

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

ХІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ УЧЕНИХ

«ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ»

20-21 квітня 2017 року

Тези доповідей надруковано у авторській редакції

Відповідальна за випуск: Ворона Т. В.

---

Підписано до друку 14.05.2017  
Ум друк.арк. 8,25. Тираж 100 прим

©МОВ ЦНТУ, м.Кропивницький, пр.Університетський, 8.  
Тел. (0522) 55-10-49

---

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

**XI НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ,  
АСПІРАНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ**

**«ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І  
ОБЛАДНАННЯ»**

**20-21 квітня 2017 року**

**Кропивницький – 2017**

Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання». – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 128 с.

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

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

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

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

#### *Члени оргкомітету:*

Яцун В.В., канд. техн. наук, доцент, декан факультету проектування та експлуатації машин Центральноукраїнського національного технічного університету;

Магопєць С.О., канд. техн. наук, доцент, заст. завідувача кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету;

Шестерняк Н.М., керівник МОВ Центральноукраїнського національного технічного університету;

Ворона Т.В., фахівець I категорії відділу МОВ Центральноукраїнського національного технічного університету.

Тихий А.А. – канд. техн. наук, голова ради молодих учених ЦНТУ;

Дорєнський О.П. – науковий керівник СНТ ЦНТУ

Даркіна В.О. – голова СНТ Центральноукраїнського національного технічного університету.

*Редакційна колегія:* Черновол М. І., д-р техн. наук, проф. (відповідальний редактор); Аулін В. В., д-р техн. наук, проф. (заст. відп. редактора); Лисенко С. В., канд. техн. наук, доц. (відповідальний секретар); Кулєшков Ю. В., канд. техн. наук, проф.; Солових Є.К., канд. техн. наук, проф.; Мажєйка О. Й., канд. техн. наук, проф..

*Адреса редакційної колегії:* 25030, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8, Центральноукраїнського національний технічний університет, тел. (0522) 390-473, 551-049.

*Відповідальна за випуск:* Ворона Т.В.

Збірник містить тези доповідей за матеріалами XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання», що відбулась 20-21 квітня 2017 року на базі кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету.

Матеріали збірника публікуються у авторській редакції.

## ЗМІСТ

<i>С.С. Коробов, В.В. Біліченко</i> <i>МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ</i> <i>МІСЬКИХ АВТОБУСІВ.</i>	9
<i>К.В.Борак</i> <i>УТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ПЛІВОК В ЗОНІ ФРИКЦІЙНОГО КОНТАКТУ.</i>	12
<i>Д.О. Макаренко, О.Д. Деркач, М.М. Науменко</i> <i>ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПАРАЛЕЛОГРАМНОГО</i> <i>КОПІЮВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ.</i>	13
<i>К.С. Дмитрієва, С.В. Очеретенко</i> <i>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА</i> <i>ТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ</i>	16
<i>К.О. Диха, М.Я. Колоднюк, В.М. Франко, О.П. Бабак</i> <i>АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ТЕРТЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ЗНОСУ НАПРЯМНИХ КОВЗАННЯ</i> <i>ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ.</i>	17
<i>А.С. Лузан, О.І. Сідашенко</i> <i>ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НАПЛАВЛЕННЯМ</i> <i>ПОКРИТТІВ З МЕХАНОАКТИВОВАНИХ ПОРОШКОВИХ СУМІШЕЙ.</i>	21
<i>А.В. Гриньків, В.В. Аулін, Д.В. Голуб</i> <i>ВИЯВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ СФЕРИ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ</i> <i>НАПРЯМКІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ</i> <i>ПАСАЖИРІВ І ВАНТАЖІВ В УКРАЇНІ.</i>	24
<i>А.О. Головатий, В.В. Сандул, В.В. Аулін, С.В. Лисенко</i> <i>ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ДЛЯ</i> <i>ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ</i>	27
<i>С.І. Маркович, С.С. Михайлюта.</i> <i>АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ</i> <i>ЗМІЦНЕННЯ ГОЛОВОК ПОРШНІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ</i>	29
<i>М.Я. Головчук, М.М. Студент, С.І. Маркович</i> <i>ВПЛИВ ДІАМЕТРА ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ</i> <i>ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ.</i>	33
<i>Я.Я. Сірак, М.М. Студент, В.М. Довгунік, С.І. Маркович</i> <i>ТРИБОЛОГІЧНА ПОВЕДІНКА ПЛАЗМОЕЛЕКТРОЛІТНИХ ОКСИДОВАНИХ ШАРІВ У</i> <i>ПАРІ ЗІ СТАЛЯМИ 45 ТА У 8.</i>	36

- Х.Р. Задорожна, М.М. Студент, Г.В. Похмурська, С.І. Маркович*  
**ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ЛАЗЕРНО МОДИФІКОВАНИХ КАРБІДОМ КРЕМНІЮ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ.** 40
- С.Є. Катеринич, А.Є. Солових, Є.К. Солових, Б.А. Ляшенко*  
**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТОНАЦІЙНИМ НАПИЛЕННЯМ ПОРОШКІВ НА СПЕЦІАЛЬНІ СПЛАВИ.** 43
- М.В. Красота, Р.А. Осін, О.О. Матвієнко*  
**КОНТАКТНЕ НАВАРЮВАННЯ ПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ ПРОФІЛЬНИМ ЕЛЕКТРОДОМ.** 45
- Р.А. Осін, М.В. Красота, О.О. Матвієнко*  
**ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ НАСОСІВ ОБ'ЄМНОГО ТИПУ.** 47
- О.М. Матвієнків*  
**ВПЛИВ ФОРМИ КРОМОК НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ДУГО-ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ ОЦИНКОВАНИХ ТРУБ.** 49
- В.П. Бондаренко, І.О. Гнатенко, Р.І. Гук, Я.Р. Круглий*  
**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПАР ТЕРТЯ ШАРОШКОВИХ ДОЛІТ.** 52
- А.А. Кочина*  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ПОПИТ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ В ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ.** 54
- Н. Мосьпан, П.Ф. Горбачов*  
**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РАЗОВИХ ЗАМОВЛЕНЬ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ.** 55
- М.Л. Шуляк*  
**ОБґРУНТУВАННЯ ОБЛАСТІ ОПТИМАЛЬНОЇ РОБОТИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАКТОРА.** 57
- М.Д. Струпіляк, Л.С. Шлапак*  
**ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ ІЗ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ.** 59
- Н.М. Гавадзин, П.М. Присяжнюк*  
**МЕТОДИКА ОЦІНКИ АБРАЗИВНОЇ ЗДАТНОСТІ ЧАСТИНОК.** 61
- Д.І. Ступак, В.В. Шаповалов, О.П. Кравченко*  
**ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ VOLVO FH 1242.** 64

- Д.І. Ступак, О.П. Кравченко  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ  
MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS. 67
- В.В. Ананченко, В.Л. Куліківський  
ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ РАМНИХ НЕСУЧИХ СИСТЕМ РОЗКИДАЧІВ ДОБРИВ. 70
- С.В. Ваховський, В.Л. Куліківський, В.М. Боровський  
ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ СТІЛЧАСТИХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРІВ. 73
- Д.Ю. Кравченко, В.Л. Куліківський, В.К. Палійчук  
ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ. 76
- О.О. Степанович, О.В. Степанов, Д.В. Степанов  
ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ГУСЕНИЧНОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ  
ВИКОРИСТАННЯ НАНОПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ. 79
- В.А. Бзенко, В.М. Лопата  
РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АКТИВОВАНОЇ ЕЛЕКТРОДУГОВОЇ  
МЕТАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. 82
- В.П. Распутняк, Д.О. Великодний  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБОРУ ВРОЖАЮ З ЗАСТОСУВАННЯМ  
НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ «МУЛЬТИЛІФТ». 85
- В.Ю. Міщенко, М.І. Агапоненко  
ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ  
ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ. 86
- Т.С. Мавлютов, С.А. Павонський, О.В. Диха  
РОЗРАХУНКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОСУ ОПОР КОВЗАННЯ ДВИГУНІВ  
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН. 87
- К.А. Асатрян, Н.Г. Бережна  
ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
ПІДПРИЄМСТВАХ. 90
- К.Р. Черепанова, Н.Г. Бережна  
СТРУКТУРНА ПРОДУКТИВНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКУ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ  
БУДІВЕЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПОТОКІВ. 91
- А.О. Волченко, В.А. Войтов  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ПРОДУКЦИИ В  
Г. ХАРЬКОВЕ И ПОСТАВЩИКАМИ В ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ. 92

<i>О.О. Оскольский, М.В. Карнаух</i> <b>ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ.</b>	93
<i>В.П. Шмат, А.С. Козенок</i> <b>ЛОГІСТИЧНІ ФАЗИ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ НА СКЛАДАХ АГРОПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ.</b>	94
<i>Р.О. Гиренко, О.М. Горяїнов</i> <b>НАЛАШТУВАННЯ РОБОТИ АВТОТРАНСПОРТА З УЧАСНИКАМИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ В БУДІВЕЛЬНІЙ СФЕРІ.</b>	95
<i>К.О. Герасимова, А.С. Козенок</i> <b>ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДОСТАВКИ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА АГРАРНІ ПІДПРИЄМСТВА.</b>	96
<i>В.А. Гречененко, Д.О. Музильов</i> <b>ХАРАКТЕР ПРОБЛЕМ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕНІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ ЗА КОРДОН.</b>	97
<i>В.Ю. Баламут, Є.І. Калінін</i> <b>ПОКРАЩЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ КІНЦЕВОЇ ПЕРЕДАЧІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ.</b>	98
<i>О.В. Власов, Є.І. Калінін</i> <b>ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВО-ДОВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДО ПРИЧЕПУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ.</b>	99
<i>О.В. Десятниченко, Є.І. Калінін</i> <b>ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ.</b>	100
<i>В.О. Івлєв, С.О. Лузан</i> <b>ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЗЧЕПЛЕННЯ ПОКРИТТЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РЕЖИМІВ ТЕРМООБРОБКИ.</b>	101
<i>О.О. Макаренко, А.Г. Кравцов</i> <b>ОПТИМІЗАЦІЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРОГРАМИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ - SOLVO WMS.</b>	104
<i>Б.В. Білоус, Н.Г. Бережна</i> <b>ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ</b>	105
<i>К.С. Перезва, П.С. Сыромятникова</i> <b>К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСТЕЛЕЙ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740.10.</b>	107
<i>В.А. Усик, Є.І. Калінін Є.І.</i> <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЧІПНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ ЗА РАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЇХ РУХУ.</b>	109

- Е.І. Хоруженко, Є.І. Калінін*  
*ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМУ НАВИШУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗНАРЯДДЯ.* 110
- М.С. Петров, Є.К. Солових, С.Є. Катеринич, А.Є. Солових*  
*ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ БРОНЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ КОМПОЗИЦІЙНИМИ ГАЛЬВАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ НА ОСНОВІ МІДІ.* 111
- Т. Бешімова, М.А. Нефьодов*  
*ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ГУРТОВИХ ВАНТАЖІВ.* 114
- А.О. Заїкіна, О.В. Россолов*  
*БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ НАДІЙНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ.* 116
- І.В. Кравченко, О.В. Россолов*  
*ОРГАНІЗАЦІЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ СИСТЕМИ ПОСТАЧАНЬ ТОВАРІВ ДРІБНИМИ ВІДПРАВЛЕННЯМИ.* 119
- Є.К. Лех, Д.Д. Кондратюк, К.О. Кравченко, О.П. Кравченко,*  
*ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ* 121
- І. Хименко, Є. Любий*  
*ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РОБІТНИКІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ МІСТА КРАМАТОРСЬК ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ.* 126



УДК: 629.1

## **МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ**

**В.В. Біліченко**, проф. д-р техн. наук

**С.С. Коробов**, аспірант

*Вінницький національний технічний університет*

Вирішення загальної проблеми щодо підвищення ефективності експлуатації міських автобусів потребує єдиного підходу до їх обслуговування за фактичним технічним станом. Важливим є те, що на основі встановлення нових залежностей зміни технічного стану агрегатів міських автобусів від пробігу необхідно розробити новий підхід до управління їх ресурсом шляхом корегування періодичності ТО, що рекомендовані виробниками, з урахуванням фактичних умов експлуатації. Це дасть змогу збільшити їх добові пробіги, забезпечити безпеку руху, зменшити простой та собівартість перевезень. Це є актуальним завданням для розвитку транспортної галузі України.

Проблема визначення експлуатаційних показників міських автобусів в даний час є однією з суттєвих в галузі автобусобудування. Автобуси широко експлуатуються в містах і, відповідно, мають негативний внесок у забрудненні міст. Автобусний парк зростає, в свою чергу призводить до погіршення стану навколишнього середовища, не зважаючи на те, що вимоги до шкідливості викидів стають більш жорсткими.

Експлуатаційні показники *міських автобусів* слід розраховувати як на стадії проектування так і при оцінках функціональних властивостей та їх характеристик в процесі експлуатації.

