиміляція поживних речовин відбувається з меншими енергетичними затратами. З точки зору процесу електропостачання телевизор клейстеризации крохмалю в такому значенні:

– клейстеризований крохмаль помітно підвищує свою сорбційну ємність, що забезпечує поглинання їм більшої кількості води, тому його засвоюваність зростає практично в усіх випадках, підвищується і перетравність корму.

– внаслідок клейстеризації крохмалю істотно полегшується доступність його молекул дії ферментів, тому процес ферментативного гідролізу крохмалю помітно полегшується, що забезпечує утворення значної кількості декстринів і цукрів різної молекулярної маси, аж до утворення простих цукрів, глюкози і т.п.

Таким чином, пресування надає широкі можливості для вдосконалення технології, в сучасних умовах цей спосіб є прогресивним і заслуговує найширшого застосування на практиці.

Експандуванні - процес, заснований на гідротермічній обробці корму під тиском. Принцип дії екструдерів і експандерів однаковий – в шнековом робочому органі продукт розігрівається, ущільнюється і випресовується. Однак режими обробки істотно розрізняються.

У екструдерах продукт розігрівається тільки за рахунок тертя при русі по витків шнека і активному перемішуванні під великим тиском. У експандері обробка проводиться при більш високій вологості (до 26%) і розігрів здійснюється не тільки за рахунок тертя, але за рахунок введення пара, в результаті чого обробка зерна відбувається в менш жорстких умовах з більшою продуктивністю і з меншими витратами електроенергії, ніж при екструдуванні.

В основі термовструдування лежить короткочасна (5-15 с), високотемпературна (350-600 °С) обробка зерна в потоці гарячого повітря. При термовструдуванні використовують високі температури і на порядок менше часу на обробку зерна за рахунок понадінтенсивного підведення тепла до зерна в спеціально організованому режимі теплового удару. У цьому випадку відпадає необхідність у штучному зволоження зерна, а використовується тільки внутрішня природна волога. Зерна злаків в процесі термовструдування самі стають мініатюрними високошвидкісними «котлами варіння» під тиском.

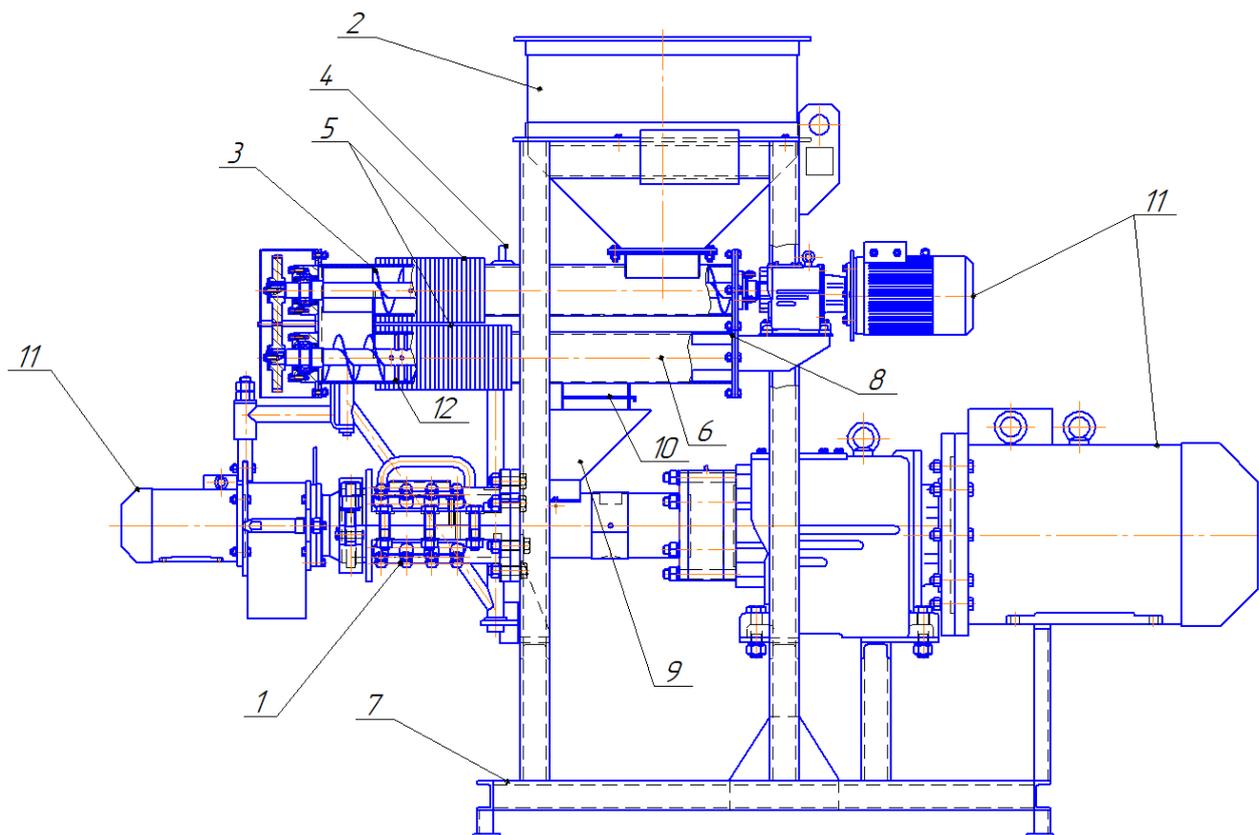
Термовструдування зернобобових дозволяє значно нейтралізувати інгібітори трипсину і хімотрипсину. Разом з тим, як показала практика, організувати підведення тепла до зерна в летить потоці досить складно, а через високі температур відбувається часткове руйнування незамінних амінокислот і вітамінів. тому такий спосіб поки не набув поширення.

Таким чином, в кожному з перерахованих термомеханічних видів обробки зернофуражу є як свої переваги, так і недоліки, для усунення яких необхідно об'єднати кращі технологічні рішення в одній машині.

Для цього за основу пропонується взяти екструдер, але для зниження енерговитрат на здійснюваний технологічний процес необхідно підвести до нього додаткове джерело тепла для інтенсифікації процесу. Однак в якості джерела тепла використовувати пар, як це зроблено при експандуванні, не доцільно, так як це значно ускладнить конструкцію машини і знизить її надійність, окрім того виникне необхідність в парогенераторі, що істотно збільшить вартість обладнання для здійснення технологічного процесу.

Крім того, для інтенсифікації процесу необхідно, щоб зернофураж став мініатюрним «котлом варіння» як в разі обробки в термовструдері. Для цього необхідно щоб зерно містило відносно велика кількість природної або штучної вологи і розігрів всієї зернової маси має відбуватися досить швидко, тобто в режимі теплового удару, а не тільки за рахунок високого тиску і тертя як в звичайному екструдері.

Запропоновані технічні рішення реалізовані в конструкції екструдера представленого на рис 1.



1 – екструдер; 2 – приймальний бункер; 3 – гвинтові змішувачі; 4 – зволожувач; 5 – індуктор; 6 – кожух гвинтових змішувачів; 7 – рама; 8 – перекидаючі лопатки; 9 – приймальня воронка; 10 – шибер; 11 – електродвигуна; 12 – завихрувач

Рисунок 1— Загальний вид вдосконаленого екструдера

Працює вдосконалений екструдер наступним чином. Первісна порція вихідної сировини подається в приймальний бункер, з якого надходить в з'єднаний з ним гвинтовий змішувач, на якому встановлений зволожувач. З якого дозовано, подається вода на транспортується за допомогою змішувача сировину. Кормові компоненти змішуються і нагріваються за допомогою індуктора і подаються на перекидають лопатки, які перевантажують її в гвинтовий змішувач, з'єднаний з екструдером, де сировину продовжує нагріватися і перемішуватися. Якщо підігріте сировина не досягло необхідної температури, то шибер залишається закритим і маса продовжує рух до перекидають лопаток, які перевантажують її у вікно гвинтового змішувача і процес повториться до нагрівання маси до заданої температури.

Список літератури

1. Анферников, О.Ю. Совершенствование технологии пищевых текстуратов, получаемых способом термопластической экструзии [Текст] / О.Ю. Алферников Дисс. канд. техн. наук. – Краснодар: –2010. – 122 с.
2. Брылинский, М.П. применение экструдеров при производстве кормов для молодняка сельхозптицы [Текст] / М.П. Брылинский // Хранение и переработка зерна. – 2004. №9. – С. 43-44.
3. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов [Текст] : Монография /В.А. Афанасьев, А.Н. Остриков. – Воронеж, 2015. – 336 с.
4. Гаврилов Н.В. Применение экструдеров при переработке продукции растениеводства. Учебно-методическое пособие для обучающихся в профильной магистратуре в рамках ГПИИР-2– Костанай, 2018. - 127 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

А.О. Абрамчук,

В.Б. Ловкіс, канд. техн. наук, доц.,

*УО «Білоруський державний аграрний технічний університет», м Мінськ, Республіка
Білорусь*

З урахуванням різкого подорожчання і дефіциту висококалорійних енергоносіїв на основі нафти виникла необхідність створення енергетичних установок, що працюють на генераторному газі, отриманому з різних видів твердого палива, вартість яких в даний час приблизно в 9-10 разів нижче вартості нафтопродуктів.

Установки, що працюють на генераторному газі, можуть використовуватися при опаленні виробничих цехів, приміщень з підвищеним опалювальним об'ємом і високим розташуванням стель, побутових приміщень і спеціальних споруд (склади, майстерні), розташовані далеко від систем централізованого опалення.

Система водяного опалення при великих обсягах виробничих приміщень не дозволяє підтримувати в них необхідні параметри мікроклімату. Крім цього в процесі експлуатації при нестійкій роботі джерела теплоти система часто виходить з ладу в зимовий час, що вимагає великих додаткових витрат. Ці недоліки відсутні в системі повітряного опалення. Пропонується підігрівати повітря за рахунок спалювання газогенераторного газу, одержуваного з місцевого твердого палива (торф, відходи деревини).

Характерною особливістю газогенераторів є те, що отримується газ без охолодження і очищення спалюється в жаровій трубі і потім димові гази з високою температурою надходять в теплообмінник для повітря. Зміна конструкції камери газифікації і теплообмінника дасть можливість з більшим ККД використовувати паливо з підвищеною вихідною вологістю, знизити його витрата. Двостадійне спалювання палива в газогенераторних установках забезпечує до 90% в порівнянні з прямим спалюванням в топках з нерухомою ґратами, які працюють на природній тязі, внаслідок зменшення витрат тепла.

Система газогенераторна опалювальна призначена для отримання горючих газів з твердого палива (вугілля, торфу, тирси, тріски і т.д.), які використовуються для опалення побутових, житлових, виробничих приміщень, споруд закритого ґрунту, підігріву води і повітря. Складається з газогенератора з жарової трубою, бункера і каркаса з опорами і сходами.

Основною характеристикою теплообмінних апаратів є теплопередаюча поверхня, або поверхня теплообміну. Від її величини залежать геометричні розміри теплообмінників, вартість їх виготовлення, монтажу та експлуатації.

Розрахунок поверхні теплообміну проведено для наступних основних стадій:

- визначення теплового навантаження апарату, середньої рушійної сили і середніх температур теплоносія;
- визначення витрати речовини з теплового балансу;
- визначення орієнтовної площі поверхні теплообміну, а також вибір розміру теплообмінних труб.

Технічні характеристики: теплова потужність – 50-100 кВт; витрата палива – 20-50 кг/год; маса установки – 850 кг; температура газу в жаровій трубі – 750-900°C; розрядження в димовій трубі – 5 мм. вод. стовпа; кількість обслуговуючого персоналу – 1 чол.

Паливо виходить в процесі деревообробки. Завантаження палива в бункер здійснюється через завантажувальний люк. Для розпалювання можуть бути використані

тріска, дрова та ін. Сухі горючі матеріали. Спалювання газу здійснюється в жаровій трубі, куди через клапан подається вторинне повітря. Далі газ, нагрітий до 700-950°C надходить в теплообмінник, де відбувається його догорання. Віддавши тепло, газ через димову трубу викидається в атмосферу. У міру згорання паливо опускається вниз через певний проміжок часу проводиться завантаження наступної порції палива.

Продуктивність газогенератора регулюється зміною кількості подаваного первинного і вторинного повітря, тяги і за рахунок зміни висоти шару палива на колосникових ґратах шляхом підйому опускання її.

На основі розрахунку системи газогенераторної опалювальної отримані основні параметри газогенератора. Результати розрахунку наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку системи газогенераторної опалювальної

№ п / п	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	обсяг бункера	м ³	0,6
2	Площа колосникових ґрат	м ²	0,3
	- довжина	мм	600
	- ширина	мм	500
3	Розміри камери газифікації		
	- висота	мм	900
	- ширина	мм	500
4	Величина зазору між розсікачем і стінкою камери	мм	150
5	Розміри розсікача палива		
	- висота	мм	500
	- ширина	мм	500
6	Діаметр жарової труби	мм	200
7	Вологість твердого палива, не більше	%	38
8	Розмір частинок палива	мм	1-50

Проведено обґрунтування необхідної потужності газогенераторної системи в залежності від температури зовнішнього повітря і температури всередині приміщення.

Залежно від будівельної конструкції і теплоступлення в приміщення визначені оптимальні параметри установки. Проведені попередні випробування опалювальної системи підтверджують висновок перспективи створення подібних систем.

Список літератури

1. Доброго К.В., Жданок С.А// Физика фильтрационного горения газов. Мн.: Ин-т тепло – и массообмена им А.В Лыкова НАНБ, 2002-[203 с].
2. Журавский Г.И., Мартынов О.Г., Ноготов Е.Ф., Бабенко В.А., Чорный А.Д., Лушиков В.В., Романовский А.В. Тепло- и массообмен в химико- технологических устройствах с высокопристыми ячеистыми материалами. Тез. Докл. и сообщ. / 5Минский международный форум по тепло- и массообмену, 24-28 мая 2004 г., т.2 [424 с]. Минск, Ин-т тепло- и массообмена им А.В.Лыкова НАН Беларуси, 2004 г.
3. Ловкис В.Б., О.Д. Тозик// Разработка комбинированного теплообменника для отопления крупногабаритных производственных помещений. Збірник тез/ 6 Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 9-10 квітня 2020 року м. Житомир. [96-98с].

6. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

УДК 629.113

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДАТОЧНИХ ВІДНОШЕНЬ ТРАНСМІСІЇ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ БТР

В.П.Сахно, д-р техн. наук, проф.,

О.В.Диких, асп.,

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Внутрішні війська МВС України укомплектовані переважно БТР-60 та БТР-70. Зазначені зразки були розроблені та прийняті на озброєння у 1960 та 1970 рр. відповідно. Тому при розробці нової техніки, а також модернізації існуючої одним із основних питань є вибір силової установки і роботи у цьому напрямку слід вважати актуальними.

Виготовлення та модернізація спеціальної колісної техніки (СКТ) повинні проводитися з додержанням затверджених вимог, зокрема, максимальної швидкості руху по шосе – не менше 85-100 км/год, максимального динамічного фактора на нижчій передачі у коробці передач і роздавальній коробці не менше 0,7-0,9, впевненого подолання труднопрохідних ділянок місцевості, подолання крутих підйомів до 35⁰ тощо [1].

Перелічені вимоги повинні виконуватися як при модернізації спеціальної колісної техніки, так і при її переобладнанні. Модернізація включає заміну системи двигун-трансмсія існуючої моделі на більш сучасну і прогресивну. Переобладнання стосується лише заміни двигунів або трансмісії. При переобладнанні СКТ заміні підлягають, як правило, тільки двигуни базової машини, на двигуни однакової потужності.

В роботі розглянуті варіанти модернізації БТР-70 шляхом встановлення на шасі цього автомобіля замість двох двигунів ЗМЗ-4905 двох двигунів General Motors потужністю 103 кВт, або двох вигунів 110,4 кВт, або двох двигунів D245.30E2 потужністю 115 кВт, або двох двигунів різної потужності – потужність основного двигуна DEUTZ TCD 2013 L4 4V 161 кВт і потужність додаткового двигуна DEUTZ D 914L3 43 кВт. В основу порівняльного аналізу покладено основні показники тягово-швидкісних властивостей, що отримані шляхом розв'язку диференціального рівняння руху, вихідними даними для якого слугують масові та геометричні параметри автомобіля та умови експлуатації. Вибір кращого варіанту виконано на основі порівняння кожного показника тягово-швидкісних властивостей з еталоном, у якості якого прийнято кращий показник із усіх можливих варіантів. За результатами розрахунків встановлено, що кращі показники тягово-швидкісних властивостей досягаються при установці на БТР-70 одного двигуна DEUTZ. При цьому показано, що при модернізації БТР-70 шляхом заміни двох бензинових двигунів ГАЗ 4905 на один дизель TCD 2013 L64V Truck з різними швидкісними діапазонами, заміні підлягає і трансмісія автомобіля, що включає коробку передач, роздавальну коробку і головну передачу.

Оптимальні передаточні відношення трансмісії визначаються як умовами експлуатації автомобіля, так і показниками тягово-швидкісних властивостей. Діапазон передаточних відношень трансмісії автомобіля визначається його мінімальним і максимальним передаточним відношенням. Мінімальне передаточне відношення трансмісії визначено відповідно за умови руху з максимальною швидкістю. При цьому враховано, що максимальна швидкість руху автомобіля для автомобілів з дизелем досягається при русі автомобіля на прискорюючій передачі в коробці передач. На основі аналізу конструкцій трансмісій сучасних автомобілів даного класу з дизелем встановлено, що передаточне відношення прискорюючої передачі лежить в межах 0,73...0,75. В розрахунках прийнято $u_{кпр}=0,73$. За цієї умови передаточне відношення головної передачі склало 5,476.

Максимальне передаточне відношення трансмісії визначається за умови подолання автомобілем максимального опору дороги ψ , а для спеціальних автомобілів – максимального підйому. Згідно технічних вимог [1] величина максимального підйому складає 30^0 . За цієї умови максимальне передаточне відношення трансмісії склало $U_{\max} = 26,665$.

Окрім подолання максимального підйому система двигун-трансмісія повинна забезпечити можливість руху автомобіля в складних дорожніх умовах, для руху в яких максимальний динамічний фактор на нижчій передачі у коробці передач та роздавальної коробці повинен бути в межах $D_{\max} = 0,7-0,9$ [1]. При цьому при $D_{\max} = 0,9$ передаточне відношення трансмісії склало $U_{\max}^1 = 44,50$.

Відношення передаточних відношень U_{\max}^1 і U_{\max} визначить собою передаточне відношення нижчої ступені РК, тобто

$$U_{\text{ок } 1} = 1,669.$$

Передаточне відношення вищої ступені РК прийемо рівним 1,0.

При виборі типу коробки передач слід врахувати також вимогу щодо мінімальної стійкої швидкості руху, яка не повинна бути більшою за 2,0-3,0 км/год. За цієї умови ($v_{\min} = 3,0$ км/год) визначимо передаточне відношення першої передачі в коробці передач при русі автомобіля на знижувальній передачі в роздавальної коробці. Отримаємо $U_1 = 7,52$. Для машин даного класу за механічної трансмісії коробки передач виконують, як правило, п'яти- та шестиступеневими. Прийемо до подальших розрахунків шестиступеневу коробку передач з шостою прискорюючою передачею, передаточне відношення якої визначено раніше і склало 0,73.

Сьогодні існує багато методів і методик розрахунку ряду передаточних чисел механічної ступінчастої трансмісії автомобіля. Далі розглянемо декілька основних.

У роботі [2] розглянуті різні закони і методики визначення передаточних відношень трансмісії автомобіля. У методі розрахунку передаточних чисел за законом геометричної прогресії є припущення, що швидкість автомобіля за час перемикання передач не зменшується. В реальності швидкість любого транспортного засобу зменшується при перемиканні внаслідок дії опору повітря. Це і служить причиною невисокої розбіжності у числовому еквіваленті на практиці передаточних чисел на високих ступенях. Закон "арифметичний ряд" для визначення передаточних чисел самий простий у розрахунку, але даний метод не одержав поширення, тому що має малу щільність ряду від вищих ступенів до нижчих. Гармонійний ряд, навпаки, має високу щільність на вищих передачах, а на нижчих малу, що в умовах інтенсивного міського руху може привести до низьких якостей розганяння автомобіля. Динамічний ряд передаточних чисел трансмісії автомобіля передбачає дослідження на екстремум функції загального часу розгону. Розглядуваний метод дозволяє знайти передаточні відношення трансмісії, які забезпечують автомобілю найкращі значення прийомистості, але паливні витрати при експлуатації автомобілів з такими коробками передач дуже і дуже високі. У цій же роботі наведено функцію для визначення передаточних чисел трансмісії за умови мінімальної витрати палива, а також показано обґрунтування закономірності побудови ряду передаточних чисел шляхом аналогії з ідеальною трансмісією за умови, що потужність двигуна в процесі руху автомобіля при зміні швидкості автомобіля через зміну опору руху залишається сталою.

На основі порівняльної оцінки тягово-швидкісних властивостей БТР-70 з коробками передач, передаточні відношення яких вибрані за різними законами і методиками, встановлено, що кращим законом є закон геометричної прогресії з корекцією передаточного відношення третьої і четвертої передачі. У такому випадку сумарний питомий показник тягово-швидкісних властивостей може бути збільшеним із 7,731 до 8,183.

Список літератури

1. Літвінов О.В. Експериментальне оцінювання показників динаміки та опору руху спеціалізованої колісної техніки/Механіка та машинобудування, 2017, №1, с.278-288
2. Горбаха М.М. Визначення показників тягово-швидкісних властивостей автомобіля „Газель” з різними силовими агрегатами // Вісник НТУ. – 2003. – Випуск 8. – С. 307-310.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ

П.С. Попик, канд. техн. наук,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ, Україна.

На даний час в сільськогосподарській практиці велика увага приділяється створенню і використанню комбінованих посівних агрегатів, що дозволяють за один прохід виконувати кілька операцій з обробітку ґрунту та посіву, внесення добрив та гербіцидів.

Головна задача сівби полягає в оптимальному розміщенні насіння в ґрунті, яке забезпечує одержання найбільшого врожаю. При цьому до сівби як до технологічного процесу висуваються три основні вимоги: висів заданої кількості насіння на одиницю площі поля; рівномірне розміщення його на площі поля; загортання на відповідну (однакову) глибину в ґрунт.

Проаналізувавши існуючі способи посіву технічних культур стає очевидним, що найбільш перспективним є пунктирний (точний) посів, завдяки рівномірності розподілу насіння у рядку. Таким чином, створення нових та удосконалення існуючих конструкцій висівних апаратів сівалок точного висіву є ефективним способом збільшення урожайності технічних культур та суттєве зниження витрат об'ємів посівного матеріалу. Якість сівби регламентується агротехнічними вимогами.

Комбінований підхід до оцінки відносної точності приведено в роботах Погорілого Л.В., Басіна В.С., Брея В.В. Вказаний методичний підхід може бути застосований для оцінки роботи нових посівних машин. Рівномірність розташування насіння вздовж рядка оцінюється спеціальним показником. При цьому вводяться дисперсії розсіювання, розташування насіння при ударі і загортанні насіння у ґрунт. Безумовно, такий показник більш об'єктивно оцінює якість посіву, однак ускладнює оцінку визначення величин дисперсій.

Слід зазначити, що загальноприйняте поняття точності, яке ґрунтується на статистичній обробці даних, потребує уточнень для характеристики якості посіву. Відомо, що при оцінці посіву, виникають великі значення коефіцієнта варіації, що скоріше характеризує неточність, внаслідок інверсії розподілу насіння відносно передбачених місць їх знаходження.

З метою врахування цього факту, що вносить плутаницю в оцінку при звичайному статистичному підході, справедливо вводиться обмеження у вигляді ймовірності попадання насіння в розраховане місце з обмеженим регламентованим відхиленням.

Для оцінки ефективності роботи висівних апаратів доцільно використовувати комплексний показник ймовірності точності висіву, який включає ймовірність появи пропусків, ймовірність утворення двійників і ймовірність відхилення положення насіння від заданої точки висіву при практично відсутній інверсії. Тоді точність висіву ξ_T може характеризуватися добутком трьох ймовірностей: $\xi_{\text{пр}}$ – ймовірність появи пропусків, $\xi_{\text{дв}}$ – ймовірність появи двійників, $\xi_{\{\eta \leq \pm h\}}$ – ймовірність відхилення положення насіння.

Список літератури

1. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / [Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М.]. – К., 2003. – 206 с.
2. Каталог продукції компанії Väderstad (Швеція) [електронний ресурс]: vaderstad.com – Режим доступу: http://www.vaderstad.com/ua/produkcija/tochnyy_vusiv/tempof
3. Машины для точного посева пропашных культур: конструирование и расчет. / [Басин В.С., Брей В.В., Погорелый Л.В. и др.]; под. ред. Л.В. Погорелого – К.: Техника, 1987. - 151с.

ДАТЧИК КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗА ЇЇ В'ЯЗКІСТЮ

А.А. Троц, канд. техн. наук, доц.,

О.О. Банний, к.т.н., доцент,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна,

М.Ф. Богомолов, канд. техн. наук, доц.,

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна

Моторні оливи призначені для зниження тертя і зносу спряжених деталей шляхом утворення між ними надійної масляної плівки, а також забезпечення ущільнення зазорів в деталях циліндро-поршневої групи, відведення тепла і видалення продуктів зносу із зон тертя та захисту деталей двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) від корозії.

Моторні оливи повинні володіти в'язкісними властивостями. Під в'язкістю рідини варто розуміти об'ємну властивість рідини чинити опір відносному переміщенню її шарів дією зовнішньої сили. Перешкоду переміщенню шарів рідини створюють сили міжмолекулярного притягання. Зовні в'язкість оливи характеризує його плинність. В'язкість оливи залежить від температури і тиску. Зміна в'язкості від температури характеризує в'язкісно-температурні властивості оливи. Зі зменшенням температури в'язкість оливи збільшується і при досягненні її визначених значень олива взагалі може втратити рухливість. Температура, при якій олива втрачає рухливість, називається температурою застигання масла. Висока в'язкість утрудняє протікання оливи по масляних каналах і подачу його до тертьової поверхні. У результаті пуску двигуна сполучені деталі можуть виявитися в режимі тертя без мастильного матеріалу, що позначиться на підвищенні їхнього зносу.

Висока працездатність системи мащення – одна з головних умов довговічності ДВЗ. Працездатний стан характеризується безперервним підведенням до тертьових поверхонь деталей оливи, якість і стан якого дозволяє звести до мінімуму зношування деталей і втрати енергії на подолання тертя. Все це забезпечується необхідною кількістю оливи, що циркулює в системі, оптимальною його в'язкістю і безвідмовною роботою масляного насосу, маслоочисників і радіатора. Але під дією об'єктивних і суб'єктивних чинників в системі мащення двигуна виникають характерні несправності, які призводять до зниження працездатності двигуна в цілому. Олива, яка працювала в агрегаті, є носієм інформації про термодинамічні, хімічні і трибологічні процеси, що відбуваються в системі мащення автомобіля.

Основна функція оливи в технічних пристроях полягає в створенні тонкого масляного шару між поверхнями пристроїв, що знаходяться у відносному русі, тим самим виключаючи сухе тертя між цими поверхнями і зменшуючи їх знос. Крім того, присутність оливи грає істотну роль в охолодженні, що труться, а також у підтримці їх чистоти. Однак в процесі експлуатації фізико-хімічні властивості оливи погіршуються, що веде до її старіння. Зрозуміло, процеси старіння в сильному ступені залежать від умов експлуатації оливи. Так, в якості основних причин старіння моторних і трансмісійних оливи можна назвати окислення, забруднення оливи твердими частинками внаслідок зносу, а також потрапляння в оливу води (для моторних оливи). До теперішнього часу розроблено велику кількість параметрів, призначених для опису старіння оливи. До числа найважливіших параметрів, що характеризують стан оливи, незалежно від сфери його застосування відносяться зсувна в'язкість і щільність, які під час експлуатації мають властивість збільшуватися. При досягненні цих параметрів до критичних величин для кожної конкретної оливи необхідно виконати процес заміни даної оливи.

Значний інтерес представляють автоматичні вимірювання таких параметрів, як в'язкість і щільність оливо безпосередньо в процесі експлуатації. Прикладом реалізації електрофізичного методу діагностування параметрів працюючої оливи служить датчик стану оливи. Багато компаній в останні роки активно розробляють датчики стану оливи двигуна (англ. Oil condition sensors) – надійний і ефективний у вартісному вираженні спосіб вирішення ряду проблем економічного та екологічного характеру. Ці датчики здійснюють комплексний моніторинг стану оливи в реальному часі, інформуючи ЕБУ (електронний блок управління) в режимі реального часу.

Призначення датчика стану оливи: мінімізувати ціну експлуатації оливи і простої машини, допустити великі інтервали між замінами оливи, зменшуючи споживчі витрати; точно вказувати термін заміни оливи; підтримувати необхідний рівень оливи; зменшувати забруднення навколишнього середовища; регулювати розташування масляного фільтра; захищати двигун; зменшувати гарантійні витрати. Датчик стану оливи допомагає захищати ДВЗ за допомогою ранньої діагностики збоїв, подачі інформації водієві і неможливості запуску, якщо падає не тільки рівень, а й якість оливи, що може бути наслідком перевищення терміну служби оливи або вказівкою на проблеми з ДВЗ. З високою точністю визначається оптимальний час заміни оливи.

Для автоматичного вимірювання в'язкості і щільності оливо безпосередньо в процесі експлуатації розроблено спосіб та датчик виміру в'язкості або ж щільності оливи по інтенсивності витікання оливи через дифузор (гідравлічний опір) при однаковому тиску для оливо з різним терміном експлуатації. Датчик складається із гофрованої трубки або сільфона 1, з'єднаного штоком-якорем 4 з електромагнітним індикатором переміщення 3. Під дією тиску оливи, що надходить через штуцер 5, гофрована трубка 1 зі штоком-якорем 4 подовжується або скорочується і займає певне місце, що залежить від розмірів змінного дифузора 2 та швидкості витікання оливи через дифузор, яка в свою чергу залежить від в'язкості і щільності оливи, що контролюється. Напруга у вторинній обмотці електромагнітної системи 3 залежить від положення штока-якоря 4. Для оливо з різною в'язкістю це положення буде різним. Змінний дифузор 2 закінчується вихідним клапаном. Досягнення напруги у вторинній обмотці електромагнітної системи критичного значення буде сигналом для заміни оливи. Креслення лабораторного пристрою зображено на рис. 1.

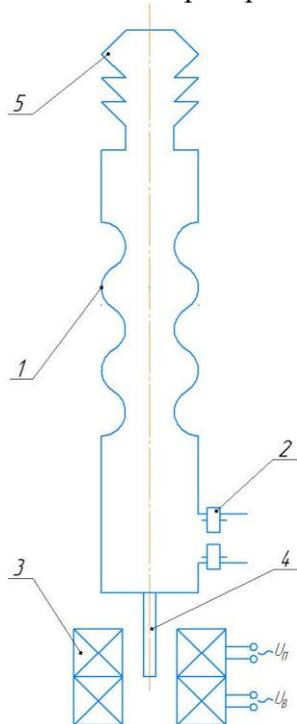


Рисунок 1 – Датчик неперервного контролю в'язкості оливи під час експлуатації

Для аналізу оливи з реальним терміном експлуатації необхідно знати її фракційний склад для правильного визначення стану кожної реальної суміші.

Забезпечення механічною частиною пристрою високоточного необхідного процесу оливопотоків дозволяє комп'ютеризувати процес дослідження ефективності роботи фільтру з використанням інформаційних технологій та розробки моделей.

АНАЛІЗ РОБОТИ ПРОТРУЮВАЧІВ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

В. Б. Онищенко, канд. техн. наук, доц.,
В. С. Ступаченко, студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

В. В. Ратушний, канд. техн. наук, с.н.с.,
ННЦ ІМЕСГ НААН України, Україна

По конструкції і принципах дії основного робочого органу протруювачі розділяють на наступні типи: барабанні, шнекові, камерні, комбіновані, лоткові, транспортерні, роликові і вальцеві. При чому перші чотири типи робочих органів використовуються в основному для обробітку насіння зернових, зернобобових і технічних культур, а інші для протруювання насінневої картоплі. Протруювачі барабанного типу здійснюють нанесення препаратів на насіння шляхом їх змішування в барабані сухим, вологим і комбінованим способом. Такі робочі органи дуже прості за конструкцією, що забезпечило їм широке використання на протруювачах, що випускалися у 20-60-х рр..

Однак багаторічні дослідження, проведені різними науковими установами, показали, що барабанні робочі органи не здатні забезпечувати високу якість обробки зерна, так як не всі зерна в барабані мають можливість контактувати з препаратом. Крім того, вони мають низьку продуктивність, високу питому металоємність і не відповідають санітарно-гігієнічним умовам праці виробничого персоналу.

Протруювачі камерного типу мають найбільш сучасні робочі органи. Принцип їх дії оснований на взаємодії потоку насінин з частинками препарату. Таке рішення дає можливість кожній окремій зернині контактувати з потоком препарату і тим самим, створює умови для досягнення високої якості протруювання.

Камерні робочі органи можуть обробляти насіння сухим, зволженим і комбінованим способом. Крім високих якісних показників вони здатні забезпечувати високу продуктивність процесу обробітку зерна, мають низьку питому метало та енергоємність. Герметичні камери сприяють створенню сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці. У нас в країні всі більшість протруювачів, що випускають в даний час оснащені подібними робочими органами (крім ПСШ-5). При роботі шнекових протруювачів, протруєне зерно транспортується на відрідку шляху за допомогою металічного шнека, це призводить до механічного пошкодження насіння, що є неприпустимим, по друге металічний шнек малих розмірів і висипання зерна з нього потрібно проводити або на купу або в мішки, що є зайвою тратою часу тобто включає в себе операції затарування в мішки, і на полі їх потрібно вручну розвантажувати.

Внаслідок проведеної модернізації шнекового транспортера, протруювачі в процесі роботи забезпечать: знищення личинок шкідників та збудників хвороб на поверхні плодової оболонки насінини; знімання оболонки насінини, що покращить проникнення вологи і препаратів у зародок та внутрішні шари насіння, а це в свою чергу сприяє скороченню термінів проростання та отримання міцних та здорових сходів.

Використання гнучких шнекових конвеєрів також дозволить забезпечити завантаження насінневого матеріалу безпосередньо в зернові ящики сівалок, або кузов автомобіля. У цьому випадку відпадає потреба використання мішків та додаткової тари, зменшується кількість обслуговуючого персоналу, що в свою чергу позитивно відіб'ється на собівартості виробленої продукції.

Список літератури

1. Вітровий А.О. "Результати досліджень пошкоджень зерна гнучким гвинтовим конвеєром ", Зб. наук. праць НАУ. Том 6. Київ, 1999р. 189с.
2. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М. "Гвинтові подаючі механізми сільськогосподарських машин", Вища школа. Львів 1989р. 176с.

ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ НОЖІВ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

А. В. Новицький, канд. техн. наук, доц.,

А.А. Засулько, асист.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Попередніми дослідженнями встановлено [3, 4, 7], що ефективність використання засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) в реальних умовах експлуатації досить висока, але разом з тим, показники надійності їх окремих механізмів (підсистем) та елементів (робочих органів і деталей) необхідно підвищити. Досвід використання ЗПРК показує, що надійність механізму подрібнення-змішування (МПЗ) ЗПРК визначається рівнем надійності ножів та протиножів [3, 4]. Вказані робочі органи МПЗ встановлюються в ЗПРК на шнеках та корпусах, забезпечують подрібнення та змішування складових кормів.

Нами, для оцінки довговічності ножів механізму подрібнення-змішування ЗПРК було використано метод експертних оцінок, який базується на результатах опитування кваліфікованих експертів і не вимагає проведення спеціальних експериментів [8]. Для врахування думок експертів, попередньо були підготовлені опитувальні листи.