У відповідності зі своєю фізичною природою відмови механізмів *міських автобусів* можуть бути пов'язані з руйнуванням вузлів і деталей механізмів та їх приводів, заклинюванням окремих елементів та іншими причинами, які призводять до того, що він не може виконувати своїх функцій. При вивченні експлуатаційних показників такі відмови прийнято називати відмовами функціонування.

Технічний стан міського автобуса характеризується сукупністю значень певних технічних параметрів, за таких умов ознакою виникнення відмови є вихід значень цих параметрів за межі допуску. Такі відмови називають параметричними. Наприклад, зменшення тиску в пневматичних шинах звичайно не порушує подальшу експлуатацію автобуса, однак з погляду вимог, установлених нормативно-технічною документацією це призводить до недоцільності його подальшого використання. В багатьох випадках параметричні відмови передують відмовам функціонування, а також можуть їх спричиняти.

Для вивчення надійності *міських автобусів* широко застосовується імовірнісний метод [1,2]. Одним з найбільш застосовуваних при описі функціонування основних вузлів і систем автомобілів є математичний апарат однорідних ланцюгів Маркова. В цьому випадку проводиться побудова графа станів автомобіля з урахуванням відмови його систем [3].

Ймовірності  $P_0, \dots, P_n$  знаходження *міського автобуса* в кожному з  $n$  станів визначаються із сукупності рівнянь ймовірностей знаходження його в кожному зі станів:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = \left( 1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\lambda_n}{\mu_n} \right)^{-1}; \\ P_1 = P_0 \times \frac{\lambda_1}{\mu_1}; \\ \dots \dots \dots \\ P_n = P_0 \times \frac{\lambda_n}{\mu_n}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  – інтенсивність потоку відмов відповідних систем;

$\mu_1, \dots, \mu_n$  – інтенсивність потоку відновлення відповідних систем.

Середній час між двома відмовами  $\overline{T}_i$  відповідних систем міського автобуса, а також середній час ремонту (заміни, відновлення)  $\overline{T}_{ei}$  вузлів (деталей), що вийшли з ладу систем, підраховується на основі даних технічної служби.

В якості однієї зі складових інтенсивності потоку відмов прийнятий середній пробіг ( $\overline{L}_i$ ) міського автобуса до відмови відповідного елемента, який потім перерахований через середньодобову швидкість при експлуатації ТЗ в середній час між відмовами відповідних систем [4]:

$$T_i = \frac{\overline{L}_i}{V_{cc}}. \quad (2)$$

Інтенсивності потоку відмов і потоку відновлення відповідно дорівнюють:

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i}, \quad (3)$$

$$\mu_i = \frac{1}{T_{ei}}. \quad (4)$$

Міський автобус є складною технічною відновлювальною системою. Його відмови як правило пов'язані з ушкодженням більш простих елементів, які можуть бути відремонтовані або замінені. Для таких систем в якості показника надійності використовують наробіток до відмови, тобто наробіток об'єкту від початку експлуатації до виникнення першої відмови.

До показників безвідмовності й довговічності відносять кількісні характеристики, опрацьовані у статистичній теорії надійності. Ця теорія описує функціонування великої кількості об'єктів, які виготовляються та експлуатуються у статистично однорідних умовах.

У процесі експлуатації показники безвідмовності й довговічності трактують як характеристики імовірнісних моделей технічних об'єктів. На стадіях експериментальних досліджень, випробувань та експлуатації ці показники визначають як статистичні оцінки відповідних імовірнісних характеристик.

Середній наробіток до відмови – математичне очікування наробітку об'єкта до першої відмови, можна визначити як функцію:

$$L_f = \int_0^{\infty} Lf(l)dl = \int_0^{\infty} P(l)dl, \quad (5)$$

де  $L$  – сумарний наробіток, тис. км;

$P(l)$  – ймовірність безвідмовної роботи;

$f(l)$  – щільність розподілення напрацювання до відмови.

Безпосереднє застосування законів розподілу наробітку до відмови або законів розподілу терміну служби дозволяє вирішувати завдання визначення показників надійності лише приблизно за низкою причин [5]:

– по-перше, закон вибирається формально, за зовнішніми ознаками і часто не відображує процес формування відмови;

– по-друге, для одержання експериментальних даних, що дозволяють судити про закон розподілу, необхідні значний час і витрати.

Робота об'єкту, вихідний параметр якого має закон розподілу, що не залежить від часу, характеризується раптовими відмовами. У цьому випадку відповідно до експонентного закону надійності ймовірність безвідмовної роботи визначається як:

$$P(L) = \exp(-\lambda l),$$

де  $\lambda$  – інтенсивність відмов.

Звичайно в цьому випадку параметри стану вважають випадковими величинами й безвідмовність може оцінюватися згідно незалежній від часу ймовірності знаходження вихідного параметра в допустимих границях  $P_p$  (квазістатична постановка [6]).

Тоді при статичних границях:

$$P_p = P\{R_1 < z < R_2\} = \int_{R_1}^{R_2} \varphi(z) dz, \quad (6)$$

при випадковій границі:

$$P_p = P\{\xi > 0\} = \int_0^{\infty} \psi(\xi) d\xi. \quad (7)$$

Встановити зв'язок між характеристиками  $P(L)$  і  $P_p$  при раптових відмовах можна, якщо розглядати параметр стану  $z$  як випадкову послідовність, спостережувану у фіксованих точках тимчасового інтервалу. У цьому випадку:

$$P(L) = \exp[-(1 - P_p)nL], \quad (8)$$

де  $n$  – середнє число фіксованих точок за одиницю часу.

У загальному випадку технічний стан міського автобуса та якість його оцінювання визначається не одним, а сукупністю  $S$  вихідних параметрів стану  $z_1, z_2, \dots, z_S$ , які можна вважати компонентами деякого вектора  $Z$ . Простір станів можна розділити деякою граничною поверхнею на дві області: область, що відповідає експлуатаційним вимогам, і область відмов. Безвідмовність у цьому випадку визначається як ймовірність того, що за пробіг  $L$  експлуатації міського автобуса параметри його стану  $z_i$  не виходять за відповідні границі  $R_{i1}$  і  $R_{i2}$ , тобто:

$$P(L) = P\{Z \in \Omega / l \leq L\} = P\{R_{11} < z_1 < R_{12} < z_2 < R_{22} \dots < R_{S1} < z_S < R_{S2} / l \leq L\}. \quad (9)$$

Перетинання вектором  $Z$  у якийсь момент часу поверхні граничних станів означає відмову.

Визначальними у характеристиці процесів, що призводять до відмови об'єкту, є швидкість їх протікання [2]. Процеси, що протікають із високою швидкістю (період зміни порядку долі секунди), закінчуються протягом циклу роботи машини й знову виникають при наступному циклі. Для оцінки усередненого параметра потоку відмов необхідно знати щільність спільного розподілу параметра стану  $z(t)$  і швидкості його зміни в часі  $\dot{z}(t)$ . У багатьох випадках такі процеси описуються стаціонарною випадковою функцією з нормальним законом розподілу як самого параметра стану  $z$ , так і швидкості його зміни  $\dot{z}$ . Тоді відповідно до формули Райса усереднений параметр потоку відмов визначають так :

$$\bar{\mu} = \frac{1}{2\pi} \frac{\sigma_{\dot{z}}}{\sigma_z} \exp\left[-\frac{(R - m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right], \quad (10)$$

де  $\sigma_z$  і  $\sigma_{\dot{z}}$  – середньоквадратичні значення відповідно  $z$  і  $\dot{z}$ ;  $R$  – границя.

Безвідмовність, як імовірність відсутності за час наробітку  $L$  першої параметричної відмови, визначають так:

$$P(L) = \exp \left\{ -\frac{T}{2\pi} \frac{\sigma_{\dot{z}}}{\sigma_z} \exp \left[ -\frac{(R - m_z)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} \quad (11)$$

Процеси, що протікають із середньою швидкістю, відбуваються під час безвідмовної роботи автопоїзда і вимірюються пробігом.

Дослідження надійності поділяється на три основні етапи:

- побудова на основі теоретичних або експериментальних досліджень залежності відмови основних частин міського автобуса від пробігу;
- ретельний статистичний аналіз умов експлуатації, імовірнісний опис показників надійності;
- побудова розподілу вихідного параметра.

Розподіл вихідного параметра є достатнім, щоб за формулами (6-8) визначити оцінки надійності  $P_p$  і  $R(L)$ .

#### Список літератури:

1. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.П. Кравченко // Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Х. : ХНАДУ, 2007. – 36 с.
2. Проников А.С. Параметрическая надежность машин / Проников А.С. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.
3. Бажинов О.В. Надійність автомобільних поїздів: монографія / О.В. Бажинов, О.П. Кравченко. – Луганськ : Ноулідж, 2009. – 412 с.
4. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.П. Кравченко // Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Х.: ХНАДУ, 2007. – 36 с.
5. Солтус А.П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Учебное пособие для вузов / Солтус А.П. – Кременчук : КПУ, 2003. – 152 с.
6. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей / Лукинский В.С., Зайцев Е.И. – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.

## УТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ПЛІВОК В ЗОНІ ФРИКЦІЙНОГО КОНТАКТУ

**Борак К.В. к.т.н.**

*Житомирський агротехнічний коледж*

Поверхня вітчизняних робочих органів ґрунтообробних та посівних машин утворюється в результаті механічної обробки та подальшої термообробки. Стальний лист для виготовлення робочих органів дискових ґрунтообробних та посівних машин, які виробляють світові лідери (Bellota, Case), прокатується у двох перпендикулярних напрямках, а диски підлягають складній термо- та дробоструминній обробці. Термообробка робочих органів направлена на усунення внутрішніх напружень, як у внутрішніх шарах так і на поверхні металу. Хоча деякі дослідники експериментально підтвердили, що наявність напружень стискання позитивно впливають на зносостійкість сталей. Незважаючи на досить складну

обробку, поверхневий шар робочих органів знаходиться далеко від аморфного стану (шару Бейльбі).

Після виготовлення робочий орган (в більшості випадків) покривають захисним покриттям для недопущення окиснення та утворення поверхневих плівок, але вже під час перших хвилин експлуатації даний шар зникає і на поверхні робочих органів починають утворюватись поверхневі плівки. Данні плівки мають відмінні від основного металу властивості, що підтверджено багатьма дослідженнями. Так проаналізувавши велику кількість праць В.М. Кашеев зробив наступний висновок «...ослаблений слой, по мнению ряда исследователей, есть естественно образующийся на всякой поверхности твердого тела слой, имеющий меньшую сопротивляемость пластической деформации и более низкий предел упругости чем слой, лежащие глубже нескольких размеров кристаллитов одного и того же состава. Тот факт, что поверхность металла, обладает особыми свойствами, беспорен» [1].

При взаємодії поверхні металу з ґрунтом, в результаті взаємодії робочої поверхні з абразивною масою, відбувається постійне руйнування (мікрорізання, полідеформаційне руйнування), видалення та утворення нових поверхневих плівок. Особливістю утворення нових поверхневих плівок є суттєва їх відмінність за фізико-механічними та хімічними властивостями від попередніх та по площі поверхні робочого органу. Це в свою чергу пов'язано з відмінними зовнішніми чинниками, які діють на різні зони поверхні робочого органу (тиск, швидкість, хімічний, фізичний та механічний склад абразивної маси та ін.). Механізм утворення таких плівок до цього часу залишається не вивченим, оскільки він є складним, а самі плівки нестабільні.

Встановлення закономірностей утворення поверхневих плівок, визначення їх фізико-механічних та хімічних властивосте в залежності від зовнішніх чинників, дозволить з іншого боку поглянути на питання підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних та посівних машин.

### Література.

1. Кашеев В.Н. Процессы в зоне фрикционного контакта металлов. М.: Машиностроение, 1978. – 213 с.

УДК 631.33

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПАРАЛЕЛОГРАМНОГО КОПІЮВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

**Деркач О.Д.**, доц., канд. техн. наук;  
**Науменко М.М.**, доц., канд. техн. наук;  
**Макаренко Д.О.**, аспірант

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет*

Визначення навантажень в шарнірних з'єднаннях механізму копіювання посівних машин є важливою задачею для обґрунтування його раціональних параметрів. При роботі посівного комплексу на ідеально плоскій поверхні поля навантаження можуть визначатись з рівнянь статки [1]. В роботі [2] наведено детальний кінематичний аналіз цього механізму при копіюванні нерівностей ґрунту. Проте відмічені труднощі аналітичного визначення сил інерції, і сили, що діють на механізм знаходять з рівнянь статки.

В роботі, що пропонується, виведені диференціальні рівняння руху складових елементів механізму для посівного комплексу Агро-Союз Turbosem II 19-60 при взаємодії опорного колеса дисково-анкерного сошника з поверхнею поля. Схема посівного комплексу,

особливістю якої є наявність зубчастого прикочуючого колеса 8 і притискної пружини 4, наведена на рисунку 1.