В результаті дослідження досвіду експлуатації змішувачів-кормороздавачів "Verti Mix" умов їх роботи, вивчення наукової літератури і раніше виконаних досліджень встановлено, що на зношування ножів МПЗ впливає 10 факторів:

- x_1 – забрудненість складових кормів сторонніми включеннями;
- x_2 – властивості рослинної маси, що подрібнюється;
- x_3 – матеріал ножів;
- x_4 – режими роботи змішувача-кормороздавача;
- x_5 – стан кріплення ножів (стан різьбових з'єднань, наявність додаткових елементів кріплення ножів);
- x_6 – стан заповнення бункера компонентами;
- x_7 – стаж роботи обслуговуючого персоналу;
- x_8 – стан контролю інженерно-технічної служби;
- x_9 – вібрація;
- x_{10} – періодичність контролю технічного стану оператором.

Було проведено ранжування представлених факторів з використанням методу експертних оцінок та опитування 8 експертів за 10-ти бальною системою. Аналіз отриманих даних показує, що максимальний вплив на зношування ножів змішувачів-кормороздавачів має фактор x_1 (забрудненість рослинної маси абразивними частинами ($\omega_1=0,173$)); мінімальний вплив має фактор x_9 (температура), який характеризується показником $\omega_9=0,041$.

Розподіл факторів відповідає нерівномірному експоненціальному спаданню, тому частину факторів представлено дослідження ($x_4; x_6; x_7; x_8; x_9; x_{10}$;) можна виключити.

Дослідженнями було встановлено, що найважливішими є фактори ($x_1; x_2; x_3; x_5$;) . За всіма факторами отримана задовільна узгодженість експертів, а за значимими факторами – добра.

З метою підвищення довговічності ножів та протиножів МПЗ, і відповідно, надійності ЗПРК пропонується реалізувати наступні заходи.

1. Проводити моніторинг основних факторів, що визначають технічний стан робочих органів МПЗ ЗПРК [2, 5].

2. Розробити класифікацію робочих органів типу "ніж" ЗПРК для різних моделей з метою забезпечення їх ремонтпридатності [6].

3. Розробити комплекс конструкторсько-технологічних заходів для підвищення довговічності ножів МПЗ [2, 7].

4. Обґрунтувати значення граничного зносу ріжучої крайки, отворів для встановлення та кріплення ножів МПЗ [3, 4].

5. Встановити для кожного типу ножа (групи ножів) та притиножа індивідуальну періодичність технічного обслуговування, що визначають необхідність їх відновленні або ж заміни.

6. Розробити сигналізатори або ж пристосування, які будуть інформувати про настання граничного стану робочих органів ЗПРК [1].

7. Визначити вплив людського фактора на забезпечення довговічності ножів МПЗ та надійності ЗПРК [7, 8].

Список літератури

1. Novitskiy A., Karabinhosh S. Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 2. 241. P. 106–121.
2. Andriy Novitskiy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 19. No 3. 123–128.
3. Новицький А. В. Дослідження динаміки зміни показників надійності засобів для приготування і роздачі кормів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: "Техніка та енергетика АПК"*. К., 2016. Вип. 241, частина 1. С. 334–338.
4. Новицький А. В. Оцінка надійності засобів для приготування і роздавання кормів в залежності від умов і режимів їх експлуатації. *Науковий вісник НУБіПУ. Серія "Техніка та енергетика АПК"*. К., 2015. Вип. 212, частина 1. С. 141–147.
5. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, p. 115–124.
6. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Класифікація робочих органів типу "ніж" засобів для приготування і роздавання кормів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: "Техніка та енергетика АПК"*. К., 2017. Вип. 262 (2017). С. 287–296.
7. Новицький А. В., Ружи́ло З. В., Котречко О. О. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 151-157.
8. Новицький А.В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 87–94.

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ В ДВИГУНАХ

С.І. Криштопа¹, *д-р техн. наук, проф.*,
Л.І. Криштопа¹, *канд. техн. наук, доц.*,
Ю.С. Власюк²

¹*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

²*Івано-Франківський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України*

При виборі виду палива в ДВЗ необхідно максимально враховувати перетворення хімічної енергії палива в роботу. До найбільш перспективному продукту для підвищення хімічної енергії палива слід віднести метиловий спирт (метанол), який у світовій практиці вже давно застосовується в якості дешевого замітника дорогих традиційних моторних палив. Термохімічна сутність підвищення енергії вихідного палива відображають основні положення термодинаміки, зокрема закон Гесса. Покажемо це на основі аналізу теплових ефектів від згоряння метанолу, здійснюваного за двома методами. Відповідно до першого і другого методів окислення метанолу початковий і кінцевий стани системи однакові: початковий – 1 кмоль CH_3OH , кінцевий – 2 кмоль H_2O та 1 кмоль CO_2 .

За першим методом метанол безпосередньо спалюється в камері згоряння двигуна внутрішнього згоряння



де Q_M – екзотермічний тепловий ефект від згоряння метанольно-повітряної суміші, $Q_M = 629\,440$ кДж [1].

В результаті реакції (1) за першим методом утворюються 3 кмоль продуктів згоряння. За другим двоступінчастим методом конверсії метанолу спочатку розкладається спирт



При цьому утворюються 2 кмоль H_2 та 1 кмоль CO з ендотермічною теплою конверсії Q_c . Потім спалюють в кисні 3 кмоль, отриманих в результаті реакції (2) продуктів конверсії метанолу:



Тоді сумарний тепловий ефект складе

$$Q_\Sigma = 282600 + 481500 = 764100 \text{ кДж / кмоль}. \quad (5)$$

Теплові ефекти для реакцій (3-4) наведені згідно з даними [2]. Тоді у відповідності до закону Гесса сумарні теплові ефекти різних маршрутів окислення метанолу повинні збігатися

$$629440 \text{ кДж / кмоль} = - Q_c + 764100 \text{ кДж / кмоль}. \quad (6)$$

Звідси ендотермічний тепловий ефект конверсії (реакції дисоціації метанолу) буде складати $Q_c = 134\,660$ кДж / кмоль.

Отже, проведений розрахунок показав, що тепловий ефект від спалювання конвертованій суміші CO і H_2 перевищує ефект від спалювання тієї ж кількості неконвертованого метанолу (вихідне паливо) на $Q_c = 134\ 660$ кДж / кмоль (тобто на 21,4 %), що відповідає витраченій при розкладанні спирту енергії. Проаналізуємо ефективність цього перетворення. Воно оцінюється термічним ККД циклу та залежить від співвідношення середніх температур відведення T_2 (нижня температура) і підведення T_1 (верхня температура) теплоти в циклі

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (7)$$

тобто, чим вище є середня температура підведення теплоти при розглянутому рівні температури відведення теплоти, тим вище термічний ККД циклу.

Реалізація зазначеного способу підвищення енергії вихідного палива можлива лише при наявності палив, спалювання яких при однаковій температурі супроводжувалося б різними рівнями необоротних втрат. Подібні палива шляхом термохімічних перетворень можна перетворити в нове (штучне) паливо з більш високим енергетичним потенціалом. Переведення хімічної енергії такого штучного палива в теплоту супроводжується меншими незворотними втратами. Вказаний спосіб переведення хімічної енергії розроблений на базі фундаментальних положень термохімії і може бути застосований для будь-якого виду енергетичної установки. Запропонований спосіб передбачає необхідність організації ендотермічного процесу конверсії палива, в основі якого лежить цикл його термохімічного перетворення, а в робочому циклі енергоустановки передбачається ще один процес. Якщо в звичайній енергоустановки хімічна енергія палива перетворюється в теплоту в одну стадію, то в запропонованому способі – в дві.

На першій – вихідне паливо піддається конверсії, а на другий – конвертоване паливо спалюється на більш високому енергетичному рівні. Дві стадії перетворення енергії, в процесі яких використовується теплота, що відводиться з циклу, дозволяють підвищити ефективність використання енергії вихідного палива. У загальному випадку ефективність термохімічної регенерації залежить від типу енергоустановки, способу і умов організації в ній робочого процесу, а також від виду палива та ендотермічного ефекту системи реакцій його конверсії.

Слід зазначити, що продукти конверсії традиційного нафтового палива, отримані в термохімічній реакторі на основі механізму екзотермічних реакцій неповного окислення вуглеводнів, мають порівняно з вихідним паливом нижчу теплоту згоряння, що виключає прояв ефекту регенерації.

Проведемо розрахунок підвищення теплоти згорання продуктів конверсії зрідженого метанолу. Теплота згоряння газоподібних продуктів конверсії метанолу $H_{u.n.m} = 23870$ кДж / кг [2]. Теплота згоряння метанолу $H_{u.m} = 19670$ кДж / кг (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики теплоти згоряння метанолу та дизельного палива

Показник	Дизельне паливо	Метанол	Конвертований метанол
Теплота згоряння абсолютна, кДж/кг	42500	19700	23870
Теплота згоряння відносна, %	100	46,35	56,17

Таким чином, при згорянні в двигуні 1 кг продуктів конверсії метанолу, отриманих з такою ж маси рідкого метанолу, вивільняється додаткова теплова енергія $H_{u.k}$, накопичена в процесі конверсії спиртового палива.

$$H_{u.k} = H_{u.n.m} - H_{u.m} = 4200 \text{ кДж / кг.} \quad (8)$$

Отже, 21,4 % енергії вихідного палива повертається в робочий цикл двигунів внутрішнього згорання для здійснення корисної роботи.

При організації ендотермічної конверсії в умовах реальної експлуатації двигуна внутрішнього згорання цю енергію можна одержати на основі утилізації теплової енергії відпрацьованих газів. Згідно зовнішнього теплового балансу двигуна внутрішнього згорання істотна частина хімічної енергії палива не реалізується у вигляді роботи і відводиться, в тому числі, з відпрацьованими газами в навколишній простір. У дизельних двигунах складова енергетичних втрат в тепловому балансі досягає 25-40%, в бензинових і газових двигунах частка необоротних втрат теплоти, що втрачається з двигуна з відпрацьованими газами, становить 30-45%. Це відповідає 13-22 МДж теплоти на 1 кг витраченого палива.

Загальні витрати теплової енергії на повністю завершену конверсію 1 кг метанолу досягають 7 МДж [3]. При цьому на компенсацію ендотермічного ефекту реакції конверсії спирту витрачається близько 60 % загальних енергетичних витрат. Значна їх частина (близько 25 %) витрачається на енергоємний процес пароутворення (теплота випаровування метанолу 1,1 МДж/кг). Тобто максимально можливий ступінь регенерації досягається за умови, коли тепла енергія теплоносія перевищує загальні витрати енергії, що необхідні для конверсійного процесу.

В реальних умовах конверсійного процесу у випускній системі двигуна внутрішнього згорання теплоносії (відпрацьовані гази та охолоджуюча рідина) повинен мати у своєму розпорядженні потенційно більш високий рівень енергії, яка використовується не тільки для компенсації ендотермічного ефекту реакції конверсії, а й для організації її допоміжних циклів. Енергія необхідна для попереднього нагріву вихідного палива до температури кипіння, його випаровування, підвищення температури парів до температури дисоціації, компенсації теплових втрат в навколишнє середовище через стінки реактора і підвідних трубопроводів.

Для забезпечення процесу конверсії теплота має відбиратись від випускного колектора, де температура деталей двигуна досягає від 700-800 К на оборотах холостого ходу до 1100-1200 К на режимах максимальних навантажень. Навіть з врахуванням втрат теплоти при передачі енергії від двигуна до робочого тіла, абсолютно безпроблемним є досягнення метанолом температури конверсії в $T_k = 570$ К.

Очевидно, що зазначені вимоги з температурного рівня відпрацьованих газів двигуна можуть бути забезпечені не у всіх діапазонах режимів роботи двигунів внутрішнього згорання. Наприклад, для непрогрітого до робочої температури двигуна ступінь регенерації конверсійного процесу буде знижена. Але потрібно зауважити, що час роботи двигуна на режимі прогрівання є досить не тривалим. Крім того, слід відмітити, що реалізувати конверсію альтернативних палив при нижчих робочих температурах дозволяють сучасні каталізатори. Наприклад, для метанолу це 300-400 °С, визначаючи тим самим мінімально можливий температурний режим відпрацьованих газів в двигунах внутрішнього згорання, при якому ще можна здійснити організацію конверсійного процесу. Тому на сьогоднішній день можна говорити про можливість реалізації постійного конверсійного процесу в двигунах внутрішнього згорання за рахунок регенерації теплоти відпрацьованих газів.

Список літератури

1. Vershina G., Bystrenkov O. Influence of Diesel Fuel Ignition Portion Value on Working Process Parameters of Gas-Diesel Engine. *Science & Technique*. 2019, 18(5), 395-400.
2. He L., Fu Y., Lidstrom M. Quantifying Methane and Methanol Metabolism of "Methylotheobacterium buryatense" 5GB1C under Substrate Limitation. *MSYSTEMS*, 2019, 4, 6, 748-19.
3. Dalena F., Senatore A., Marino A., Gordano A., Basile M., Basile A. Methanol production and applications: An overview, Methanol, *Elsevier*, 2018, 3–28.

7. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ТА ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

УДК 629.3.027.5

УПРАВЛІННЯ РЕСУРСОМ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
С.В. Лисенко, *канд. техн. наук, доц.*,
А.В. Гриньків, *канд. техн. наук*,
О.А. Довгий, *студ.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Однією з головних стратегій розвитку автомобілебудування є підвищення вимог до безпеки руху транспортних засобів (ТЗ) з використанням досягнень вітчизняної і світової науки. Для її реалізації під час експлуатації автобусів необхідно проводити обслуговування, нормувати і прогнозувати їхній ресурс. Це дає можливість підвищити ефективність експлуатації і зменшити собівартість технічного обслуговуванням (ТО) і поточного ремонту (ПР).

Великі складності виникають при дослідженні процесу зношування шин. Інтенсивність зношування і технічний стан шин на 80-90% залежить від умов експлуатації, вплив яких дуже складно оцінити.

На думку провідних вчених, необхідно розробляти засоби для ТО, що дозволять підвищити ефективність використання ресурсу ТЗ. Також виникає необхідність прогнозувати та забезпечувати заданий рівень технічного стану елементів ходової частини.

Метою даної роботи є вирішення проблеми ефективного використання ресурсу шин ТЗ, що вимагає: сформулювати єдиний підхід до їхнього обслуговування за фактичним технічним станом; встановлення залежності залишкової висоти рисунка протектора від пробігу дасть розробити новий підхід до управління ресурсом шин шляхом контролю процесу їх зношування. Це дозволить збільшити пробіги ТЗ, підвищити безпеку їхнього руху, зменшити простой та собівартість перевезень.

Ступінь впливу експлуатаційних чинників на знос шин автобусів різний. За допомогою математично-статистичного методу експертних оцінок визначено, що з 95%-ою ймовірністю найбільш значимими є експлуатаційні чинники: особливі умови експлуатації, дорожньо-кліматичні умови, використання вантажопідйомності ТЗ і їх експлуатація в містах, населених пунктах, на автотранспортних підприємствах.

Вплив динамічних процесів на інтенсивність зношування шин виконано для розробки динамічної моделі подолання перешкоди автомобілем.

Для складання рівнянь руху ТЗ необхідно задатися допущеннями, що виступи на траєкторії постійної швидкості руху ТЗ змодельовані як нерівності дорожнього покриття, представлені функцією часу (при заданій швидкості збурюють динаміку руху в часі); ресори змодельовані як лінійний елемент. Розрахункова схема являє собою динамічну модель, що складається з двох мас елементів: перша – маса вісі у зборі; друга – маса кузова (з пасажирями) (рис. 1), де індекс S позначає підресорювання керованого колеса, R – керованого колеса; m_s – маса конструкції із колеса, підшипника, вісі та жорстко поєднаних з цими частинами деталей механізму демпфування.

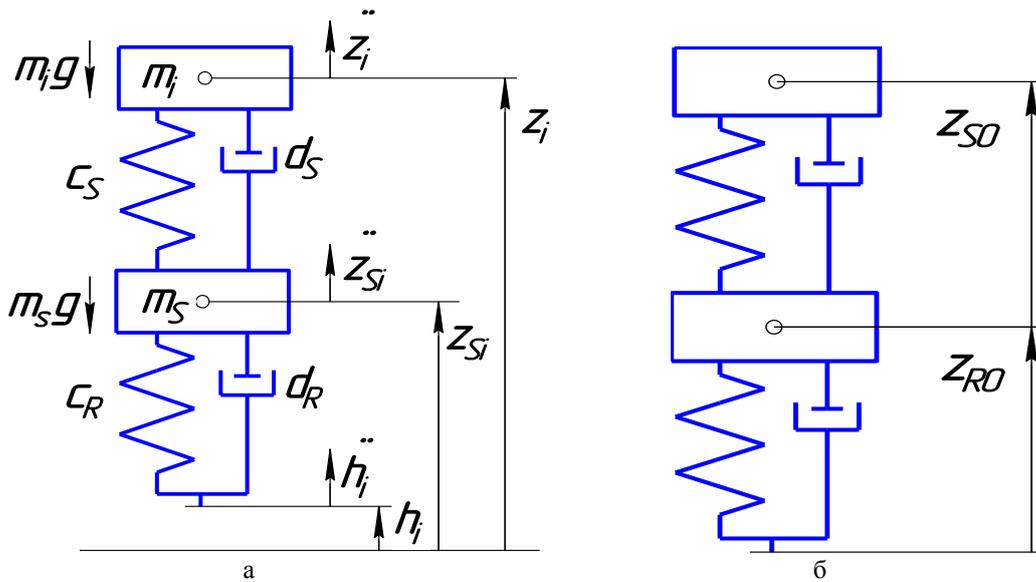


Рисунок 1 – Розрахункові схеми колеса підресорене кероване (а) і розвантажене кероване (б) колесо

Якщо враховувати максимально відкриту позицію підресорювання покришки z_{R0} і керованого колеса z_{S0} , то диференційні рівняння мають вигляд:

$$m_s \ddot{z}_{Si} = -m_s g + c_R (z_{R0} - z_{Si} + h_i) - d_R (\dot{z}_{Si} - \dot{h}_i) + c_s (-z_{S0} - z_{Si} + z_i) + d_s (\dot{z}_i - \dot{z}_{Si}); \quad (1)$$

$$m_i \ddot{z}_i = -m_i g + c_s (z_{S0} - z_i + z_{Si}) - d_s (\dot{z}_i - \dot{z}_{Si}), \quad (2)$$

де m_s – маса вісі у зборі, кг;

m_i – маса кузова (з вантажем), кг;

g – прискорення вільного падання, m/c^2 ;

c_R – жорсткість пружин керованого колеса, кН/м;

c_s – жорсткість підресорювання керованого колеса, кН/м;

z_{S0} – підресорювання керованого колеса, мм;

z_{R0} – підресорювання покришки, мм;

h_i – нерівності поверхні, мм;

d_R – демпфування керованого колеса, Нс/м;

d_s – демпфування підресорювання керованого колеса, Нс/м.

Моделювання вертикальної динаміки моделі показано на рис.2.

Згори донизу показана поведінка в часі величин z_i , z_{Si} , h_i . Значення прийняті зі зменшенням у 100 разів від навантаження на автомобіль. Величина, що описує нерівності поверхні h_i , це збурююча вхідна величина щодо нерівності висотою 30 мм та діє від $t = 1$ с до $t = 2$ с. Спочатку коливається система в ненапруженому стані на рівні стаціонарних значень. Маса конструкції m_i коливається значно сильніше на ресорі (графік для z_i), ніж більш жорстке гумове колесо (графік для z_{Si}). Моделювання показує швидкий перехідний процес через високий ступінь загального демпфування. Збільшення тертя зменшує динамічні характеристики, але суттєво погіршує експлуатацію шин.

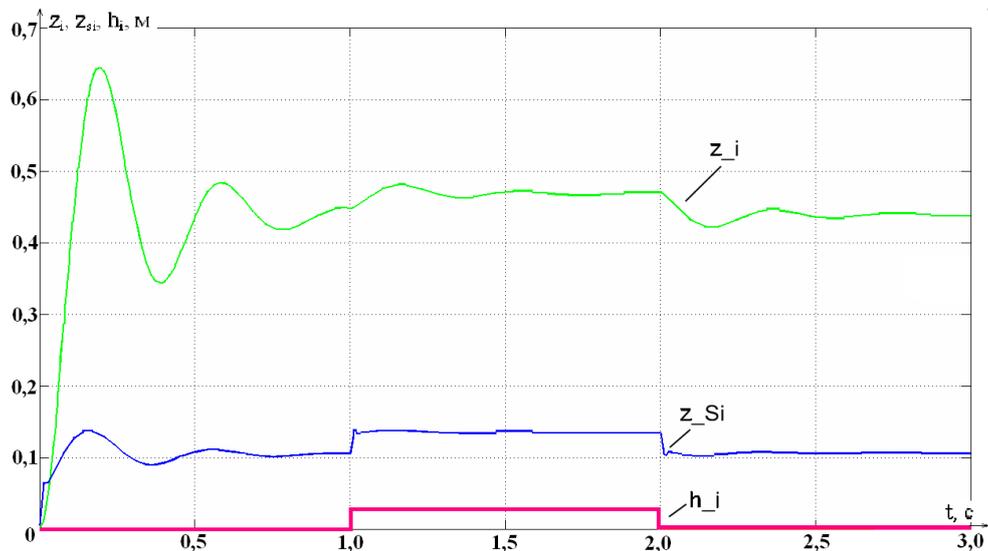


Рисунок 2 – Вертикальний рух лінійної моделі підресорювання керованого колеса по рівнянням при наїзді на нерівність висотою 30 мм. ($z_i(t)$, $z_{Si}(t)$, $h_i(t)$ за формулами (1) і (2))

Вертикальна динаміка поліпшена з використанням прогресивних характеристик, при яких за умов росту ступеня жорсткості зростає інтенсивність росту сили ресори (ресора стає більш жорсткою) та дегресивних характеристик, при яких за умов росту ступеня стискування інтенсивність росту сили пружності зменшується. Змодельовано переїзд перешкоди для ресор з прогресивної, дегресивної і лінійної характеристик (рис. 3).

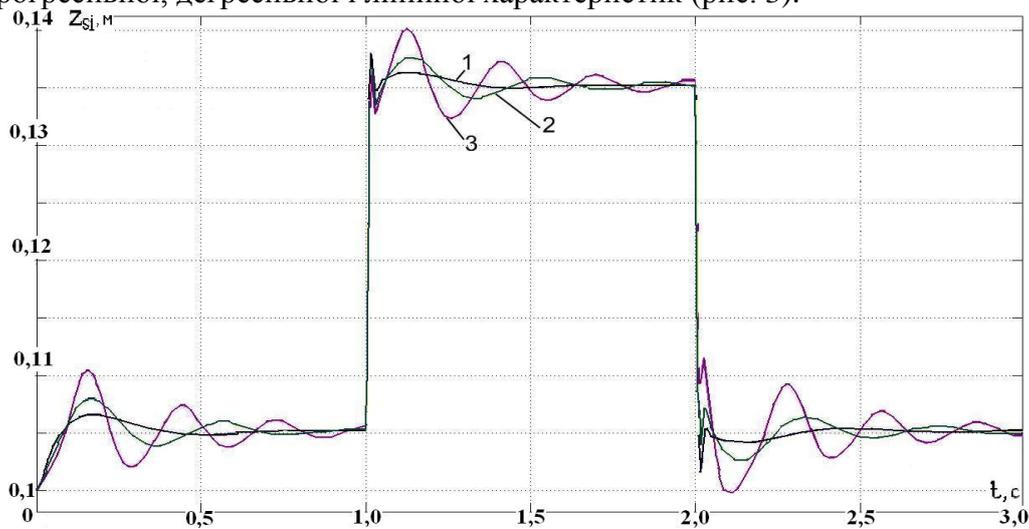


Рисунок 3 – Вертикальний рух моделі підресорювання керованих коліс при подоланні перешкоди висотою 30 мм для характеристик c_s : 1 – прогресивна; 2 – дегресивна; 3 – лінійна.

Використання ресор з прогресивною характеристикою веде до великого "викиду" на початку переїзду перешкоди, тому що ресора спочатку однаково реагує, навіть за більших відхилень. До того ж максимальне переміщення всієї конструкції більше на 5 мм, ніж за умов дегресивної характеристики. Використання дегресивної характеристики дозволяє отримати спокійну вертикальну динаміку.

Моделювання динамічних процесів в шині й підвісці дозволило виявити наступні важливі результати:

– динамічна складова навантаження на шину виникає при подоланні вертикальних перешкод, різкому гальмуванню й наборі швидкості; її величина залежить від швидкості руху, висоти перешкоди і демпфуючих властивостей функціональних елементів підвіски, що досягає й перевищує величину статичного навантаження;

– збільшення навантаження на шину і тривалість перехідних процесів залежить від характеристик функціональних елементів підвіски, форми контактуючих поверхонь і призводить до збільшення контактних і дотичних напруг, проковзування, що безпосередньо впливає на інтенсивність зношування та її розрахунок;

– динамічна складова залежить від якості дорожнього покриття і категорії експлуатації та введена в розрахунок нормативного ресурсу статистичним коефіцієнтом впливу;

– перевантаження шин від паспортних значень внаслідок дії динамічних процесів враховується при призначенні нормативного ресурсу відповідним коефіцієнтом коригування, що враховує усереднену величину перевантаження та його тривалість.

Розроблено комплекс засобів для призначення нормативного ресурсу шин. Перша складова комплексу – призначення нормативного ресурсу шин за системою коригуючих коефіцієнтів. Пропонується розраховувати ресурс (N) шин:

$$L = L_{нр} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7, \text{ тис. км}, \quad (3)$$

де $L_{нр}$ – норма середнього ресурсу шин (згідно з даними виробника шин або автопідприємства), тис. км;

Коефіцієнти корегування:

k_1 – залежить від дорожньо-кліматичних умов і враховує тип дорожнього покриття, поздовжній похил дороги і ступінь хімічного забруднення;

k_2 – враховує пробіг вантажного автомобіля в особливих умовах (будівельні майданчики, кар'єрні розробки);

k_3 – залежить від режиму роботи колеса;

k_4 – залежить від швидкісного перевантаження шин вантажних автомобілів;

k_5 – залежить від відхилення внутрішнього тиску в шинах від нормативних значень;

k_6 – залежить від співвідношення пробігу у межах міста до загального, що дозволяє врахувати інтенсивність зношування за рахунок прискорень і гальмувань;

k_7 – залежить від коефіцієнта використання вантажності k_v відносно оптимальної вантажності автомобілів з урахуванням динамічної складової.

Коефіцієнти коригування вибираються за спеціально розробленими таблицями, що базуються на експериментальних дослідженнях зношування шин ТЗ та експертному методі, і обчислюються шляхом визначення частки від поділу фактичного пробігу на базовий середній:

$$k_i = \frac{L_{фактj}}{L_{нормj}}, \quad (4)$$

де k_i – коефіцієнт коригування ($i = 1, 2, \dots, 7$);

$L_{фактj}$, $L_{нормj}$ – відповідно фактичний і нормативний пробіг шин автобуса, тис. км ($j = 1, 2, \dots, n$).

Пропонований розрахунок ресурсу шин ТЗ порівняно з фактичним показує, що відхилення складають 4-5% (різниця між даними розрахунку за Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 20.05.2006 р. №488 і фактичним пробігом шин становить до 30-40%).

Друга складова комплексу – це призначення нормативного ресурсу шин ТЗ на підставі визначення γ -відсоткового фактичного ресурсу, що включає:

– обґрунтування попередньої вибірки даних (повної або зрізаної);

– визначення закону розподілу ресурсу шин;

– розрахунок ресурсних характеристик шин;

– встановлення нормативного ресурсу шин на рівні заданого відсотка безвідмовної роботи, який залежить від його розсіювання, що характеризується коефіцієнтом варіації.

Якщо прийняти, що розподіл фактичних ресурсів шин відповідає нормальному закону, то норматив може бути призначений за залежностями, що призначені з урахуванням функції Лапласа (для 95%, 90%, 80%, 70% і 60% безвідмовної роботи).

Третя складова комплексу управління ресурсом шин – прогнозування за даними постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора та визначення інтенсивності зношування. Дані з вимірювання вносяться в картки обліку шин, прогноз їх фактичного ресурсу уточнюється після кожного вимірювання, оскільки інтенсивність зношування постійно змінюється в процесі експлуатації. Середня залишкова висота рисунка протектора розраховується як для кожної шини, так і для керованих і ведучих та при здвоєних шинах окремо.

Таким чином, нормативний ресурс шин призначається декількома засобами залежно від рівня виробничих процесів на автопідприємстві.

Для оцінки відповідності фактичного ресурсу шин з нормативним в умовах реальної експлуатації необхідні дані про динаміку зношування протектора і розсіювання зносу при різних напрацюваннях.

Пропонується комплекс технічних впливів з урахуванням форми й інтенсивності зношування протектора у вигляді розміченого графа елементів (рис. 4).

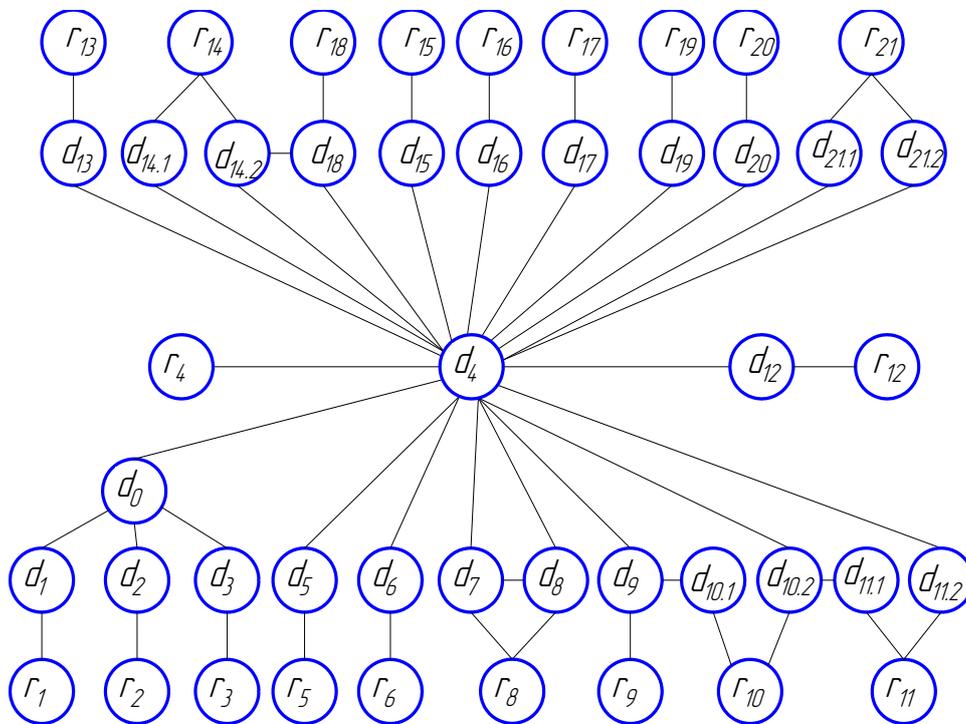


Рисунок 4 – Граф комплексу технічних впливів контролю за станом елементів ходової частини ТЗ з урахуванням форми й інтенсивності зношування протектора

Наведений граф визначено на основі аналізу взаємозв'язків між інтенсивністю і формою зносу протектора з технічним станом ходової частини і рульового управління ТЗ:

- d_0 і d_1 – люфт рульового відповідно колеса та механізму і тяг;
- d_2 – люфт підшипників маточини коліс;
- d_3 – люфт шкворневого з'єднання;
- d_4 – технічний стан шин;
- d_5 – тиск повітря в шинах;
- d_6 – перекіс мостів;
- d_7 – розвал коліс;
- d_8 – сходження коліс;
- d_9 – биття диску колеса;
- $d_{10.1}$ і $d_{10.2}$ – дисбаланс шин відповідно динамічний і статичний;

$d_{11.1}$ і $d_{11.2}$ – відповідно овальність і технічний стан гальмівного механізму;
 d_{12} – співвідношення поворотів кутів керованих коліс;
 d_{13} – значення гальмівних сил;
 $d_{14.1}$ і $d_{14.2}$ – ефективність відповідно підвіски й амортизаторів;
 d_{15} – деформація обода;
 d_{16} і d_{17} – невідповідність технічним умовам відповідно посадки бортів і кріплення колеса;
 d_{18} – несправність амортизатора;
 d_{19} – порушення бази (затягування гайок стрем'янок задніх ресор);
 d_{20} – кут нахилу шворня;
 $d_{21.1}$ і $d_{21.2}$ – невідповідність заданому розподілу навантаження відповідно за вісями й за колесами внутрішніми і зовнішніми;
 r_i – локалізація й усунення несправності. Виділяються параметри, що впливають ($d_0, d_1 - d_3$), і ті, що безпосередньо не впливають на безпеку руху або перевірка яких непередбачена системою ТО.

Прогнозування фактичного ресурсу шин автобусів за результатами контролю залишкової висоти рисунка протектора (рис.5) визначається з формулою:

$$L = [(0,85..0,9) \cdot h_0 - h_{zp}] / I, \text{ тис. км}, \quad (5)$$

де h_0 – початкова висота рисунка протектора, мм;
 0,85-0,9 – коефіцієнт, що враховує підвищену інтенсивність зношування шин під час припрацювання;

h_{zp} – граничне значення залишкової висоти рисунка протектора (згідно з Наказом №488), мм;

I – інтенсивність зношування шин, мм/тис. км.

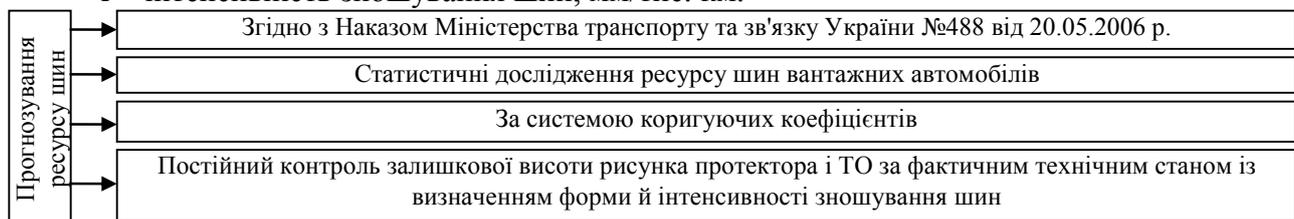


Рисунок 5 – Прогнозування ресурсу шин ТЗ

Інтенсивність зношування шин вантажних автомобілів визначається:

$$I = (h_1 - \bar{h}) / (L_{факт} - L_1), \text{ мм/тис. км}, \quad (6)$$

де h_1, L_1 – висота рисунка протектора і пробіг при першому вимірюванні (після завершення процесу припрацювання), відповідно мм, тис. км;

\bar{h} – середнє значення вимірювань залишкової висоти рисунка протектора, мм;

$L_{факт}$ – фактичний пробіг шини на момент вимірювання, тис. км.

Програмне забезпечення системи управління ресурсом шин (рис.6) базується на створенні й використанні баз даних:

- нормативи ресурсу шин за даними виробників і державними рекомендаціями;
- базові й уточнені коефіцієнти коригування;
- статистичні дані ресурсу;

– результати постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора, на підставі яких робиться висновок про форму й інтенсивність зношування, що пов'язані з технічним станом елементів ходової частини вантажних автомобілів.

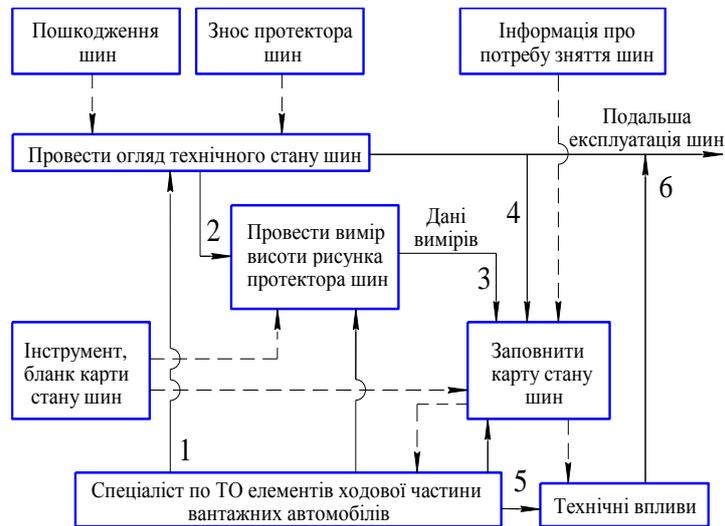


Рисунок 6 – Управління ресурсом шин транспортних засобів на підставі інформації про характер їх зносу

Карта обліку пневматичних шин та система управління їх ресурсом наведені на рис.7.

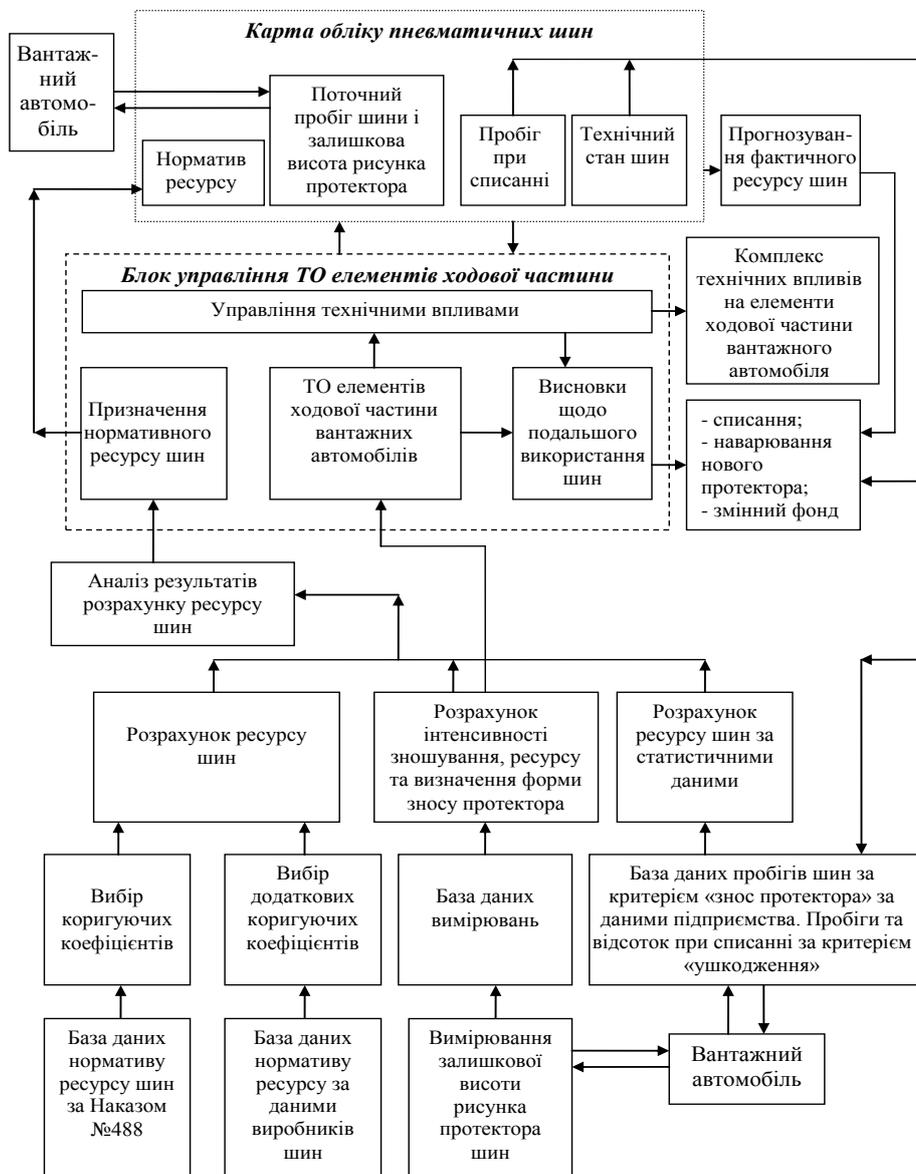


Рисунок 7 – Система управління ресурсом шин ТЗ

Таким чином, управління ресурсом шин ТЗ забезпечує:

- визначення нормативного ресурсу шин на базі експериментальних даних контролю залишкової висоти рисунка протектора;
- прогнозування γ -відсоткового ресурсу шин за статистичними даними обґрунтованої вибірки та даними постійного контролю процесу їх зношування з визначенням інтенсивності;
- збільшення ресурсу шин за рахунок удосконалення системи ТО елементів ходової частини за фактичним технічним станом;
- зменшення відсотка дострокових відмов шин за критерієм "пошкодження" за рахунок виключення їх з експлуатації при досягненні зони критичного зносу;
- ефективне використання ресурсу шин за рахунок постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора.

КОРЕГУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТА ТИПУ ЗАСОБІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ І ТЕРМІНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ

С. І Маркович, доц., канд. техн. наук

О.В. Бевз, доц., канд. техн. наук,

В.О. Пастух, студ.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Постановка проблеми. Однією з особливостей регіону є наявність значної кількості підприємств переробної та харчової промисловості. Транспортний процес в терміналах по обслуговуванню вантажів такого типу підприємств характеризується значною річною, сезонною та добовою нерівномірністю.

Невизначеність перевізного процесу суттєво впливає на техніко-економічні показники роботи автомобільного транспорту [1].

Для поліпшення показників роботи підприємств необхідно розглянути можливість отримання максимальної ефективності при організації відвантаження готової продукції з урахуванням нерівномірності перевізного процесу. Тобто визначення мінімальної кількості засобів автотранспортних і термінальних технологій на вантажному пункті, з урахуванням організації технології вивозу готової продукції, яка буде оптимальною не тільки при мінімізації часу непродуктивних простой автомобілів і вантажних засобів, але і при мінімальних витратах підприємства на штрафи за простій автотранспортних засобів в очікуванні вантаження виплачувані стороннім перевізникам [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженням річної, сезонної, і добової нерівномірності в різних галузях займалися дослідники [2, 3, 4], які розробляли методики визначення оптимального парку автотранспортних і вантажних засобів для конкретних підприємств.

Як відзначає Б. В. Гнеденко [5], транспорт є однією з грандіозних систем масового обслуговування, для якої характерні наступні особливості: моменти прибуття транспортних одиниць, як правило, не можуть бути абсолютно точно передбачені; тривалість обслуговування різко міняється в залежності, як від виду вантажів, що перевозяться, так і від реалізації перевезень в часі; пристрої обслуговування мають не постійне завантаження, і в результаті сильні завантажені проміжки часу чергуються неповним слабким завантаженням [6].

Як відмічено в працях [6, 7, 8], мінімальні витрати, пов'язані з вантажними роботами і транспортуванням, будуть у разі коли витрати, пов'язані з простоями вантажного механізму і рухомого складу, матимуть мінімальну величину. Тобто необхідний розгляд даного комплексу, як об'єкту системного аналізу з метою підвищення ефективності його роботи.

Постановка завдання. Ефективна організація і виконання навантажувально-розвантажувальних та транспортних робіт веде до зменшення часу доставки вантажу і зниження вартості перевезення, що виражається в мінімізації часу простою автомобілів у вантажовідправника і вантажоодержувача. Конкретне рішення даної задачі можливе лише при системному підході, оскільки необхідне управлінське рішення при плануванні мінімальної кількості вантажних засобів, яка здійснює відвантаження готової продукції, виконання аналізу об'ємів вивозу готової продукції з підприємства; встановлення чи існує несталий режим роботи комплексу; розробки методики визначення необхідної кількості автотранспортних засобів.

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування термінального комплексу підприємств переробної та харчової промисловості з урахуванням його

завантаження.

Виклад основного матеріалу. При проведенні досліджень використовувались статистичні дані спеціалістів по організації транспортного процесу КАТП "Агробудавтосервіс" в рамках угоди про творчу співпрацю. Проведений аналіз дозволив встановити, що підприємства утримують значний автомобільний парк, ефективно використання якого ускладнене через невизначеність перевізного процесу. Використання транспортних засобів сторонніх організацій ускладнене через значні простой, обумовлені специфікою термінальних технологій.

На основі статистичних даних встановлені закономірності вхідного потоку і доведена наявність нестационарного періоду в роботі транспортно-вантажного комплексу.

Розроблені моделі оптимізації транспортно-вантажного комплексу підприємств для режиму роботи протягом доби: стаціонарного; нестационарного і стаціонарного періодів; нестационарного і стаціонарного періодів з урахуванням автомобілів, що прибувають до початку роботи вантажного пункту.

Визначено, що при встановленні необхідної кількості автотранспортних засобів підхід з використанням однієї конкретної марки автомобіля не відповідає дійсності, а на практиці вивезення готової продукції здійснюється різномарочним парком автотранспортних засобів, тому для встановлення необхідної кількості автомобілів пропонується використовувати наступний алгоритм.

Для розрахунку необхідної кількості автомобілів весь пересувний склад на основі статистичних даних був класифікований по номінальній вантажопідйомності: 1-а група - до 0,5 т.; 2-а група — від 0,51 до 2 т.; 3-а група - від 2,01 до 5 т.; 4-а група - від 5,01 до 16 т.; 5-а група - від 16,01 і більш. А так само по кожній групі визначено процентне відношення перевезеного вантажу від загального об'єму, що доводиться на кожну з класифікаційних груп: 1-а група - 0,26 %; 2-а група - 15,58%; 3-а група - 25,66 %; 4-а група - 43,31 %; 5-а група - 15,19 %.

Тоді, об'єм відправки вантажу в тоннах по кожній групі складе:

$$Q_{ae} = Q \cdot a \dots e; m$$

де: a; b; c; d; e – процентне відношення перевезеного вантажу від загального об'єму що доводиться на кожну з класифікаційних груп, т.

Для всіх груп, згідно "Правилам перевезень вантажів автомобільним транспортом", підбирається декілька марок рухомого складу і визначається середнє значення вантажопідйомності по групах

$$g_{сеп}^{a\dots e} = \sum_1^i \frac{g_{сеп}^{a\dots e}}{i}, m,$$

де: i — кількість марок автомобілів в групі, од.

Необхідна кількість автомобілів визначається по формулі

$$A_{сеп}^{a\dots e} = \frac{Q^{a\dots e}}{\left(g_{нсеп}^{a\dots e} \cdot \gamma_{ст} \right)}, шт.$$

де: $Q_{a\dots e}$ – добовий об'єм відправки вантажу що доводиться на кожну з класифікаційних груп, т; g_n – номінальна вантажопідйомність автомобіля, т; $\gamma_{ст} \sim$ коефіцієнт статичної вантажопідйомності ($\gamma_{ст} = 0,9$).

Виконуємо округлення розрахункової кількості автомобілів по групах до цілого числа. Закруглену кількість транспортних засобів $A_{ц}$ розподіляємо по всіх марках рухомого складу, що входять до групи.

Потім визначуваний добовий об'єм вивозу готової продукції по кожній марці автомобілів, що входять до групи

$$Q_{сеп}^{a\dots e} = \sum_1^{k\dots p} A_{ц}^{a\dots e} \cdot \sum_1^{k\dots p} g_n^{a\dots e} \cdot \gamma_{ст}, m$$

Після визначення значення розрахункового добового об'єму вивозу виконуємо перевірку: менше (або рівна) різниця між об'ємом відвантаження продукції і розрахунково-добовим об'ємом наперед заданої погрішності (δ). Якщо ні, то до заокругленої кількості автомобілів в кожній групі для однієї з марок зменшується кількість на одну одиницю, а для іншої марки додається ще одиниця (окрім групи особливо малої вантажопідйомності, оскільки, виходячи із статистичних даних, частка даної групи дуже мала) і повторно проводиться визначення розрахункового добового об'єму вивозу з виконанням перевірки. Якщо дана умова виконується, то проводиться друк отриманих результатів.

На рис. 1 представлений алгоритм розрахунку необхідної кількості автомобілів з урахуванням використання різних марок автомобілів.

Результати розрахунків необхідної кількості автомобілів, виконані для добового об'єму вивозу готової продукції, який визначається з урахуванням річної, місячної і внутрішньодобової нерівномірності вивозу готової продукції з підприємства. Даний об'єм вивезення надалі іменуємо розрахунково-добовим, який визначається по формулі.

$$Q_{p.c.} = Q_{c.d.} + K\sigma_{Q,T}$$

де $Q_{c.d.}$ — середньодобовий об'єм вивезення продукції в максимальний місяць, т; K - нормуючий коефіцієнт ($K = 0,75$); σ_Q - середньоквадратичне відхилення від середньодобового вивезення продукції, т.

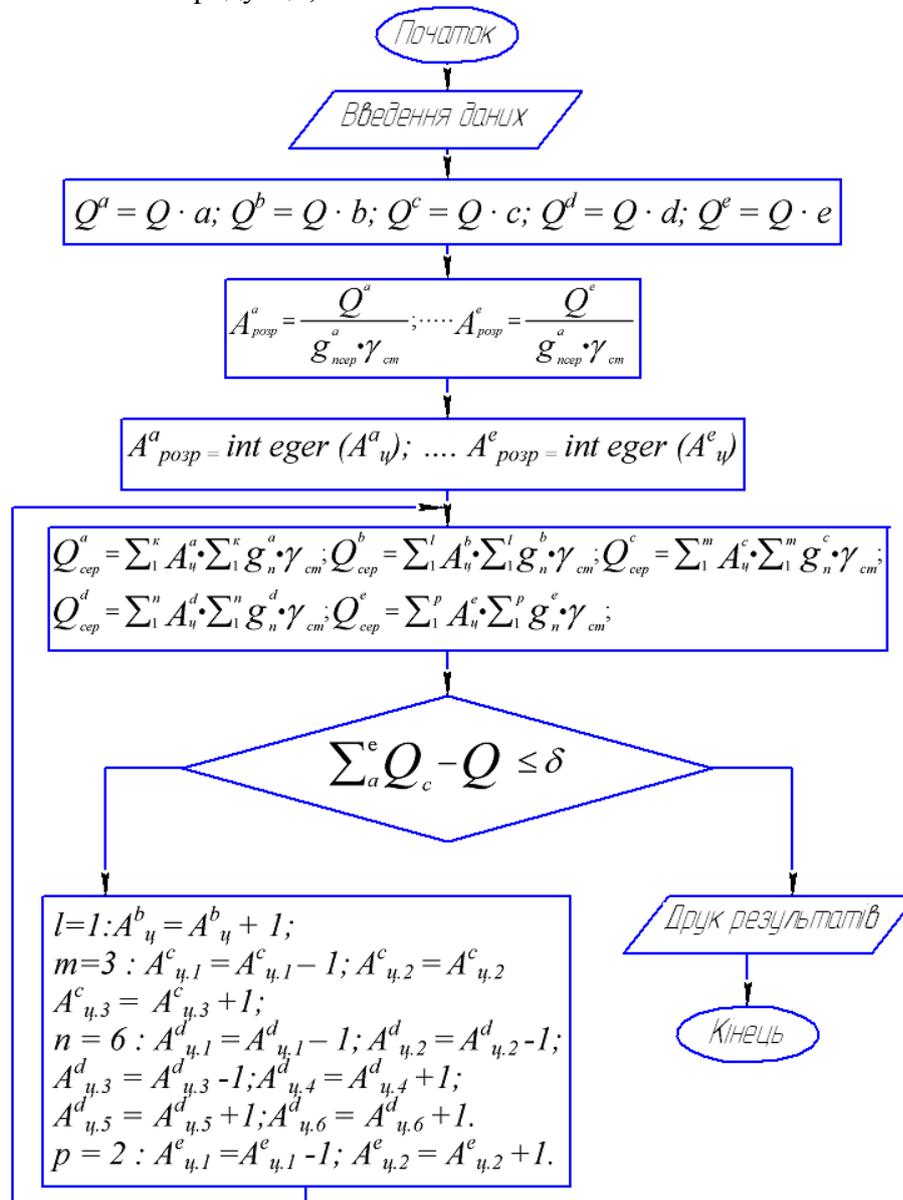


Рисунок 1 – Алгоритм розрахунку необхідної кількості автомобілів

Висновки. Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу підприємств переробної та харчової промисловості припускає, перш за все, оптимізацію парків автотранспортних і вантажних засобів, що є актуальним, оскільки основна частина її вантажів є сезонними та швидкопсувними.

Визначено, що облік нестационарного періоду дозволяє точніше визначити оптимальну кількість вантажних механізмів, ніж при розгляді роботи комплексу тільки в стаціонарному режимі роботи.

Використовуючи теорію масового обслуговування, запропонований варіант аналітичного рішення задачі оптимізації кількості транспортних засобів.

Список літератури

1. Горев А. Э. Грузовые автомобильные перевозки : Учебник для студ. высш. учеб. заведений/ А. Э. Горев. - М.: Издательский центр "Академия", 2004. - 288 с
2. Сарафанова Е. В. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие / Е. В. Сарафанова, А. А. Евсеева, Б. П. Копцев. - М. ; Ростов н/Д : МарТ, 2006. - 477 с.
3. Николин В. И., Мочалин С. М., Витвицкий Е. Е., Николин И. В. Проектирование автотранспортных систем доставки грузов. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2001.-184 с.
4. Кожин А. П. Мезенцев В. Н. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. - М.: Транспорт. 1994.-304 с.
5. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. — М.: Наука. 1987. — 366 с.
6. Геронимус Б. Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б. Л. Геронимус. - М.: Транспорт. 1988.
7. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования / Ю. В. Завадский. — М.: "Транспорт", 1977 С.-73 с: ил.; 21с.
8. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. - Киев: Вища"школа". 1976. - 232 с.

ІСТОРИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

І.О. Хітров, канд. техн. наук, доц.,
Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне, Україна

Ще у стародавні часи люди зрозуміли, якщо проживати спільними общинами територіально, то буде зручніше вести обмін продукцією, надавати послуги, отримувати необхідні знання, вирішувати питання територіальної безпеки. Перші міста були компактними і, як правило, розбудувалися довкола різних шляхів і напрямів.

Першим транспортом для здійснення перевезень можна вважати кінні повозки і пов'язані в основному з дорожнім будівництвом. Власне розвиток мережі доріг, як такої, сприяв розвитку і зростанню економіки регіону, що стало основою для виникнення дорожнього транспорту (рис. 1).

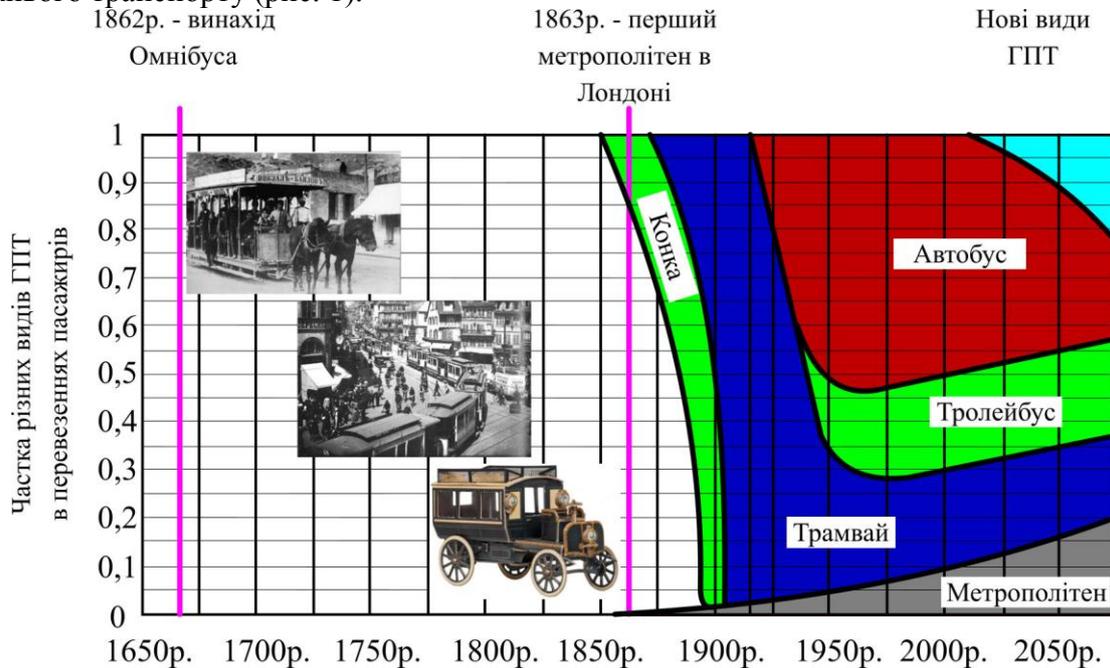


Рисунок 1 – Хронологія розвитку громадського транспорту (Спирин 2010, с.14)

Наступним етапом розвитку пасажирського транспорту, ознаменується початком XV-XVI століття і був характерний для розвитку великих міст. Наприклад, в 1662 році в столиці Франції Парижі запровадили модернізовані кінні повозки для перевезення пасажирів, які дістали назву "Омнібус" і перекладається як "багатомісна кінна повозка". Особливістю таких перевезень були поїздки за визначеним графіком руху. Для поїздок на значні відстані в 16 столітті в Англії використовувалися "диліжанси". На території сучасної України застосовувалися перевезення, які отримали назву "ямська їзда", суть якої базувалася на принципі кінної естафети, де на кожному перевальному пункті була можливість поміняти коней для продовження поїздки. Подорожнім потрібно було мати документ – "подорожній лист", який видавався поліцейськими органами влади.

З середини XIX століття з розвитком залізної дороги у Європейських і на території України з'являються "конки", тобто кінні карети, які рухаються колійними дорогами. Особливістю конструктивного виконання таких карет є значна пасажиромісткість, яка тільки обмежувалася кінною тягою.

З технічним розвитком суспільства, на заміну кінної тяги приходять машини, починається період індустріалізації, починається масштабне впровадження залізничного

руху. Для реалізації грандіозних, на той час, програм збільшення кількості пасажирських перевезень пов'язано з побудовою підземного метрополітену, що значно покращило перевезення, тепер стали доступні відділені периферійні території міст.

Також в містах почали прокладатися і наземні дороги, якими ходив транспорт під назвою "трамвай". З часом на заміну парових машин почав приходити електричний транспорт. Це був праобраз сучасних "тролейбусів".

В кінці XIX століття винайшли і почали активно застосовувати двигуни внутрішнього згоряння, які почали застосовувати на легкових автомобілях. Першою компанією, яка постачала автобуси до Києва, була "Даймлер Мерседес" [2] (рис. 2). В 1925 році було укладено договір на поставку 10 таких одиниць. Серед вітчизняних одиниць було освоєно випуск автобусів АМО-4, ГАЗ-03-30, ЗіС-8.



Рисунок 2 – Перший громадський автобус міста Києва

Стрімкий розвиток видів транспорту сприяє розвитку транспортної інфраструктури, сприяє мобільності населення, розвитку автобусних перевезень, як міського так і міжміського сполучення. Автобус стає головним транспортом загального користування, який є таким і сьогодні (рис. 3).



Рисунок 3 – Відсоток перевезень пасажирів за видами транспорту

Громадський транспорт сприяв розширенню зон доступності районів міста (особливо центральної частини), дозволив сконцентрувати в цих районах населення з подальшим територіальним зростанням. Це ознаменувало розвиток мережі вулиць, характеру розбудови, зонального планування міста (рис. 4).

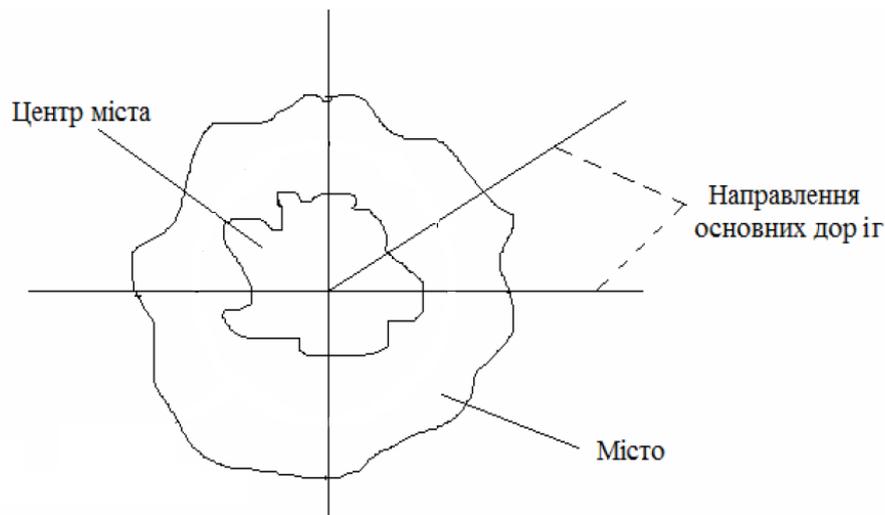


Рисунок 4 – Схема формування історичних транспортних зв'язків міста

Для більшості міст характерне перенасичення його центральної частини рухомих складом, потребує удосконалення транспортних перевезень, вимагає наукового підходу. Центральна частина міста повинна функціонувати як єдине ціле всієї міської транспортної системи і вливатися в регіональну транспортну систему.

Теперішній період (початок ХХІ ст.) є періодом глобальної автомобілізації, який триває і дотепер (рис. 5).

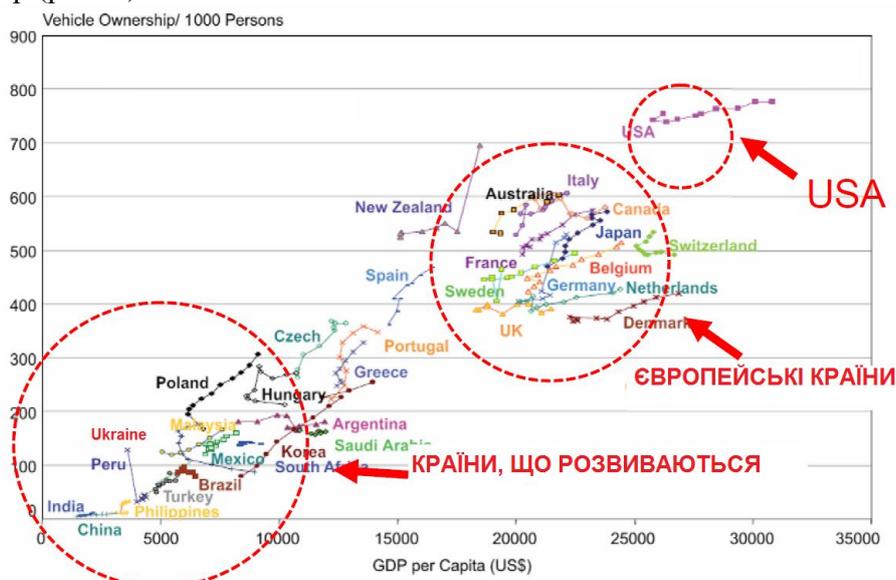


Рисунок 5 – Світовий розподіл автомобілізації населення (автомобілів на 1000 жителів) [3, с.14]

Список літератури

1. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. Москва : "Академия", 2010. 400 с.
2. Столичному автобусу – 90 років. Сайт <http://kreschatic.kiev.ua/ua/4859/news/1449673498.html> (дата звернення: 02.04.2021).
3. Peter O'Neill. Urban Transport in Developing Cities Challenges, Strategies and Examples. URL: https://sustainabledevelopment.un.org/content/dsd/susdevtopics/sdt_pdfs/meetings2010/egm0310/presentation_ONeill.pdf (дата звернення: 02.04.2021).

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Є.І. Тхорук, канд. техн. наук, доц.,

І.Г. Боковець, студентка

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне, Україна

Ефективний розвиток транспортної системи країни та її регіонів має базуватися на детальному вивченні її елементів з урахуванням їх значимості і, відповідно, ступеня впливу на реалізацію стратегічних завдань перспективного розвитку економіки країни і її регіонів.

Відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, необхідно виділяти з єдиної транспортної мережі такі елементи, які здатні вирішувати основні концептуальні завдання.

Таким елементом єдиної транспортної мережі (ЄТМ) є мультимодальна транспортна мережа (МТМ) як сукупність мультимодальних транспортних коридорів (МТК) для вирішення стратегічних завдань розвитку ЄТМ на основних транзитних та експортних напрямках. Формуванню моделі розвитку мультимодальної транспортної мережі для реалізації її цілей, має передувати вивчення основних елементів, що входять в її склад.

Одним з основних елементів мультимодальних транспортних коридорів і, відповідно, мультимодальної транспортної мережі і єдиної транспортної мережі країни в цілому є мультимодальні транспортні вузли (МТВ). Мультимодальні транспортні вузли здійснюють взаємодію різних видів транспорту між собою і споживачами - вантажовідправниками, вантажоодержувачами, населенням, а також забезпечують технологічне обслуговування транспортних засобів, вантажів, впливаючи на ефективність роботи всієї мультимодальної транспортної мережі. На думку авторів [1,2], поняття "мультимодальний" є традиційним міжнародним терміном, що означає "багатовидовий", "багатотранспортний". Мультимодальні транспортні вузли формуються в місцях перетину різних транспортних магістралей і призначені для забезпечення найбільш ефективного просування різних видів вантажів. При цьому автори [1,2] відзначають обов'язкове комплексне використання транспорту, термінального і складського господарства, фінансів, системи страхування, телекомунікаційного супутникового позиціонування і т.д.

Аналіз існуючих робіт також показав, що опис терміна "мультимодальний транспортний вузол" може бути застосовано до широко використовуваного вченими поняття "транспортний вузол". Автори [3] називають терміном "транспортний вузол" комплекс транспортних пристроїв в пункті взаємодії декількох видів магістрального транспорту, що спільно виконують операції з обслуговування транзитних, місцевих міських перевезень вантажів і пасажирів. На думку авторів [4], поняття транспортного вузла включає перевізний процес, технічні пристрої, засоби контролю і управління.

В роботах [2,5] під мультимодальним транспортним вузлом пропонується розуміти складну технічну систему, що представляє собою сукупність взаємодіючих елементів різних видів транспорту. Подібної думки щодо розглянутого терміна дотримуються і автори [6,7]. Ґрунтуючись на системному представленні мультимодального транспортного вузла, під даним терміном розуміється технічна система, що об'єднує в собі технологічно пов'язані між собою об'єкти різних вантажів і пасажирів.

Враховуючи однакове застосування термінів "мультимодальний транспортний вузол" і "транспортний вузол" вище вказаними авторами пропонується уточнювати поняття мультимодального транспортного вузла у відповідності до задач, що ним вирішуються.

Мультимодальний транспортний вузол – це складна техніко-економічна система, що зв'язує транспортні ланки і забезпечує ефективну взаємодію різних видів транспорту для

виконання перевезень вантажів і пасажирів. Таким чином, мультимодальний транспортний вузол є пунктом перетину або примикання шляхів сполучення (транспортних ланок) декількох видів транспорту. Пункти, шляхи сполучення і об'єкти різних видів транспорту пов'язані всередині мультимодального транспортного вузла системою сполучень (шляхів) і працюють у взаємодії по єдиній технології.

Мультимодальні транспортні вузли, по суті, є пунктами технічної, організаційно-технологічної, інформаційної, економічної та правової взаємодії різних видів транспорту і суб'єктів, що беруть участь в мультимодальних перевезеннях.

Основними операціями, що здійснюються в мультимодальному транспортному вузлі є операції: по прийманню, відправленню, формуванню і розформуванню транспортних засобів; навантаженню, розвантаженню, перевантаженню та сортуванню вантажів; обслуговуванню пасажирів; огляду, екіпіруванню і ремонту рухомого складу; зміні транспортних засобів (при їх наявності) та обслуговуючих їх бригад; подачі рухомого складу до навантажувально-розвантажувальних пунктів і т. п.

Мультимодальний транспортний вузол можна представляти у вигляді карти-схеми або графа. У першому випадку представлення, у вигляді карти-схеми, дозволяє візуалізувати картографічне (географічне) сполучення елементів мультимодального транспортного вузла, близькість до різних об'єктів (не тільки транспортної інфраструктури), варіанти зміни мультимодального транспортного вузла і його елементів. У другому випадку представлення - у вигляді графа - інфраструктурні об'єкти мультимодального транспортного вузла відображаються як ланки і вузли.

Іншим важливим елементом мультимодальної транспортної мережі є транспортна ланка (ТЛ), що є складною техніко-економічною системою і представляє собою шлях обмежений двома мультимодальними транспортними вузлами для одного виду транспорту.

Необхідність поділу транспортної ланки на ділянки визначається двома факторами:

- 1) транспортна ланка складається з ділянок різної потужності, що відрізняються між собою системою параметрів, що її визначають;
- 2) забезпеченням заданого технологічного процесу мультимодального перевезення.

Декомпозиція мультимодальної транспортної мережі дозволяє з урахуванням перспективних завдань розвитку економіки регіонів і країни формувати ефективні стратегії розвитку елементів системи (МТВ і ТЛ), які можна агрегувати для вирішення комплексних завдань розвитку мультимодальної транспортної мережі як сукупності мультимодальних транспортних коридорів.

Список літератури

1. Методологические основы проектирования этапного развития облика и мощности мультимодальной транспортной сети /С.М. Гончарук и др. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2012. 227 с.
2. Лебедева Н.А. Формирование области эффективных альтернатив изменения облика и мощности мультимодальных транспортных узлов на основе системного подхода: дис. канд. тех. наук /Наталья Андреевна Лебедева. Хабаровск, 2008. 179 с.
3. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы): учебник/ Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко, А.К. Головнич и др. М.: УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2012. 1086 с.
4. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах/Н.В. Правдин, В.Я. Негрей и др. Мн.: Выш. школа, 1983. 247с.
5. Нестерова Н.С., Гончарук С.М. Методика формирования региональных мультимодальных транспортных коридоров как элементов мультимодальной транспортной сети (на примере малоосвоенных районов Дальнего Востока и северо-востока) // Межвуз. сб. науч. тр. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. С. 52–65.
6. Анисимов Вл. А., Нечипорук М.В. Модель взаимодействия железнодорожного и морского транспорта для повышения эффективности мультимодальных перевозок//Известия ПГУПС. 2014. № 3 (40). С.9–15.
7. Нечипорук М.В., Анисимов Вл.А. К вопросу использования сбалансированной системы показателей при моделировании взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в мультимодальном транспортном узле // Транспорт Урала. № 3 (42). 2014. С. 13–17.

АНАЛІЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ПІДЗАРЯДКИ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

О.В. Диха, *д-р.техн.наук, проф.*,
С.Ф. Посонський, *канд.техн.наук, доц.*,

О.П. Бабак, *канд.техн.наук, доц.*,

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

Сьогодні в світі зареєстровано вже понад 1 мільйон електромобілів. З них, за даними головного сервісного центру МВС [1], в Україні до 1 березня 2018 року було зареєстровано 6613 електромобілів, переважна більшість яких (близько 80 %) закуплена у вживаному стані. Лідером за кількістю електрокарів є Київська область – майже 56 % ринку (рис.1). Далі йдуть Одеська і Харківська області. Якщо тенденція продовжиться, то до кінця 21 року парк електромобілів може подвоїтися. Не дивлячись на це український ринок електромобілів в Україні далекий від того, щоб називатися ринком [2]. Інфраструктура - в зародковому стані. Офіційний дилер всього один (BMW), та й той з'явився лише в червні 2016 року.

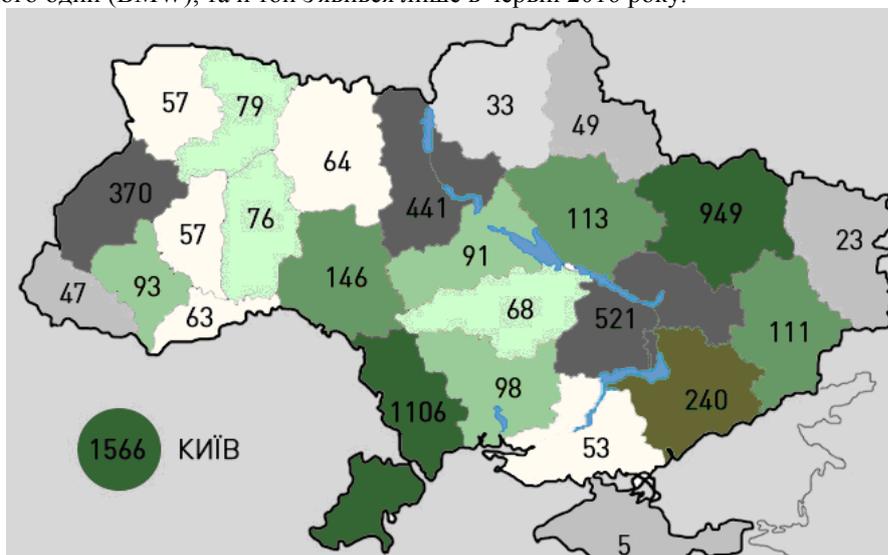


Рисунок 1 – Мапа України з кількістю електромобілів станом на 1.03.2018 р.