При роботі сівалки на плоскій поверхні поля всі її елементи, крім диска і коліс здійснюють рівномірний, поступальний рух. Динамічні навантаження, що виникають в з'єднаннях окремих елементів можуть визначатись із статичних рівнянь.

Розглянемо, як впливають можливі нерівності поверхні на навантаження в з'єднаннях.

Враховуючи, що верхня тяга паралелограмного механізму – 1 і нижня – 2 (рис. 1) при подоланні перешкоди здійснюють плоско-паралельний рух, для кожної з них складаємо три диференціальні рівняння.

Для верхньої тяги рівняння мають вигляд:

$$m_1 \ddot{x}_1 = R_{BX} - R_{AX}; \quad (1)$$

$$m_1 \ddot{y}_1 = R_{BY} - R_{AY} - P_1 - S_D - \frac{1}{2} \cdot P_4; \quad (2)$$

$$I_1 \ddot{\varphi}_1 = R_{AY} AC_1 \sin(\varphi_c + \varphi) - R_{AX} AC_1 \cos(\varphi_c + \varphi) + R_{BY} [AB \sin(\varphi_0 + \varphi) - AC_1 \sin(\varphi_c + \varphi)] - R_{BX} [\cos(\varphi_0 + \varphi) - AC_1 \cos(\varphi_c + \varphi)] - \left(\frac{1}{2} P_4 + S_D\right) \times [AD_1 \sin(\varphi_0 + \psi + \varphi) - AC_1 \sin(\varphi_c + \varphi)] \quad (3)$$

де  $m_1$  – маса тяги АД;

$I$  – осьовий момент інерції важеля АД відносно центральної осі;

$\ddot{x}_1$  – проекція прискорення центра мас (точки  $C_1$  на рис. 1) на вісь  $x$ ;

$\ddot{y}_1$  – проекція прискорення центра мас на вісь  $y$ ;

$P_4$  – вага пружини;

$P_1$  – вага тяги АД;

$S_D$  – реакція пружини  $DD_1$  (рис. 1);

$\varphi_0, \psi$  – кутові конструктивні розміри (рис. 1);

$\varphi_c$  – кут, який визначає початкове положення центра ваги важеля  $C_1$ ;

$\varphi$  – поточне значення кута обертання тяги;

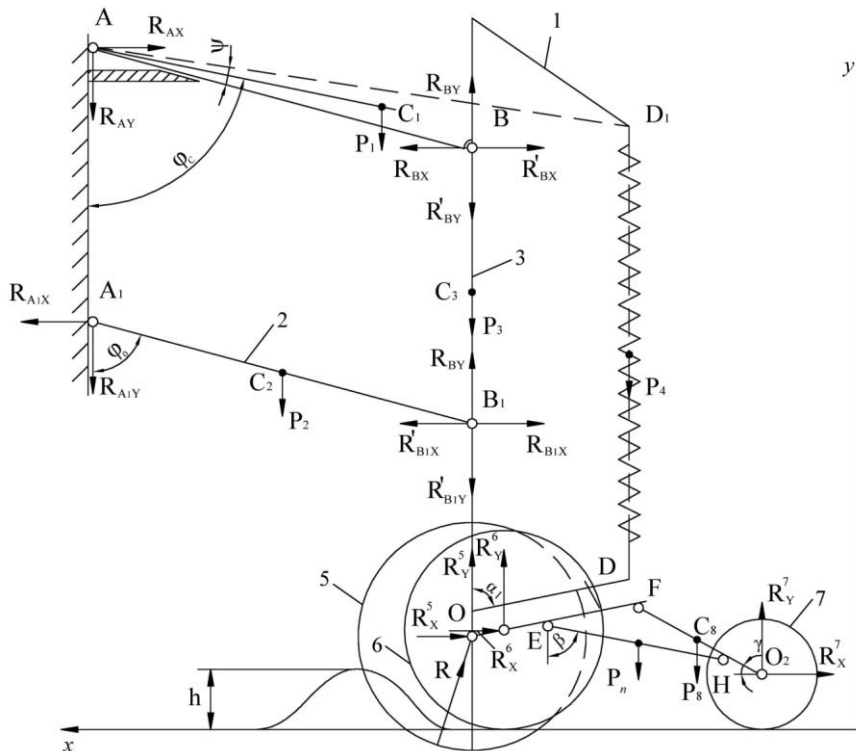


Рисунок 1 – Схема взаємодії між елементами паралелограмного копіювального механізму

Диференціальні рівняння для нижньої тяги механізму:

$$m_2 \ddot{x}_2 = R_{A_1X} - R_{B_1X}; \quad (4)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 = R_{B_1Y} - R_{A_1Y} - P_2; \quad (5)$$

$$I_2 \ddot{\varphi} = R_{A_1Y} A_1 C_2 \sin(\varphi_0 + \varphi) + R_{A_1X} A_1 C_2 \cos(\varphi_0 + \varphi) + \\ + R_{B_1Y} C_2 B_1 \sin(\varphi_0 + \varphi) + R_{B_1X} C_2 B_1 \cos(\varphi_0 + \varphi) \quad (6)$$

де:  $m_2$  – маса нижньої тяги;

$P_2$  – її вага;

$\ddot{x}_2$  і  $\ddot{y}_2$  – проекції прискорення центра мас тяги на осі  $x$  та  $y$ ;

$I_2$  – осьовий центральний момент інерції;

$R_{A_1X}, R_{B_1X}, R_{A_1Y}, R_{B_1Y}$  – проекції реакцій на осі  $x, y$ , що виникають в з'єднаннях  $A_1$  і  $B_1$ .

Цілком очевидно, що динамічні навантаження на окремі вузли перевищуватимуть статичні і вони будуть тим більшими, чим значимішими будуть розміри перешкоди. Екстремальною ситуацією слід вважати таку, при якій довжина перешкоди буде меншою за міжосьову відстань між опорним та зубчастим колесом, а висота перешкоди більшою за заглиблення зубчастого колеса в ґрунт.

Як відомо в існуючих дослідженнях [2] рельєф поля можна представити синусоїдальною поверхнею з довжиною хвилі  $l = 0,2$  м і амплітудою  $\Delta = 0,049$  м. За таких обставин, при подоланні перешкоди опорним колесом посівної секції, зубчасте колесо вийде з зачеплення з ґрунтом, або ж його взаємодія з ґрунтом стане мінімальною, а пружина опорного колеса розвантажиться і в результаті сама пружина і деталі механізму які вона з'єднує будуть здійснювати поступальний рух разом з основним елементом сівалки.

Диференціальні рівняння руху стійки разом з опорним колесом мають вигляд:

$$m_3 \ddot{x}_3 = R_{B_1X} - R_{B_1X} - R_x^6 - R \sin \theta; \quad (7)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 = -R_{B_1Y} - R_{B_1Y} - P_3 - Q - P_0 - \frac{1}{2} P_4 - P_n - P_8 - P_7 + R_y^6 + S_D; \quad (8)$$

$$\sum M_o = R_{B_1X} \cdot OB_1 - R_{B_1X} \cdot OB - Q \frac{1}{2} OD \sin \alpha_1 - \\ - P_H (OE \sin \alpha_1 + \frac{1}{2} EH \sin \beta) - P_8 (OF \sin \alpha + \frac{1}{2} FO_2 \cos \gamma) - \\ - (\frac{1}{2} P_4 + S_D) OD \sin \alpha_1 + R_y^6 OC \sin \alpha_1 - R_x^6 OC \cos \alpha_1 = 0 \quad (9)$$

де  $P_n$  – вага пружини ЕН (рис. 1).

При складені диференціальних рівнянь руху колеса будемо вважати, що профіль поверхні поля описується гармонійною функцією з амплітудою  $\Delta$  і довжиною хвилі  $l = 2a$  (рис. 1)

За наведеною на рис. 1 схеми сил, що діють на колесо, диференціальні рівняння його руху запишуться в вигляді:

$$m_6 \ddot{x}_6 = R_x^\Gamma - R_x^\Gamma; \quad (10)$$

$$m_6 \ddot{y}_6 = R_y^\Gamma - R_y^\Gamma - P_K; \quad (11)$$

$$I_6 \ddot{\varphi}_6 = R_x^\Gamma \cdot r_6 - R_y^\Gamma \cdot f \quad (12)$$

де:  $m_6$  – маса колеса;

$I_6$  – осьовий момент інерції колеса;

$\ddot{x}_6, \ddot{y}_6$  – проекції прискорення центра колеса на осі  $x$  і  $y$  відповідно;

$\ddot{\varphi}_6$  – кутове прискорення колеса;

$R_x^\Gamma, R_y^\Gamma$  – складові реакції ґрунту;

$r_6$  – радіус колеса;

$f$  – коефіцієнт тертя кочення.

Таким чином навантаження на з'єднання елементів сівалки в спрощеному варіанті можна знаходити з диференціальних рівнянь (1-12).

### Висновки

Запропонована математична модель динамічної взаємодії дисково-анкерного сошника з поверхнею поля. Виведені диференціальні рівняння руху окремих елементів паралелограмного механізму при копіюванні нерівностей поля.

Отримана система рівнянь дозволяє визначити сили, які виникають в з'єднаннях механізму з максимальним врахуванням реальних виробничих умов і її доцільно використовувати при обґрунтуванні раціональних параметрів цього механізму

### Список літератури

1. Деркач О.Д. До питання створення широкозахватних посівних комплексів з підвищеним ресурсом рухомих з'єднань / О.Д. Деркач, М.М. Науменко, Д.О. Макаренко [та ін.]. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2015. – №159. – С. 186-193.

2. Заварзин В.А. Обоснование параметров и режимов работы копирующего механизма рабочих органов почвообрабатывающего посівного комплекса: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01 – технологи и средства механизации сельского хозяйства / Алтайский государственный аграрный университет – Барнаул, 2003. – 166 С.

УДК: 659.96

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Дмитрієва К.С.

Очеретенко С.В., канд.техн.наук, доцент

Відсутність чітких вказівок до формування критерію ефективності призводять до існування великої кількості різних варіантів цільової функції для однієї і тієї ж постановки завдання і, як наслідок, до такого ж кількості варіантів вирішення завдання. Це обумовлено суб'єктивністю прийняття рішень, оскільки обидва етапи формування критерію ефективності функція підприємства, тобто вербальне опис мети і її формалізація, можуть призводити до різних варіантів, що залежать від поглядів дослідника на результати функціонування об'єкта.

У роботах [1-3] пропонуються конкретні вказівки до написання критерію ефективності. У них пропонується базовий критерій, який в загальному випадку можна уявити у формулі (1)

$$E=R-C \quad (1)$$

де  $E$  - ефективність системи;

$R$  - результати функціонування системи;

$C$  - витрати на досягнення результатів.

Для визначення ефективності підприємства необхідно скласти перелік критеріїв які, безпосередньо, впливають на роботу підприємства.

Природно, що зведення цих показників в один критерій без додаткових перетворень неможливо, так як вони мають різний фізичний зміст і, як наслідок, різні вимірники. Навіть бальна оцінка стану тих чи інших показників не допомагає подоланню цих протиріч.

Використання принципів багатокритеріальної оптимізації є найбільш загальним способом подолання невизначеностей в рішенні багатокритеріальних задач [1].



Найвідоміший з них - принцип Парето або принцип 80/20.

Оптимальним по Парето називається такий варіант рішення, який не може бути поліпшений за жодним критерієм, без того, щоб не погіршився значення будь-якого іншого критерію [1].

У найбільш загальному вигляді формулюється як «20% зусиль дають 80% результату, а інші 80% зусиль - лише 20% результату» [2].

Використовувати метод переходу від многокомпонентного критерію до єдиного критерію отримаємо єдиний критерій підвищення ефективності підприємства. Найпростішим з методів є метод послідовної оптимізації. Суть методу полягає в пошуку і оптимізованості кожного критерію підприємства, отже, його можна представити як (2)

$$Y_1 \rightarrow opt, Y_2 \rightarrow opt \dots Y_n \rightarrow opt \quad (2)$$

де  $Y$  – критерії ефективності системи;

$n$  – кількість приватних критеріїв ефективності системи;

Цільова функція вирішується однокритеріальних завданням пошуку оптимального значення самого значимого критерію [3].

$$Y_1 \rightarrow opt \quad (3)$$

Після чого задаються допустимі межі зміни для цього приватного критерію  $\Delta Y_1$  і вирішується завдання оптимізації другого приватного критерію в отриманій області (4).

$$Y_2 \rightarrow opt; \text{ при } Y_1 \in [Y_{1opt}; Y_{1\Delta}] \quad (4)$$

де  $Y_{1opt}$  – оптимальне значення першого критерію ефективності;

$Y_{1\Delta}$  – найгірше значення першого приватного критерію ефективності;

На наступному етапі задається допустиме відхилення для другого критерію і оптимізується третій критерій в області рішень, обмежених в жодному  $\Delta Y$ . Процес триває до тих пір, поки не оптимізований останній,  $n$ -й критерій [3].