В Європі активними темпами розвиваються мережі заправних станцій для електромобілів, там приймають закони, які стимулюють споживачів купувати електромобілі. В Україні першою перешкодою на шляху до покупки електромобіля є обмеженість станцій для підзарядки електромобілів [2], зважаючи на невеликі ємності акумуляторних батарей (АКБ) електрокарів. Перша зарядна станція в Україні з'явилась на авто заправочній станції (АЗС) під брендом "ОККО" 12 жовтня 2012 року в Києві [3]. На сьогодні мережа "ОККО" обладнала 34 своїх АЗС [3] пристроями для зарядки електромобілів, розташованих на найшвидших автошляхах України.

Також немає суттєвих проблем у відновленні заряду АКБ у великих містах України де розташовані брендові АЗС, що можуть дозволити собі облаштування електро зарядних станцій, або на парковках та територіях ресторанів [4]. Гірша ситуація спостерігається в сільській місцевості, особливо в степах та горах України, в яких можуть бути відсутні як електромережі так і кошти на електричні АЗС. В Європі це питання вирішується за рахунок використання альтернативних джерел енергії таких як сонце та вітер. Однак, це високо бюджетні програми, які, поки що, не мають широкого застосування в Україні.

Українська компанія Rentechno [5] відома як компанія, що спеціалізується на енергозберігаючих технологіях, тепер спрямувала свій погляд на новий перспективний напрямок і представила світу промислові зарядні станції для перетворення сонячної енергії в електричну.

Сонячна батарея зарядної електростанції (СЕС) накопичує енергію за день, після чого дозволяє вночі заряджати АКБ та віддавати енергію для споживача. Автономна СЕС складається з сонячних батарей; розподільника із захистом; зарядного пристрою; батареї та інвертора.

Принцип роботи автономної сонячної електростанції наступний: сонячні панелі підключаються до АКБ за допомогою контролера заряду (він сонячну енергію перетворює в електричну). До акумуляторів підключається інвертор (він перетворює постійний струм в змінний). Станція має ряд переваг.

Автономні сонячні електростанції особливо незамінні в місцях де електромереж немає та в місцевостях з потужним сонячним випромінюванням. Основним їхнім недоліком є необхідність великих площ для розміщення сонячних панелей та, відповідно, значна затрата коштів на їх придбання. Також не слід забувати про неможливість роботи сонячних батарей в пахмурні дні і в вечірній час.

Вітрові електростанції (ВЕС) - комплекси сучасного обладнання, що складаються з вітрогенератора потужністю від 100 Вт до 10 МВт [6], контролера заряду, комплексу акумуляторних батарей та інвертора напруги. ВЕС призначені для перетворення чистої природної енергії вітру в електрику, що широко використовується в повсякденному житті. Вітрогенератори бувають з горизонтальною або вертикальною віссю. Сучасний вітровий електрогенератор з горизонтальною віссю більш розповсюджений, має більший ККД (майже в 3 рази) [7], легкий в регулюванні і здійсненні штормового захисту та має більш низьку вартість. Одночасно вітрогенератор малої потужності до 1 кВт [8] з вертикальною віссю має перевагу в роботі від слабких вітрів усіх напрямків, легкий в конструюванні і майже не створює шум. Такий вітрогенератор незважаючи на набагато більшу вартість знайшов деяке застосування. Найбільш широкого застосування знайшов вітрогенератор "Савоніуса".

Вітряна турбіна Савоніуса, також звана S-подібний ротор, була винайдена і запатентована фінським інженером Сігурдом Савоніусом. Турбіна являє собою дві напівциліндричні поверхні, звані лезами або лопатями, які встановлені на вертикальній осі, перпендикулярної напрямку вітру. Ротор Савоніуса має просту структуру, хороші стартові характеристики, відносно низьку швидкість експлуатації, а також він діє при будь-якому напрямку вітру. Однак, він має низьку аеродинамічну ефективність.

Враховуючи вище вказане, розробка автономних електричних АЗС на альтернативних джерелах енергії є актуальною проблемою власників електромобілів України.

Список літератури

1. Електронний ресурс: <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/03/26/635356/>
2. Електронний ресурс: <https://dt.ua/business/elektromobili-ta-derzhavna-politika-vrahovuyuchi-racionalnist-ukrayinciv-mozhna-chehati-vidchutnogo-rozvitku-rinku-elektromobiliv-i-bez-osoblivoyi-pidtrimki-z-boku-derzhavi-.html>
3. Електронний ресурс: https://news.infocar.ua/elektromobil_teper_ne_problema_okko
4. Електронний ресурс: <https://tsn.ua/auto/news/v-ukrayini-pidrahuvali-kilkist-zaryadnyy-stancyy-dlya-elektromobiliv-1221933.html>
5. Електронний ресурс: <https://rent techno.ua/ua/>
6. Електронний ресурс: <http://www.ecosvit.net/ua/vitrogeneratori>
7. Король Р.Р. Автономные источники энергии / Р.Р. Король // Источники энергии. – 1997. – № 3. – С. 45-50.
8. Онiпко О.Ф Мала вітроенергетика / Онiпко О.Ф, Коробко Б.Л. – К. – 2000. – Огляд інформ. Сер. Енергетика. – 2000. – Вип.1. – 76 с.

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ РЕГІОНУ

В.О. Дорошук, *ст. викл.*,

М.В. Голотюк, *канд. техн. наук, доц.*,

А.С. Демидюк, *студ.*,

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,
Україна*

Діяльність транспортної системи регіону неможливо спланувати й оцінити без комплексу показників, за допомогою яких вимірюється обсяг і якість її роботи. На жаль, сьогодні не існує чіткого підходу щодо кількості та складу показників, які у повній мірі характеризуватимуть роботу саме транспортної системи регіону, а не окремих її складових.

Економічну ефективність (якість) роботи використовують на всіх видах транспорту. У цій групі найважливіше значення має собівартість перевезень у копійках і продуктивність праці, вимірювана в наведених тонно-кілометрах на 1 працівника транспорту, зайнятого на перевезеннях (зазвичай на рік).

Ефективність являє собою загальну економічну категорію, властиву усім суспільно-економічним формаціям і яка виражає співвідношення між кінцевим результатом виробництва – ефектом і сукупними витратами на виробництво.

Тлумачення поняття ефективності зводяться до того, що ефективність є відносним показником, що відображає співвідношення результатів до витрат, пов'язаних з досягненням цих результатів.

Розглянуті науковцями підходи до визначення ефективності містять у собі розуміння ефективності як економічної категорії, що є результативністю функціонування системи і розраховується як співвідношення одержаного результату до витрат ресурсів, затрачених у процесі функціонування системи.

Ефективність є похідною від слова "ефект", яке характеризує зміну стану будь-якого об'єкта чи системи, що здійснюється під впливом дії внутрішньої чи зовнішньої причини [1].

Достовірну оцінку та визначення загального рівня ефективності функціонування транспортної системи регіону, можна провести за допомогою рекомендованої системи показників, кожний з яких виражається співвідношенням (індексом) результатів, витрат та ресурсів транспортної системи.

Рівень ефективності функціонування транспортної системи регіону доцільно визначати на основі двох коефіцієнтів: коефіцієнта Кендала – K_k та коефіцієнта Спірмена – K_s . Інтегральна оцінка ефективності функціонування транспортної системи регіону розраховується за формулою коефіцієнта рангової кореляції Кендала.

Величина коефіцієнта, що розраховується змінюється від -1 до +1. Оцінка +1 відповідає функціонуванню транспортної системи регіону з найвищою ефективністю. При -1 відбувається погіршення абсолютно всіх показників ефективності. Нульова оцінка ефективності функціонування транспортної системи регіону свідчить про те, що вона в оцінюваному періоді не змінилася порівняно з попереднім [4].

Для підвищення точності оцінки рівня ефективності функціонування транспортної системи регіону користуються коефіцієнтом рангової кореляції Спірмена.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена K_s свідчить про те, що інтегральна оцінка надається не тільки числу порушених нормативних співвідношень, але й враховується якісний зміст та значущість цих порушень. K_s дозволяє виявити більш ефективний режим функціонування транспортної системи регіону з тих, що мають однакові значення оцінки K_k . Комплексна оцінка характеризується кількісними критеріями рівнів ефективності функціонування транспортної системи регіону (табл. 1).

Таблиця 1 – Кількісні критерії рівня ефективності функціонування транспортної системи регіону [54]

Кількісний критерій	Рівень ефективності функціонування транспортної системи регіону
до 0,3	практично не функціонує
0,3-0,5	слабо функціонує
0,5-0,7	помірно функціонує
0,7	функціонує з найвищою ефективністю

Як критерій ефективності пропонується використовувати економічний прибуток транспортної системи, який відрізняється від бухгалтерського тим, що враховує всі економічні витрати, зокрема явні і приховані. Тобто результат господарських операцій організації, розрахований за цим критерієм, характеризує дійсну, результуючу оцінку функціонування організації.

Використання економічного прибутку як критерію ефективності транспортної системи під час вибору виду транспорту дає змогу врахувати неявні вигоди і витрати транспортної системи, які впливають на ухвалення рішення про вибір виду транспорту.

Керуючись запропонованими критеріями, можна визначити рівень ефективності функціонування оцінюваної транспортної системи регіону.

Для оцінки стану та рівня використання транспортної системи територій застосовується система оцінки відповідних потужностей регіону. Кожен показник є ланкою ланцюга показників, що визначають стан та напрями подальшого розвитку транспортного потенціалу.

Список літератури

1. Давідіч Ю. О. Конспект лекцій з дисципліни "Ефективність транспорту" (для магістрів усіх форм навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / Ю. О. Давідіч, Г. І. Фалецька, М. В. Ольхова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 74 с.
2. Козлов В. С. Діагностика і оцінка сегментів транспортного потенціалу регіону / В. С. Козлов // Економіка розвитку – 2013 - № 4 (68) – С. 27- 32.
3. Кравченко. О. П. Методика діагностики функціонування регіональної транспортно-логістичної системи / О. П. Кравченко, Є. П. Медведєв // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології – 2013 - № 4 – С. 48-52..
4. Рославцев Д. М. Проектний аналіз: функціональні аспекти реалізації проектів транспортних систем і логістики : навч. посіб. / Д. М. Рославцев; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. - Харків : ХНАМГ, 2013. - 217 с..
5. Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка: підручник / за загл. ред. д-ра екон. наук, проф., чл.-кор. НАН України С.І. Дорогунцова. – К.: КНЕУ, 2005. – 988 с.-1,0

ПЛАНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МОБІЛЬНОСТІ

В.М. Никончук, канд. екон. наук, доц.,
Національного університету водного господарства і природокористування, м. Рівне,
Україна

На сьогоднішній день транспорт відіграє вирішальну роль у мобільності населення та потребує нових підходів до формування плану сталої міської мобільності. На відміну від традиційних підходів до транспортного планування, нова концепція передбачає залучення громадян, громадських організацій, академічної спільноти, бізнес-структур та координації політики між різними секторами на різних рівнях влади. Кожен мешканець незалежно від віку, статі, прибутків і стану здоров'я має доступ до громадського транспорту, який комфортно, надійно, швидко й за доступною ціною сполучає всі точки міста завдяки щільній і добре структурованій мережі маршрутів зі зручними графіками, тарифами та можливостями для пересадок. І хоча на сьогоднішній день кожне місто має високорозвинену, розгалужену транспортну інфраструктуру, доступ до робочих місць та послуг ускладнюється. Це потребує формування плану сталої мобільності, який забезпечить задоволення потреб населення, підприємств та громадськості для підвищення якості життя. Більш якісно вивчити проблеми та запропонувати ефективні варіанти їх вирішення допомагає транспортне планування, яке складається з певної послідовності кроків (Рис 1).



Рисунок - 1 Алгоритм транспортного планування

В основі транспортного планування – визначення цілей, серед яких: забезпечення усіх громадян запропонованими транспортними можливостями для доступу до основних місць призначень та послуг; покращення безпеки та захисту; зменшення забруднення повітря та рівня шуму, викидів парникового газу та енергоспоживання; підвищення ефективності та економічної доцільності транспортування людей та товарів; формування більшої привабливості та якості міського середовища та міського дизайну на користь громадян, економіки та суспільства в цілому. Залежно від цільової спрямованості визначаються механізми транспортного планування, обираються інструменти, сфера їх застосування та формується стратегічний план дій [2,3].

Реалізація плану можлива за такими сценаріями розвитку в сфері мобільності:

1. Ефективний громадський транспорт, який забезпечує переміщення містом. Громадський транспорт є основою систем сталої мобільності більшості успішних міст. Він значно ефективніший за приватні авто, з огляду на місткість, ефективну площу на вулично-дорожній мережі та кількість викидів. Громадський електротранспорт (тролейбус і трамвай) має значно вищий потенціал з обслуговування пасажирів, що сприятиме покращенню якості пересування в місті.

2. Безпечна й ефективна транспортна система, яка посилює спроможність міста у сфері управління власною мобільністю. Цей пріоритет є інтегральним і покликаний посилити спроможність міста у сфері управління власною мобільністю, започаткувати практику збору й аналізу даних і прийняття на їх основі інфраструктурних рішень, реалізацію конкретних дій з підвищення безпеки руху, закласти оновлені принципи планування розвитку міста, які б відповідали принципам сталості й не призводили до виникнення нових транспортних проблем

3. Створення пішохідних зон, велодоріжок та громадських просторів. Пріоритет фокусується на покращення наявної пішохідної інфраструктури, включення маломобільних груп населення до міського життя, створення якісних умов для ефективного та безпечного використання велосипедного транспорту на території міст

4. Впровадження єдиної інтегрованої інтелектуальної транспортної системи. Реалізується у складі автоматизованої системи обліку оплати проїзду (електронний квиток) та автоматизованої системи диспетчерського управління (відображення руху транспорту на карті по GPS-трекерах, інформаційні табло на зупинках із розкладом руху, тощо) [1].

Впровадження та реалізація розробленого плану передбачає взаємодію всіх зацікавлених експертних груп, що беруть участь у транспортних проектах, такі як уряд і органи влади, бізнес-оператори, місцеві і районні громади, інші інституції. Таким чином, планування транспортної мобільності у сучасних містах це запорука їх розвитку через створення комфортних умов проживання його мешканців та становленні ефективної транспортної логістики.

Список літератури

1. Levy, C. 2013. Travel choice reframed: “deep distribution” and gender in urban transport. *Environment & Urbanization* 25, 47-63.
2. Wefering F. Наставни. Розробка та виконання Плану сталої міської мобільності / S. Rupprecht, S. Bührmann, S. Böhler-Baedeker // Європейська Комісія. Генеральний Директорат з Мобільності та Транспорту. – 2014. – 152 с
3. Кристопчук М. Є. Оцінка параметрів сталої міської мобільності // Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг / М.Є. Кристопчук // зб. доповідей Міжнар. науково-метод. конф. (Маріуполь, 20–21 січня 2021 р.) / ДВНЗ "ПДТУ" [та ін.]. – Маріуполь : ПДТУ, 2021. – С. 355-362.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЕТАПІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАЦІЙ В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

В.В.Аулін, докт. техн. наук, проф.,

Д.В. Голуб, канд. тех. наук, доц.,

С.В. Лисенко, канд. тех. наук, доц.,

А.С. Замуренко, асп.,

В.В. Шаманський, маг.,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Форми досліджень ефективності в транспортних системах дуже різноманітні [1-3]. Не існує універсальної рецептурної схеми проведення дослідження ефективності операцій в транспортних системах [4]. Разом з тим корисними є узагальнені положення, дотримуючись яких можливо організувати свою діяльність при вирішенні конкретних науково-технічних проблем або завдань. На основі аналізу побудовано узагальнену схему дослідження ефективності операцій в транспортних системах (рис. 1).

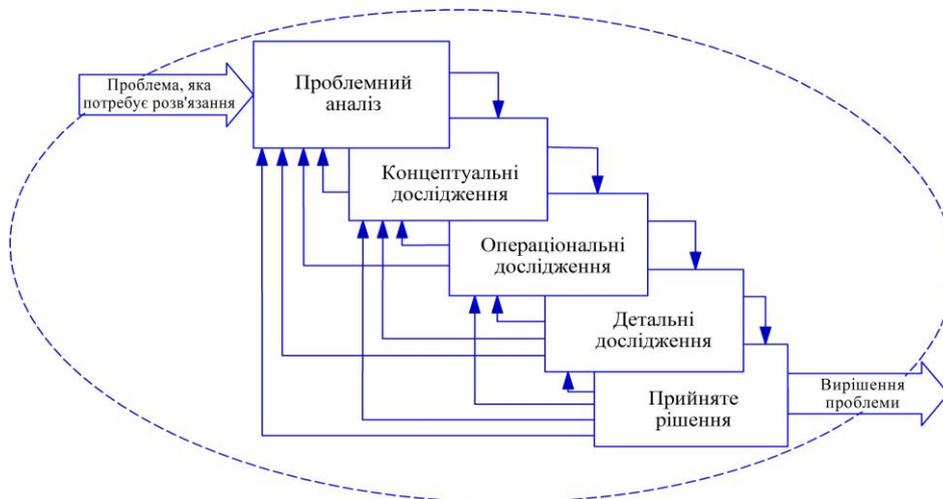


Рисунок 1 – Основні етапи дослідження ефективності операцій в транспортних системах при розв'язанні певної науково-технічної проблеми

Проблемний аналіз безпосередньо не входить в дослідження ефективності операцій, оскільки він упереджає дане дослідження, але є необхідним його початковим етапом. Етап ухвалення або прийняття рішення носить більш організаційний характер, у порівнянні з дослідницьким, який є завершальною стадією дослідження. Розглянемо більш детально етапи узагальненої схеми дослідження операцій у вигляді алгоритму кожного з них.

Алгоритм етапу проблемного аналізу полягає в наступному:

1. Визначення існування проблеми (завдання установавання реального існування проблеми або її уявності), встановлення причин її виникнення і взаємозв'язку з іншими проблемами; з'ясування і формулювання проблеми, визначення її актуальності та терміновості вирішення.

2. Виявлення, аналіз і опис ситуації, тобто комплексу умов, в яких виникла або може виникнути проблема (завдання).

3. Формування і аналіз проблемної ситуації з використанням евристичних і формальних методів: визначення міри повноти і достовірності інформації про проблемну ситуацію; можливості вирішення проблеми з урахуванням умов, що склалися; вироблення за

необхідності комплексу заходів для отримання необхідної інформації і додаткового визначення проблемної ситуації. Зазначимо, що формування і аналіз проблемної ситуації також здійснюється для формування цілей діяльності, що вирішують проблему.

4. Формування і аналіз альтернативних цілей $A_0 = \{A_0^1, A_0^2, \dots, A_0^m\}$, досягнення яких вирішує проблему, та вибір однієї з них в якості мети операції.

5. Аналіз шляхів досягнення мети і визначення істотних обмежень, що впливають на вибір засобів і способів досягнення мети; декомпозиція складної мети, поділ її на підцілі і завдання.

6. Вибір засобів досягнення мети (цілей) і обґрунтування рівня їх якості у ряді $\pi = \{R, I, C, A, L\}$, що ускладнюються та оцінка потрібних ресурсів.

7. Узагальнена постановка завдань дослідження ефективності операцій.

Алгоритм етапу концептуальних досліджень містить наступне:

1. Опис метасистеми, аналіз її діяльності.

2. Визначення S_0 -системи, у рамках якої реалізується операція.

3. Оцінка інформаційної достатності.

4. Обґрунтування методологічного рівня дослідження ефективності операції $\nu = \{I, II, III, IV\}$.

5. Встановлення типу операцій (S_0 -системи), виходячи з рівнів поведінки, що ускладнюється $\mu = \{e, h, c, p, a\}$.

6. Обґрунтування концепції раціональної поведінки $\gamma = \{II, O, A\}$.

7. Формування гіпотез поведінки суб'єктів транспортної системи.

8. Уточнення операційної ситуації: обґрунтування складу і змісту зовнішнього доповнення; формування необхідного результату операцій; вибір простору стратегій суб'єктів транспортної системи; установлення основних обмежень, витікаючих з діяльності метасистеми.

9. Уточнення результату і показників ефективності: вибір узагальнених показників ефективності; опис результату операції (корисних ефектів і витрат); обґрунтування функції відповідності реального результату потрібному; вибір шкал показників.

10. Обґрунтування принципу вироблення концептуального рішення і введення на цій основі критерію ефективності.

11. Концептуальні дослідження, що містять в собі наступні складові: концептуальне моделювання; кібернетичний опис операції (S_0 -системи); виявлення міри впливу чинників і їх взаємодій (факторизація завдання); встановлення напрямів операціональних досліджень; уточнення і конкретизація завдань дослідження ефективності операції.

На етапі операційних досліджень характерним є наступний алгоритм:

1. Постановка конкретного завдання операційного дослідження.

2. Оцінка інформаційної достатності.

3. Уточнення множини стратегій за результатами концептуальних досліджень.

4. Уточнення характеристик активних засобів, опис їх властивостей, оцінка необхідних ресурсів.

5. Вибір способу і засобів операційного моделювання.

6. Формування операційної моделі, встановлення переліку початкових даних, введення операторів переходу і виходу, уточнення обмежуючих умов, перевірка операційної моделі.

7. Уточнення показників ефективності операцій.

8. Обґрунтування принципу розробки операційних рішень і уточнення критеріїв ефективності.

9. Операційне моделювання, розробка рекомендацій для ухвалення рішення в різних варіантах завдання дослідження ефективності операцій.

Що стосується етапу детальних досліджень (дослідницький етап), то розроблено наступний алгоритм:

1. Постановка завдання детального дослідження.

2. Уточнення зовнішнього доповнення за результатами операційного дослідження: вимоги до якості елементів, вимоги до управління якістю і т. д.

3. Узгодження і вибір показника і критерію оцінки якості елементів транспортних систем.

4. Визначення характеристик якості за результатами експериментальних досліджень.

5. Розв'язок завдань задоволення якості або управління якістю елементів транспортної системи.

Порядок реалізації етапу ухвалення рішень наступний:

1. Аналіз результатів або прийняття проведених досліджень.

2. Планування контрольних заходів по впровадженню рішень, що приймаються.

3. Затвердження прийнятних рішень.

Зазначимо, що порядок пунктів всередині кожного етапу залежно від конкретного дослідження може бути змінено, а частина пунктів – береться до уваги. Крім того, усередині етапів, а також між етапами можлива реалізація циклів, тобто повернення після виконання певних пунктів (етапів) до попередніх пунктів залежно від отримуваних проміжних результатів.

З формальної точки зору на етапі проблемного аналізу реалізується відображення:

$$\alpha_0 \cdot \pi \rightarrow M_1, \quad (1)$$

де M_1 – множина метасистемних описів транспортних систем.

Відображення (1) кожній парі "мета - засіб її досягнення" ставить у відповідність конкретний метасистемний (модельний) опис транспортних систем, сукупність засобів яких здатна раціонально розв'язати виявлену науково-технічну проблему.

На етапі концептуальних досліджень реалізується відображення:

$$M_1 \cdot \mu \cdot \nu \cdot \gamma \rightarrow M_2, \quad (2)$$

де M_2 – множина варіантів зовнішнього доповнення з конкретним описом S_0 - системи, у рамках якої реалізується досліджувана операція:

$$\alpha_0 \cdot \pi \cdot \mu \cdot \nu \cdot \gamma \rightarrow M_2. \quad (3)$$

Операційне дослідження формально можна представити відображенням:

$$M_2 \cdot D \rightarrow U_{opt}, \quad (4)$$

де D – множина варіантів початкових даних завдання вибору раціонального рішення; U^{opt} – множина раціональних рішень при різних варіантах початкових даних.

Враховуючи (3) в (4), отримуємо:

$$\alpha_0 \cdot \pi \cdot \mu \cdot \nu \cdot \gamma \cdot D \rightarrow U_{opt}. \quad (5)$$

Етап ухвалення рішення реалізує відображення:

$$U_{opt} \cdot \sigma \rightarrow U_{opt}^*, \quad (6)$$

де σ – множина можливих ситуацій, що склалися до моменту ухвалення рішень.

Послідовна реалізація відображень (1)-(6) є формальною схемою дослідження ефективності операції. Подібний формальний підхід є основою для автоматизації системних досліджень ефективності. Аналіз ефективності транспортних систем свідчить, що відображення (1)-(2) мають велику міру невизначеності, і від їх конкретних видів істотно залежить реалізація такого підходу. У міру дослідження проблеми і накопичення знань про неї ця нечіткість може бути значно занижена. Реальний шлях до вирішення проблем дослідження ефективності транспортних систем полягає в розробці відповідного математичного забезпечення у вигляді проблемно-орієнтованих імітаційних систем.

Список літератури

1. Рассоха В.И. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе разработанных научно-технических, технологических и управленческих решений: дисс. ... д-ра техн. наук – Оренбург, 2010. – 289 с.

2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017.–370 с.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень. - Вісник машинобудування та транспорту №1(11). - Вінниця: ВНТУ, 2020. - С.5-10.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В. Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – Харків: ХНАДУ, 2018. - Вып. 81. – С. 3-10.

АНАЛІЗ МАКСИМАЛЬНО МОЖЛИВОГО ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТИ ПРИ ЗГОРАННІ СПИРТОВИХ СУМІШЕЙ В ДВЗ

І.М. Микитій, асп.,

С.І. Криштопа, д-р техн. наук, проф.,

Ф.В. Козак, канд. техн. наук, проф.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,
Україна*

Теоретичні аспекти систем живлення двигунів внутрішнього згорання з термохімічною регенерацією палива в сучасній дослідницькій практиці залишаються маловивченими [1]. Однак вони представляють суттєвий інтерес з точки зору оцінки потенційних можливостей застосування двигунів і підвищення ефективності використання енергії альтернативних видів палива. Реалізація термохімічного способу утилізації теплоти для умов робочого циклу двигунів внутрішнього згорання з іскровим запалюванням можлива, якщо в якості вихідного палива використовувати вуглеводневі сполуки з відносно низькою температурою реакцій конверсії (спирти, ефіри та аналогічні сполуки). Газоподібні продукти конверсії можуть бути застосовані як основне паливо для живлення газового двигуна [2]. При цьому важливим є можливість реалізації цього способу в складі систем живлення дизельних двигунів, які конвертуються на газові палива [3].

З викладеного вище випливає, що застосування систем попереднього хімічного перетворення альтернативного палива дозволяє підвищити ефективність його використання в двигунах внутрішнього згорання за рахунок регенерації теплоти відпрацьованих газів. Наприклад, для дизельних двигунів, які перероблені на газові з примусовим іскровим запаленням, термодинамічний цикл (цикл Отто) з регенерацією теплоти може бути представлений T-S-діаграмою (рис. 1).

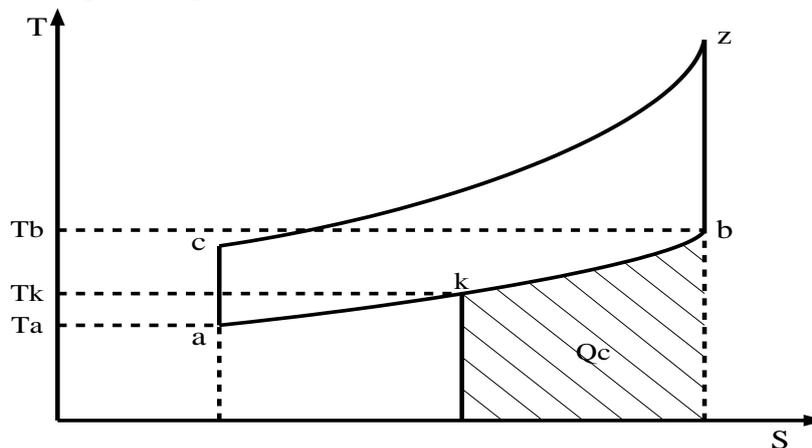


Рисунок 1 – Термодинамічний цикл з регенерацією теплоти для дизельних двигунів, які перероблені на газові продукти конверсії метанолу

На діаграмі теплота, придатна для регенерації в цикл, виражена як частина відхідної теплоти Q_c , тобто ступінь регенерації дорівнює

$$\eta_p = \frac{Q_c}{Q_g}, \quad (1)$$

де Q_g – кількість теплоти, яка була відведена за цикл.

Кількість теплоти Q_6 , яка була відведена за цикл (рис. 1) визначається з виразу

$$Q_6 = M_{np.зг.} \cdot C_{\mu} (T_b - T_a), \quad (2)$$

де $M_{np.зг.}$ – кількість продуктів згоряння при постійному об'ємі;

C_{μ} – середня мольна теплоємність продуктів згоряння при постійному об'ємі.

Кількість ендотермічної теплоти конверсії Q_c визначається з виразу

$$Q_c = M_{np.зг.} \cdot C_{\mu} (T_b - T_k). \quad (3)$$

Інакше кажучи ступінь регенерації залежить від температури конверсійного процесу T_k , зростає з її зменшенням та знаходиться з виразу

$$\eta_p = \frac{T_b - T_k}{T_b - T_a}. \quad (4)$$

Для аналізу можливості підвищення ефективності використання хімічної енергії палива порівняємо можливості його енергоперетворення в двох енергетично подібних двигунах внутрішнього згоряння. Перший працює за звичайною схемою, другий – з використанням термохімічних регенерації в дві стадії. Необхідний тепловий режим конверсії палива забезпечується за рахунок підведення теплоти відпрацьованих газів.

Перший двигун працює наступним чином. Початкове паливо при параметрах навколишнього середовища надходить в двигун, де згорає з виділенням теплоти $Q_n = H_u$. Ця теплота передається робочому тілу. Для спрощення аналізу будемо вважати, що передача теплоти відбувається при середній температурі T_{cep1} . Відпрацьовані гази після скоєння циклу відводяться в атмосферу. Для спрощення аналізу будемо вважати, що відведення теплоти відбувається при середній температурі T_{cep2} .

Тоді вироблена двигуном робота може бути визначена наступним чином

$$L_m = H_u \cdot M \frac{T_{cep1} - T_{cep2}}{T_{cep1}}. \quad (5)$$

При цьому ефективність використання хімічної енергії палива дорівнює

$$\eta = \frac{L_m}{H_u \cdot M} = \frac{T_{cep1} - T_{cep2}}{T_{cep1}}, \quad (6)$$

Залежність (6) визначає ККД теплосилової установки, який дорівнює відношенню кількості енергії, перетвореної в роботу, до всієї енергії, що надійшла в теплосилову установку. При цьому ККД даної ідеалізованої установки збігається з термічним ККД циклу. Це свідчить про те, що в двигуні без термохімічної регенерації ефективність використання енергії палива цілком залежить від перетворення теплоти в роботу і не може перевищити ефективність перетворення останньої.

Другий двигун працює з термохімічною регенерацією теплоти відпрацьованих газів. На відміну від першого двигуна паливо в камеру згоряння надходить не відразу, а попередньо проходить стадію термохімічної переробки в термохімічному реакторі. У ньому під дією теплоти, що надходить при середній нижній температурі T_{cep2} , відбувається термохімічне перетворення вихідного палива в конвертоване, яке і подається на спалювання в камеру згоряння двигуна. Якщо прийняти, що теплообмін в цьому двигуні здійснюється аналогічно

першому варіанту, то робоче тіло другого двигуна з термохімічним реактором має отримати теплоту також при середній температурі T_{cep1} .

Тоді в цьому випадку сприйнята робочим тілом теплота $Hi.n.m$ перевищує теплоту згоряння $Hi.m$ вихідного палива на величину $Hi.k$, яка була поглинена при термохімічній перетворенні вихідного палива в термохімічному реакторі та відповідно дорівнює

$$Hi.n.m = Hi.m + Hi.k. \quad (7)$$

Будемо вважати, що двигун з термохімічним реактором перетворює сприйняту робочим тілом теплоту з тією ж ефективністю, що і двигун без термохімічного реактору, тобто термічний ККД обох установок однаковий. Тоді робота, яку може зробити двигун з термохімічним реактором буде дорівнює

$$L_{n.m} = (Hi.m + Hi.k) \frac{T_{cep1} - T_{cep2}}{T_{cep1}}. \quad (8)$$

Тоді ефективність використання енергії палива в двигуні, що містить вузол термохімічної регенерації теплоти буде визначатись з виразу

$$\eta_{n.m} = \left(\frac{Hi.m + Hi.k}{Hi.m} \right) \left(\frac{T_{cep1} - T_{cep2}}{T_{cep1}} \right) = \frac{Hi.n.m}{Hi.m} \left(\frac{T_{cep1} - T_{cep2}}{T_{cep1}} \right). \quad (9)$$

Проаналізуємо ефективність використання енергії палива в двигуні, що містить вузол термохімічної регенерації та працює на метанолі у порівнянні зі звичайним двигуном. Приймаємо середню верхню температуру циклу $T_{cep1} = 2000$ К, а середню нижню – $T_{cep2} = 1200$ К. Тоді згідно залежності (9) маємо термічний ККД звичайного двигуна $\eta_m = 40$ %. Теплота згоряння метанолу $Hi.m$ складає 19670 кДж / кг. Теплота згоряння газоподібних продуктів конверсії метанолу $Hi.n.m$ складає 23870 кДж / кг. Тоді для двигуна з термохімічною регенерацією його термічний ККД $\eta_{n.m}$ буде перевищувати термічний ККД η_m першого двигуна в $(23870/19670) = 1,214$ рази, тобто для двигуна з термохімічною регенерацією його термічний ККД буде рівним $\eta_{n.m} = 48,5$ %.

З наведеного аналізу випливає, що незворотні зовнішні втрати перетворення хімічної енергії палива в теплоту в разі використання термохімічної регенерації теплоти відпрацьованих газів завжди менше відповідних втрат при безпосередньому спалюванні палива. Умови досягнення максимально можливої міри регенерації виконуються, коли ендотермічний ефект реакції конверсії відповідає підводу еквівалентної кількості теплоти в реакційний простір від зовнішнього джерела – гріючого теплоносія, в ролі якого виступають теплота відпрацьованих газів двигуна та може виступати теплота системи охолодження.

Список літератури

1. Abbondanza M., Cavina N., Corti E., Moro D., Ponti F., Ravaglioli V. Development of a Combustion Delay Model in the Control of Innovative Combustions. E3S WEB OF CONFERENCES. 2020, 197, 6013.
2. Zhang, Z. Experimental Investigation on Regulated and Unregulated Emissions of a Diesel/ Methanol Compound Combustion Engine with and without Diesel Oxidation Catalyst. Science of the Total Environment, 2010, 408, 4, 865-872.
3. Li, Y. Numerical Study on the Combustion and Emission Characteristics of a Methanol/Diesel Reactivity Controlled Compression Ignition (RCCI) Engine. Applied Energy, 2013, 106, 2, 184-197.

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ

І.А. Шльончак, канд. техн. наук, доц.,
Л.А. Тарандушка, канд. техн. наук, доц.,
М.П. Рудь, канд. техн. наук, доц.,
А.П. Солтус, д-р техн. наук, проф.,
І.П. Тарандушка, асист.,

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Євроінтеграція – цивілізаційний вибір України, одна з ключових вимог Революції гідності. У системі зовнішньополітичних пріоритетів України вона посідає особливе місце. Для України європейська інтеграція – це шлях модернізації економіки, подолання технологічної відсталості, залучення іноземних інвестицій і новітніх технологій, створення нових робочих місць, підвищення конкурентоспроможності вітчизняного товаровиробника, вихід на світові ринки, насамперед на ринок європейського союзу (ЄС). Як невід’ємна частина Європи Україна орієнтується на діючу в провідних європейських країнах модель соціально-економічного розвитку.

Політичні переваги інтеграції України у ЄС пов’язані зі створенням надійних механізмів політичної стабільності, демократії та безпеки. Зближення з ЄС є гарантією, а виконання його вимог – інструментом розбудови демократичних інституцій в Україні. Крім того, членство у ЄС відкриє шлях до колективних структур спільної безпеки Євросоюзу, забезпечить ефективнішу координацію дій з європейськими державами у сфері контролю за експортом і нерозповсюдження зброї масового знищення, дасть змогу активізувати співробітництво в боротьбі з тероризмом, організованою злочинністю, контрабандою, нелегальною міграцією, наркобізнесом тощо.