### Список літератури:

1. Горбачев П.Ф. Основы теории транспортных систем / П.Ф. Горбачев, И.А. Дмитриев. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2002. – 202 с.
2. Ричард К. [Закон Парето или Принцип 80/20](#)/ Стаття Давыдова А. А. «Убывающие числовые последовательности в социологии: факты, объяснения, прогнозы». – м. Бірмінгем, 2001. – 151 с.
3. Методы оптимизации в экономико-математическом моделировании/ Пообщей редакции Е.Г. Гольштейн. АН СССР, Центральный экономико-математический институт. – М.: "Наука", 1991. – 444 с.

УДК 621.891

## АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ТЕРТЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ЗНОСУ НАПРЯМНИХ КОВЗАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

**К.О. Диха, аспірант**

**М.Я. Колоднюк, студ. гр. МТВАм-12-1,**

**В.М. Франко, студ. гр. МТВАм-12-1,**

*Хмельницький національний університет*

Напрямні ковзання відносяться до опорних деталей машин, які забезпечують задане взаємне розміщення рухомих вузлів і можливість їх переміщення в напрямі прямолінійного

руху. В результаті огляду літературних джерел [1, 2, 3] визначено, що переважна кількість верстатів виходять з ладу через знос деталей напрямних, який різко знижує точність обробки, зменшує продуктивність через простої, вимагає значних виробничих потужностей і кваліфікованих кадрів для ремонту.

Умови роботи напрямних металорізальних верстатів характеризують наступні чинники: тиск та його змінність під час реверсивного руху; швидкість ковзання та змащування напрямних; температура та забруднення напрямних або мастила відходами обробки (стружкою, піском, окалиною, абразивом) тощо.

Навантаження на напрямні у більшості верстатів в процесі робочого циклу не однакове. За умови зворотно-поступального руху тиск на напрямні від сил різання складає лише частку загального навантаження, а більше половини шляху тертя відбувається в режимі холостого ходу при зниженому тиску. Найбільші допустимі тиски з урахуванням перевертаючого моменту на напрямних подачі з найбільш поширеною парою тертя «чавун – чавун» в універсальних верстатах середніх розмірів складають 2,5...3,0 МПа, а важких верстатів з парою тертя «бронза – чавун» 10...13 МПа. Для характеристики несучої здатності напрямних використовують середнє по довжині значення тиску, яке приймають у 2 рази менше допустимих тисків [2].

Швидкість ковзання в напрямних головного руху при робочому ході в довбальних верстатах складає 0,7...1,0 м/с, а в карусельних – до 6...9 м/с., а в напрямних механізму подачі знаходяться в межах від сотих часток мм/хв. до 3...10 мм/хв. При холостому ході переміщення вузлів верстатів швидкість ковзання перевищує 1 м/хв.

Найважливішою характеристикою роботи напрямних ковзання верстатів вважається режим тертя.

Граничне тертя характерно при швидкості ковзання до 50...100 мм/хв., коли гідродинамічна піднімальна сила практично відсутня. Розділення поверхонь тертя досягають застосуванням мастильних матеріалів, що містять поверхнево активні речовини, зокрема, стеарат алюмінію.

Більшість напрямних механізмів подачі працюють в режимі змішаного тертя, при якому піднімальна гідродинамічна сила сприймає лише частину навантаження і не забезпечує повного розділення поверхонь тертя шаром мастила.

Для напрямних, як і для підшипників ковзання, при заданій в'язкості масла  $\mu$  і тиску  $\sigma$  залежність коефіцієнту тертя  $f_v$  від характеристики режиму роботи  $\lambda = \frac{\mu V}{\sigma}$  або швидкості  $v$  має вигляд, показаний на рис. 1.

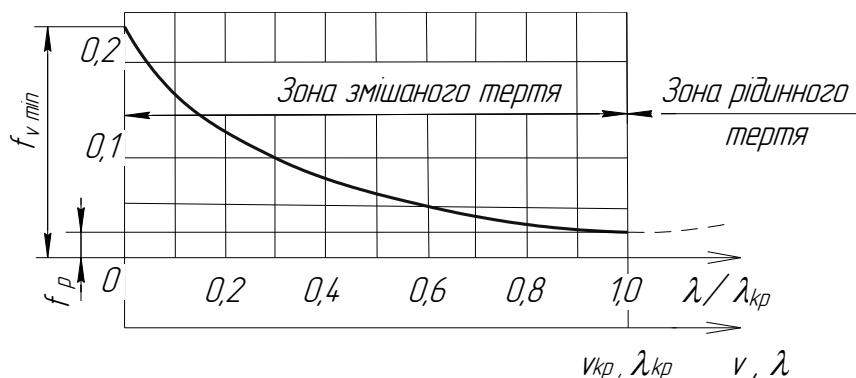


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнту тертя від швидкості ковзання

Швидкість ковзання, за якої коефіцієнт тертя досягає мінімального значення є критичною  $v_{kp}$ , що відповідає початку рідинного тертя.

Для можливості виникнення гідродинамічної піднімальної сили при сталій в'язкості мастила на поверхні напрямної необхідно, щоб товщина мастильного шару змінювалась вздовж опори тертя.

Аналіз кривої  $f_v = \varphi(\lambda / \lambda_{kp})$  на рис. 1 дозволяє оцінити вплив різних чинників на тертя в напрямних. Зокрема показано, що тиск  $\sigma$  при малих швидкостях ковзання ( $V < 30$  мм/хв.) майже не впливає на коефіцієнт тертя. При більших значеннях швидкості за умови змішаного тертя величина  $f_v$  зростає при збільшенні  $\sigma$  через погіршення умов утворення гідродинамічного тиску. За умови рідинного тертя величина  $f_v$  зменшується при підвищенні тиску, що пояснюється незалежністю сили рідинного тертя від нормального тиску. За інших однакових умов меншому тиску відповідає менша критична швидкість.

В'язкість масла  $\mu$  за малих швидкостей ковзання майже не впливає на коефіцієнт тертя  $f_v$ . При збільшенні швидкості вплив в'язкості різко зростає. Чим більше  $\mu$ , тим інтенсивніше зменшується  $f_v$  при збільшенні  $V$  і тим менше значення критичної швидкості.

Напрямні верстатів, виконуючих тільки чистову обробку, зношуються в 1,3...1,5 рази менше, ніж напрямні верстатів, виконуючих одночасно чорнову і чистову обробку.

Знос напрямних по довжині напрямної не рівномірний (рис.2). Найбільшому зносу у відповідності з інтенсивнішим забрудненням і більшим навантаженням піддається передня від токаря направляюча 1. У напрямних фартуха супорта кінці зношуються значно більше середньої частини, біля лівого краю (ближче до передньої бабки) знос більше, ніж біля правого краю. Максимальний знос напрямних фартуха у токарних верстатів більше відповідного зносу напрямних станини в середньому у 2...2,5 рази.

Нерівномірність зносу напрямних станини по довжині є основною причиною зниження точності обробки при поздовжньому обточуванні.

Сучасна наука про зношування матеріалів, зазвичай, розглядає мікрокартину процесу, тобто вивчає ті явища, які відбуваються на даній ділянці поверхні тертя, зокрема вирішуються задачі про характер дотику і взаємодії поверхонь, вивчаються процеси руйнування матеріалів і відокремлення їх частинок, досліджуються зміни в поверхневих шарах тощо.

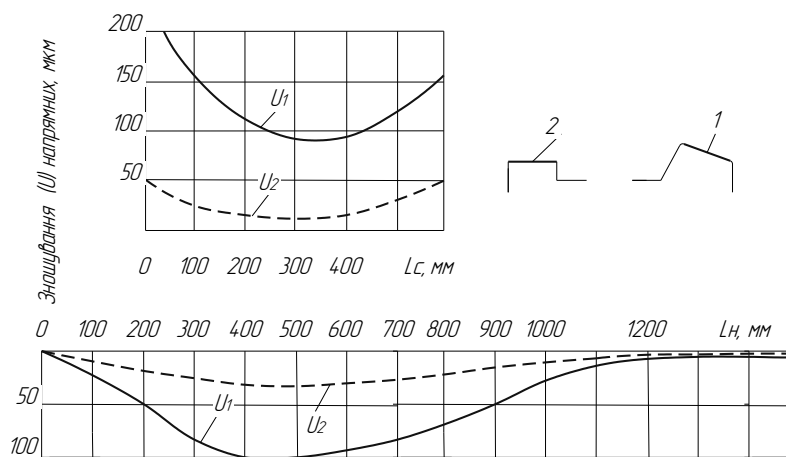


Рисунок 2 –Розподіл зносу по довжині напрямних 1 – 2 станини  $L_h$  і супорта  $L_c$  токарного верстату 1А62 протягом 28 місяцівзмінної роботи

В роботах наукової школи І. В. Крагельського [2, 4] для розрахунку сили тертя використані припущення з молекулярно- механічної теорії з урахуванням того, що в зонах фактичного контакту твердих тіл має місце втискання більш жорстких мікронерівностей у менш жорстку поверхню контр тіла за умови, що один з елементів напрямних ковзання м'якший ніж інший. Якщо обидва елементи виготовлені з одного матеріалу, то втискання в зонах мікро контакту зумовлено різницею в геометричних обрисах мікро нерівностей. Сили тертя залежать від процесів мікросхвачування, які виникають за умови пластичної деформації в зонах фактичного дотикання напрямних.

Враховуючи дотичні напруження на границі контакту, зумовлені міжатомною і міжмолекулярною взаємодією, та геометричні параметри поверхні напрямних, показано, що пластичні деформації в зонах їх фактичного дотику будуть мати місце, якщо матеріал одного з елементів напрямних твердіший за умови  $p_c \geq 0,03$ . Якщо ж елементи напрямних виготовлені з однакових матеріалів, то для типових видів механічної обробки робочих поверхонь пластичні деформації в зонах фактичного дотику матимуть місце при  $p_c \geq 7,8 \cdot 10^{-3}$ .

З урахуванням типових видів механічної обробки поверхонь напрямних ковзання коефіцієнт тертя і сила тертя визначаються за формулами:

$$f = f_m + 0,04 \left( \frac{p_c}{HB} \right)^{1/4},$$

$$T = f_m N + 0,04 \frac{N^{5/4}}{HB^{1/4} \cdot A^{1/4}},$$

Контактний тиск  $p_c$  залежить від конструкції напрямних ковзання, площі контакту і діючого нормального навантаження. З наведених формул слідує, що молекулярна складова коефіцієнту тертя стала за даних умов і залежить лише від фізико-хімічного стану поверхні тертя і яку визначають за результатами лабораторних досліджень. Для кількісної оцінки величини зносу напрямних використано безрозмірну величину – інтегральну лінійну інтенсивність зносу  $I_h$ .

Найбільш інтенсивно робочі поверхні напрямних зношуються за умови дії абразиву, при якому руйнування поверхні тертя відбувається за рахунок втомного зносу.

При пружному контакті  $I_h$  втомного зносу

$$I_h = \frac{0,34 p_m (1 - \mu^2)}{\sigma_0^t E} \left[ \tau_0 + 0,4 \frac{\beta p_c^{0,2} E^{0,8}}{(1 - \mu^2)^{0,8}} \right]^t.$$

При пластичному контакті  $I_h$  втомного зносу

$$I_h = 0,36 \psi^t \left( \frac{4 \cdot 10^{-3} \Delta}{HB} \right)^{(t+1)/4} \cdot \left( \frac{f_m}{\varepsilon_0} \right)^t.$$

У наведених формулах  $\sigma_0$ ,  $\varepsilon_0$ ,  $\mu$ ,  $E$ ,  $HB$  – механічні характеристики поверхні напрямної;  $\tau_0$ ,  $\psi$ ,  $\beta$  – фрикційні показники, залежні від умов роботи пари тертя,  $\Delta$  – показник мікро нерівності поверхні,  $f_m$  – коефіцієнт тертя,  $p_c$  – контактний тиск,  $N$  – нормальна сила навантаження напрямних,  $A$  – площа поверхні контакту.

Показано, що  $I_h$  суттєво залежить від відношення напружень розтягування, які виникають при ковзанні за контактуючими мікро нерівностями в поверхневих шарах елементів напрямних, до міцності цих шарів.

Однією з важливих вимог до робочих поверхонь напрямних є плавність руху їх рухомих елементів. Для поліпшення плавності ходу застосовують спеціальні мастильні матеріали, які містять антистрибкові присадки з вмістом корозійно активних речовин. Ці речовини впливають на чинники, діючі на  $I_h$ , зокрема на напруження розтягування в поверхневих шарах при терті і на характеристики міцності цих шарів. Ступінь впливу цих речовин залежить від відношення вказаних напружень до границі текучості матеріалу поверхневого шару. Чим більше це відношення, тим сильніший вплив мастильного середовища на  $I_h$ . Аналіз показує, що застосування мастильних матеріалів з вмістом ПАР може не тільки зменшувати  $I_h$  (якщо мастило найбільше знижує напруження розтягування, які виникають при терті), але і збільшувати  $I_h$  (якщо мастило більш інтенсивно знижує міцність поверхневих шарів елементів напрямних).

Стосовно характеристики різних режимів тертя напрямних ковзання верстатів описані методики розрахунку і конструювання напрямних та систем реалізації змішаного тертя з гідравлічним і механічним розвантаженням, гідродинамічних напрямних з маслоутримувальними канавками і клиноподібними скосами та гідростатичних напрямних з дросельним регулюванням тиску.

Як зазначено в літературних джерелах [2, 3, 4] у верстатах різного типу в механізмах головного руху і руху подачі умови роботи напрямних на стільки багатобразні, що за результатами дослідження і розрахунку напрямних верстатів можна знайти аналогічні рішення для напрямних будь-якого технологічного обладнання і машин іншого призначення.

### Список літератури

1. Решетов Д. В. Детали машин. Машиностроение, 1966. – 655 с.
2. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. В 2-х кн.: Кн.2 / Под ред. И. В. Крагельского и В. В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1979. – 358 с.
3. Детали и механизмы металлорежущих станков. Т.1. /Коллектив авторов под ред. Д. И. Решетова. – М.: Машиностроение, 1972. – 664 с.
4. Крагельский И. В., Михин Н. М. Узлы трения машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

УДК 621.793.7

## **ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НАПЛАВЛЕННЯМ ПОКРИТТІВ З МЕХАНОАКТИВОВАНИХ ПОРОШКОВИХ СУМІШЕЙ**

**А.С. Лузан<sup>1</sup>, О.І. Сідашенко<sup>2</sup>**

В даний час досить активно розвивається метод отримання порошкових матеріалів шляхом високотемпературного синтезу, що саморозповсюджується (СВС), з попередньою механоактивуючою 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.

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 - стехіометичне

---

<sup>1</sup>інженер

<sup>2</sup>канд. техн. наук, професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства

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 сільськогосподарського 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].

В якості вихідних матеріалів для отримання порошкових наплавочних сумішей використовували порошки титану марки ВТ1-0, вуглецю марки ПМ-15. Функцію металевої зв'язки (матричного матеріалу) виконував самофлюсуючий наплавочний порошок марки ПГ-10Н-01 ТУУ 322-19-004-96. Крім того, для збільшення теплового ефекту в процесі синтезу карбіду титану в механічну суміш вводиться термореагуючий порошок алюмініда нікелю ПТ-НА-01. Теплота утворення алюмініда нікелю становить 142 Дж/моль. Фракційний склад всіх вихідних порошкових компонентів знаходився в межах (63...100) мкм. Обрані компоненти змішувалися, і отримана порошкова суміш піддавалася механічній активації. Вибір даного способу впливу на матеріали обумовлений необхідністю створення композитів, в мікрооб'ємах яких повинна відбуватися реакція СВС.

Для отримання механоактивованих порошкових сумішей застосовувався метод механічної активації в планетарних кульових млинах АГО-2.

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

Дугова наплавка здійснювалася на заготовці із сталі 20. Наплавлення виконували з використанням інверторного джерела живлення Патон ВДІ-200Р DC TIG.

Наплавочну суміш отримували за такою технологією:

- змішування і механоактивація порошків Ti, C і матричного матеріалу 20% ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01;
- самопоширюючийся високотемпературний синтез карбідів;
- дроблення і механоактивація композиту, отриманого на першому етапі, і додаткової кількості матричного матеріалу.

Без введення додаткової кількості матричного матеріалу композит, отриманий на першому етапі, не володіє достатніми зварювально-технологічними властивості для виконання якісної електродугової наплавки валиків.

Порівняльні випробування на зношування наплавлених зразків проводили на машині тертя типу МІ за схемою «диск-колодка» в середовищі індустриального мастила марки І-20 при наступних режимах: середня окружна швидкість ковзання 0,42 м/с, питомий тиск на колодку при нормальному механохімічному процесі зношування становив 8,0 МПа, площа поверхні тертя 1,8 см<sup>2</sup>.

Порівняння результатів триботехнічних випробувань наплавлених матеріалів показали явні переваги покриттів, наплавлених порошковою механічною сумішшю складу «20% (TiC + (20%ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01)) + 80% ПГ-10Н-01» (рис. 1).

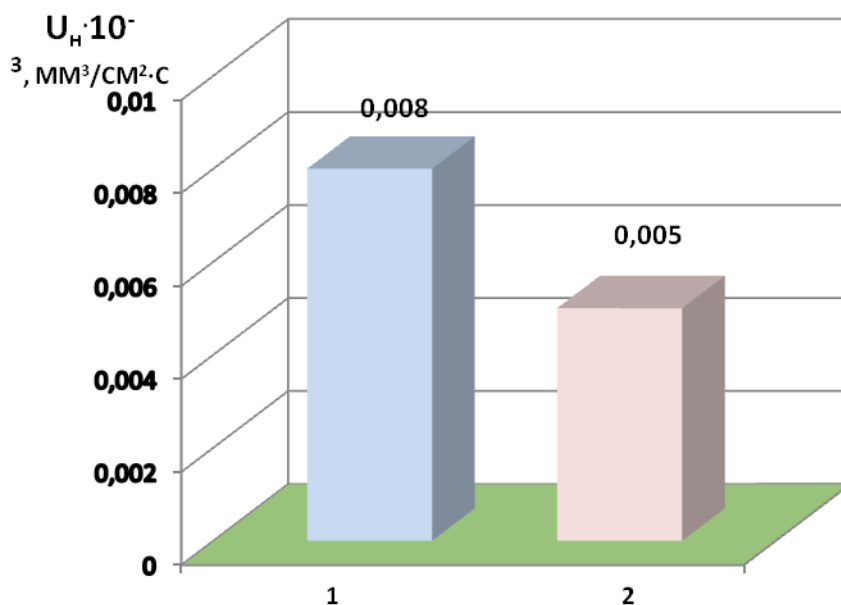


Рисунок 1 – Інтенсивність зношування в процесі нормального тертя в середовищі індустриального мастила пар: покриття ПГ-10Н-01 – сталь 45HRC 50 (1); покриття механічної суміші складу 20% (TiC + (20%ПГ-10Н-01 + 10% ПТ-НА-01)) + 80% ПГ-10Н-01 – сталь 45 HRC 50 (2)

Таким чином встановлено, що інтенсивність зношування покриття, наплавленого з механічної суміші порошку карбїду титана, отриманого по СВС технології, і ПГ-10Н-01 + ПТ-НА-01 в 1,6 раз менше, ніж покриття ПГ-10Н-01.

### Список літератури

1. Евстигнеев В.В. Получение и исследование наноструктурных детонационных покрытий на деталях машиностроения с использованием механокомпозитов типа TiB<sub>2</sub>-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. Рахмянова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – С. 287–291.
4. Лузан С.А. СВС-процессы в технологиях упрочнения и восстановления деталей машин наплавкой и газотермическими способами напыления покрытий (обзор) / С.А. Лузан, А.И. Сидашенко, А.С. Лузан // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: 2016. - № 6. – С. 152-162.г

## **ВИЯВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ СФЕРИ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРЯМКІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ**

**Аулін В.В.**, докт. техн. наук, проф.,

**Голуб Д.В.**, канд. тех. наук, доц.,

**Гриньків А.В.**, аспірант

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

Автомобільний транспорт (АТ) є компонентом транспортної системи України, що виконує ключову роль в розвитку основних галузей промисловості і підвищенні якості життя громадян. Одним з напрямів комплексного вирішення нагальних проблем АТ в Україні є передусім підвищенні надійності і якості функціонування транспортної системи.

Поточну оцінку забезпечення надійності та якості доставки АТ пасажирів і вантажів, істотно ускладнюють індикатори розвитку транспортної системи країни, відображені в Транспортній стратегії. Нормування надійності на АТ в даний час не проводиться, в звітностях підприємств автомобільного транспорту (ПАТ) відсутні критерії, що характеризують безвідмовність їх роботи. Також не визначається надійність та якість доставки замовниками транспортних послуг. Зазначене підлягає ретельному аналізу чинних насьогодні стандартів надійності та якості, виявлення їх ролі в транспортній системі України, впорядкування та удосконалення на цій основі стратегій та технологій пасажирських і вантажних перевезень.

Дана проблема в тому або іншому ступені відображена в роботах вітчизняних і закордонних вчених: М.Г. Босняка, Є.І. Зайцева, В.М. Курганова, О.М. Половко, U. Marlin, V. Neil та ін., але її системні дослідження в Україні відсутні. Метою даної роботи є аналіз системи національних і міжнародних стандартів автомобільного транспорту та виявлення основних проблем сфери нормативного регулювання напрямків забезпечення надійності та якості перевезень пасажирів і вантажів в Україні.

Нормативне забезпечення надійності транспортних систем в даний час в Україні базується на використанні ряду комплексів і груп національних і міжнародних стандартів (рис. 1).

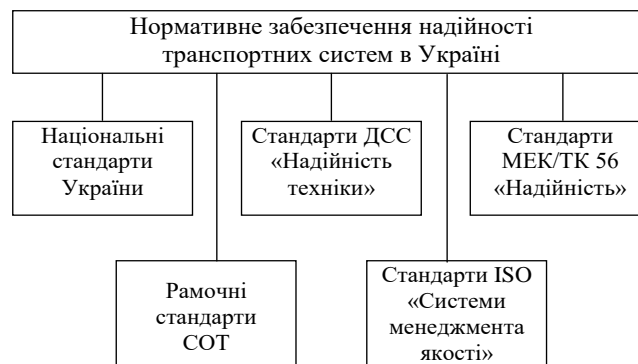


Рисунок 1 - Нормативне забезпечення надійності транспортних систем в Україні

Система стандартів «Надійність в техніці» (ССНТ) - це сукупність взаємозв'язаних основоположних міждержавних стандартів, що встановлюють загальні для всіх видів



технічних об'єктів положення, принципи, правила і методи забезпечення надійності технічних об'єктів на всіх стадіях їх життєвого циклу.

ССНТ була розроблена в межах Державної системи стандартизації України (ДССУ). До ДССУ входить комплекс з основоположних стандартів: ДСТУ 1.0:2003, ДСТУ 1.1:2001, ДСТУ 1.2:2003, ДСТУ 1.5:2003, ДСТУ 1.7:2001, ДСТУ 1.13:2001, ДСТУ ISO/IEC Guide 59:2000. Всі стандарти, що узгоджені з вимогами міжнародних стандартів Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК), входять в систему національних стандартів. Основоположним стандартом в ССНТ є ДСТУ 2861-94 «Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення», яким встановлюється структура і склад об'єктів, правила, найменування і позначення, виявляється два основних підходи до аналізу надійності об'єктів: за результатами заходів і способів забезпечення надійності на етапах проектування, виробництва та експлуатації відповідно до програми забезпечення надійності (ПЗН); за умовами експлуатації, причинами і механізмами відмов, показниками надійності елементів, стратегіями технічного обслуговування та ремонту тощо.

Комплекс стандартів «Надійність техніки» є складовою частиною системи функціонуючих національних стандартів, яка спрямована на нормативне забезпечення робіт, пов'язаних із зниженням технічних, технологічних, економічних і інших ризиків в процесі експлуатації складних виробничо-економічних систем.

Значна роль в зниженні ризиків відводиться аспектам надійності і безпеки, оскільки на практиці ніяка система не може бути абсолютно надійною і безпечною. Нормативне забезпечення надійності функціонування складних систем в межах системи стандартів «Надійність техніки», погоджено з міжнародними стандартами ISO і МЕК, в яких містяться рекомендації по забезпеченню надійності, та регламентовані методи аналізу систем, якісні і кількісні критерії оцінки їх надійності.

Під системою надійності техніки будемо розуміти систему скоординованих дій по управлінню організацією у сфері надійності: визначення мети, аналіз необхідності і значущості робіт, складання стратегічного плану дій для досягнення мети, виконання вибраних дій, аналіз і оцінка досягнутих результатів для подальших дій удосконалення.