Як відомо, ЄС й Україна почали переговори щодо Угоди про асоціацію у 2007 р., а в 2008 р. – щодо поглибленої і всеохоплюючої зони вільної торгівлі (ЗВТ) як невід’ємної складової частини Угоди про асоціацію.

Транспорт – це одна з найважливіших галузей матеріального виробництва, яка забезпечує виробничі і невиробничі потреби господарства та населення країни в усіх видах перевезення. Територіальне поєднання різних видів транспорту, які, взаємодіючи, найповніше задовольняють потреби виробництва і населення у перевезеннях, становлять транспортну мультимодальну систему країни.

Багатогранність проблематики транспортних мультимодальних систем обумовлена виконанням особливої ролі різних видів транспорту в суспільно-економічному житті будь якої країни. Враховуючи європейський вектор економічного розвитку України та вигідне геополітичне її положення, надзвичайно важливо мати необхідний рівень знань про перспективи мультимодальних перевезень в сучасних умовах світового торгівельного процесу [1].

В Україні створено розгалужену мережу автомобільних шляхів, загальна довжина яких становить понад 175 тис. км. Густота автомобільних шляхів загального користування з твердим покриттям дорівнює 269 км на 1000 км² території. Це в сім разів більше, ніж такий же показник залізничного транспорту, наприклад. На сьогодні більш як 100 тис. автомобільних перевізників надають послуги з перевезення 64 % вантажів. Однак, оновлення парку рухомого складу автомобільного транспорту відбувається повільними темпами – майже 70 % рухомого складу є технічно та/або морально застарілими. В сфері автомобільного транспорту необхідно виконати наступні перспективні заходи: оновлення парку рухомого складу; вдосконалення системи організації міжнародних перевезень вантажів автомобільним транспортом при перетині державного кордону, розмитнення

вантажів та отримання віз водіями транспортних засобів; у зв'язку з широким впровадженням автомобільного транспорту лишається проблема викидів в атмосферу шкідливих речовин.

Одним із поширених видів транспорту в Україні після автомобільного транспорту є залізничний. Цей транспорт – велике багатогалузеве господарство. Довжина залізничних колій загального користування в Україні становить 22,7 тис. кілометрів, що дорівнює 37 км на 1000 км² її території. Середня дальність перевезення 1 т вантажу на залізничному транспорті становить близько 55 км. В перспективі у сфері залізничного транспорту необхідно запровадити наступні заходи: заміна застарілих локомотивів та їх обслуговування; запровадження електрофікації колій та збільшення їх кількості; збільшення середньої швидкості пересування (зараз 20 км/год.); приведення ширини залізничних колій у відповідність до європейських стандартів; розвиток існуючих схем навантаження/розвантаження потягів [2].

Необхідно зазначити, що в минулому нашої країни, в силу історичних причин і з огляду на приватного та відомчого володіння засобами транспорту, а також під впливом географічних, топографічних та інших природних умов, розвиток і розміщення в транспортних вузлах основних об'єктів, що відносяться до різних видів транспорту (залізничні станції і сполучні лінії, річкові та морські порти, автомобільні підприємства і дороги, аеропорти, склади тощо), проводилося часто відокремлено один від одного без достатнього врахування необхідності якнайшвидшого переходу вантажних потоків з одного виду транспорту на інший. Саме тому названі об'єкти в транспортних вузлах виявлялися розміщеними по відношенню один до одного незручно [3].

Україна в європейсько-азіатському транспортному просторі представлена всіма видами транспорту. Розвиток транспорту в країні обумовлений її географічним положенням, зокрема розміщенням у центрі Європи та виходом до берегів Чорного і Азовського морів. Транспортний комплекс України має тісні зв'язки з транспортними системами багатьох країн: країн Центральної Європи та СНД, Південної Європи та Близького Сходу, країн південної частини земної кулі та країн Балтики і Скандинавії, країн Середньої Азії, Китаю, Далекого Сходу і Західної Європи.

З метою прискорення комплексного розвитку єдиної транспортної системи України, а також входження її до міжнародної транспортної системи, особливо європейської, Кабінет Міністрів України постановив вважати створення транспортних коридорів та входження їх до міжнародної транспортної системи пріоритетним загальнодержавним напрямом розвитку транспортно-дорожнього комплексу, зокрема і контейнерні перевезення вантажів.

Контейнерні перевезення – сучасний і найбільш економічний вид доставки вантажів з усіх використовуваних в трансконтинентальному сполученні. Значне місце в загальному об'ємі контейнерних перевезень в Україні займають контейнерні перевезення морським транспортом. Вони є незамінними, коли потрібні вантажні перевезення в країні або з країн Азії і Америки в умовах експорту чи імпорту або транзитом через країни Європи.

Таким чином в умовах євроінтеграційного процесу України застосування мультимодальних перевезень є надзвичайно перспективно. Такі перевезення зручні тим, що контейнери, наприклад, пристосовані для перевезення всілякими видами транспорту, що значно полегшує завдання при змішаних перевезеннях в умовах євроінтеграції України.

Список літератури

1. Еремеева, Л. Э. Интермодальные и мультимодальные перевозки: учебное пособие. Сыкт. лесн. ин-т. Сыктывкар: СЛИ, 2014. -144 с.
2. Манько В.М., Заболотько О.О. Становлення системи навчання інженерів-механіків сільськогосподарського виробництва в Україні. Науковий вісник НАУ. К., 2002. № 50, С. 343-348.
3. Савченко Л. В. Взаємодія видів транспорту : навчальний посібник для студентів напрямів підготовки 0501 "Економіка і підприємництво", 1004 "Транспортні технології (автомобільний транспорт)" (спеціальності "Економіка підприємства", "Організація перевезень і управління на автомоб. транспорті") / Л. В. Савченко, О. О. Соловйова ; М-во освіти і науки України, НТУ. - Київ : НТУ, 2010. - 96 с.

8. ЛОГІСТИКА ВИРОБНИЧИХ ТА ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ, ФІРМ, КОМПАНІЙ

УДК 65.012

ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА ТРАНСПОРТІ

В.О. Дубовик, канд.техн.наук, доц.,
Є.К. Солових, д-р. техн. наук, проф.,
Р.В. Кернус, студ.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Світовий досвід показує, що в транспортній галузі за останні роки суттєво змінились логістичні підходи до управління вантажними перевезеннями [1-5]. В результаті чого сфера логістичного управління вантажними перевезеннями займає все більшу частину високоприбуткового сектору економіки і бізнесу. Це стало можливим завдяки новим логістичним підходам до взаємодії між власниками вантажів, перевізниками і транспортно-логістичними компаніями [1-5, 8].

Критичним факторами у системі транспортної логістики є час і якість. Тому в технологічних процесах на транспорті ключову роль займає логістика постачання споживачів і виробництва необхідним матеріалами, сировиною, напівфабрикатами і т.д. За кордоном дослідниками розроблено і впроваджено ряд логістичних систем управління технологічним процесами і матеріальними потоками у транспортній галузі [1, 2, 5-8].

Згідно їх розробок можна виділити два основні підходи управління матеріальними потоками – це штовхальний і тягнучий.

Штовхальний підхід або штовхальна система організації виробництва полягає в тому, що параметри матеріального потоку, який формується на першій технологічній ланці не залежать від наступної технологічної ланки. При цьому управління параметрами матеріального потоку в цій системі здійснюється шляхом подачі команди із системи управління на першу технологічну ланку. За цією схемою і працює "традиційне" виробництво. До логістичних моделей такого типу відносяться системи MRP I, MRP II. Вони використовуються в транспортних операціях при закупівлі і реалізації товарів, а також при їх виробництві.

Тягнуча система управління матеріальним потоком має інший технологічний принцип. В цьому випадку параметри матеріального потоку, який формується на першій технологічній ланці залежать від замовлення наступної технологічної ланки. Тому центральна система управління не має прямого впливу на рух матеріального потоку між цими ланками. Її функція полягає у встановленні кінцевого результату для останньої технологічної ланки логістичного ланцюга. В цьому випадку поповнення запасів здійснюється децентралізовано.

Для забезпечення ефективного функціонування цієї системи необхідна висока відповідальність і дисципліна працівників на всіх рівнях виробничого циклу. Серед розповсюджених тягнучих систем відомі системи KANBAN і OPT. Розглянуті системи управління матеріальними потоками мають певні переваги та недоліки і не завжди в змозі гнучко реагувати на зміну зовнішніх факторів.

Так як система KANBAN добре зарекомендувала себе у сфері оперативного управління виробництвом, а система MRP II була створена для планування потреб підприємства в матеріалах та виробничих ресурсах, в останній час спостерігається тенденція комбінації цих систем. На основі комбінування систем KANBAN і MRP II, врахувавши їх переваги і недоліки за кордоном було створено інтегровану мікрологістичну систему

MRP III, яка відповідає вимогам сьогодення.

Список літератури

1. Логістика: навч. посібник / О.І. Гуторов, О.І. Лебединська, Н.В. Прозорова / Харк. нац. аграр. ун-т. – Харків: Міськдрук. 2011. – 322 с
2. Балобанова Л.В. Комерційна діяльність: маркетинг і логістика: навч. посібник / Л.В. Балобанова, А.М. Германчук. – К: Професіонал, 2004. – 287 с.
3. Кальченко А.Г. Логістика: навч. посібник / А.Г. Кальченко, В. В.Кривещенко. – К., КНЕУ, 2008. – 472с.
4. Окландер М.А. Логістика: підручник / М.А. Окландер. - К.: Центр учбової літератури, 2008. – 346 с.
5. Логистика: учебник / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова; под ред. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.
6. Зеваков А.М. Логистика производственных и торговых запасов: учебник / А.М. Зеваков, В.В. Петров. – СПб.:Изд-во Михайлова В.А., 2002. – 320с.
7. Миротин Л.Б. Логистика интегрированных цепочек поставок: учебник / Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов. М.: Экзамен, 2003. – 256с.
8. Трирід О.М. Логістика: навч. посібник / О.М. Трирід, Г.М. Азаренкова, С.В. Мішина, І.І Борисенко. – К.: Знання, 2008. – 566с.

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ

О.М. Загурський, *д-р.екон. наук, проф.*,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Аграрне господарювання вирізняється консервативністю й нееластичністю, які унеможливають адекватну реакцію на ринкові зміни. Так, зі зростанням попиту на аграрну продукцію аграрний сектор з огляду на свої особливості, пов'язані зі значними термінами її виробництва, не може у стислі строки збільшити випуск продукції. Суттєве ж накопичення окремих видів продовольства може призвести до того, що його неможливо буде реалізувати навіть за заниженими цінами, адже за фізіологічними властивостями людина не здатна з'їсти більше, ніж їй потрібно, а терміни зберігання продовольчих товарів обмежені.

Навіть система розподілу сільськогосподарської продукції відрізняється від розподілу іншої продукції, адже рухаючись вздовж ланцюга постачання до кінцевого споживача, сільськогосподарська продукція зазнає безперервних змін. Зважаючи на це, розподілу, якості, корисності та безпеці аграрної продукції приділяють значно більшу увагу ніж будь якій іншій. Відповідно логістична система розподілу сільськогосподарської продукції в нинішній, глобальній економіці є предметом дискусії як в суспільстві так і в науковій літературі [3, 7]. Зрозуміло, що особливо актуалізується необхідність використання інструментарію логістики в процесі матеріально-технічного забезпечення агровиробництва та збуту продукції, тобто в сфері обігу АПК і створення нового напрямку в логістиці – агрологістики. Організація ресурсного забезпечення агровиробників і просування їх продукції на ринок на принципах логістики дає значний економічний, соціальний та екологічний ефекти [1]. Агрологістика безпосередньо пов'язана з поширенням сільгосппродукції, а в більш широкому сенсі – зі створенням найбільш оптимальної системи руху всіх видів сільгосппродукції по товарно-розподільчій мережі з високими стандартами обслуговування сфери споживання.

Розглядаючи агропродовольчі ланцюги постачання слід зазначити, що це самоорганізовані системи, що залежать від внутрішнього і зовнішнього середовища. В яких управління логістичними системами постачання аграрної продукції насамперед спрямоване на перетворення ланцюга постачання в єдину, ефективну систему обслуговування споживачів – населення країни, адже в агропродовольчому ланцюгу вирішальними факторами для створення та підтримки конкурентних переваг є доступ до найкращого покупця (такого, який забезпечує найбільший дохід) за належного рівня якості, з необхідним терміном придатності та належним проходженням по ланцюгу постачання [8].

Наявність внутрішніх складнощів з управління постачаннями харчових продуктів та зовнішніх екстерналій цього ринку спонукає до аналізу ланцюга постачання та технологій, що в ньому застосовуються. Якщо детально розглянути процесну структуру ланцюга постачання продуктів харчування то зазвичай він містить усі види діяльності з вирощування та підготовки сировини, безпосередньо виробництва кінцевого продукту та усю поствиробничу діяльність, таку як зберігання, транспортування, реалізація (гуртова й роздрібна торгівля) готової продукції, її експорт та імпорт. Ці діяльності мають ряд специфічних характеристик таких як тривалість термінів виготовлення готової продукції, сезонність у виробництві, обмеженість строків зберігання продукції, необхідність кондиціонування на етапах транспортування та зберігання продукції. Аналіз літературних джерел [2, 5, 6] дає змогу сформулювати основні проблемні питання на шляху становлення ефективної транспортно-логістичної системи розподілу аграрної продукції та можливі варіанти їх вирішення (табл. 1).

Таблиця 1 – Перелік основних проблемних питань створення ефективної транспортно-логістичної системи розподілу аграрної продукції та шляхи їх вирішення

Проблемні питання	Варіанти вирішення
Інфраструктура	Інвестування у спільні логістичні центри, які створюватимуть ефект масштабу, що призведе до підвищення ефективності логістики шляхом скорочення маршрутів, відстаней та часу на транспортування
Інформаційні технології	провадження інформаційних технологій сприятиме зменшенню втрат і підвищенню конкурентоспроможності.
Інтегровані логістичні системи	Підвищення ефективності управління агропродовольчими ланцюгами постачань спрямоване на об'єднання усіх учасників ланцюга постачання в єдину, ефективну систему
Кваліфіковані кадри	Підготовка спеціалістів у галузі логістичного менеджменту та працівників, що спеціалізуються на товарній доробці продуктів з обмеженим терміном зберігання.
Спеціалізовані транспортні засоби	Залучення холодильного обладнання до ланцюга постачання аграрної продукції підвищує її якість та свіжість та продовжує термін зберігання.
Послуги логістичних компаній	Залучення операторів з надання логістичних послуг.
Пакування	Удосконалення технологій пакування, що призводять до мінімізації втрат та забезпечення відповідної якості продукції.
Моніторинг та відслідковуваність	Покращення моніторингу щодо ідентифікації продукції та для проведення заходів з підтримки належної її якості

Про те не зважаючи на всі проблеми АПК, за оцінками Світового банку зростання ВВП, яке обумовлене саме зростанням сільського господарства, щонайменше вдвічі ефективніше сприяє скороченню бідності, ніж зростання ВВП за рахунок інших галузей, і саме інноваційний розвиток даної галузі забезпечує масштабне зниження рівня бідності у селах за останні роки у багатьох країнах світу.

Крім того, розрахунки учених показують, що один відсоток додаткової продукції, яка виробляється в аграрному секторі, забезпечує приріст продукції галузей промислової інфраструктури на 2,5%, відповідно, переробних галузей на 1,4%, транспортних послуг – на 0,33%, адекватної торгівлі – на 2,7% [4].

Тому прискорення темпів зростання обсягів сільськогосподарського виробництва на основі підвищення його конкурентоспроможності є пріоритетним напрямом економічної політики. Якщо до цього додати, що скорочення логістичних витрат приблизно на 1% дорівнює підвищенню обсягу продажів на 10%. То стає зрозумілим, що якісно вибудована транспортно-логістична система на агропідприємстві може дати більше доходу, ніж традиційна екстенсивна схема розвитку бізнесу.

Список літератури

1. Загурський О.М. Конкурентоспроможність транспортно-логістичних систем в умовах глобалізації: інституціональний аналіз : монографія. Київ : ФОП О.В. Ямчинський, 2019. 373 с.
2. Ahumada O., Villalobos J. R. Operational model for planning the harvest and distribution of perishable agricultural products. *International Journal of Production Economics*. 2011. No 133. 677-687
3. Fonseca J.M., Vergara N. Logistics Systems Need to Scale Up Reduction of Produce Losses in the Latin America and Caribbean Region. *Proc. III rd Int. Conf. on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions*. 2014. P. 173-180.
4. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London. FAO. 2011. 285
5. Themen D. Food losses and waste in Ukraine. Regional Office for Europe and Central Asia Food and Agriculture Organization of the UN. 2013. URL: <http://www.fao.org/europe/agrarian-structures-initiative/en>

6. Zagurskiy O., Ohienko M., Pokusa T., Zagurska S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020.
7. Zagurskiy O., Rogach S., Titova L., Rogovskii I., Pokusa T. "Green" supply chain as a path to sustainable development // Mechanisms of stimulation of socio-economic development of regions in conditions of transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2019. 199-213.
8. Zagurskiy O., Titova L. "[Problems and Prospects of Blockchain Technology Usage in Supply Chains](#)" Journal of Automation and Information Sciences, 2019. Volume 11. 63-74.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВАЛКИ КОНТЕЙНЕРОВ В ПОРТУ

Н.Ю. Шраменко, *д-р. техн. наук, проф.*,
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка,
м. Харків, Україна

Контейнерные перевозки играют важную роль в мультимодальных системах доставки [1]. При этом устойчивость портовых контейнерных терминалов является обязательной для создания устойчивой и надежной интермодальной транспортной сети [2, 3].

Проведенный анализ динамики объемов контейнерных перевозок в Украине, в том числе перевозки зерна [4], свидетельствует о тенденции увеличения объемов перевозок в международном сообщении.

В порту часть перегрузочных контейнеров загружается непосредственно на суда по прямому варианту [5], а часть буферизируется на складе [6]. Результаты исследований [7, 8] показывают, что режим прямой перегрузки может значительно снизить эксплуатационные расходы.

Анализ литературных источников показал, что необходимо учитывать технологические особенности в модулях стыка разных видов транспорта. В большинстве работ технологические особенности в модулях стыка не учтены. При разработке моделей не всегда учтены интересы всех субъектов процесса доставки [9].

Объектом исследования выступает процесс перевалки контейнерных грузов на терминале порта при доставке зерновых грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении.

Для терминала порта характерными технологиями являются: перевалка контейнерных грузов из вагонов на судно по прямому варианту "вагон-судно", а также перевалка контейнерных грузов через склад.

Проанализированы альтернативные технологии перевалки контейнерных грузов на портовом терминале. Обоснован критерий эффективности процесса перевалки контейнеров на терминале порта, в качестве которого выступают суммарные суточные затраты, связанные с перевалкой контейнерных грузов на терминале порта.

При перевалке контейнеров в порту через склад критерий эффективности включает: затраты на подачу-уборку группы вагонов до места перевалки контейнеров с вагона на склад; затраты, связанные с простоем вагона, маневрового локомотива и контейнера в ожидании перегрузки; затраты, связанные с хранением контейнера на складе в порту отправления; затраты на перевалку в порту отправления со склада на судно; затраты, связанные с омертвевшим капиталом.

При перевалке контейнеров по прямому варианту "вагон-судно" критерий эффективности включает: затраты на подачу-уборку группы вагонов до места перевалки по прямому варианту "вагон-судно"; затраты, связанные с простоем вагона, маневрового локомотива и контейнера в ожидании перевалки; затраты на перевалку контейнеров в порту отправления из вагона на судно.

Разработаны математические модели процесса перевалки контейнеров на припортовом терминале по прямому варианту "вагон-судно", а также процесса перевалки контейнеров через склад. Обоснована система ограничений для математических моделей.

Проведены численные эксперименты для разного количества контейнеров, поступающих на припортовый терминал. В результате получены зависимости суммарных затрат от количества контейнеров, поступающих в порт для альтернативных технологий перевалки.

Аналогично проведены аналитические расчеты удельных затрат для альтернативных технологий перевалки контейнеров при подаче различного количества контейнеров, поступающих на терминал порта. В результате получены зависимости удельных затрат от количества контейнеров, поступающих в порт для альтернативных технологий перевалки.

Графики позволяют определить рациональные технологии перевалки контейнерных грузов на терминале порта в зависимости от их количества, поступающего в порт в вагонах. При перевалке грузов в контейнерах количеством до 24 контейнеров включительно рациональной технологией является перевалка контейнеров через склад, так как общие затраты при перевалке контейнеров являются меньшими, чем при перевалке по прямому варианту "вагон-судно". При перевалке контейнеров в количестве более 24 контейнеров рациональной технологией является перевалка контейнеров по прямому варианту "вагон-судно".

Список літератури

1. Jean-Paul Rodrigue, Brian Slack. *Intermodal Transportation and Containerization/ The geography of transport systems*, 2013 [<https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/ch3c6en.html>].
2. Kurapati, S., Lukosch, H., Verbraeck, A. et al. Improving resilience in intermodal transport operations in seaports: a gaming approach. *EURO J Decis Process*, Volume 3, pp. 375–396 (2015) doi:10.1007/s40070-015-0047-z
3. Шраменко Н. Ю. Тенденції розвитку мультимодальних технологій при міжнародних контейнерних перевезеннях / Н.Ю.Шраменко /Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК: зб. наук. пр. — К., 2017. – Вип. 262. – - С. 103-110.
4. Shramenko N., Muzylyov D., Manukian A. Analysis of the grain market in Ukraine and the directions of the development of grain cargo transportation logistics// *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів.* — Х.: ХНТУСГ, 2019. — Вип. 18. — С.70-79.
5. Liang, C., Hwang, H. & Gen, M. A berth allocation planning problem with direct transshipment consideration. *Journal of Intelligent Manufacturing* volume 23, pp. 2207–2214 (2012) doi:10.1007/s10845-011-0566-9
6. Панасенко Н. Н., Яковлев П. В. Контейнеризация международной транспортной системы. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология*, № 4, 2016, С. 103-116.
7. Shramenko, N., Muzylyov, D., Shramenko, V.: Model for choosing rational technology of containers transshipment in multimodal cargo delivery systems, pp. 621-629. Sarajevo (2020) doi: 10.1007/978-3-030-46817-0_72
8. Shramenko N., Muzylyov D., Shramenko V. (2021) Rationalization of Grain Cargoes Transshipment in Containers at Port Terminals: Technology Analysis and Mathematical Formalization. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. pp. 96-105.
9. Shramenko, N., Shramenko, V. Simulation model of the process of delivering small consignments in international traffic through the terminal system. *CEUR Workshop Proceedings*, 2020, 2711, pp. 443-454.
10. Shramenko, N. Y., 2017. The methodological aspect of the study feasibility of intermodal technology of cargo delivery in international traffic. *Scientific Bulletin of National Mining University*, Vol. 4 (160), pp. 145-150.

FORECASTING MOBILITY PARAMETERS – LITERATURE REVIEW OF MODERN APPROACHES

Mykhailo Krystopchuk, *PhD, Associate Professor,*
National University of Water and Environmental Engineering

The problem of the efficient functioning of passenger road transport is an important part of a comprehensive social development program. Its successful solution depends on the degree of perfection and validity of the transport system. Comprehensive studies of the patterns of formation of the transport services market are based on studies of processes of resettlement and spatial self-organization of the population, determination of the density of transport links, nodes of origin and elimination of passenger flows.

Transport modelling is a mathematical representation of transport demand and resulting trips, based upon economic, municipal, household and transport data and projections, and using formalised behaviour hypotheses and assumptions. Traffic models are used to analyse and forecast the traffic situation and to predict the outcomes of transport strategies. The EU Transport Council [1, 2] has defined a sustainable transport system as a system that: allows the basic access and development needs of society to be met safely and in a manner consistent with human and ecosystem health, and promotes equity within and between successive generations; is affordable, operates fairly and efficiently, offers choice of transport mode, and supports a competitive economy, as well as balanced regional development.

The criteria for evaluating the performance of transportation systems are described in detail in the many researches works [3, 4, 15]. Methods of designing transport systems were reflected in the works for static models and dynamic models [3, 5, 7 - 13]. The disadvantage of static models is that they optimize the transport system relative to random resettlement, resulting in estimated transport loads that can be significantly different from the actual ones. There are known approaches in which the authors [8, 9] consider the distribution of trips by Poisson's law, and note the multifactorial model of the formation of passenger correspondence, and therefore the mobility of the population, and propose to use the principle of maximizing entropy [12]. In order to build an efficient public passenger transport network, taking into account the demand for travel, the authors [15] use the analysis of alternative Pareto-optimality trips. In [11] it is possible to apply the methods of computational geometry [14] for transformation of geodata on spatial and other characteristics (population density, size of households, level of motorization) of settlements into generating trips, mobility of population.

As an alternative approach, researchers [15] have developed statistical models to predict external trips. These models generally follow a three-step approach. In the first step, external trips entering the study area are predicted at each external station (external trip generation). In the next step, external–external trips are distributed amongst external stations (external trip distribution). In the third step, external–internal trips are distributed within the study area.

The analysis of known methods of synthesis of transport systems [3 - 14] indicates the need for their improvement, development of new methods, algorithms for designing and evaluation of the efficiency and reliability functioning [3, 6] of existing transport systems and route networks, including for suburban passenger traffic. The hierarchical significance of the city in the settlement system has a clear impact on the population's assessment of the appropriateness of the spatial choice of location to meet the purpose of the trip [3, 4, 13]. The higher it is, the more time in the daily balance of the rural and suburban population is allocated for resettlement. The interconnection of settlements is limited mainly by neighboring settlements (with some exceptions to business and guest travel). Table 1 contains a list of candidate variables for inclusion in the land use and demographic dataset, based on anticipated model structures. These variables fall into two

categories; those that will be used as inputs to the models, and therefore must be forecast for the future, and those that will be used to check or calibrate the models, for which only current year data must be compiled. Table 1 lists the candidate variables, as well as whether they need to be forecast or are for calibration purposes. Table 1 also shows which variables are anticipated to be used in trip generation for the household submodel, in the production and attraction models, in the Truck model, and in the creation of the mode split model and submodels.

Table 1 – Proposed forecast variables and their use

Variable	Trip Generation					
	Household Submodel	Production	Attraction	Truck Model	Mode Choice	Need to be Forecast?
Population (Residents)	+	+	+		+	Yes
Employed Residents		+			+	Yes
Average Income	+					Yes
Household Size	+	+				No
Income Level	+	+				No
Auto Ownership	+	+			+	No
Total Employment			+	+	+	Yes
Zonal Area		+	+		+	Yes
Recreational Space			+			Yes

Even though there is a large family of distribution models, the most commonly used is the gravity model. This model was originally generated from an analogy with Newton's gravitational law. Interestingly, the gravity model has been criticized for its rather loose derivation: why on earth should human behaviour necessarily comply with the same principles as gravitational bodies? Fortunately, Wilson [9] and later on several other scientists [3, 4, 10], developed a sound statistical theory underlying gravity models. The gravity model states that the number of trips between an origin and destination pair is directly proportional to the number of productions at the origin and the number of attractions at the destination and inversely proportional to the spatial separation between zones. The formulation of the gravity model is as follows:

$$T_{ij} = A_i \cdot O_i \cdot B_j \cdot D_j \cdot f(c_{ij}), \quad (1)$$

where T_{ij} – number of trips originating at zone i and terminating at zone j ; O_i – number of trips originating at zone i ; D_j – number of trips terminating at zone j ; f – separation function; c_{ij} – separation function argument defining separation between zones i and j ; A_i and B_j – balancing factors for origin and destination zones, respectively.

The balancing factors A_i and B_j are, therefore, interdependent; this means that the calculation of one set requires the values of the other set. This suggests an iterative process, which works well in practice: given set of values for the separation/deterrence function $f(c_{ij})$, start with all $B_j = 1$, solve for A_i and then use these values to re-estimate all B_j ; repeat until convergence is achieved. Popular versions of the deterrence function, which represents the disincentive to travel are exponential (2), power (3) and combined (4) functions given below:

$$f(c_{ij}) = e^{-\beta \cdot c_{ij}}, \quad (2)$$

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^n, \quad (3)$$

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^n \cdot e^{-\beta \cdot c_{ij}}, \quad (4)$$

where c_{ij} – separation measure, defined by e.g. travel time between zones i and j ; β , n – calibration parameters.

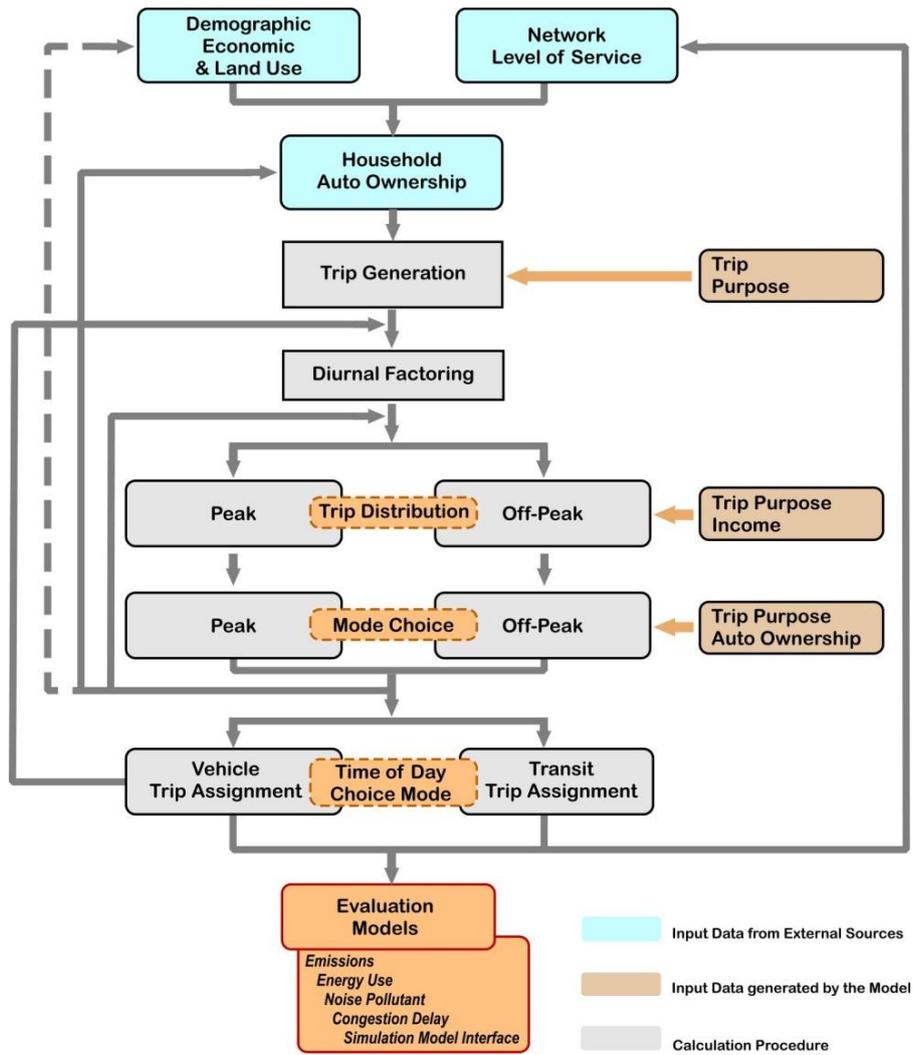


Figure 1 - Schematic representation of the regional travel forecasting model system

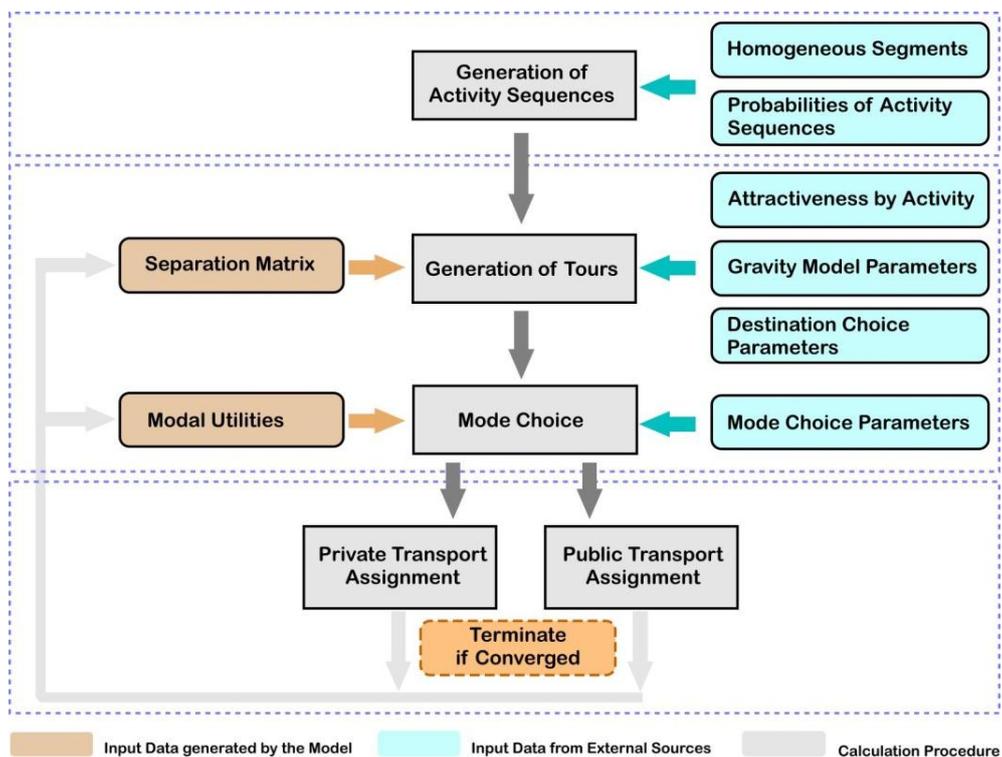


Figure 2 - Conceptual representation of tour-based travel demand modeling procedure

As we have seen, the parameters A_i and B_j are estimated as part of the iterative balancing algorithm. The parameters of the deterrence function must be calibrated to make sure that the observed trip lengths are reproduced as closely as possible. A naive approach to this task is simply to ‘guess’ or to ‘borrow’ a value for parameters, run the gravity model and then extract the modelled trip lengths. This should be compared with the observed trip lengths. If they are not sufficiently close, a new guess for parameters can be used and the process repeated until a satisfactory fit is achieved.

The proposed overall structure of the recommended transportation model system is displayed in Figures 1-2. As shown in this schematic representation, application of the model begins with two key sets of input; the demographic, economic, and land use information (at the transportation analysis zone level), and the multimodal transportation network level-of-service data. The trip generation model is composed of two basic models - a production model and an attraction model - and one or more submodels. The trip generation model estimates the overall magnitude of trip making on a specific geographic basis (i.e., zones). Various submodels are used to support and describe the disaggregation of households (and/or workers) by selected independent variables.

References

1. European Commission. (2016). Horizon 2020 - Smart, Green and Integrated transport. Important Notice on the Second Horizon 2020 Work Programme, 2017(July 2016), 129.
2. Li, Y. and Voegelé, T. (2017) Mobility as a Service (MaaS): Challenges of Implementation and Policy Required. *Journal of Transportation Technologies*, 7, 95-106. doi: 10.4236/jtts.2017.72007.
3. Yatskiv, I., Pticina, I., & Savrasovs, M. (2012). Urban Public Transport System's Reliability Estimation Using Microscopic Simulation, *Transport and Telecommunication Journal*, 13(3), 219-228. doi: <https://doi.org/10.2478/v10244-012-0018-4>
4. Gidebo, F. A., & Szpytko, J. (2019). Reliability Assessment of the Transport System, Addis Ababa Case Study, *Journal of KONBiN*, 49(4), 27-36. doi: <https://doi.org/10.2478/jok-2019-0073>.
5. Khitrov, I., & Tkhoruk, Y. (2020). Formation and Distribution Flows of External Transport in the City. In *Reliability and Statistics in Transportation and Communication: Selected Papers from the 19th International Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, RelStat'19, 16-19 October 2019, Riga, Latvia (Vol. 117, p. 141)*. Springer Nature.
6. Tkhoruk Y., Kucher O., Holotiuk M., Krystopchuk M., Tson O. (2019) Modeling of assessment of reliability transport systems. *Proceedings of ICCPT 2019 (Tern., May 28-29, 2019)*, pp. 204-210.
7. Dumbliauskas, V. (2019). Development and application of tour-based travel demand model for planning of urban transport networks (Doctoral dissertation, VGTU leidykla „Technika“).
8. Raux, C. (2003). A systems dynamics model for the urban travel system. In *AET. European Transport Conference 2003–ETC 2003, 8-10 October 2003, Strasbourg (pp. 32-p)*. AET.
9. Ortúzar, J. de D., Willumsen, L. G. (2011) "Modelling Transport". Fourth Edition, John Wiley and Sons, Chichester.
10. Balcombe, R., Mackett, R., Paulley, N., Preston, J., Shires, J., Titheridge, H., ... & White, P. (2004). *The demand for public transport: a practical guide*.
11. Bhat, C. R., & Koppelman, F. S. (1999). Activity-based modeling of travel demand. In *Handbook of transportation Science (pp. 35-61)*. Springer, Boston, MA.
12. Dianat, L., Habib, K. N., & Miller, E. J. (2020). Modeling and forecasting daily non-work/school activity patterns in an activity-based model using skeleton schedule constraints. *Transportation research part A: policy and practice*, 133, 337-352. doi:10.1016/j.tra.2020.01.017.
13. Andersson, A., Hiselius, L. W., & Adell, E. (2018). Promoting sustainable travel behaviour through the use of smartphone applications: A review and development of a conceptual model. *Travel behaviour and society*, 11, 52-61. doi:10.1016/j.tbs.2017.12.008.
14. Dolya, V. K., Gricyuk, P. M., Kristopchuk, M. E. (2006) "Investigation of the transport network of the region by the method of constructing the population density function", *Journal of Municipal Services of Cities*, Tekhnika Publisher, 69, pp. 205–211. (in Ukrainian)
15. Sivakumar, A. (2007). *Modelling transport: a synthesis of transport modelling methodologies*. Imperial College of London.

DYNAMICS OF TRANSPORT FLOWS IN CITY CONDITIONS

S. Pashkevych, *PhD student*

O. Denisenko, *c.t.s, Associate Professor*

Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, Ukraine

An urban area is the centre of business activity, which has complexity and high potential disruption. Common problems in urban areas include transport management and urban mobility [1]: a) traffic congestion and parking management, b) inadequacy of public transport, c) difficulties for non-motorized transport, d) impact of transport sector on the environment and energy consumption, e) traffic accidents and safety. As the population increases, the need for transport infrastructure will increase. It is necessary to transport people and goods quickly, safely, comfortably, and economically. To achieve this goal, problems in the transport system must be identified and carried out [2]. Urban transportation is the main sector in supporting community mobility and freight transportation. It is an important element in economic activity and urban development.

Urban transportation planning aims to develop an integrated transportation planning that can provide an effective decision support system tool for urban planning and promote the use of public transport systems in urban areas. Integrated transportation planning model can provide an effective decision support system tool for urban planning [3].

To ensure integrated transport planning, simulation should be considered to study the behavior of the transport system, which significantly affects mobility efficiency, daily traffic and congestion, and to evaluate several alternatives to improve the performance of the transport system.

There are three key aspects to integration:

1. integrating public transport fulfilment ratio, travel time, the effectiveness of transfer and access time, and urban mobility,
2. integrating the urban mobility and daily traffic,
3. integrating the daily traffic, external events, and congestion.

Daily traffic cycle diagram, traffic congestion, and mobility performance can be seen in Fig.1.

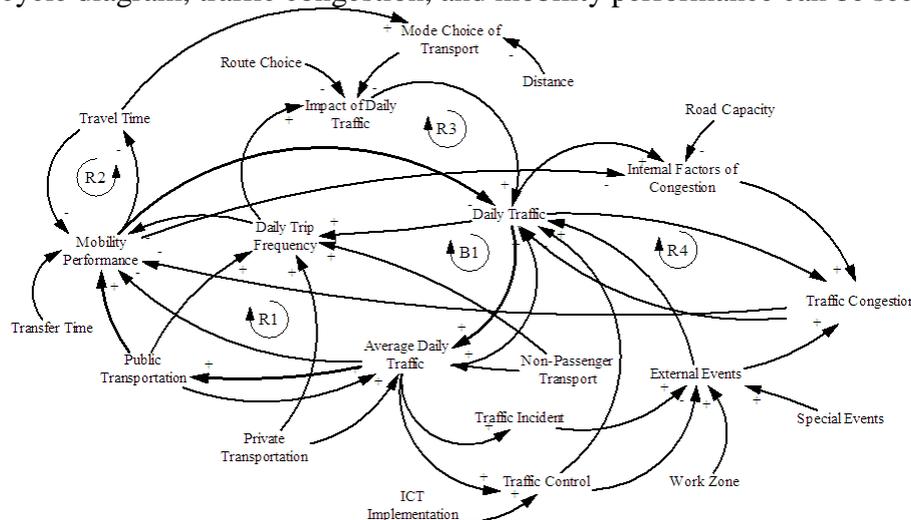


Figure 1 – Daily traffic cycle diagram, traffic congestion, and mobility

The mobility of such a cycle depends on several factors, such as travel time, daily trip frequency, transfer time, and the number of public transportation [4, 5].

The SFD of mobility performance and public transportation fulfilment ratio can be seen in Fig. 2. As we can see from Fig. 2, mobility performance depends on travel time performance, the

ratio of fulfilment (demand and public transportation supply), the effectiveness of public transport (PT) transfer distance and transfer time, as well as the access time. Travel time performance is a comparison of the average private car travel time and the average of public transport travel time.

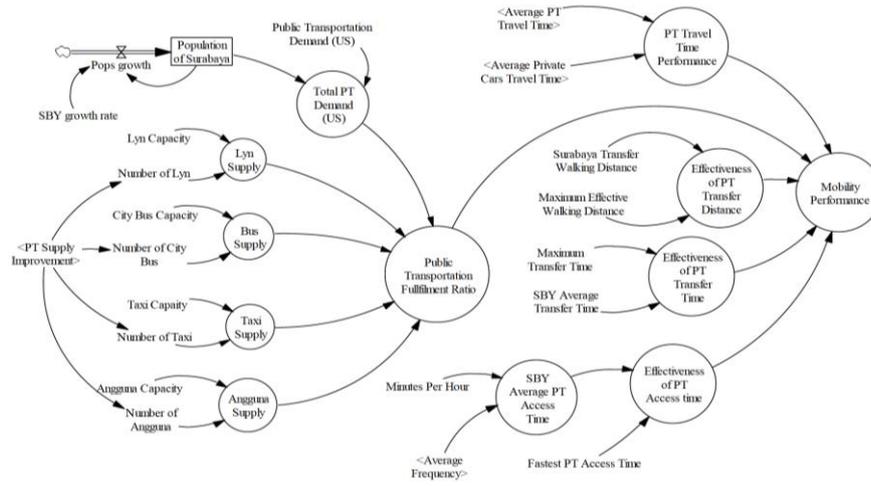


Figure 2 – SFD of mobility performance

The effectiveness of public transport (PT) transfer distance is a comparison of the maximum effective walking distance and the walking distance. The effectiveness of public transport transfer time is influenced by the maximum transfer Time and the average transfer time. Meanwhile, access time is a comparison of the fastest access time and the average access time of public transport. Model formulation of mobility performance is described in Eqs. (1) to (8).

$$\text{Mobility Performance } (t) = \frac{\text{PT Supply } (t)}{\text{PT Demand } (t)} + \frac{\text{Max.Eff.Walkins Distance } (t)}{\text{Transfer Walking Distance } (t)} +$$

$$+ \frac{\text{Maximum Transfer Time } (t)}{\text{Average Transfer Time } (t)} + \frac{\text{Fastest PT Access Time } (t)}{\text{Average PT Access Time } (t)} + \frac{\text{Private Cars Travel Time } (t)}{\text{PT Travel Time } (t)} \quad (1)$$

$$\text{Population } (t) = \int_{t_0}^t \text{Population Growth } (t) + \text{Initial Population} \quad (2)$$

$$\text{Total Public Transportation (PT) Demand } (t) = \text{Population } (t) \cdot \text{Percentage of PT Demand } (t) \quad (3)$$

$$\text{PT Fulfillment Ratio } (t) = \frac{\sum \text{Public Transportation Supply}(t)}{\text{Public Transportation Demand } (t)} \quad (4)$$

$$\text{Travel Time Performance of PT } (t) = \frac{\text{Average Private Cars Travel Time } (t)}{\text{Average Public Transportation Travel Time } (t)} \quad (5)$$

$$\text{Effectiveness of Transfer Distance } (t) = \frac{\text{Maximum Effective Walking Distance } (t)}{\text{Transfer Walking Distance } (t)} \quad (6)$$

$$\text{Effectiveness of Transfer Time } (t) = \frac{\text{Maximum Transfer Time } (t)}{\text{Average Transfer Time } (t)} \quad (7)$$

$$\text{Effectiveness of Access Time } (t) = \frac{\text{Fastest Access Time } (t)}{\text{Average Access Time } (t)} \quad (8)$$

Average daily traffic We could categorize the average daily traffic into three classes: non-passenger, public transportation, private and share transportation. The model formulation of daily traffic (DT) volume is described in Eqs. (9).

$$\text{The rate of the expected value of daily traffic } (t) = \frac{A - A}{\tau} \quad (9)$$

where: A – actual value of daily traffic,

A – expected value of daily traffic,

τ – adjustment time.

Traffic congestion Several driver of Congestion can be seen in Fig. 3. SFD of traffic congestion can be seen in Fig. 4. Congestion is influenced by the internal factor (such as daily traffic and road capacity) and external events such as special events, work zones, traffic incidents, and poor traffic control. The model formulation of congestion is depicted in Eqs. (10) and (11).

$$\text{Internal Factor of Congestion Driven } (t) = \frac{\text{Average Hourly Traffic } (t)}{\text{Road Capacity } (t)} \quad (10)$$

$$\text{Traffic Congestion } (t) = \left(\text{Internal Factor of Congestion Driven } (t) \cdot \frac{\text{Congestion Weight } (t)}{100} \right) +$$

$$+ \left(\frac{\text{External Events (t)}}{100} \cdot \text{Internal Factor of Congestion Driven (t)} \right) \quad (11)$$

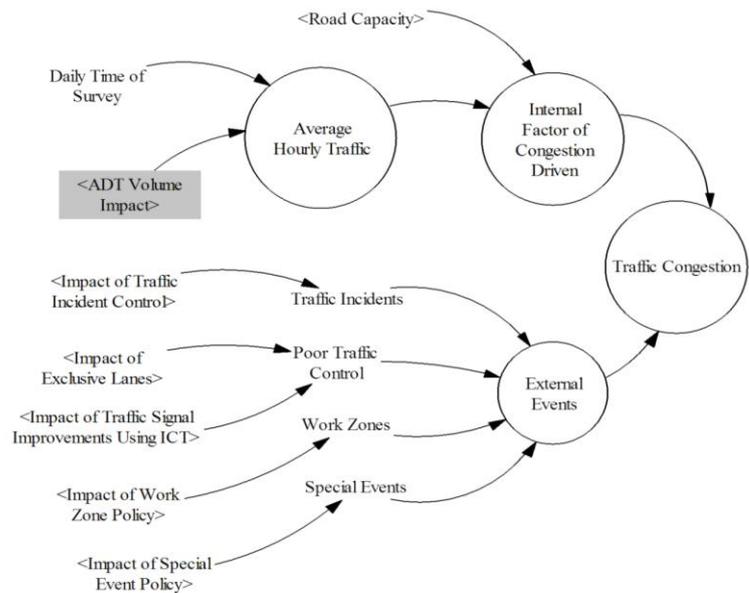
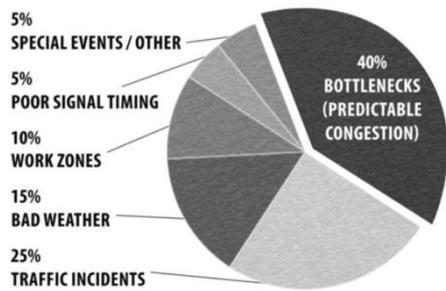


Figure 3 – Several drivers of traffic congestion

Figure 4 – SFD of traffic congestion

So, Congestion mitigation can be done through demand and capacity management as well as the use of ICT for traffic and route controls.

Since, this paper contributes to the literature by theoretically and empirically investigating such relationships through the use of model and scenarios planning. Mobility performance depends on travel time performance, the fulfilment ratio of public transport supply and demand, the effectiveness of public transport (PT) transfer distance and transfer time, as well as the access time.

REFERENCES

- Rodrigue, J.-P.; Comtois, C.; Slack, B. (2017). *The Geography of Transport Systems*, 4th edition, Routledge, New York
- Maršanić, R.; Krpan, L. (2015). Contemporary issues of urban mobility, *International Journal Vallis Aurea*, Vol. 1, No. 2, 5-14, doi:10.2507.IJVA.1.2.1.12
- Brandi, A.; Gori, S.; Nigro, M.; Petrelli, M. (2014). Development of an integrated transport-land use model for the activities relocation in urban areas, *Transportation Research Procedia*, Vol. 3, 374-383, doi:10.1016/j.trpro.2014.10.018
- Bastarianto, F. F.; Irawan, M. Z.; Choudhury, C.; Palma, D.; Muthohar, I. (2019). A tour-based mode choice model for commuters in Indonesia, *Sustainability*, Vol. 11, No. 3, Paper 788, 20 pages, doi:10.3390/su11030788
- Mudiyono, R. (2017). Bus rapid transit (BRT) operations to reduce traffic congestion on Kaligawe road in Semarang, *Proceedings of the 2017 International Conference on Coastal and Delta Areas*, 768-774

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ОРГАНІЗАЦІЇ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДОСТАВКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ У ТРАНСПОРТНИХ ПАКЕТАХ

Н.А. Шаповал, студ.,

О.В. Павленко, канд. техн. наук, доц.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Наша держава з кожним роком вдосконалює виробництво продукції сільського господарства, але кількість досі залежить від погодних умов. Для країни найбільш корисно виробляти продукцію з більшою вартістю, що в свою чергу збільшує об'єм замовлень на доставку відповідних вантажів у транспортних пакетах [1-3]. При цьому за січень-лютий 2021 року об'єм продажу сільськогосподарської продукції при порівнянні з цим періодом минулого року зменшився приблизно на 20 % [4]. Таке положення справ змушує до пошуку ефективних ресурсозберігаючих технологій, які дозволять зменшити витрати на доставку та підвищити якість обслуговування сільгоспвиробників.

Методи планування експерименту дозволяють мінімізувати число необхідних випробувань, встановити раціональний порядок і умови проведення досліджень залежно від їх вигляду і необхідної точності результатів. Якщо ж по яких-небудь причинах число випробувань вже обмежене, то методи дають оцінку точності, з якою в цьому випадку будуть отримані результати. Методи враховують випадковий характер розсіяння властивостей випробовуваних об'єктів. Вони базуються на методах теорії ймовірності і математичної статистики [5,6].

Для визначення ефективної ресурсозберігаючої технології доставки сільськогосподарських вантажів у транспортних пакетах було обрано методику, яка складається з чотирьох етапів: формування технологічної схем доставки сільськогосподарських вантажів у транспортних пакетах; визначення ресурсів, які необхідні для функціонування технології; розрахунок витрат на доставку сільськогосподарських вантажів у транспортних пакетах; вибір мінімального значення витрат для відповідних ресурсів [7].

При вирішенні даної задачі приймаються наступні припущення: запропонована схема враховує тільки раніше встановлених десять технологічних операцій; обсяг замовлення змінюється від 1 до 20 т; відстані перевезення від вантажовідправника (ВВ) до складу підприємства відноситься до однієї партії вантажу і змінюється від 5 до 30 км; відстані перевезення від складу до вантажоодержувача (ВО) відноситься до однієї партії вантажу і змінюється від 144 до 1317 км; вантаж першого класу; перевезення вантажу здійснюється автомобілями фургонами; завантаження вантажу в автомобіль здійснюється механізмами ВВ; розвантаження вантажу із автомобіля здійснюється механізмами ВО; можливе використання складських послуг іншого підприємства – для цього введено коефіцієнт для збільшення рівня витрат; робітничий ресурс – кількість диспетчерів та водіїв змінюється від одного до двох чоловік; кількість навантажувально-розвантажувальних механізмів на складі змінюється від одного до двох; кількість транспортних засобів (ТЗ) змінюється з одного до двох – при перевезення від складу до вантажоодержувача (ВО); рівні тарифів визначені як середні на ринку відповідних послуг

При проведенні експерименту обґрунтовуємо інтервали варіювання вхідних факторів наступним чином: на підставі раніше проведених досліджень встановлено, обсяг замовлення складає від 1 до 20 т; відстані перевезення від ВО до складу коливаються в інтервалі від 5 до 30 км, а від складу до ВО – від 144 до 1317 км.

Вхідні параметри при різних рівнях варіювання факторів представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівні варіювання факторів

Назва параметру	Мінімальне значення	Максимальне значення
Обсяг замовлення, т	1	20
Відстань перевезення від ВВ до складу, км	5	30
Відстань перевезення від складу до ВО, км	144	1317

Оскільки було обрано 2 рівні варіювання для трьох параметрів кількість серій дослідів складає вісім. В таблиці 2 наведені значення вхідних параметрів згідно зі складеним планом експерименту.

Таблиця 2 – Значення вхідних параметрів експерименту

Серія дослідів	Рівні варіювання		
	Обсяг замовлення, т	Відстань перевезення від ВВ до складу, км	Відстань перевезення від складу до ВО, км
1	1	5	144
2	1	5	1317
3	1	30	144
4	1	30	1317
5	20	5	144
6	20	5	1317
7	20	30	144
8	20	30	1317

Результати розрахунків по серіям наведено у таблиці 3. Спочатку вказуємо результати для початкового варіанту 1 – базові умови. Також у таблиці вказані результати визначення витрат по варіантам організації роботи складу підприємства, при цьому змінюються значення показників ресурсів, що використовуються по всій технологічній схемі. Варіант 2 – збільшимо кількість робітників – диспетчерів до двох чоловік, що прискорить термін обслуговування замовлення: зменшиться час на підготовку документів, на організаційні питання та підготовку звітних даних. Варіант 3 – збільшується кількість НРМ на складі до двох, інші ресурсні параметри залишимо на початковому рівні. Варіант 4 – збільшуємо кількість транспортних засобів (ТЗ) до двох.

Таблиця 3 – Результати проведення розрахунків для початкових умов

Серія дослідів	Витрати на доставку вантажу, грн.			
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
1	3351,07	3452,47	3423,07	6231,07
2	27514,87	27529,87	27586,87	53854,87
3	4131,07	4146,07	4203,07	7011,07
4	28294,87	28309,87	28366,87	54634,87
5	7379,07	7679,07	8819,07	10259,07
6	31542,87	31842,87	32982,87	57882,87
7	8159,07	8459,07	9599,07	11039,07
8	32322,87	32622,87	33762,87	58662,87

Запропоновано методику визначення ефективної ресурсозберігаючої технології доставки сільськогосподарських вантажів у транспортних пакетах, яка дозволяє, розрахувавши сумарні витрати, вибрати комбінацію значень параметрів впливу при яких буде ефективне використання ресурсів. Припущення, які були запропоновані, враховують всі особливості виконання операцій по всьому процесу доставки, а також організаційну

складову використання потужностей кожного елемента процесу, що розглядається. Розроблено повнофакторний план експерименту для трьох параметрів впливу, який складається з 8 серій дослідів. В результаті експерименту отримали результати досліджень по запропонованим варіантам використання ресурсів відповідних витрат на доставку. Це дозволить за мінімальним значенням витрат обрати ефективну ресурсозберігаючу технологію доставки сільськогосподарських вантажів у транспортних пакетах. В подальшому на основі отриманих результатів проаналізуємо вплив факторів на параметри об'єкту та проведемо практичну перевірку ефективності рішень.

Список літератури

1. Волкова Т.В. Удосконалення управління якістю доставки зерна автомобільним транспортом на території України [Текст] / Т.В. Волкова, О.В. Павленко// Комунальне господарство міст. 2020. 154 (1). С. 216-222.
2. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O., Filatov, S. The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment, CEUR Workshop Proceedings, 2020, № 2732, pp. 854-868.
3. Volkov, V., Taran, I., Volkova, T., Pavlenko, O., & Berezhna-ja, N. Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2020, № 4, pp. 185-191.
4. Реалізація продукції сільського господарства підприємствами та господарствами населення [Електронний ресурс] / Режим доступу https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/sg/rpsg/arh_rpsg2021_u.html
5. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 2019, № 21(2), pp. 3-12.
6. Основи наукових досліджень (методи, задачі, приклади) : Навч. посібник / Павленко О. В., Наумов В. С., Шраменко Н. Ю., Потапенко А. В. Харків : ХНАДУ, 2014. 154 с.
7. Korytkov, D., Pavlenko, O., Kalinichenko, O. (2018). A technique to determine the optimum package of logistic services provided by the transport and logistics centre. Modern Management: Logistics and Education. Monograph. 150-157.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ НА ТРАНСПОРТНО- ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

А.В. Мочульський, студ.,

О.В. Павленко, канд. техн. наук, доц.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Актуальною на теперішній час є проблема недостатнього рівня взаємодії і координації діяльності суб'єктів логістики транспортно-експедиторських послуг, що робить істотний вплив на цільові показники перевізного процесу та загальну економічну ефективність як фізичного переміщення вантажів в просторі, так і їх термінальної переробки.

Поняття транспортно-експедиторське обслуговування (ТЕО) змінювалося відповідно до розвитку світової економіки й транспорту, як її складової, взагалі. У цей час у різних літературних джерелах поняття ТЕО визначається по-різному, при чому деякі відмінності є принциповими. Передумовами виникнення даної проблеми є науково-технічна революція (глобально – у загальносвітовому масштабі) і перехід до ринкових відносин (локально – для України) [1]. Найбільш повним і точним визначенням ТЕО є його розгляд як процесу. Запропоноване в [1] визначення ТЕО як упорядкованої множини транспортно-експедиторських операцій дозволяє аналітично описувати можливі технологічні схеми обслуговування клієнтури.

Більшість сучасних ТЕП надають послуги посередницького характеру: координація взаємодії вантажовласників і перевізників, розрахунки за надані послуги, митне оформлення й інформаційні послуги [2]. Однак, операціями з комплексу ТЕО на автомобільному транспорті, що найчастіше виділяються, є складські операції, оформлення товарно-транспортної документації та навантажувально-розвантажувальні роботи [3].

При комплексному ТЕО основні транспортно-експедиторські операції можна згрупувати за наступними напрямками [1]: укладання договорів на ТЕО; вибір найбільш раціональних видів транспорту; платіжно-розрахункові операції; приймально-здавальні операції й оформлення документації; митні операції; інформування учасників транспортного процесу про рух вантажу; перевалка вантажу з одного виду транспорту на інший; оформлення актів про виявлення дефектів вантажу; перевезення вантажів; збереження; навантаження-розвантаження; упакування; сортування; супровід; маркування; передача вантажу; ремонт тари і пакувальних матеріалів.

Процес обслуговування замовлень може складатися з декількох альтернативних варіантів з переліку операцій: 1 – пошук клієнта; 2 – врегулювання умов поставки; 3 – вибір транспортного засобу; 4 – розробка маршруту; 5 – вибір виду транспорту; 6 – підготовка вантажу до відправлення; 7 – прийом вантажу одержувачем; 8 – оформлення документів; 9 – транспортування; 10 – прийом замовлення; 11 – укладання договору перевезення; 12 – виконання навантажувально-розвантажувальних робіт; 13 – інформаційне обслуговування; 14 – страхування; 15 – розрахунково-фінансові операції; 16 – митне оформлення; 17 – вибір перевізника.

Використання моделей вимагає, не тільки їх теоретичної розробки, але і експериментальної перевірки на фактичних матеріалах. За допомогою математичного моделювання визначаються зв'язки між елементами всередині системи, зв'язки між вхідними параметрами та елементами, між елементами і результатом, між факторами зовнішнього середовища та результатом [4].

Математичні моделі відрізняються від інших тим, щоб засобом опису моделі і вивчення її поведінки є формально-логістичний апарат математики. Звідси найважливішою

перевагою є можливість кількісного аналізу моделей за допомогою сучасних математичних методів. Важливою перевагою моделей є універсальність мови математики, можливість використання одних і тих же моделей для дослідження різних систем. Основа методу – експеримент, яким перевіряється справедливість гіпотез, моделей і встановлюється значення показників і коефіцієнтів. Експеримент – це науково представлений нагляд за досліджуваним явищем в умовах, які тісно враховуються, що дозволяє стежити за його ходом і відтворювати кожного разу при повторенні умов [5].

Математична модель об'єкту повинна дозволяти розрізняти значення критерію ефективності в залежності, від значень характеристик критерію ефективності активних елементів системи. Для кожної залежності в моделі повинні бути визначені умови їх застосування [6].

За результатами розробки об'єкту дослідження та запропонованої мети дослідження, представимо критерій визначення ефективної схеми обслуговування – прибуток ТЕП (Π).

Цільова функція має наступний вигляд

$$\Pi = f(N, Q, L) = D - Z \rightarrow \max, \quad (1)$$

де N – відповідна схема обслуговування замовлень;

Q – обсяг відправки вантажу, т.;

L – відстань перевезення, км.;

D – дохід ТЕП від виконання замовлення на доставку вантажу, грн;

Z – витрати, які несе ТЕП під час виконання замовлення на доставку вантажу,

грн.

Для розробленої цільової функції представимо систему обмежень

$$\begin{cases} 80 \leq L \leq 1817 \\ 0,45 \leq Q \leq 21,45 \end{cases} \quad (2)$$

Дохід ТЕП розраховується за наступною формулою

$$D = Q \cdot L \cdot \sum_{i=1}^n T_i, \quad (3)$$

де $\sum_{i=1}^n T_i$ – сума тарифів на виконання i -тих операцій за відповідною схемою

обслуговування, грн/ткм.

Витрати, які несе ТЕП під час виконання замовлення на доставку вантажу

$$Z = \sum_{i=1}^m Z_i, \quad (4)$$

де Z_i – витрати підприємства на виконання відповідної операції, грн;

m – кількість відповідних операцій за визначеною схемою.

Витрати, які несе ТЕП під час виконання замовлення на доставку вантажу відповідають визначеним раніше видам операцій, які можуть виконувати ТЕП при обслуговуванні замовлень та враховують вартість виконання одного виду робіт на обсяг цих видів. Також важливо зазначити, що більшість значень параметрів мають часові значення та потребують статистичного аналізу та визначення закону розподілу [7].

Таким чином, математична модель визначення ефективної організації обслуговування замовлень на транспортно-експедиторських підприємствах буде мати вигляд

$$\Pi = Q \cdot L \cdot \sum_{i=1}^n T_i - \sum_{i=1}^m Z_i. \quad (5)$$

Запропоновано організувати обслуговування замовлення на доставку вантажів транспортно-експедиторським підприємством таким чином, щоб можна врахувати всі можливі варіанти комбінацій відповідних операцій, які супроводжують організацію і здійснення транспортного процесу. Розроблена математична модель визначення ефективної організації обслуговування замовлень на транспортно-експедиторських підприємствах за максимальним прибутком. При цьому враховується варіанти організації обслуговування клієнтів, відстань перевезення, обсяг відправки вантажу.

Список літератури

1. Транспортно-експедиторська діяльність : підручник / Є. В. Нагорний та ін. Харків : ХНАДУ, 2012. 352 с.
2. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O., Filatov, S. The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment, CEUR Workshop Proceedings, 2020, № 2732, pp. 854-868.
3. Volkov, V., Taran, I., Volkova, T., Pavlenko, O., & Berezhna-ja, N. Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2020, № 4, pp. 185-191.
4. Aulin, V., Pavlenko, O., Velikodnyy, D., Kalinichenko, O., Zielinska, A., Hrinkiv, A., Diychenko, V., Dzyura, V. (2019). Methodological approach to estimating the efficiency of the stock complex facing of transport and logistic centers in Ukraine. Proceedings Paper 1st International Scientific Conference on Current Problems of Transport (ICCPPT), pp. 120-132.
5. Основи наукових досліджень (методи, задачі, приклади) : Навч. посібник / Павленко О. В., Наумов В. С., Шраменко Н. Ю., Потапенко А. В. Харків : ХНАДУ, 2014. 154 с.
6. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 2019, № 21(2), pp. 3-12.
7. Pavlenko, O., Velykodnyi, D. Forming of a rational scheme of servicing orders for cargo delivery by the freight forwarding company. Municipal economy of cities, 2020, 154 (1), 223-230.

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В М. ЧЕРКАСИ

Л.А. Тарандушка, канд. техн. наук, доц.,
Н.Л. Костьян, канд. техн. наук, доц.,
І.А. Шльончак, канд. техн. наук, доц.,
М.П. Рудь, канд. техн. наук, доц.,
І.П. Тарандушка, асист.,

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Правильне розташування транспортно-складського комплексу підвищує ефективність його функціонування та забезпечує безперервність вантажообігу складських комплексів. Для формування транспортно-складського комплексу (ТСК) великого міста, потрібно вирішувати ряд супутніх завдань [1]:

- визначення структури складів при формуванні транспортно логістичного центру;
- визначення оптимального місця розташування транспортно-логістичного комплексу;
- визначення параметрів ділянок для зберігання вантажів;
- розрахунок робочих площ складу;
- визначення необхідної кількості підйомно-транспортного обладнання;
- визначення техніко-економічних показників перевантажувального процесу.

Для формування системи розподілу вантажів в місті Черкаси і Черкаської області необхідно враховувати наступні фактори [2]:

- розташування логістичного центру (слід розташовувати в районах концентрації великих вантажопотоків, а також на перетині діючих і перспективних транспортних коридорів);
- розміщення об'єкта повинно відбуватися з урахуванням перспективних схем транспортного та інфраструктурного розвитку міста і краю;
- необхідність розміщення об'єктів транспортно-складської інфраструктури переважно поза призначених для забудови територій міста;
- наявність вузлових точок транспортних потоків (перетин транспортних потоків одного або кількох видів транспорту), або можливість обслуговування декількох видів транспорту.

У змішаному сполученні існує велика кількість схем перевезення з різними варіантами перевантаження вантажу від місця їх походження до місця споживання.

При цьому технологічний процес перевезення вантажів поділяється на три самостійні фази [3, 4]:

- завезення вантажів з міста на термінал;
- формування і розформування на терміналах великих відправок, зберігання і сортування за напрямками перевезення дрібних партій вантажів;
- переміщення вантажів між терміналами різних міст.

Розміщення термінального комплексу територіально має охоплювати в себе південний напрямок (Смілянський), північний (міст через р. Дніпро) і напрямок із південного сходу на північний захід (обхідна магістраль Н16 (Р10)).

Напрямок та обсяги вантажних потоків на прилеглих до міста магістралях представлені на рисунку 1. Дані представлені в тис. тон. на рік.

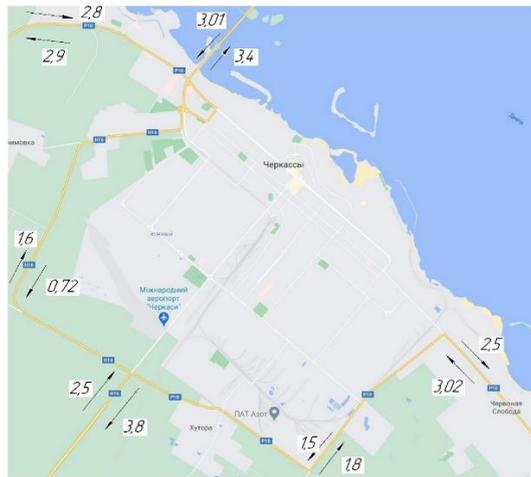


Рисунок 1 - Напрямок та обсяги вантажних потоків

Як видно з рисунку 1, основні потоки зосереджені на мості через р. Дніпро в Черкасах. Потоки, які спрямовані на північ, південь і захід рівномірно розподілені за всіма напрямками.

Для визначення оптимального місця розташування ТСК використовуємо метод визначення центру ваги фізичної моделі системи розподілу.

Завдання визначення точки території, що відповідає центру ваги фізичної моделі системи розподілу, вирішується аналітично. На карту району обслуговування складу наноситься координатна сітка, в якій визначаються координати споживачів. Карта місцевості з координатної сіткою представлена на рисунку 2.

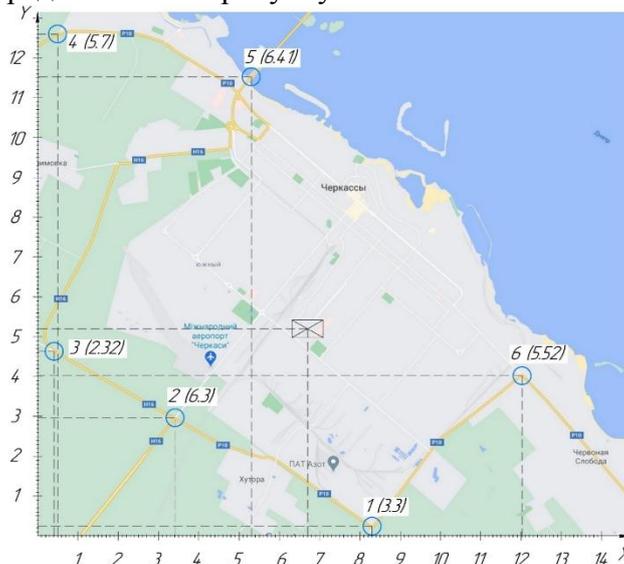


Рисунок 2 - Координати центру ваги вантажопотоків

Згідно з розрахунками, були отримані координати центру ваги вантажопотоків, вони представлені на рисунку 2 і розташовуються в районі «Хімселища» перехрестя вул. Пастерівська та вул. Чиковані.

З огляду на обсяги залізничних перевезень, які досить суттєві та можливості відновлення роботи міжнародного аеропорту «Черкаси» є необхідність в зміщенні розташування ТСК відносно координати центру ваги вантажопотоків. На рисунку 3 представлено оптимальне розташування для розміщення ТСК.

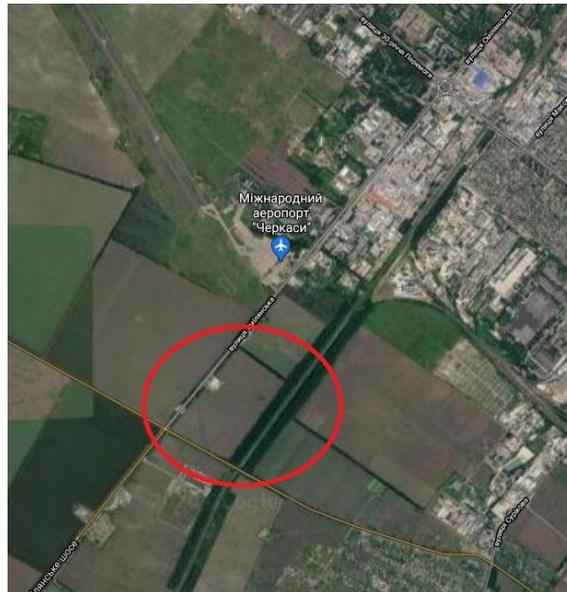


Рисунок 3 - Оптимальне місце розташування для розміщення ТСК біля м. Черкаси

Розташоване воно між аеропортом «Черкаси», залізницею та перехрестям обхідної магістралі Н16 (Р10). Територіально в цьому місці в безпосередній близькості один від одного знаходяться залізнична лінія, аеропорт, і обхідні дороги з великими транспортними розв'язками.

Вибравши дане місце для розташування ТСК, вирішується відразу кілька завдань одночасно:

- зв'язок декількох видів транспорту;
- перенесення транспортних потоків вантажних автомобілів за межі міста;
- розміщення ТЛЦ поза межами заселення міста.