Визнання акредитації закордонних органів зі сертифікації й випробувальних лабораторій, а також сертифікатів і знаків відповідності в Україні здійснюється на основі дво- і багатосторонніх угод, учасником яких є наша країна. МЕК є однією з найбільших і представницьких організацій по стандартизації. Розробку нормативного забезпечення надійності здійснює технічний комітет 56 «Надійність» МЕК (МЕК/ТК 56 «Надійність»). Стандарти МЕК/ТК 56 «Надійність» охоплюють загальні аспекти управління програмами безвідмовності і ремонтпридатності, випробування і аналітичні методи, надійність програмного забезпечення і систем, вартість життєвого циклу, аналіз технічних ризиків і управління проектними ризиками. Ці стандарти включають стандарти, що відносяться до продукції, починаючи від питань безвідмовності компонентів до керівництва по забезпеченню надійності систем, до питань аналізу процесів, починаючи від технологічного ризику до комплексного матеріально-технічного забезпечення та питань менеджменту, починаючи від програм управління надійністю до управління старінням. Технічні органи МЕК працюють у взаємодії із міжнародними стандартами, яких дотримуються виробники, прагнучі конкурувати на світовому ринку.

Роботи по нормативному регулюванню в області забезпечення надійності процесів і систем по лінії ISO ведуться в межах Підкомітету 2 «Системи якості» технічного комітету ТК 176 «Управління якістю і забезпечення якості». Основною задачею даного підкомітету є стандартизація основоположних принципів систем якості (серія 9000) в межах загальної задачі комітету - розробки одноманітного підходу до вирішення питань якості продукції.

Оскільки Україна немає єдиної номенклатури системи показників, вимог та єдиних прийнятих методик дослідження якості відображених в державних стандартах, то доцільним для наукових досліджень і практичних висновків по них може бути використання використання ГОСТ Р 51004-96 «Услуги транспортные. пассажирские перевозки.

Номенклатура показателей качества»; ГОСТ Р 51005-96 «Услуги транспортные. Грузовые перевозки. Номенклатура показателей качества»; ГОСТ Р 51825-2001 «Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования»; Європейський стандарт оцінки якості в сфері транспорту DIN EN 13816:2002 «Транспортування. Матеріально-технічне забезпечення та послуги. Громадський пасажирський транспорт. Визначення якості обслуговування, складання завдань і принципи вимірів».

З нормативного аналізу визначено, що основними чинниками забезпечення надійності транспортної системи є: організаційно-функціональна структура і персонал виконавця; стан ресурсів, процес їх підготовки, забезпечуючі процеси; транспортний процес і диспетчерське управління. Організаційно-функціональна структура виконавця повинна забезпечувати розподіл обов'язків і відповідальностей персоналу, виходячи з можливостей виконання заданого об'єму послуг при встановленому рівні якості, дотриманні кваліфікаційних вимог. Він повинен проводити необхідні заходи щодо забезпечення відповідності професійної придатності персоналу посади, включаючи процедури підтримки і підвищення кваліфікації. Підготовка ресурсів направлена на забезпечення транспортного процесу виробничими ресурсами, параметри яких відповідають вимогам нормативних і технічних документів, а також на організацію і здійснення процесів, що забезпечують їх підтримку. Запасні частини, устаткування і матеріали, що закуповуються, повинні мати документальне підтвердження їх відповідності вимогам обов'язкових регламентів, якщо вони встановлені законодавством.

Виконавець транспортної послуги повинен мати в своєму розпорядженні організаційно-технологічні можливості для забезпечення зберігання, ТО і Р автотранспортних засобів, своєчасного проведення державних технічних оглядів, передрейсових і післярейсових технічних оглядів, придбання запасних частин і матеріалів, екіпіровки рухомого складу, інформаційного забезпечення.

Проведений аналіз досліджень наявності і змісту стандартів надійності транспортних систем і якості їх функціонування дозволив встановити, що в даний час ще не повністю розроблена методологія розв'язання проблеми забезпечення надійності транспортних систем перевезень вантажів і пасажирів автомобільним транспортом. На практиці відомі рішення по зниженню збоїв в роботі транспортної системи, які базуються, в основному, на знаннях методології окремих наукових напрямів: безпеки дорожнього руху, технічної експлуатації автомобілів, ситуаційного управління, теорією надійності технічних систем, ризик-менеджментом, управлінням ланцюгами поставок. Відсутність практики нормування надійності на автомобільному транспорті обумовлює низьку узгодженість у взаємодії учасників процесу перевезень, велика кількість збоїв в роботі ПАТ, збільшенню штрафів за невиконання договірних зобов'язань перед замовником і за порушення законодавства. Існуюче нормативне забезпечення надійності функціонування автомобільного транспорту України формує система стандартів «Надійність техніки», міжнародні стандарти МЕК/ТК 56 «Надійність», стандарти ISO серії 9000, рамкові стандарти ВТО, блок національних стандартів по організації автомобільних перевезень. Відсутність механізму обов'язкового застосування даних стандартів є стримуючим чинником підвищення надійності функціонування АТ.

Забезпечення надійності процесів перевезень автомобільним транспортом є актуальною науково-практичною проблемою, успішне вирішення якої істотно підвищить ефективність транспортної системи України.

УДК 656

## **ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ**

А.О. Головатий, *ст. гр. АТ-13,*

В.В. Сандул, *ст. гр. АТ15-2,*

В.В. Аулін, *проф., д-р техн. наук,*

С.В. Лисенко, *доц., канд. техн. наук*

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

В методологічному напрямі сучасні тенденції, що відбуваються на автомобільному транспорті можна охарактеризувати як новий і трансформаційний етап його розвитку. Значний вплив при цьому має логістичний підхід застосований до організації управління автомобільним транспортом з метою функціональної цілісності окремих його ланцюгів з певним рівнем спеціалізації, інформатизації і поточності виробництва.

З розвитком транспортної логістики загострилися проблеми питання розвитку автомобільного транспорту, використання системи показників, у т.ч. і надійності. Логістика, як напрям в менеджменті, стрімко розвивається і завдяки інформаційним технологіям, оскільки багатофункціональна діяльність неможлива без застосування сучасних інформаційних і автоматизованих систем, а ефективність управління в значній мірі залежить від ефективності інформаційного забезпечення, тобто інформаційної логістики.

В зв'язку з цим транспортна логістика включає нову модель розвитку транспорту, яка розглядається у вигляді єдиної логістичної системи, в якій технічні, технологічні і економічні можливості взаємно доповнюють один одного, щоб повністю задовольнити вимогам транспортного ринку.

Структура такої єдиної логістичної системи наведена на рис.1.



Рисунок 1 – Єдина логістична система

В зв'язку з поширенням логістичного підходу в системах управління АТП питання їх стану, його діагностика інтегрується з питаннями логістичного управління.

Згідно логістичного підходу діяльність учасників ринку надання транспортних послуг можна розглядати як діяльність в межах логістичної системи або їх сукупностей (рис.2).

Розглядаючи методологічну базу логістики, виділимо застосування діагностичних методів при проведенні аналізу логістичних систем баз зазначення взаємозв'язку з системою керування. При аналізі логістичних систем виділяється дванадцять етапів. Для чотирьох з них можливе застосування діагностичних методів. Перший етап – аналіз проблеми в області логістичного обслуговування споживачів; третій етап – аналіз структури логістичної

системи; десятий етап – аналіз існуючої логістичної системи; дванадцятий етап – розробка логістичної організації для досягнення цілей логістичної системи. Отже діагностика може застосовуватися у двох аспектах: як етап в системах прийняття рішень (управління) і як блок методів для цілей аналізу різних об'єктів. Використання логістичних принципів в управлінні транспортом приводить до змін структури і організації систем автомобільного транспорту. Створюється основа для дослідження нових властивостей і характеристик автомобільного транспорту.

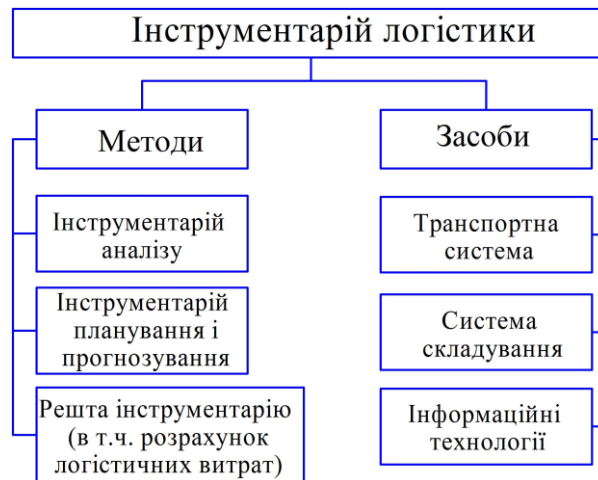


Рисунок 2 – Логістична система

У розвитку автомобільного транспорту можна виділити наступні головні логістичні закономірності: комплексність перевізної діяльності; інтегрованість логістичної системи; узгодженість логістичної системи; гармонізація інтересів учасників перевізної діяльності.

Інтегрованість перевізної діяльності передбачає сприйняття початкових процесів на протязі всього логістичного ланцюга з оцінкою транспортування як головної логістичної функції. Інтегрованість логістичної системи є логічним продовженням комплексності перевізної діяльності, по якій обов'язковим є інформаційне об'єднання суб'єктів логістичного ланцюга у логістичну систему з можливим створенням нових організаційних форм – логістичних мереж. Узгодженість логістичної системи полягає у забезпеченні технічної, технологічної, правової, організаційної, економічної форми відповідальності організації оптимального функціонування транспортної галузі.

Гармонізація інтересів учасників перевізної діяльності деталізує один з проявів узгодженості логістичної системи – економічну форму відповідальності у зв'язку з значними протиріччями комерційних інтересів, полягає у взаємному узгодженні, координації, уніфікації і зведенні господарських процесів у єдину систему і в процесі реалізації забезпечує досягнення економічних компромісів.

Автомобільний транспорт з позиції логістики займає важливе місце в системі управління матеріальними потоками. В залежності від складності логістичної системи значимість транспортного фактору різна. Найбільш гостро необхідність детального вивчення функціонування транспортної підсистеми виникає при управлінні логістичними ланцюгами або ланцюгами перевезень вантажів і пасажирів.

Одним з джерел підвищення ефективності управління ланцюгами поставок є безперервний моніторинг всього логістичного ланцюга, своєчасне визначення відхилень і порушень у функціонуванні ланцюгу. При цьому зазначимо, що транспортна підсистема наділена різними аспектами – економічними, технічними, технологічними та ін. і існує наукова проблема: розробка підходу до оцінки роботи (функціонування) транспортної підсистеми в логістичних системах в умовах трансформації взаємодії учасників. Одним із засобів дослідження систем різної природи є діагностика їх стану. На практиці управління транспортом виникають різні проблемні ситуації, які вимагають своєчасного визначення (ідентифікації) і відповідної оцінки.

Що стосується питання взаємозв'язку логістичних і транспортних систем, то воно остаточно не вирішене через наявність різних суперечностей, але транспортно-логістичну систему слід розглядати як особливу форму технологічної взаємодії інституціональних суб'єктів логістичної системи, як транспортних і складських компаній.

Наведемо фрагменти класифікацій логістичних і транспортних систем (табл.1).

Таблиця 1 – Приклад класифікації систем

Логістичні систем	Системи з позиції транспортної логістики	Транспортні системи
1. Логістична підсистема транспортування	1. Система універсальності транспорту	1. Транспортні системи загального користування
2. Логістична підсистема у сфері дистрибуції	2. Система перевезення вантажів, пасажирів	1.1 Магістральний транспорт
3. Металогістична система (логістичний ланцюг та ін.)	3. Система муніципального транспорту	1.2 Місцевий транспорт
	4. Система автомобільного транспорту та ін.	2 Транспортні системи незагального користування
		2.1 Внутрішньовиробничий (технологічний) транспорт
		2.2 Промисловий транспорт

В зв'язку з цим доцільним є використання методів і засобів діагностики в логістиці як універсальний засіб для різних елементів (підсистем) досліджуваних систем і будь-якого проміжку часу. Зазначимо, що на сьогодні застосування діагностики в логістиці носить не систематизований характер, відсутній опис систем діагностування, їх проектуванням в логістичних системах та ін. Підходи ці програми їх реалізації у цьому напрямі можливо поповнити, напрацюванням технічної та економічної діагностик.

УДК 621.432

## ***АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ ГОЛОВОК ПОРШНІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ***

***С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук,***

***С.С. Михайлюта, асп.,***

*Кіровоградський національний технічний університет*

Удосконалення автотракторних двигунів внутрішнього згорання пов'язане з підвищенням експлуатаційних характеристик: тиск в камері згорання, числа оборотів колінчастого валу, питомої потужності на одиницю маси двигуна. Зростання

експлуатаційних параметрів викликає неухильне підвищення робочої температури конструктивних елементів двигуна, особливо деталей циліндропоршнєвої групи [1].

Посилювання режимів роботи машин і механізмів, зокрема зростання динамічних навантажень, викликає необхідність зниження маси деталей. Тому все більша перевага віддається використуванню в якості конструкційних матеріалів легким, але міцним металам і сплавам. Висока питома міцність і мала питома вага зумовили широке застосування в двигунобудуванні алюмінієвих сплавів. Проте великим недоліком цих матеріалів є низька теплостійкість. Рівень форсування сучасних автотракторних двигунів внутрішнього згорання досяг межі можливості алюмінієвих сплавів, що вимагає використання технологічних способів підвищення довговічності поршнів, тобто їх теплостійкості, та зростання питомої потужності двигуна в цілому [1,2].

У практиці двигунобудування щодо розробок поршнів склалися такі основні напрями: вдосконалення складу і структури Al - сплавів і технології термічної обробки; застосування високоміцних вставок в зоні кільцевої канавки; розробка прогресивних систем масляного охолодження поршня; армування Al - сплавів волокнами і дисперсними частинками, створення композиційної структури; розробка прогресивних конструкцій складового поршня; застосування зміцнюючих покриттів [3].

Розглянемо переваги і недоліки цих напрямів. Чисельні дослідження направлені на підвищення механічних властивостей і зниження коефіцієнта термічного розширення матеріалів. Розробка жароміцних Al - сплавів йде по шляху їх легування Ni, Cu, Mg, Mn, V, Ti, B, Cr і Mo . Додаткове легування Cr і Mo забезпечує межу міцності  $\sigma_b = 300$  МПа і коефіцієнт термічного розширення  $\alpha = 18 \cdot 10^{-6}$  (19). Проте підвищення вимог до довговічності сучасних дизелів показало неперспективність використання класичних Al-сплавів для виготовлення поршнів і традиційних методів їх виливання [4].

Проблему підвищення зносостійкості поршневої канавки вирішують заливкою чавунної високоміцної кільцевої вставки в зону верхньої поршневої канавки при виробництві поршня методом виливання. Як матеріал вставки застосовують високоміцні сплави Fe, леговані Cr, Ni, Cu, Mn і Mo [2,6].

Для підвищення зносостійкості верхньої поршневої канавки застосовують плазмодугову переплавку зони канавки з легуванням зони переплавки Ni, Cr, Fe на глибину до 10 мм з утворенням дисперсних твердих розчинів Al, Ni, Cr і Fe. У зоні переплавки механічною обробкою формують кільцеву канавку [3].

Високоміцна вставка підвищує зносостійкість і забезпечує рівномірність зносу деталей циліндропоршнєвої групи, але має ряд недоліків: збільшення маси поршня веде до зростання динамічної напруженості двигуна; погіршується тепловідвід з поршня через компресійне кільце у водоохолоджувану гільзу циліндра, що викликає підвищення загальної температури поршня в т.ч. зони верхньої поршневої канавки та інтенсивне відкладення вуглецю і закоксування компресійного кільця ; технологія лиття поршня з чавунною вставкою (так званий альфін-процес) в 2 рази дорожча, ніж лиття поршня без вставки [ 4];

Одним з напрямків підвищення довговічності поршня є застосування масляного охолодження. З цією метою поршень виконується з кільцевою порожниною масляного охолодження під днищем і в зоні поясу компресійних кілець. Застосування систем масляного охолодження ускладнює конструкцію поршня і двигуна [5].

Розробляється напрямок створення складових поршнів. При цьому прагнуть зменшити масу поршня без підвищення термічних напруг через відмінність коефіцієнту термічного розширення складових частин. Конструкція складового поршня забезпечує

прийнятний компроміс між його масою, механічними властивостями, довговічністю, оброблюваною і вартістю. Складові конструкції поршнів призначені для важконавантажених дизелів і забезпечують роботу з питомим тиском в зчленуваннях з поршневим пальцем більше 180 бар [10]. Подібна конструкція поршня складається з двох частин: високоміцної і жароміцної головки з поясом кільцевих канавок і бобишками під поршневий палець та "юбками" з Al-сплаву. Недоліки складових поршнів - ускладнення технології їх виготовлення, дорожчання виробництва, недостатня довговічність адгезійного з'єднання різнорідних частин [7,6].

Одним з напрямів підвищення довговічності поршнів, зокрема підвищення зносостійкості кільцевої канавки - використання армування за об'ємом Al - сплаву високомодульними волокнами і дисперсними частинками, тобто створення композиційних матеріалів. У виробництві поршнів дизельних двигунів фірма Toyota використовує композити, зміцнені волокнами. Як зміцнююча арматура використовують короткі керамічні волокна  $Al_2O_3 + SiO_2$  і  $Al_2O_3$ . До недоліків поршнів з композиційних матеріалів слід віднести знижені значення питомої теплопровідності і можлива загроза закоксування кільця [6].

Для зміцнення поршнів широке застосування знаходя покриття. Найбільш поширені гальванічні, хіміко-термічні, газотермічні методи, іонне плакування. Для захисту днища від прогару і зниження температури в зоні першої кільцевої канавки застосовують тверде анодування. Теплозахисне покриття на днище, що нанесено газотермічним методом, підвищує коефіцієнт корисної дії двигуна на 21%. Основний недолік, що властивий всім покриттям, полягає в їх розтріскуванні і відшаровуванні в умовах експлуатації [3,6].

Конструктивні особливості кільцевої канавки (висота  $v = 2 - 3$  мм і глибина  $L > 5$  мм) обмежують можливості традиційних технологій. Тому позитивні результати при зміцненні полиць кільцевої канавки одержані електронно-променевою, лазерною технологією, електроконтактним хромуванням, фрикційно-механічним натиранням, яке є варіантом хіміко-термічної обробки в твердій фазі і використовує тепло тертя [7].

Метод плазмового перепау для відновлення і зміцнення поршневих канавок полягає в тому що в середовищі газу аргону перепаується частина алюмінієвого сплаву з одночасним введенням присадочного дроту, який містить легуючі елементи. В процесі перепау відбувається взаємодія легуючого матеріалу з алюмінієвим сплавом з утворенням твердих термостабільних алюмнідів. В залежності від хімічного складу поршня і кількості легуючих елементів міцність перепау збільшується в 1,2-1,3 рази, твердість в 1,3-2 рази, зносостійкість в 1,5-4 рази [7].

Перспективним для поверхневого зміцнення деталей автотракторних двигунів внутрішнього згорання вважається метод іонного азотування (іонно-плазмового азотування). Його сутність полягає у тому, що у розрідженому газовому середовищі, яке містить азот, між катодом (деталлю) та анодом (стінками вакуумної камери) збуджується тліючий розряд. При цьому позитивні іони газу з високою енергією, бомбардуючи поверхню катоду, нагрівають її до температури насичення та дифундують в цю поверхню, формуючи твердий розчин азоту в металі, а при досягненні межі розчинності - нітридні фази. Температура азотування 470-580°C, тиск  $(1,33-13)10^2$  Па, робоча напруга коливається від 400 до 1000 В [9].

Метод іонного азотування має цілий ряд переваг: можливість отримання тільки дифузійного шару на поверхні, на відміну від класичного азотування в ам'яку, де нітридний шар є джерелом внутрішніх напружень на межі розподілу фаз та викликає крихкість й відшарування зміцненого шару при експлуатації; підвищення зносостійкості оброблених деталей до 5 разів [8]; відсутність деформації деталей після обробки та високий клас чистоти

поверхні, що виключає необхідні при застосуванні інших методів поверхневого зміцнення додаткові доводочні операції; можливість регулювання процесу азотування для оптимізації дифузійних шарів по будові, фазовому складу та властивостях; більш низька, ніж в інших методах, температура обробки, завдяки чому у матеріалах не відбувається структурних перетворень [9]; збереження твердості азотованого шару після нагрівання до 650°C; можливість обробки виробів необмежених розмірів та форм; відсутність токсичності та забруднення навколишнього середовища; скорочення тривалості обробки у 2...5 разів за рахунок зменшення часу нагрівання та охолодження садки й ізотермічного витримування; скорочення витрат робочих газів у 20... 100 разів, електроенергії – у 4 рази, додаткових матеріалів на 50 % порівняно з іншими методами [8].

Крім того, метод іонноплазмового азотування може застосовуватись у комплексі з іншими методами поверхневого зміцнення. Проводяться дослідження закономірностей насичення азотом у тліючому розряді металічних покриттів, попередньо нанесених із рідинно металевого носія на сталеву поверхню. Завдяки таким покриттям з'являється можливість заліковування дефектів типу пор та мікротріщин шляхом дифузійного насичення поверхневого шару металу. Розробляється комбінована технологія зміцнення поверхонь конструкційних сталей, яка полягає у лазерному легуванні нітридоутворюючими елементами з наступним азотуванням [9].

Однак більш широкому впровадженню методу іонноплазмового азотування у практику двигунобудування заважають ряд причин, основними з яких є: практична відсутність системних досліджень процесу формування зносостійких іонноазотованих шарів для широкого класу конструкційних матеріалів, з яких виготовлені деталі циліндрооршньової групи; відсутність методик вибору раціональних технологічних режимів поверхневого зміцнення методом іонного азотування; недостатня кількість якісного обладнання для реалізації методу.

**Висновок.** На основі класифікації та аналізу основних технологічних процесів зміцнення поверхневих шарів обґрунтовано, що використання вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми є єдиним способом, який дозволяє керувати структурою поверхневого шару та механічними властивостями в залежності від умов їх експлуатації.

### Список літератури

1. Гречихин Л.И. Двигатели внутреннего сгорания. Физические основы технической диагностики и оптимального управления. - Мин.: Наука і техніка, 1995. - 270 с.
2. Шалай А.Н. Как повысить долговечность поршня? // Двигателестроение. 1996. - №2. - С. 42-51.
3. Aluminium Alloy locAlly having a composite portion. Пат. 5028493 США, кл. C22C21/00. P02P3/00. Опубл. 02.07.91.
4. Кравченко В.И., Квитка А.Л., Шалай А.Н. Оценка надежности поршней с камерой сгорания типа ЦНИДИ // Двигателестроение - 1991 - №5 - с. 15- 18.
5. Составной поршень с масляным охлаждением для ДВС. Пат. 1817817 СССР, МКИ P02P3/22. Опубл. 23.05.93. БИ №19.
6. Применение композиционных материалов с металлической матрицей в поршнях дизельных двигателей // У. Iron, and steel Inst. Уар. - 1989 - 75, №9 - с. 1790-1797.
7. Murakami Shoji. Plasma jet sprayed Alumina coating on automobile piston // SAE Techn. Pap. Ser.- 1987, №870158, p. 179-184.
8. Чаттерджи-Фишер Р., Зйзел Ф.В., Хоффман Р. и др. Азотирование и карбонитрирование.: Пер. С нем. / Под ред. А.В. Сулова. - М.: Металлургия, 1990. - 279 с.
9. Ляшенко Б.А., Рутковский А.В. О достоинствах технологии вакуумного азотирования // Оборудование и инструмент. - 2005. - №12. - С. 45-47.



УДК 621.791

## **ВПЛИВ ДІАМЕТРА ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ**

*М.М. Студент<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук*

*М.Я. Головчук<sup>1</sup>, асп.,*

*С.І.Маркович<sup>2</sup>, доц., канд. техн. наук*

<sup>1</sup>*Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України*

<sup>2</sup>*Кіровоградський національний технічний університет*

Електродугова металізація є найдешевшим та найпростішим методом газотермічного напилення, який легко впроваджується у виробництво та не потребує коштовного обладнання. Застосування порошкових дротів для електродугового напилення дало змогу використовувати такі покриття для відновлення різноманітних спрацьованих деталей [1,2,3].

Порошкові дроти (ПД) для електродугового та газополуменевого напилення покриттів виготовляли в оболонці із низьковуглецевої сталі із наповнювачем-шихтою із порошків металів та сплавів. Однак для напилення зносостійких а особливо корозійностійких покриттів необхідно забезпечити більший вміст хромвмісних матеріалів у вигляді порошків хрому, ферохрому та ферохромбору. Тому для напилення корозійностійких покриттів необхідно застосовувати порошкові дроти більшого діаметру.

Із збільшенням діаметра ПД змінюються умови плавлення ПД, утворення розплаву на торцях ПД, диспергуванню розплаву на краплини із яких формується напилене покриття. Таким чином, діаметр ПД може суттєво впливати на фізико-механічні характеристики покриттів. В даній роботі було досліджено вплив діаметру ПД різного складу на їх фізико-механічні характеристики.

Для дослідження було виготовлено партії дротів хімічний склад яких поданий в табл. 1

Таблиця 1 Хімічний склад порошкових дротів.