В результаті проведеного аналізу вантажопотоків, транспортної інфраструктури міста Черкаси та розташування стратегічних транспортних вузлів було визначено оптимальне місце розташування майбутнього транспортно-складського комплексу.

Список літератури

1. Алькема В.Г., Сумець О.М. Логістика. Теорія та практика / Професіонал, Київ: 2008 – 272 с. (схеми).
2. Сток Дж.Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой: Пер. с 4-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005, XXXII, 797 с.
3. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії: Підручник – 2-е вид., доп. і переробл. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка» (Інформаційно-видавничий центр «ІНТЕЛЕКТ+» Інститут післядипломної освіти), «Інтелект-Захід», 2006. – 456 с.
4. Неруш Ю. М., Панов С. А., Неруш А. Ю. Проектування логістичних систем: підручник. Київ: Юрайт, 2014. 422 с.

9. ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ, ФІРМАМИ, КОМПАНІЯМИ

УДК:658.5

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ НА ПРИКЛАДІ "АНТ-АВТО-СЕРВІС", М. ЧЕРКАСИ

Н.Л. Костьян, канд. техн. наук, доц.,
Л.А. Тарандушка, канд. техн. наук, доц.,
М.П. Рудь, канд. техн. наук, доц.,

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Однією з задач, що ставляться перед керівництвом сучасних систем автосервісу, є забезпечення їх конкурентоспроможності із врахуванням мінливості середовища функціонування. Аналіз останніх досліджень зазначеної задачі виявив основні напрямки її вирішення: підвищення якості автосервісних послуг та відповідно надійності транспортних засобів в процесі експлуатації; прискорення виконання технологічних процесів; зменшення загальних витрат; підвищення гнучкості системи стосовно пропонованих послуг та швидкості реакції на зовнішні зміни. Не менш важливим в межах поставленої задачі є зменшення негативного впливу роботи системи автосервісу на оточуюче середовище. Таким чином, виокремлюються підзадачі, що пов'язані з неперервним удосконаленням процесів (CPI-Continuous Process Improvement), загальним управлінням якістю (TQM-Total Quality Management) (інша назва – загальна якість управління (TQL-Total Quality Leadership)) та вимогами, які базуються на серії стандартів ISO 9000. В процесі оптимізації функціонування систем доцільним також є впровадження заходів щодо покращення окремих індикаторів показників ENAPS [1].

В межах даного дослідження здійснено оптимізацію спеціалізованої системи автосервісу "АНТ-АВТО-СЕРВІС", м. Черкаси, із врахуванням комплексного показника якості технологічних процесів на основі попередньо розробленого проекту оптимізації. Основна мета проекту – підвищення ефективності діяльності системи автосервісу при забезпеченні цільового рівня якості технологічних процесів. Модель життєвого циклу розробленого проекту складається з наступних етапів:

1. Планування оптимізації системи автосервісу.
 - 1.1. Ідентифікація бізнес-процесів системи автосервісу.
 - 1.2. Розробка системи критеріїв оцінки бізнес-процесів.
 - 1.3. Визначення пріоритетів бізнес-процесів для вдосконалення за результатами самооцінки та аналізу матриці тестування критеріїв, що забезпечують конкурентоспроможність системи.
 - 1.4. Планування вдосконалення за методом структурування функцій якості.
 - 1.5. Створення команди проекту.
 - 1.6. Розробка плану проекту.
 - 1.7. Складання проміжного звіту за I етапом.
2. Систематичний реінжиніринг системи автосервісу.
 - 2.1. Моделювання наявної схеми функціонування системи автосервісу. Створення моделі "AS-IS": побудова діаграм та документування бізнес-процесів (результат виконання етапу представлено в роботі [2]).
 - 2.2. Визначення критичних інцидентів бізнес-процесів.
 - 2.3. Ідеалізація системи автосервісу за правилами ESIA. Побудова моделі "TO BE".
 - 2.4. Розробка рекомендацій щодо впровадження нової моделі.
 - 2.5. Складання проміжного звіту за II етапом.

3. Оцінювання доцільності перетворення системи автосервісу.

3.1. Розробка робочої, організаційної структур та структури витрат проекту оптимізації системи автосервісу. Складання матриці відповідальності та визначення бюджету проекту.

3.2. Календарне планування проекту. Визначення критичного шляху.

3.3. Організація та оцінювання заходів щодо оптимізації системи автосервісу.

3.4. Складання проміжного звіту за III етапом.

4. Впровадження програм оптимізації системи автосервісу.

4.1. Проведення АДТ аналізу (для окремих програм оптимізації використано моделі та алгоритми, що описано авторами в [3-5]).

4.2. Реалізація плану проекту оптимізації системи.

4.3. Моніторинг реалізації оптимізаційних програм та управління проектом.

4.4. Підготовка завершального звіту.

Аналіз доцільності здійснення оптимізаційних робіт базується на розрахунку значення приросту показника соціально-економічної ефективності обслуговування автомобілів в системах автосервісу. За умови отримання додатного значення приросту ефективності реалізація проекту оптимізації вважається доцільним. Вихідні параметри для розрахунку показників ефективності до оптимізації процесів "АНТ-АВТО-СЕРВІС" та після оптимізації наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні параметри для розрахунку показника ефективності

№	Позначення параметру	Назва параметру	До оптимізації	Після оптимізації
1	2	3	4	5
1	$N_{п}$	Кількість постів	8	13
2	A_3	Кількість автомобіле-заїздів на 1 пост за рік, автомобіле-заїзд/пост	741	756
3	$C_{аз}$	Середня ціна одного автомобіле-заїзда, грн/автомобіле-заїзд	1450	1538
4	$H_{фзп}$	Єдиний соціальний внесок	0,22	0,22
5	$\Phi_{рj}$	Річний фонд робочого часу j -го працівника за погодинної форми оплати, год.	2000	2000
6	$рс$	Кількість робітників на постах	14	19
7	$\Phi_{зп}$	Річний фонд заробітної плати, грн.	1680000	2660000
8	$V_{рс}$	Річні витрати на робочу силу, грн.	2049600	3245200
9	$V_{мр}$	Річні витрати на запасні частини, агрегати та експлуатаційні матеріали, грн.	2578680	4534639
10	$C_{н}$	Частка накладних витрат від загальної вартості трудових ресурсів	0,2	0,2
11	$V_{накл}$	Накладні витрати, грн	409920	649040
12	$N'_{п}$	Кількість постів, для яких розраховуються амортизація обладнання	-	5
13	$АВ$	Амортизаційна вартість обладнання одного поста, грн.	-	40000
14	$A_{обл}$	Амортизація обладнання, грн.	-	30000
15	V_F	Місячна собівартість утримання одного m^2 виробничої площі, грн.	200	254
16	F	Площа одного поста, m^2	30	30
17	V_{Fpost}	Загальні витрати на виробничі площі на рік, грн.	576000	1188720
18	K_3	Кількість звернень одного клієнта на автосервіс протягом року	1	0,6
19	$L_{км}$	Пробіг для отримання послуги, км	5	7

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
20	$C_{км}$	Ціна кілометра пробігу, грн/км	10	10,8
21	$T_{ПР}$	Час, втрачений в автомобільних пробках при отриманні послуг, год.	0,16	0,2
22	$T_{ТОР}$	Час виконання ТО та ремонту, год.	2,7	2,5
23	$T_{оч}$	Час очікування виконання обслуговування, год.	0,62	0,25
24	$T_{рек}$	Час, пов'язаний з рекамаціями, год.	0,03	0,01
25	$T_{др}$	Час, витрачений на вирішення питань додаткових робіт, год.	2	2
26	tA_s	Середній час постачання запасних частин категорії А з власного складу, год.	0,15	0,15
27	tB_s	Середній час постачання запасних частин категорії В з регіонального складу, год.	6	6
28	tC_s	Середній час постачання запасних частин категорії С від виробника, год.	312	168
29	α	Частка запасних частин категорії А, що постачаються з власного складу	0,7	0,7
30	β	Частка запасних частин категорії В, що постачаються з регіонального складу	0,24	0,25
31	γ	Частка запасних частин категорії С, що постачаються від виробника	0,06	0,05
32	$T_{зч}$	Час, витрачений на пошук та доставку запасних частин, год.	20,27	10,01
33	C_T	Ціна одиниці часу, грн/год.	119	300
34	D	Дохід автосервісу протягом року, грн	8595600	15115464
35	ZB	Загальні витрати автосервісу протягом року, грн	5614200	9647599
36	$B_{кл}$	Витрати клієнтів, що пов'язані з отриманням послуг, протягом року, грн	3117,23	2739,06
37	$E_{ф}$	Соціально-економічна ефективність	2981400	5467865

Таким чином, для спеціалізованого АСП "АНТ-АВТО-СЕРВІС" приріст ефективності автосервісу $\Delta E_{ф}=2486465$ грн, що підтверджує доцільність здійснення оптимізаційних робіт.

Список літератури

1. Бьёрн Андерсен. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Пер. с англ. С.В. Ариничева / Науч. ред. Ю.П. Адлер. – М.: РИА "Стандарты и качество", 2003. – 272 с.
2. Тарандушка Л.А. Побудова функціональної моделі автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка // Вісник Національного транспортного університету. – 2020. – №1(46). – С. 333–340.
3. Тарандушка Л.А. Програмна підтримка реструктуризації виробництва в системі управління якістю автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян // Науковий Вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти та газу. – 2019. – №2(47) – С. 48–56.
4. Тарандушка Л.А. Функціональна модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісному підприємстві / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – Луцьк. – 2018. – №1(10). – С. 131–136.
5. Mateichuk V.P. Optimization of autoservice enterprises activity based on the current state indicators / V.P. Mateichuk, L.A Tarandushka, N.L. Kostian. // Systemy i srodki transportu samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki: wybrane zagadnienia: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2018. – №14. – P. 91–99.

10. СИСТЕМИ ТА СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

УДК 621.7:669.1:630.171.075.3

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ У РЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

М.В. Пікула, ст. викл.,

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне, Україна

Одним з важливих державних завдань є забезпечення промисловості та агропромислового комплексу сучасними ефективними і економічними технологіями та відповідним обладнанням. Це реалізується розвитком інженерно-технічної системи, зокрема поліпшенням техніко-економічних показників нової техніки. Як при її створенні, так і застосуванням при її ремонті ресурсозберігаючих прогресивних технологій, які забезпечують досягнення 80...100 відсоткового післяремонтного ресурсу.

Актуальність проблеми пов'язана і з тим, що на багатьох підприємствах технічний стан будь-якого устаткування (енергетичного, технологічного, транспортного) перебуває на низькому рівні. Це пов'язано з використанням 70-80% його ресурсу.

Вартість відремонтованих вузлів і агрегатів становить 40...120 відсотків у відношенні до нового виробу, а їх ресурс - в 1,5...6 разів нижче ресурсу нових елементів обладнання. Тому очевидно, що підвищення міжремонтного ресурсу агрегатів до рівня нового виробу складе значну економію. Роботи науковців і фахівців-практиків показують, що понад 75% зношених деталей доцільно повторно використовувати після відновлення. Це економічно виправдано і для ремонтного виробництва, і для споживачів. Крім того це суттєво знижує навантаження на машинобудівне виробництво.

Реальні витрати на відновлення деталі зазвичай не перевищують 25...30 відсотків її вартості, а при оптимальному призначенні технології відновлення можна досягти і 100-відсотковий ресурс [1].

Порівняння існуючих способів відновлення і зміцнення деталей машин показують, що одним з прогресивних способів є електромеханічна обробка. Метод має інноваційний потенціал, за техніко-економічними критеріями відповідає сучасним підходам до вирішення виробничих завдань але ще недостатньо застосовується в ремонтному виробництві.

Електромеханічний спосіб відновлення деталей, заснований на поєднанні термічного та силового впливу на їх поверхневий шар, застосовують переважно для поверхонь валів нерухомих з'єднань (посадочні місця під підшипники, шестерні, шківні) зі зношенням до 0,25 мм. Аналіз причин зношення перерахованих поверхонь вказує насамперед на необхідність цілеспрямованого технологічного впливу на найбільш навантажені поверхні, а часто і окремі ділянки поверхонь для отримання більш високих показників якості поверхневого шару.

Переваги методу - висока продуктивність, відсутність жолоблення, низька собівартість. А до основних недоліків відносять складність отримання в процесі обробки суцільного контакту інструменту з поверхнею, недостатня стійкість висаджувальних і вигладжувальних пластин.

У практиці ЕМО розрізняють такі різновиди [2]:

1) електромеханічне поверхневе гартування зовнішніх циліндричних поверхнях, зовнішніх різьб, шпонкових пазів, шліцьових деталей, зубчастих коліс тощо – як альтернатива гартування струмами високої частоти і хіміко-термічної обробки;

2) обробно-зміцнювальна ЕМО, переважно - зовнішніх поверхонь. Так, для сталі 45 можна досягнути твердість 60...62 HRC при глибині 0,02...0,3 мм;

3) електромеханічне дорнування отворів, яке дозволяє за один прохід твердосплавного дорна провести гартування отвору по периметру на всю довжину;

4) зміцнювальне електромеханічне відновлення - за рахунок термопластичного перерозподілу матеріалу деталі; використання додаткового матеріалу; перенесенням компонентів інструментального матеріалу на деталь тощо.

Як свідчать дослідження фахівців, остаточні параметри поверхневого шару залежать від числа проходів інструменту, швидкості згладжування, тиску на поверхню в зоні контакту і від фізико-механічних особливостей металу деталі.

Зміцнення ЕМО виконують жорстко закріпленим інструментом (пластиною) або обертовим роликком з твердого сплаву Т15К6 [1, 2].

Мета роботи - експериментальне підтвердження ефективності технології зміцнювальної ЕМО посадочних поверхонь валів під підшипники кочення за рахунок збільшення діаметра і підвищення зносостійкості. Об'єктом дослідження є зразки деталі типу "гладкий вал", виготовлені зі сталі 40Х. Кожен зразок в початковому стані був розбитий на ділянки, на кожній з них були зроблені виміри твердості, а в ході експерименту на них проводилася обробка на різних режимах.

Для експериментальних досліджень використано устаткування лабораторії кафедри автомобілів та автомобільного господарства НУВГП, компонованому з використанням токарно-гвинторізного верстата 1624.

При вимірюванні зразків було враховано, що зміцнений шар має не постійну за значенням твердість. При контакті ролика зі зразком з'являється зона термічного впливу. В результаті обробки ці зони накладаються, утворюючи більш-менш рівномірну зміцнену структуру поверхні.

За результатами експериментальних досліджень за методикою множинного регресійного аналізу було отримано математичну модель досліджуваного процесу:

$$Y_1 = 30,32 + 0,132X_1 + 0,399X_2 + 0,000101X_1^2 + 0,000122X_1 X_2 + 0,000533X_2^2$$

В якості основних незалежних факторів прийнято силу струму у вторинній обмотці $I = X_1$ (А) і зусилля в контакт "інструмент – деталь" $F_k = X_2$ (Н), а в якості функції відгуку – твердість $HRC = Y_1$. Варіюючи значенням сили струму в діапазоні 800...1200 А з кроком 40 А і значенням зусилля притиснення в діапазоні 100...300 Н з кроком 20 Н на основі цієї моделі можна отримати графічні ілюстрації впливу сили струму і зусилля притиснення на твердість.

Розв'язок рівняння за критеріальною умовою $HRC \rightarrow \max$ дозволяє отримати оптимальні значення режимів обробки експериментальних зразків: зусилля в зоні контакту $F_k = 240...300$ Н, сила струму $I = 1200$ А.

Зіставлення параметрів твердості робочої поверхні зразків до і після обробки показують, що середнє значення твердості при оптимальних режимах зростає у 2...2,5 рази.

Висновок. Електромеханічна обробка деталей має високу ефективність, економічність і універсальність. Вона характеризується широкою гамою деталей машин і простим компонуванням токарного верстата та відповідної установки.

Отримані результати експлуатаційних властивостей поверхонь експериментальних зразків показують відповідність технічним вимогам до валів за твердістю (25...40 HRC), глибині зміцнення (не менше 0,8 мм) і шорсткості (0,63 мкм).

Результати досліджень можуть бути представлені як рекомендації з використання устаткування і технологій зміцнювальної ЕМО посадочних поверхонь валів. Конкурентною особливістю технології є можливість гнучкого управління параметрами контактного електронагрівання, термопластичного деформування металу поверхневого шару, збільшення розмірів поверхні, зміни мікрогеометрії і зменшення розміру зерна.

Список літератури

1. Диха О.В., Чумаков О.П. Електромеханічна обробка як прогресивний спосіб підвищення зносостійкості деталей машин // Тези допов. 6-ї міжнар. конф. молод. вчених "Інформатика та механіка". – Кам'янець - Подільський, 2008. – С. 40-41.
2. Яковлев С.А., Жиганов В.И. Электромеханическая обработка на токарно-винторезных станках // Станки и инструменты. – 2000. – № 6.

МІФИ ЯКІ РОЗВІЮЄ MANN-FILTER: ЯКІСТЬ ФІЛЬТРА САЛОНУ

О. В. Продеус, керівник відділу, *Heavy Duty ТОВ "Манн+Хуммель ФТ Україна"*

Ю. І. Ревенко, канд. техн. наук, доц.,

С.В. Стецюк, ас.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ, Україна

Як зазначено в багатьох проспектах і технічній літературі [1-3], важливо забезпечувати лідерство у сфері фільтрації. Одним із головних лозунгів компанії MANN-FILTER є наступний: мета виправдовує засоби [4].

Саме це можна віднести до салонних фільтрів. Вперше салонний фільтр був встановлений на серійний автомобіль у 1991 році. Він представляв собою фільтрувальний папір, що уловлював частинки розміром понад 5 мкм, і був безсилий в боротьбі з токсичними газами. У другій половині 90-х в Європі салонні фільтри стали масово встановлюватися на автомобілі середньої цінової категорії. Це були вже фільтрувальні елементи кращої якості, з додаванням активованого вугілля [1].

Салонні фільтри, які ефективно використовуються в МЕЗ поділяються на дві найбільш поширені групи: звичайні протипилові фільтри; вугільні фільтри. Салонний фільтр – це фільтр з найвищим ступенем фільтрації, оскільки в середньому, він починає працювати від розміру часток в 0,5 мкм [4]. Такий розмір має пилок рослин, віруси і т. д. Салонний фільтр працює за принципом глибинної фільтрації. Як зазначають експерти, неможливо очистити його внутрішні поверхні. Згідно аналізу, при очищенні салонний фільтр візуально стає чистішим, але людське око не здатне розгледіти, ті дрібні забруднення, які він повинен затримувати. Прості пилові фільтри здійснюють очищення повітря від пилу і сажі, а також від пилку рослин та інших алергенів

Якісний салонний фільтр повинен бути виконаний тільки з синтетичних матеріалів, щоб вони не поглинали вологу, оскільки накопичена волога, при вмиканні системи кондиціонування або вентиляції, проникає в салон мобільного енергетичного засобу (МЕЗ) і викликає активне запотівання або ж обмерзання в зимовий період бічних і лобового скла.

Якісний салонний фільтр, для того щоб він міг затримувати дуже дрібні частинки забруднень, від 0,5 мкм, електростатично заряджається [4]. У цьому випадку фільтр притягує до себе ці дрібні забруднення і забезпечує високу ступінь фільтрації. Цей заряд згодом зменшується, тому рекомендована заміна салонного фільтра максимум через рік, незалежно від пробігу МЕЗ. При чищенні і промиванні салонного фільтра цей заряд повністю зникає, і салонний фільтр перестає виконувати свої функції – затримувати дрібні частки бруду, пилки, бактерії, що не додає здоров'я автовласникові.

Якісний салонний фільтр, як правило, має антибактеріальне просочення [4]. Принцип роботи системи кондиціонування, розташування салонного фільтра і конденсація на ньому вологи призводять до того, що на фільтрі починають розмножуватися різноманітні мікроорганізми, грибки та пліснява. Їх зростання і повинне пригнічувати дане антибактеріальне просочення, яка теж з часом втрачає свої властивості, що також пояснює вимогу міняти салонний фільтр не рідше одного разу на рік, незалежно від пробігу МЕЗ.

Вугільні салонні фільтри очищають повітря від будь-яких шкідливих сполук, маючи певні обмеження з очищення від чадного газу. В якості робочого елемента вказаного типу фільтрів використовується активоване вугілля – пористу речовину, яка характеризується великою питомою поверхнею.

На переважній більшості дешевих фільтрів вказане просочення відсутнє. В цьому випадку, спочатку салонний фільтр, а потім і вся система вентиляції починає покриватися

цвіллю, грибками та різноманітними мікроорганізмами. До того ж в замкнутому просторі МЕЗ концентрація в повітрі шкідливих речовин досить висока.

Список літератури

1. Карабиньш С., Новицький А., Новицький Ю. Повітряні фільтри: особливості конструкції. Пропозиція, 273 (6). 2018. С.54–56.
2. Продеус О. В., Новицький А. В., Ружило З. В. "Лідерство в сфері фільтрації" – ефективний напрям забезпечення надійності техніки. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 255–25
3. Розвиток фільтрувальних систем: від класики до модерну. Новицький А. В., Ружило З. В., Мельник В. І., Харьковський І. С., Новицький Ю. А. Журнал Agroexpert, 2020, №5 (142). С. 62–65.
4. <https://exitauto.ru/news/10-mifov-o-filtrah-kotorye-kompaniya-mann-filter-razveivaet.html>

ОБґРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ ПАРАМЕТРА ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

П.С. Попик, канд. техн. наук,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Знос циліндропоршневої групи є найважливішим фактором, що впливає на надійність і безвідмовність двигуна. І завдання точного визначення зношеності циліндропоршневої групи (ЦПГ) при експлуатації за непрямими діагностичними параметрами вимагає особливої уваги. Існує безліч діагностичних параметрів оцінки технічного стану деталей циліндропоршневої групи, але єдиний параметр, що задовольняє умові експрес-діагностування, який характеризується зносом тільки цієї групи, є прорив картерних газів.

Термін служби двигуна до ремонту визначається головним чином ступенем зношеності поршневих кілець, поршнів і циліндрів, шийок колінчастого валу і його підшипників, впускних і випускних клапанів та їх сідел. З перерахованих деталей знос поршневих кілець, поршнів і циліндрів викликає найбільшу кількість порушень нормальної роботи двигуна, а виконання необхідних ремонтів пов'язано з найбільшою трудомісткістю. Ремонт і заміна деталей ЦПГ можливі тільки при капітальному ремонті.

Для вирішення експлуатаційних питань важливо не тільки фіксування величин зносів, що визначають систему ремонтних розмірів і технологію ремонту, а головним чином визначення впливу поступово наростаючого зносу на потужність, паливну економічність, безвідмовність та інші показники експлуатаційних якостей дизельного двигуна.

Зниження надійності і безвідмовності роботи двигуна, значна витрата оливи, збільшення запасних частин, зростання трудомісткості робіт, необхідних для підтримки техніки в придатному для експлуатації стані і служать підставою для ремонту двигуна.

Основні структурні параметри, за якими мають місце відмови циліндропоршневої групи дизелів при експлуатації:

- зазор в сполученні верхня канавка поршня-компресійне кільце;
- зазор в замку поршневих кілець;
- зазор в сполученні поршень-гільза циліндра;
- рухливість поршневих кілець;
- цілісність (відсутність тріщин) гільз циліндрів;
- цілісність (відсутність кавітаційних руйнувань) посадкового паска гільз циліндрів.

Показником, який більшою мірою залежить від зносу ЦПГ є кількість газів, що прориваються в картер двигуна. Вимірювання витрати картерного газу двигуна дає більш повні дані про стан циліндропоршневої групи. За час експлуатації двигуна до ремонту витрата газів в картері збільшується в 2...3 рази на холостому ході та в 4 і більше разів при повному навантаженні [1]. Тому при діагностуванні ЦПГ по параметру об'ємної витрати газів картерів варто приділяти увагу рівномірності роботи двигуна. Так, на режимі вільного прискорення витрата газів збільшується в 2,5...4 рази в порівнянні із значенням на сталому режимі роботи.

Існує ще безліч способів визначення технічного стану циліндропоршневої групи, але в основному вони або є органолептичними (прослуховування стуків і шумів, спостереження за рівномірністю роботи двигуна) або вимагають розбирання двигуна (метричні методи), або дуже рідко застосовуються (спектральний аналіз оливи).

Зниження ущільнюючої здатності призводить до наступних негативних явищ:

- збільшення прориву газів з надпоршневого простору в порожнину картера, що обумовлює зниження тиску в кінці такту стиснення, падінні потужності при повному навантаженні, посилене старіння картерної оливи і скорочення її терміну служби;

- збільшення витрати оливи через потрапляння її в камеру згорання, угару і виносу в атмосферу в складі відпрацьованих газів;

- прискоренню швидкості зношування циліндропоршневої групи через підвищення теплонапряженості деталей внаслідок того, що кільця, які омиваються гарячими газами, гірше відводять тепло від поршня до гільзи;

- зниження терміну служби деталей і вузлів інших систем двигуна, наприклад, форсунок - закоксовуються розпилювачі через інтенсивне нагароутворення внаслідок попадання на них великої кількості оливи [2].

Викладені доводи дозволяють зробити висновок про доцільність діагностування технічного стану циліндропоршневої групи на основі параметрів, що характеризують ущільнюючу здатність кільцевого ущільнення. З вище викладеного випливає, що найбільш ефективними параметрами в цьому відношенні є параметри картерних газів[3].

У зв'язку з цим метод визначення технічного стану ЦПГ по параметру витрати картерних газів є кращим при експрес-діагностуванні. При застосуванні даного методу не потрібно ні часткове розбирання, яка змінює рівень спрацювання спряжених поверхонь, ні зняття окремих агрегатів з машини, що мінімізує складність і трудомісткість робіт при діагностуванні (діагностування з підготовкою займає 5...15 хв.), а також не вимагає фахівців високої кваліфікації.

Таблиця 1. - Нормативи вимірювань діагностичних параметрів ЦПГ

Діагностичний параметр*	Одиниця вимірювання	Номинальне значення	Допустиме значення	Граничне значення	Зміна значення в раз.
Компресія	кгс/см ²	28	-	17	1,64
Вакуум	кгс/см ²	0,85	-	0,55	1,54
Залишковий вакуум	кгс/см ²	0,17	0,20	0,27	1,58
Об'ємна витрата картерних газів	л/хв	28	68	95	3,4
Витрата оливи**	л	2,3	-	7,2	3,1

* Всі значення наведені для однієї марки двигуна Д-243.

** Витрата моторної оливи на 100 літрів витраченого палива.

Список літератури.

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учеб. пособие для вузов / В.И. Черноиванов и др. // под ред. В.И. Черноиванова. -М.: 2003. - 992 с.
3. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш.учеб. заведений / [А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др.]. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 432 с.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ПІДЙОМНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СЕРВІСУ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

М.В. Красота, канд. техн. наук, доц.,

Р.А. Осін, канд. техн. наук, доц.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Для сучасних автопідприємств (автотранспортних, сервісних) промисловістю випускається велика номенклатура технологічного устаткування, що різниться як за конструктивною будовою, так і за принципом дії. Сумарна кількість моделей технологічного устаткування різного призначення, використовуваного на кожному з автопідприємств країни, становить від декількох десятків до декількох сотень найменувань.

Найбільш ефективними засобами, що дозволяють підвищити продуктивність праці автотранспортних та сервісних підприємств, є підйомно-оглядове обладнання.

Відомо [1, 2], що при виконанні повного обсягу робіт по технічному обслуговуванню автомобіля середньої вантажопідйомності виходить наступний розподіл по видам робіт: знизу - 40-45%, зверху - 40-45 і 10-20 % - роботи, виконувані збоку. Отже, при виконанні робіт з обслуговування й ремонту автомобіля необхідно мати обладнання, що забезпечує його обслуговування з усіх боків і сприятиме при цьому підвищенню продуктивності і якості праці ремонтно-обслуговуючого персоналу.

Застосування сучасного високопродуктивного піднімального обладнання дозволяє підвищити продуктивність праці ремонтників при ТО й ПР приблизно на 25 % [2].

Підйомне обладнання (підйомники, перекидачі, домкрати тощо) служить для повного або часткового піднімання автомобіля над рівнем підлоги або над канавою на необхідну для зручності обслуговування або ремонту висоту.

Існує велика кількість найрізноманітніших конструкцій підйомників, які можуть бути класифіковані за п'яти характерними ознаками:

1. За принципом дії: з підйомом автомобіля на стоянках, з підйомом автомобіля на платформі (або трапах) паралелограмного типу;
2. За технологічним розташуванням: напольні, наканавні (на ребордах канави), канавні (на стінці канави або на дні канави);
3. За типом приводу робочих органів: електрогідравлічні, електромеханічні, електропневматичні, пневмогідравлічні й ручні, тобто із приводом за рахунок мускульної сили робітника (гідравлічні й механічні);
4. За ступенем рухомості: стаціонарні, пересувні;
5. За кількістю стійок (плунжерів): одностійкові, 2-стійкові, 3-стійкові, 4-стійкові й багатостійкові.

Найбільше застосування одержали електрогідравлічні й електромеханічні підйомники.

Електромеханічний автомобільний підйомник складається з двох або більше стійок, всередині яких розміщується гвинтовий механізм типу "гвинт-гайка", що приводиться у дію електричним двигуном через клинопасову передачу або редуктор. Гвинт приводить у рух каретку, яка, власне, і здійснює піднімання автомобіля. До переваг такого типу підйомників слід віднести високу вантажопідйомність, простоту конструкції та монтажу, надійність, самогальмування при опусканні. До недоліків електромеханічних підйомників відноситься необхідність у регулярному обслуговуванні, шумність у роботі, більш тривале за часом опускання та піднімання (у порівнянні з електрогідравлічним підйомником).

Електрогідравлічні підйомники виконують операції піднімання-опускання за рахунок гідравлічних циліндрів, які приводяться в дію електричною насосною станцією. Перевагами електрогідравлічних підйомників є швидкість та плавність виконання піднімальних операцій, безшумність у роботі, нескладне обслуговування, висока надійність та ресурс. Недоліками такого типу обладнання є складана система синхронізації, необхідність у спеціальних фіксаторах.

Переважає більшість підйомників, що випускаються, — стаціонарні. Призначені вони для постійних постів технічного обслуговування та ремонту на автотранспортних та сервісних підприємствах. У порівнянні з пересувними стаціонарні підйомники мають певну перевагу, яка полягає в тому, що забезпечується краща стійкість піднятого автомобіля й тим самим підвищується безпека й зручність виконання робіт. Проте, пересувні підйомники також знаходять застосування. Вони не вимагають виконання монтажних-установочних робіт і будови фундаменту, дозволяють використовувати їх на будь-якому рівному майданчику, у тому числі й поза приміщенням. Після виконання робіт підйомники можуть бути вилучені із займаного ними місця, яке потім використовується для інших робіт або обладнання. Маневреність пересувних підйомників дозволяє при необхідності змінити технологічний маршрут технічного обслуговування й ремонту автомобілів, що нерідко використовується на малих автотранспортних та сервісних підприємствах або у випадку обмежених площ виробничих приміщень зон і дільниць.

При виборі підйомників слід враховувати основні експлуатаційні параметри, до яких відносяться наступні: вантажопідйомність, швидкість піднімання автомобіля, максимальна та мінімальна висота піднімання, потужність електродвигунів, мобільність та займана площа, шумність у роботі, витрати на обслуговування та ремонт.

Список літератури

1. Сарбаев В.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов / Серия "Учебники, учебные пособия"/ Сарбаев В.И., Селиванов С.С., Коноплев В.Н., Демин Ю.Н. — Ростов н/Д: "Феникс", 2004. — 448 с.
2. Виноградов В.М. Технологические процессы ремонта автомобилей : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования /В. М. Виноградов. — 3-е изд., стер. — М.: Издательский центр. "Академия", 2009. — 384 с.
3. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: учебное пособие. — М.: ИД "Форум": ИНФРА-М, 2007. — 432 с.: ил. — (Профессиональное образование).

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

А. В. Новицький, канд. техн. наук, доц.,

О. М. Бистрий, ст. викладач

Національний університет біоресурсів та природокористування, м. Київ, Україна

Якістю називається сукупність характеристик продукції, які стосуються її здатності задовольняти встановлені і передбачені потреби споживачів [1]. Згідно з ДСТУ ISO 9000:2015 [3], термін "якість", означає ступінь, до якого сукупність власних характеристик об'єкта задовольняє вимоги.

Під управлінням якістю розуміють дії, здійснювані при створенні та експлуатації або споживанні продукції, з метою встановлення, забезпечення і підтримки необхідного рівня її якості. Історичний досвід США, Японії, Німеччини, Південної Кореї та ряду інших країн показує, що забезпечення прогресу в області якості шляхом використання ефективних систем управління, є однією з основних умов зміцнення на світовому ринку [2]. В колишньому СРСР були розроблені ефективні системи управління якістю, які набули поширення у військово-промисловому комплексі, радіоелектроніці та автомобілебудуванні.

Серед систем управління якістю продукції зазначеного періоду найбільшу популярність отримали наступні [4, 5].

Система бездефектного виготовлення продукції ("бездефектное изготовление продукции" - БИП), запропонована в 1955 році, в м. Саратов, на Саратовському авіаційному заводі. Основа системи - суворе виконання технологічних операцій.

Система бездефектної праці (Система бездефектного труда (СБТ)), задекларована в 1961 році, на підприємствах Львівської області. Основа системи – високий рівень виконання операцій всіма працівниками.

Система якості, надійності, ресурсу з перших виробів ("Качество, надежность, ресурс с первых изделий" (КАНАРСПИ)), розглянута в 1968 році, на підприємствах м. Горький та області. Основою системи був високий рівень конструкції та технологічної підготовки виробництва, а показниками управління - рівень надійності першого виробу.

Система наукової організації праці ("Научная организация работ по увеличению моторесурса" – (НОРМ)), запропонована в 1964 році, в м. Ярославль, на Ярославському моторному заводі. Основою системи було – підвищення технічного рівня якості виробів, об'єктом управління – якість деталей і складальних одиниць продукції, показником управління – значення моторесурсу дизельного двигуна внутрішнього згорання.

Комплексна система управління якістю продукції ("Комплексная система управления качеством продукции" (КСУКП)), була задекларована в 1975 році, в м. Львів. Основа системи – управління якістю на базі стандартизації. Саме Комплексна система управління якістю продукції стала основою для двох наступних систем УЯП, які були запропоновані в Дніпропетровську та Краснодарі у 1980 році.

Комплексна система управління якістю та ефективністю виробництва ("Комплексная система управления качеством продукции и эффективным использованием ресурсов" (КСУКП и ЭИР)), запропонована в 1980 році, м. Дніпропетровськ. Основною ідеологією системи є управління якістю та ефективністю виробництва, метою управління – поліпшення господарської діяльності підприємства, об'єктом управління – рівень якості продукції й ефективність використання ресурсів.

Комплексна система підвищення ефективності виробництва ("Комплексная система повышения эффективности производства" (КСПЭП)), задекларована в 1980 році, м. Краснодар. Основа системи – управління якістю продукції та ефективністю виробництва, що охоплює весь життєвий цикл продукції.

Однак, відсутність конкуренції, що була обумовлена захищеністю внутрішнього ринку, не стимулювала підприємства підвищувати якість продукції. Аналіз показує, що в управлінні якістю продукції застосували наступні методи:

- економічні, що забезпечують створення економічних умов, які спонукають співробітників підприємств покращувати продукцію;
- матеріального стимулювання, які передбачають мотивацію працівників;
- організаційно-розпорядчі, що реалізуються за допомогою обов'язкового виконання наказів, розпоряджень, норм і правил;
- виховні, які передбачають моральне заохочення.

В останні роки сформувалась нова стратегія управління якістю, яку характеризують наступні відмінні риси:

- забезпечення якості не як технічну функцію, а реалізовану певним підрозділом, а як систематичний процес, що охоплює всю організаційну структуру фірми;
- питання якості охоплюють не тільки рамки виробничого циклу, але й процес розробки, конструювання, маркетингу, післяпродажного обслуговування;
- якість повинна бути орієнтована на задоволення потреб споживача, а не виробника;
- підвищення якості продукції вимагає застосування нової технології виробництва, починаючи з автоматизації проектування і закінчуючи автоматизованим виміром в процесі контролю якості;
- підвищення якості продукції досягається тільки зацікавленою участю всіх працівників підприємства.

Система управління якістю "Загальне керівництво якістю" ("TQM" - Total Quality Management) передбачає наявність трьох умов: визначення вищим керівництвом фірм питання якості як основної стратегічної мети діяльності, встановлення конкретних завдань і виділення коштів для їх вирішення; розробка заходів щодо підвищення якості усіх підрозділів фірми; забезпечення постійного процесу навчання та підвищення мотивації персоналу.

Комплексна система УЯП – це цільова підсистема системи управління підприємством, об'єктом якої є якість продукції машинобудування, а також фактори і умови, що на неї впливають [4]. Слід відмітити, що провідну роль у забезпеченні якості продукції машинобудівних підприємств відіграє обладнання на якому зазначена продукція випускається. Тобто, рівень якості продукції машинобудування об'єднує в собі рівні якості продукції видобувних галузей, впливає на рівень якості продукції переробних галузей, включаючи галузі харчового виробництва.

Реалізація методичних основ управління якістю продукції проходила паралельно з передовим світовим досвідом та досвідом вітчизняних машинобудівних і ремонтних підприємств, в окремих випадках випереджаючи його, або ж відстаючи, якщо мати на увазі положення, що реалізовані у стандартах ISO 9000.

Представлені системи завоювали міжнародне визнання як засіб забезпечення високої якості продукції машинобудування, що дозволяє скорочувати собівартість виробництва і конкурувати з іншими виробниками.

Список літератури

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Чинний від 01.01.1996]. К.: Держспоживстандарт. 49 с.
2. Кузнецов В. И. Статистический взгляд на управление качеством. Экономика, Статистика и Информатика. № 1, 2015. С. 158–162.
3. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів: ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, ITD). [Чинний від 2015-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 45 с.
4. Стецюк С. В., Новицький А. В., Нікітюк А. І., Дукач В. В. Етапи управління якістю продукції машинобудування. Збірник тез доповідей V Міжн. науково-техн. конф. "Крамаровські читання" з нагоди 111-ї річниці від дня народження д.т.н., професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента

УАСГН Крамарова В. С. (1906-1987) 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / МОН України, НУБіП України, ННЦ "ІМЕСГ" НААН. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 163–165.

5. Шаповал, М. І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації: Підручник. 3-є вид., перероб. і доп. К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2001. 174 с.

11. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ, ВУЗЛІВ, АГРЕГАТІВ, МАШИН ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЄЮ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

УДК 629.083

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЗМАЩЕННЯ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф.,

В.В. Слонь, асист.

О.М. Лівіцький, асист.,

А.В. Гриньків, канд. техн. наук,

Є.Г. Артюх, студ.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Конструктивне вдосконалення автомобілів, зокрема їх основного агрегату – двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), спрямоване на: забезпечення диференціації величини параметрів функціонування в залежності від мінливості умов і режимів експлуатації; підвищення технічного ресурсу при їх використанні за призначенням в заданих умовах експлуатації.

Прогресивне підвищення технічного і технологічного потенціалу автомобілів, їх енергетичних установок однозначно зумовлене конструктивними ускладненням механізмів, прецизійним виготовлення їх деталей і параметрів функціонування в передбачених нормативами режимах і умовах експлуатації.

В даний час стало очевидним, що використовувані засоби функціонального діагностування механізмів і систем, що визначають працездатність автомобілів, в цілому, не дозволяють з необхідною точністю, достовірністю встановлювати зміни технічного стану та правильність функціонування робочих процесів ДВЗ. Тому при загальному зростанні технічної надійності ДВЗ кращих зразків автомобілів збільшилась кількість прихованих відмов складних технічних систем.

Невідповідність технологічної спроможності методів і засобів діагностування щодо конструктивної складності механізмів основних систем автомобілів, прецизійне їх функціонування при мінливості режимів і умов експлуатації зумовлює зниження ефективності використання потенціалу споживчих властивостей машин.

Розв'язання розглянутого вище технічного протиріччя вимагає розробки нових методів і засобів діагностування, які за своєю технологічною здатні (точності, достовірності) повинні відповідати вимогам сучасної і перспективної техніки.

Основна мета роботи – це підвищення ефективності процесу діагностування систем змащення агрегатів автомобілів на основі реалізації нових методів і засобів їх тестового діагностування. В рамках роботи досліджували процеси діагностування технічного стану механізмів основних систем і агрегатів автомобілів на тестових режимах їх функціонування.

Для того, щоб встановити зв'язок діагностичних параметрів систем і агрегатів автомобілів з їх функціонуванням слід розглянути питання:

– концепція вдосконалення методів та засобів технічного діагностування основних систем ДВЗ;

– модель формування цільової функції забезпечення працездатності машин при використанні зовнішніх і вбудованих засобів діагностування;

– модель формування цільової функції по обґрунтуванню методів і засобів діагностування автотракторних ДВЗ;

- визначення ефективності використання системи технічної діагностики (СТД) з урахуванням їх універсальності і багатоканальності;
- розрахунок ефективності від впровадження вбудованого СТД.

Процес діагностування є складним технологічним процесом, в якому одні параметри є визначеними або заданими, другі – керуючими, треті являють собою випадкові фактори (рис. 1).

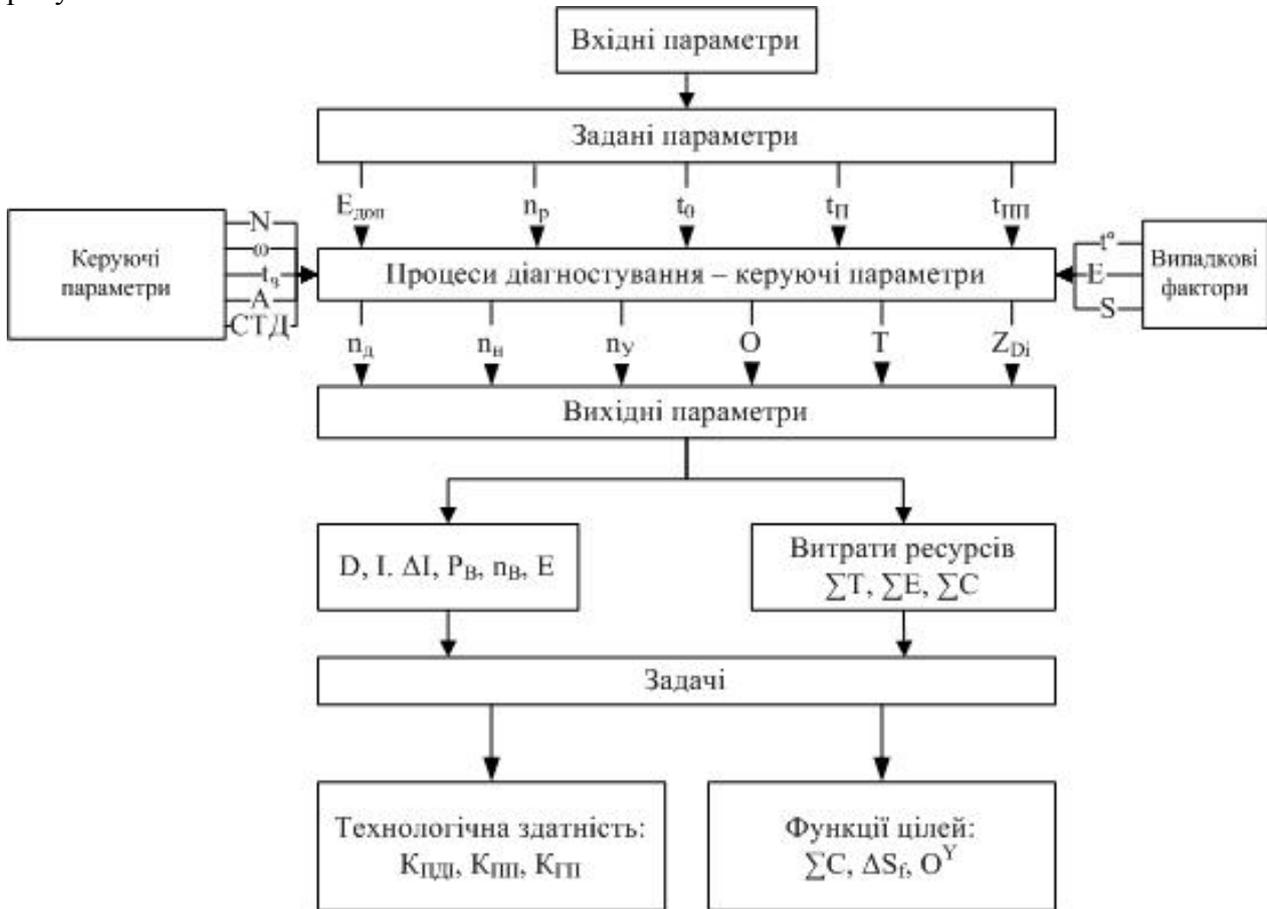


Рисунок 1 – Структурна схема взаємозв'язку параметрів в процесі діагностування силового агрегату автомобіля

До числа заданих параметрів відносяться: $E_{\text{доп}}$ – допустиме відхилення діагностичних параметрів (ДП) (по ТУ); n_p – кількість діагностичних параметрів, t_0 – мінімальна кількість дій при обробці діагностичної інформації; $t_{\text{п}}$ – швидкість під'єднання СТД; $t_{\text{пп}}$ – час підготовки і реалізації СТД.

Керуючими параметрами є: ω – режим роботи ДВЗ (частота обертання); N – навантажувальний режим роботи ДВЗ; A – алгоритм діагностування; СТД – засіб технічного діагностування; t_b – час тестового впливу. Зміною цих параметрів у певних межах можна забезпечити необхідні оптимуми по точнісних показниках при діагностуванні.

До випадкових збурень відносяться: t° – температура навколишнього середовища; E – рівень електромагнітних завад; S – ступінь впливу на результат діагностування технічного стану інших вузлів і механізмів ДВЗ.

До керованих параметрів відносять: n_d – кількість діагностичних операцій; n_n – додаткове число діагностичних параметрів нового СТД; n_y – число вузлів, механізмів, діагностування даними СТД; T – трудомісткість діагностування; O – помилки оцінки технічного стану; Z_{Di} – структура діагностичних операцій.

Якість технологічної системи, в тому числі змашувальної, визначають вихідні параметри: D – достовірність діагнозу; I – інформаційна ємність; ΔI – втрати інформації у процесі передачі, прийому і обробки; P_B – ймовірність виявлення несправностей; n_B – число виявлених несправностей; E – якісний показник концентрації вихлопних газів, а також

витрати ресурсів: ΣT – витрати праці, люд-год; ΣE – витрати енергії, МДж; ΣC – витрати грошових коштів, грн.

Критерієм обґрунтування ефективності процесу діагностування є відшукування таких керуючих параметрів для кожної системи, які забезпечили б необхідну достовірність діагностування при мінімально можливих кількості вимірювань і витратах праці.

Зазначене, можна записати у вигляді цільових функцій:

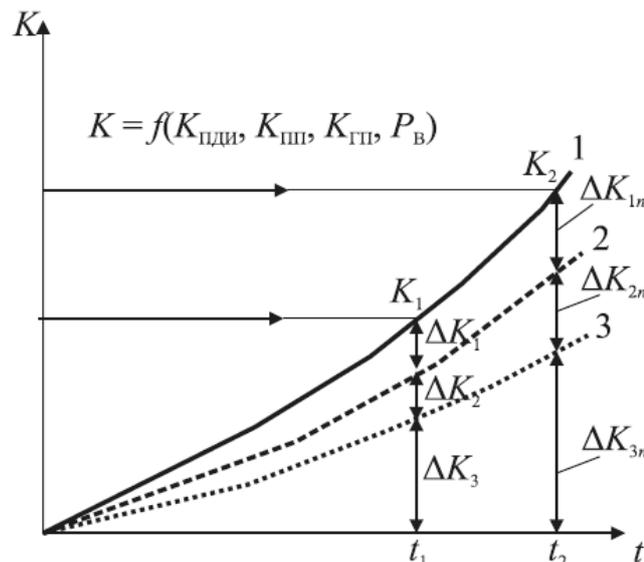
$$F_1 = f(E, \Delta I, \Sigma T, \Sigma E, \Sigma C) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$F_2 = f(D, I, P_B, n_B) \rightarrow \max. \quad (2)$$

Вихідні параметри $E, D, I, \Delta I, P_B, n_B, \Sigma T, \Sigma C, \Sigma E$ не можуть бути рівними нулю. Звідси випливає, що на ці вихідні параметри накладаються обмеження, які в узагальненому вигляді подаються функцією виду:

$$F = f(E, \Delta I, \Sigma T, \Sigma E, \Sigma C, D, I, P_B, n_B) > 0. \quad (3)$$

Керуючі параметри повинні мати межі, значення яких рекомендуються спеціальними дослідженнями та рекомендаціями, конструктивними особливостями СТД, що забезпечують поряд з необхідністю досягнення поставленої мети експлуатаційну надійність і довговічність СТД, тобто на керуючі параметри також накладаються обмеження. Вихідним завданням є визначення показників технологічної спроможності і функцій мети. Сучасний рівень конструктивного удосконалення систем автомобілів йде зі значним випередженням по відношенню до конструктивного вдосконалення СТД (рис. 2).



1, 2, 3 – відповідно показники конструктивного вдосконалення систем ДВЗ, перспективних СТД, традиційних СТД; $\Delta K_1, \Delta K_{1n}$ – перевищення конструктивного рівня удосконалення систем ДВЗ над рівнем конструктивного вдосконалення перспективних СТД в момент часу t_1 і t_2 ; $\Delta K_2, \Delta K_{2n}$ – перевищення конструктивного рівня вдосконалення перспективних СТД над рівнем конструктивного вдосконалення традиційних СТД в момент часу t_1 і t_2 ; $\Delta K_3, \Delta K_{3n}$ – рівень конструктивного вдосконалення традиційних СТД в момент часу t_1 і t_2 .

Рисунок 2.2 – Залежність конструктивної досконалості системи ДВЗ і засобів технічного діагностування K від часу t , год

На рис. 2 можна бачити, що до моменту t_1 тимчасового інтервалу показник конструктивного вдосконалення систем ДВЗ досягне рівня K_1 , а до моменту часу t_2 – K_2 . Причому якщо використовувати традиційні методи і засоби діагностування (крива 3), то показники $K_{ПДІ}, K_{ПП}, K_{ДПІ}$ ймовірність виявлення несправностей P_B будуть на низькому рівні. Використання перспективних методів і засобів діагностування (крива 2) дозволяє підвищити показники контролепридатності та ймовірність виявлення несправностей.

Ймовірність виявлення несправностей у випадку регулярного процесу:

$$P_B = (1 - \delta) \cdot \alpha \cdot T_D, \quad (2.4)$$

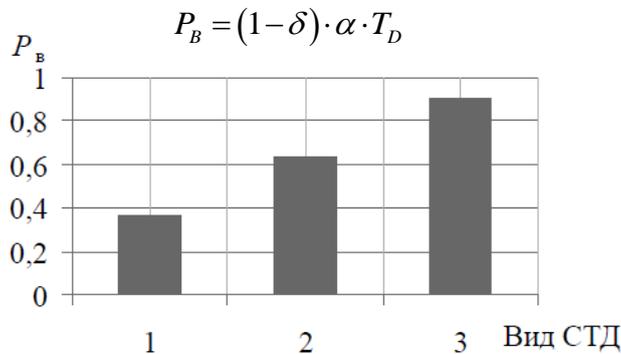
де $\alpha = 1 / (T_{до} - T_D)$ – коефіцієнт пропорційності, що визначає сумарну трудомісткість діагностування при використанні існуючої і нової технологій, 1/люд-год; $T_{до}$ – трудомісткість діагностування, включаючи по елементну, новими методами і засобами, люд-год; T_D – трудомісткість діагностування за існуючою технології, люд.-год.

Технологічну ефективність методів і засобів діагностування можливо подати коефіцієнтом технологічної ефективності:

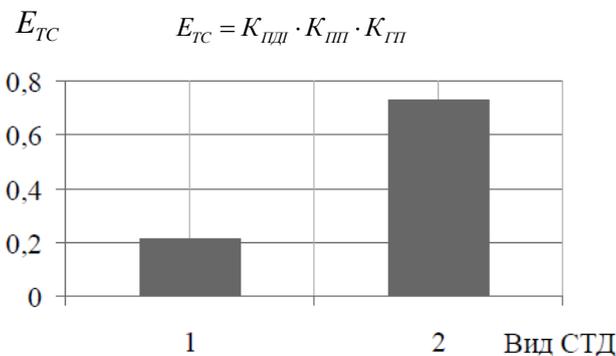
$$E_{ТС} = K_{пдд} \cdot K_{пш} \cdot K_{гп}, \quad (2.5)$$

де $K_{пдд}$ – коефіцієнт повноти діагностичної інформації; $K_{пш}$ – коефіцієнт повноти перевірки; $K_{гп}$ – коефіцієнт глибини перевірки.

Підставляючи дані для різних СТД у вирази (4) і (5), побудуємо діаграми P_B і $E_{ТС}$ від виду СТД (рис. 3).



а



б

Рисунок 3 – Залежності імовірності виявлення несправностей системи мащення P_B від виду СТД (а) і коефіцієнта технологічної ефективності методів і засобів діагностування системи мащення $E_{ТС}$ від виду СТД (б)

При використанні тестових методів і засобів діагностування розглядалися наступні питання: алгоритм розробки тестових методів і засобів діагностування системи змащування ДВЗ автомобілів; методика та результати експериментальних досліджень способів та засобів діагностування системи змащення ДВЗ. Окремі елементи системи змащення розглядалися в процесі послідовного проходження через них масла. Заданий рівень навантаження на двигун забезпечувався шляхом відключення трьох циліндрів і навантаженням залишив в роботі одного циліндра відключенням кожного другого імпульсу форсунки або свічки запалювання при повністю відкритій дросельній заслінці на мінімально можливою частотою обертання колінчастого валу двигуна.

Основним приладом, який забезпечує режими навантаження підшипників КШМ, є вимикач електромагнітних форсунок. Для вимірювання пульсацій тиску використовувався датчик Д06М-3 (У2), що має робочий діапазон вимірювань 0,06–0,6 МПа, з цифровим тензопідсилювачем з коефіцієнтом посилення 1000. У центральній масляній магістралі за допомогою приладових коштів вимірювали осцилограму тиску.

При експериментальних дослідженнях корінних підшипників (на ДВЗ ЗМЗ-4062) була отримана залежність різниці мінімальних амплітуд тиску $P_2 - P_1$, МПа, двох сусідніх циклів при роботі першого циліндра (2, 3, 4-ї відключені) через цикл, з навантаженням і без навантаження від технічного стану першого корінного підшипника (величини зазору Z_K , мм) при частоті обертання колінчастого валу двигуна $n = 880 \text{ хв}^{-1}$, яка описується поліномом:

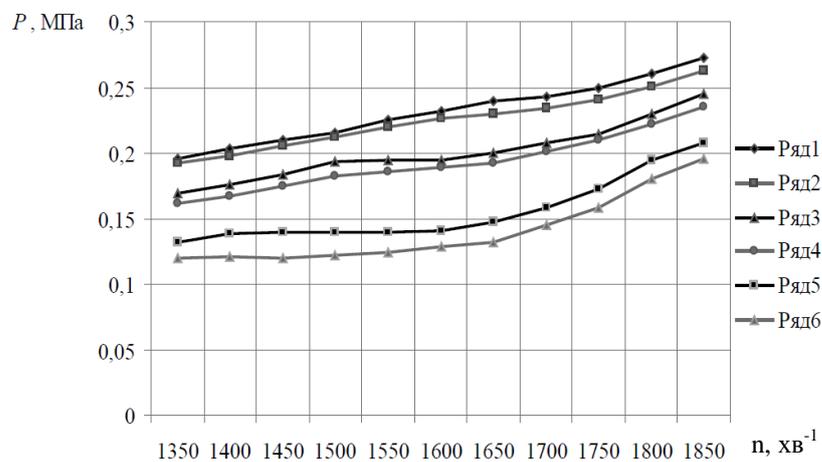
$$Z_K = 1.961 \cdot 10^5 \cdot (A_2 - A_1)^3 - 7.725 \cdot 10^3 \cdot (A_2 - A_1)^3 + 97.548 \cdot (A_2 - A_1)^3 - 0.28, \quad (2.6)$$

де $P_2 - P_1$ – різниця мінімальних амплітуд тиску двох сусідніх циклів при роботі першого циліндра (2, 3, 4-й циліндри відключені) через цикл, з навантаженням і без навантаження, МПа; Z_K – зазор в корінній шийці, мм.

Проведені експериментальні дослідження по інших підшипників показали адекватність застосування виразу (2.6) до будь-яких корінним підшипникам даного двигуна.

При проведенні експериментальних досліджень по визначенню зв'язку технічного стану шатунних підшипників з величиною сигналу тиску було виявлено, що найбільш чутливим режимом, на якому вплив технічного стану шатунних підшипників максимально, є режим при частотах обертання колінчастого валу для $n = 1300-1950 \text{ хв}^{-1}$ і навантаження для першого циліндра – 2, 3, 4-й циліндри вимкнені, перший циліндр працює при завантаженні потужністю механічних втрат трьох інших циліндрів. При цьому оціночним показником приймалася мінімальна амплітуда тиску в момент такту згоряння при роботі циліндра під максимальним навантаженням.

За даними багатофакторного експерименту були побудовані залежності мінімальної амплітуди тиску в момент такту згоряння від технічного стану корінного і шатунного підшипників на вибраних режимах діагностування, представлені на рисунку 4.



Ряд 1 при $Z_{\text{ш}} = 0,05$ мм і $Z_K = 0,09$ мм; ряд 2 при $Z_{\text{ш}} = 0,10$ мм і $Z_K = 0,09$ мм;
 ряд 3 при $Z_{\text{ш}} = 0,05$ мм і $Z_K = 0,12$ мм; ряд 4 при $Z_{\text{ш}} = 0,10$ мм і $Z_K = 0,12$ мм;
 ряд 5 при $Z_{\text{ш}} = 0,05$ мм і $Z_K = 0,15$ мм; ряд 6 при $Z_{\text{ш}} = 0,10$ мм і $Z_K = 0,15$ мм

Рисунок 4 – Залежність мінімальної амплітуди тиску P , МПа, від частоти обертання колінчастого валу двигуна n , хв^{-1}

При аналізі отриманих залежностей (рис.4) встановлено, що сумарний вплив технічного стану корінної і шатунної шийки характеризується порушенням лінійності зростання тиску. Причому із зростанням зазорів докорінної і шатунної шийки при їх взаємному впливі збільшується діапазон нелінійності тиску.

За даними багатфакторного експерименту було отримано загальне рівняння регресії, що зв'язує максимум нелінійності з величиною зазору докорінної і шатунної шийки:

$$Z_{ш} = (243.889 \cdot Z_K^2 - 68.217 \cdot Z_K + 4.97) \cdot \Delta P - (34.898 \cdot Z_K^2 - 8.076 \cdot Z_K + 0.467). \quad (7)$$

Проведені теоретичні, лабораторні та експлуатаційні випробування дозволили розробити нові засоби, методики та алгоритми діагностування бензинових і дизельних ДВЗ за параметрами пульсації тиску в центральній масляній магістралі.

Представлені алгоритми та технології тестових методів діагностування основних систем ДВЗ; ефективність реалізації розроблених тестових методів і засобів діагностування; економічна ефективність реалізації розроблених методів тестового діагностування системи живлення; економічна ефективність реалізації розроблених методів тестового діагностування системи змащування.

Аналіз показників оцінки існуючих і розроблених способів і засобів діагностування базувався на моделях, розроблених у другому розділі. Результати розрахунку показників оцінки існуючих та розроблених способів і засобів діагностування системи паливоподачі.

Аналогічні високі показники технологічної спроможності розроблених способів і засобів одержано для ДМРВ, системи змащування. У середньому розроблені діагностичні засоби дозволяють підвищити показники контролепридатності: час пошуку несправностей T зменшити в 1,2...5 разів; час підготовки МЕС до діагностування заданим числом фахівців T_B зменшити в 1,2...7 разів; коефіцієнт повноти діагностичної інформації $K_{ПД}$, коефіцієнт повноти перевірки справності $K_{ПП}$ і коефіцієнт глибини пошуку дефекту $K_{ГП}$ збільшити на 10...60 %; коефіцієнт використання спеціальних засобів діагностування $K_{ІС}$ знизити за рахунок використання розроблених спеціальних СТД на 20...30 %.

Таким чином, розроблені способи і засоби тестового діагностування при реалізації у виробничих умовах підтвердили високу технологічну здатність при визначенні технічного стану механізмів систем живлення, змащення та управління, а також при практичній реалізації результатів дослідження підтвердили перевагу, оцінюючи техніко-економічними показниками, розроблених методів і засобів діагностування в порівнянні з існуючими.

ЗМІСТ

	Стор.
1. ФІЗИЧНІ ТА МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ.....	7
1. Квантово-механічна взаємодія в контактних трибосистемах. <i>О.В. Диха, Ю.П. Заспа, В.О. Дитинюк.....</i>	7
2. ТРИБОЛОГІЯ ВУЗЛІВ ДЕТАЛЕЙ, СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ, РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ.....	9
2. Дослідження пошкоджуваності зразків металоконструкцій методом когерентно-оптичного сканування деформованої поверхні. <i>Г.Г.Писаренко, О.В.Войналович, А.М.Майло, С.Г.Писаренко.....</i>	9
3. Дослідження властивостей матеріалу деталі "зірочка" сівалки GASPARDO та його аналогів. <i>О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов.....</i>	11
4. Зменшення енергозатрат екскаваторних ковшів використанням антиадгезійних покриттів. <i>А.А. Тихий, В.О. Куцереї.....</i>	14
3. ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ.....	17
5. Підвищення властивостей відновлюючих покриттів модифікуванням бентонітовою глиною. <i>Т.С. Скобло, І.М. Рибалко, О.В. Сайчук.....</i>	17
6. Аналіз причин виникнення дефектів головок циліндрів автомобільних двигунів. <i>М.В. Красота, Р.А. Осін.....</i>	20
7. Підвищення зносостійкості та корозійної стійкості відновлених деталей автомобільних двигунів. <i>О.С. Дробот, С.Я. Підгайчук, О.О. Нікітін, Н.М. Яворська.....</i>	22
8. Підвищення зносостійкості деталей машин, що працюють в умовах абразивного зношування. <i>А.С. Лузан.....</i>	25
9. Вплив дисперсних боромістких добавок на зносостійкість покриттів системи NI-CR-B-SI. <i>С.О. Лузан.....</i>	28
4. ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ.....	31
10. Застосування варіаційних методів для дослідження напружено-деформованого стану деталей машин. <i>В.О. Дубовик, В.В. Пукалов, А.Є. Солових, О.І. Дарієнко.....</i>	31
11. Дослідження структури і властивостей железохромвуглецевої сталі-зв'язки порошкових карбидосталей. <i>М.Ю. Осінов, О.Є. Капустян, М.М. Бриков, Т.О. Акритова.....</i>	34
12. Аналіз технологій відновлення і зміцнення штампів прес-форм. <i>Т.О. Акритова, М.Ю. Осінов, О.Є. Капустян, Р.А. Куликовський.....</i>	36
13. Surface modification of 18HGT steel by plasma thermocycling nitriding treatment. <i>Dolgov N.A., Rutkovsky A.V.....</i>	38
14. Аналіз конструктивних особливостей, умов роботи та особливостей відновлення працездатності ножів машин переробки цукрових буряків. <i>В.М. Бабка, А.В. Новицький, І.С. Харьковський, Ю. В. Бабка.....</i>	41
15. Equipment for cylinder liners repair. <i>I.V. Shepelenko, M.V. Krasota, Warouma Arifa.....</i>	44
16. Раціональне використання концентрованих та комбінованих кормів. <i>І.І. РЕВЕНКО, Ю.І. РЕВЕНКО.....</i>	45
17. Задири циліндрів: причини появи та діагностика. <i>М.С. Магонець, С.О. Магонець.....</i>	48

18. Вплив складу електроліту для твердого анодування алюмінію на характеристики оксидного шару. <i>М.М. Студент, С.І. Маркович, В.М.Гвоздецький, Г.Г. Веселівська, Х.Р. Задорожна, Р.С. Мардаревич, Я.Я. Сірак</i>	53
19. Підвищення довговічності шестерень шестеренного насоса. <i>Ю.В. Кулешков, А.В. Кривошея, М.В. Красота, Т.В. Руденко, С. Одайський</i>	57
20. Оптимізація швидкості потоку рідкої фази добрива рівномірним його перемішуванням. <i>Д.Ф. Кольга, С.А. Костюкевич, Ф.І. Назаров</i>	60
21. Підвищення довговічності роботи охолоджувальних систем на гідрофторолефінах. <i>Ф.Д. Сапожников, М.П. Жук, Ф.І. Назаров, М.В. Булак</i>	63
5. КОНСТРУКТОРСЬКІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ ДЕТАЛЕЙ, СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ	66
22. Вдосконалення конструкторського розрахунку прямозубих циліндричних передач. <i>Ю.А. Невдаха, В.О. Дубовик, С.Є. Катеринич, К.В. Козаков</i>	66
23. Пнемо-шнековий транспортер. <i>О.М. Троханяк</i>	69
24. Особливості визначення форми валків при їх виготовленні та величини зносу при експлуатації. <i>К. Автухов, О.С. Кур'янов</i>	71
25. Аналіз конструкцій розподільчих робочих органів багатоканальних висівних систем машин для внутрішньогрунтового локального внесення твердих мінеральних добрив. <i>В.Б. Онищенко, О.С. Девятко, К. Ю. Назаренко, В.В. Ратушний</i>	73
26. Перспективи використання поліетилентерефталату, як конструкційного матеріалу, для елементів рухомих спряжень машин і механізмів. <i>О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов</i>	76
27. Автоматизація процесу проектування кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля з використанням САПР SOLIDWORKS. <i>А.В. Йовченко, О.А. Тригуб, О.М. Пилипенко, А.П. Солтус</i>	78
28. Підвищення ефективності приготування зернових кормів вдосконаленням конструкції екструдера. <i>А.А. Романович, І.І. Скорботи</i>	81
29. Модернізація газогенераторної опалювальної системи для покращення опалення приміщень. <i>А.О. Абрамчук, В.Б. Ловкіс</i>	84
6. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ	86
30. До визначення передаточних відношень трансмісії при модернізації БТР. <i>В.П.Сахно, О.В.Диких</i>	86
31. Оцінка ефективності роботи висівних апаратів сівалок точного висіву. <i>П.С. Попик</i>	89
32. Датчик контролю якості моторної оливи в процесі експлуатації за її в'язкістю. <i>А.А. Троць, О.О. Банний, М.Ф. Богомолів</i>	90
33. Аналіз роботи протруювачів насіння сільськогосподарських культур. <i>В.Б. Онищенко, В.С. Ступаченко, В. В. Ратушний</i>	93
34. Оцінка довговічності ножів засобів для приготування і роздавання кормів. <i>А. В. Новицький, А.А. Засунько</i>	95
35. Метод підвищення теплоти згорання паливних сумішей в двигунах. <i>С.І. Криштопа, Л.І. Криштопа, Ю.С. Власюк</i>	97
7. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ТА ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	100
36. Управління ресурсом пневматичних шин транспортних засобів. <i>В.В. Аулін, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, О.А. Довгий</i>	100

37. Корегування кількості та типу засобів автотранспортних і термінальних технологій при невизначеності перевізного процесу. <i>С.І Маркович, О.В. Бевз, В.О. Пастух</i>	108
38. Історичні особливості розвитку громадського транспорту. <i>І.О. Хітров</i>	112
39. Дослідження основних елементів мультимодальної транспортної мережі. <i>Є.І. Тхорук, І.Г. Боковець</i>	115
40. Аналіз альтернативних джерел енергії з можливістю їх використання для підзарядки батарей електромобілів. <i>О.В. Диха, С.Ф. Посонський, О.П. Бабак</i>	117
41. Ефективність розвитку транспортної системи регіону. <i>В.О. Дорошук, М.В. Голотюк, А.С. Демидюк</i>	119
42. Планування транспортної мобільності. <i>В.М. Никончук</i>	121
43. Аналіз основних етапів дослідження ефективності операцій в транспортних системах. <i>В.В. Аулін, Д.В. Голуб, С.В. Лисенко, А.С. Замуренко, В.В. Шаманський</i>	123
44. Аналіз максимально можливого підвищення теплоти при згоранні спиртових сумішей в ДВЗ. <i>І.М. Микитій, С.І. Криштопа, Ф.В. Козак</i>	127
45. Проблеми та перспективи мультимодальних перевезень вантажів в умовах євроінтеграції України. <i>І.А. Шльончак, Л.А. Тарандушка, М.П. Рудь, А.П. Солтус, І.П. Тарандушка</i>	130
8. ЛОГІСТИКА ВИРОБНИЧИХ ТА ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ, ФІРМ, КОМПАНІЙ	132
46. Логістичні системи управління технологічними процесами на транспорті. <i>В.О. Дубовик, Є.К. Солових, Р.В. Кернус</i>	132
47. Основні проблемні питання щодо створення ефективної транспортно-логістичної системи розподілу аграрної продукції. <i>О.М. Загурський</i>	134
48. Обоснование рациональной технологии перевалки контейнеров в порту. <i>Н.Ю. Шраменко</i>	137
49. Forecasting mobility parameters – literature review of modern approaches. <i>Mykhailo Krystopchuk</i>	139
50. Dynamics of transport flows in city conditions. <i>S. Pashkevych, O. Denisenko</i>	143
51. Результати експериментальних досліджень по організації ресурсозберігаючих технологій доставки сільськогосподарських вантажів у транспортних пакетах. <i>Н.А. Шаповал, О.В. Павленко</i>	146
52. Розробка математичної моделі організації обслуговування замовлень на транспортно-експедиторських підприємствах. <i>А.В. Мочульський, О.В. Павленко</i> ...	149
53. Визначення місця розташування транспортно-складського комплексу для вантажних перевезень в м. Черкаси. <i>Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян, І.А. Шльончак, М.П. Рудь, І.П. Тарандушка</i>	152
9. ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ, ФІРМАМИ, КОМПАНІЯМИ	155
54. Реалізація проекту оптимізації системи автосервісу на прикладі "АНТ-АВТО-СЕРВІС", м. Черкаси. <i>Н.Л. Костьян, Л.А. Тарандушка, М.П. Рудь</i>	155
10. СИСТЕМИ ТА СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ	158
55. Перспективи використання електромеханічної обробки у ремонтному виробництві. <i>М.В. Пікула</i>	158
56. Міфи які розвіює MANN-FILTER: якість фільтра салону. <i>О.В. Продеус, Ю.І. Ревенко, С.В. Стецюк</i>	160
57. Обґрунтування критеріїв вибору параметра діагностування циліндропоршневої групи дизельних двигунів. <i>П.С. Попик</i>	162
58. Класифікація та порівняльний аналіз сучасного підйомного обладнання для сервісу та ремонту автомобілів. <i>М.В. Красота, Р.А. Осін</i>	164

59. Системи управління якістю продукції машинобудування. <i>А. В. Новицький, О. М. Бистрий</i>	166
11. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ, ВУЗЛІВ, АГРЕГАТІВ, МАШИН ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЄЮ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ	169
60. Удосконалення методів і засобів діагностування систем змащення силових агрегатів транспортних засобів. <i>В.В. Аулін, В.В. Слонь, О.М. Лівіцький, А.В. Гриньків, Є.Г. Артюх</i>	169

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН, ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ. IMPROVING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF MACHINES, PROCESSES AND SYSTEMS

III Міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**14-16 квітня 2021 року
м. Кропивницький**

Відповідальні за випуск: В. В. Аулін, професор кафедри експлуатація та ремонт машин ЦНТУ України.

Редактор: В. В. Аулін.

Дизайн і верстка: С. В. Лисенко.

Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст представлених матеріалів

Підписано до друку 07.04.2021 р. Формат 60x80/16.
Ум друк. арк. – 12,4. Обл.-вид. – 11,7.
Наклад 100 прим. Зам № 21/2020.

РВЛ ЦНТУ. 25006, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8
Тел. 390-441, 559-245.