Марка ПД	Ø, мм	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr
50ХН2ГР5С	1,8	90,589	0,554	0,19	1,09	0,018	0,025	0,204
50ХН2ГР5С	2,4	91,068	0,452	0,3	1,2	0,025	0,025	0,22
50ХН2ГР5С	3,2	92,256	0,358	0,42	1,3	0,03	0,025	0,28
50Х6Г2МС	1,6	91,654	0,41	0,4	1,56	0,02	0,016	5,44
50Х6Г2МС	2,4	90,566	0,469	0,402	1,404	0,013	0,02	6,617
250Х20ВФГС	1,8	74,368	2,8	0,3	0,39	0,02	0,025	21,1
250Х20ВФГС	2,4	74,002	2,51	0,62	0,38	0,01	0,008	21,4

ПД 50X6Г2МС діаметром 1.8 мм та 2.4 мм (рис.3.1) пропонується для напилення покриттів, які можуть використовуватись для відновлення деталей переважно зношених місць під шестерні, підшипники кочення, різноманітні втулки тощо. Такі покриття мають невисоку твердість та легко обробляються лезовим інструментом.

ПД 50ХН2ГР5С діаметром 1.8 мм та 2.4 мм із великим вмістом бору із великою твердістю для напилення зносостійких покриттів.

ПД 250Х20ВФГС діаметром 1.8 та 2.4 мм із великим вмістом вуглецю та хрому для напилення зносостійких та корозійностійких покриттів. Такі покриття можна рекомендувати для захисту нових та відновлення зношених деталей, що експлуатуються в умовах абразивно-корозійного зношування. Такі покриття можуть бути заміною технології екологічно небезпечного гальванічного хромування.

Параметри напилення подані в табл. 2

Таблиця 2.

Режими напилення покриттів		
Діаметр ПД, мм	Напруга, V	Струм, А
1.8	30-32	100, 125, 150
2.4	30-32	120, 150, 180
3.2	30-32	175, 200, 260

Проводили дослідження покриттів отриманих на дистанції напилення в межах 80-150 мм. Із збільшенням дистанції напилення кількість кисню в покритті зростає. Це зв'язано із тим, що процес напилення проводиться в атмосфері, де є кисень. Чим довша дистанція напилення тим більше часу краплини, які формують покриття взаємодіють із атмосферою та тим товстіша плівка оксидів формується на поверхні краплин.

При ударі об поверхню напилюваної деталі розплавлені краплини металу плющяться в блюдечка ламелі та кристалізуються на поверхні напилюваної деталі. Краплини - ламелі між собою зварюються лише в деяких місцях а на інших поверхнях вони розділені між собою оксидними плівками. Збільшення дистанції напилення від 80 мм до 120 мм збільшує кількість кисню в покритті втричі. При збільшенні діаметру ПД кількість кисню в покритті зменшується. Підвищення сили струму при напиленні покриттів зменшує кількість кисню в покритті. Це зумовлено тим, що при зростанні сили струму зростає також і температура краплин, розплав краплини інтенсивно закипає та утворює навколо себе захисну атмосферу із парів металу та CO<sub>2</sub>.

Мікротвердість покриттів із досліджуваних дротів діаметром 1.8 мм так і 2, 4 мм незначно зростає із збільшенням сили струму (рис.1), що досягається за рахунок кращого сплавлення компонентів шихтових матеріалів з оболонкою ПД.

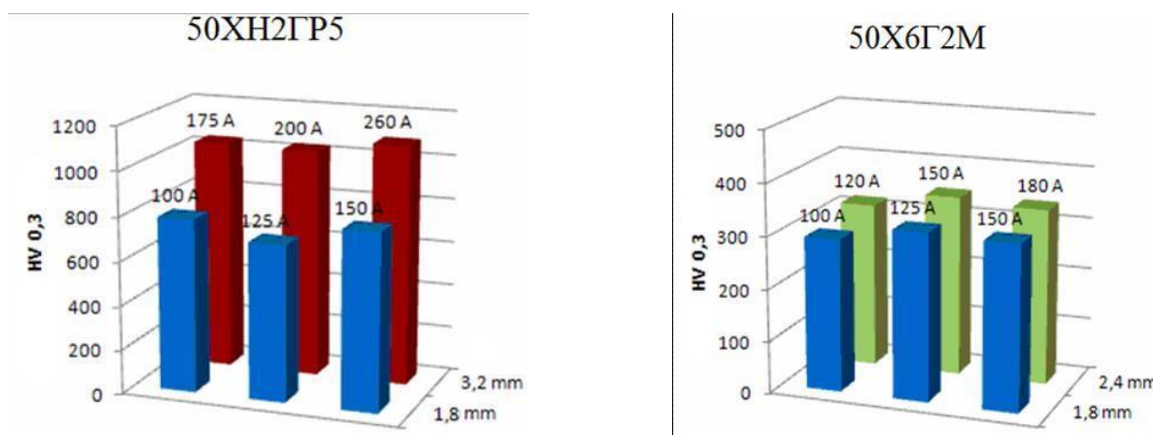


Рис.1. Зміна мікротвердості покриттів в залежності від хімічного складу та діаметра ПД

При збільшенні сили струму в процесі напилення покриттів їх поруватість зменшується для ПД меншого діаметра 1,8 мм а покриттів із ПД більшого діаметра зростає (рис.2). Це пояснюється тим що при зростанні сили струму збільшується температура краплин розплавленого матеріалу внаслідок чого при зіткненні краплини з поверхнею відбувається розбрикування перегрітого розплаву матеріалу та їх вторинне напилення, що значно збільшує показник поруватості. Такий ефект в основному спостерігається для ПД великого діаметру оскільки при напиленні такого дроту утворюються краплини більшого діаметру. Для ПД діаметром 1,8 мм розмір утворених краплин значно менший завдяки чому із збільшенням струму напилення вторинне розбрикування є суттєво меншим, а внаслідок вищої температури краплини досягається більш компактна упаковка ламелей і як наслідок зменшення поруватості.

Із збільшенням сили струму міцність зчеплення покриттів із ПД діаметром 1,8 мм зростає, а із ПД більшого діаметра 2,4 мм зменшується (рис.3).

Міцність зчеплення значною мірою залежить від поруватості, на неї впливають ті самі процеси що призводять до зміни поруватості покриттів з ПД тому зміна сили зчеплення має подібний характер з параметром поруватості.

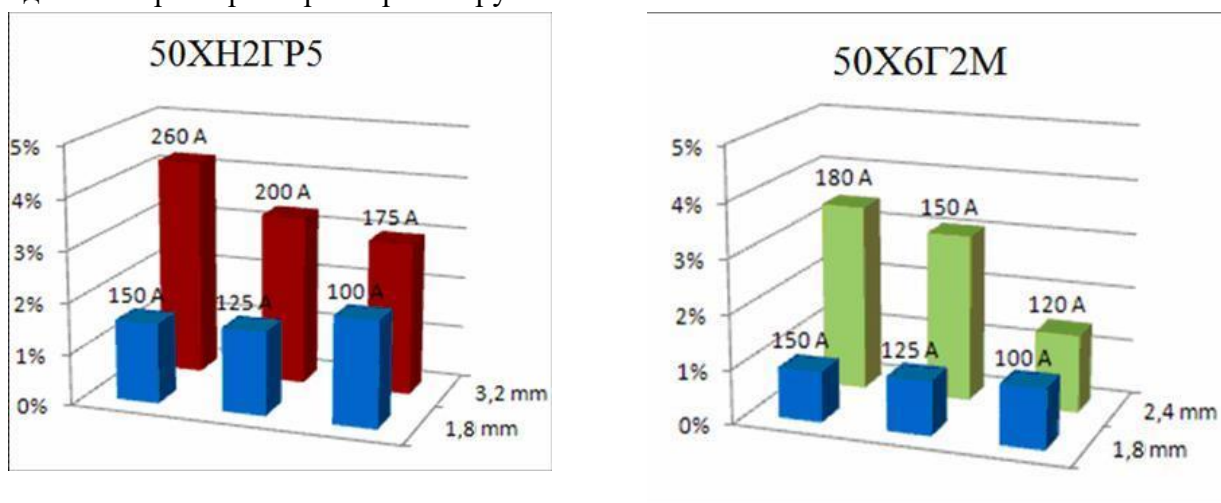


Рис.2. Зміна поруватості покриттів в залежності від сили струму, хімічного складу та діаметру ПД

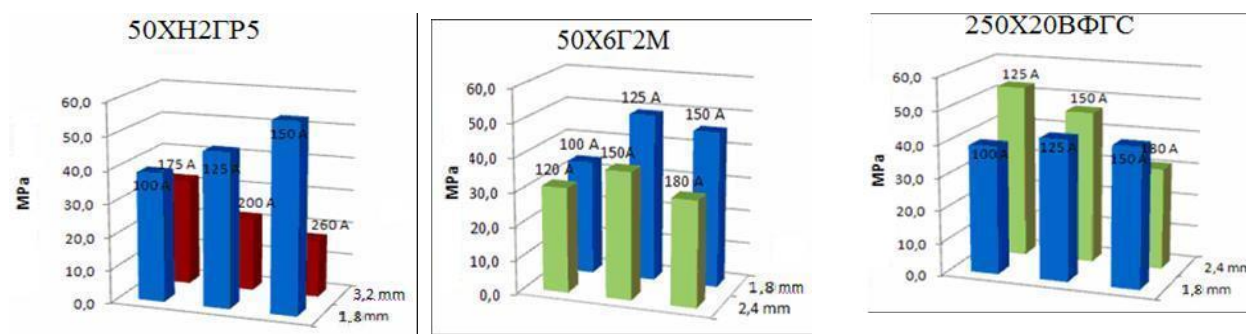


Рис. 3. Вплив сили струму, хімічного складу ПД та діаметра ПД на міцність зчеплення покриттів до сталюї основи

**Висновки.** В результаті проведених досліджень було встановлено що діаметр порошкового дроту та режими його наплення мають неоднозначний вплив на фізико-механічні та експлуатаційні параметри отримуваних покриттів. Для кожного діаметру порошкового дроту потрібно підбирати індивідуальні параметри нанесення покриттів, а саме струм наплення дистанцію та тиск розпилюючого струменю.

Отримані результати дозволяють передбачати фізико механічні та експлуатаційні властивості наплених електродугових покриттів, та підібрати оптимальні параметри наплення для ПД заданого хімічного складу.

#### Список літератури

10. Хасуи А. Наплавка и напыление/А.Хасуи, О. Мorigаки - М.: Машиностроение, 1985. 240 с.
11. Кречмер З. Напыление металлов, керамики и пластмасс/З.Кречмер.-М.: Машиностроение.1966. - 432 с.
12. Похмурський В.І. Електродугові відновні та захисні покриття /В.І. Похмурський, М.М. Студент, В.М. Довгунік, Г.В. Похмурська, І.Й. Сидорак. – Львів: Фізико-механічний інститут ім Г.В.Карпенка НАН України. – 2005. – 190 с.

УДК 620.178.4

### ТРИБОЛОГІЧНА ПОВЕДІНКА ПЛАЗМОЕЛЕКТРОЛІТНИХ ОКСИДОВАНИХ ШАРІВ У ПАРІ ЗІ СТАЛЯМИ 45 ТА У8

М.М. Студент<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук

Я.Я. Сірак<sup>1</sup>, асп.,

С.І.Маркович<sup>2</sup>, доц., канд. техн. наук

В.М. Довгунік<sup>1</sup>, доц., канд. техн. наук

<sup>1</sup>Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України

<sup>2</sup>Кіровоградський національний технічний університет

Обсяг застосування легких сплавів на основі Al завдяки їх високій питомій міцності постійно збільшується не тільки в аерокосмічній галузі, але також у загальному та сільсько-господарському машинобудуванні, енергетиці, будівельній індустрії. Але довговічність елементів конструкцій і деталей із цих сплавів через низьку твердість, схильність до схоплювання при терті з іншими матеріалами досить обмежена. Крім того, алюмінієві сплави при пошкодженні природної оксидної плівки мають низьку корозійну та корозійно-

механічну стійкість. Також останнім часом накопичуються деталі з легких сплавів, які потребують реставрації. Тому у промислово розвинутих країнах зараз ведуться дослідження з розробки методів зміцнення деталей з легких сплавів, використовуючи для цього плазмові, лазерні, вакуумні технології отримання покриттів, а також поверхневе пластичне деформування. Проте ці методи не забезпечують у повній мірі сучасних вимог до експлуатаційних і функціональних властивостей отримуваних покриттів, або є економічно не вигідними [1,2].

Альтернативою є створення комплексних методів відновлення та зміцнення, а саме: газотермічне напилення покриттів із алюмінієвих дротів з наступним плазмоелектролітним синтезом на них оксидокераміки (ПЕО) на основі  $\alpha$ -фази  $Al_2O_3$  (корунду) які відзначаються унікальним комплексом експлуатаційних властивостей. Разом з тим синтез таких шарів та їх властивості ще недостатньо вивчені, тому синтез оксидокерамічних шарів на електродугових покриттях (ЕДП) є актуальним напрямком наукових досліджень з метою захисту та відновлення деталей машин [3].

Напилення газотермічних покриттів на алюмінієвій основі, на сплави алюмінію, магнію, титану та конструкційні сталі з подальшою ПЕО-обробкою, дозволяє одержувати оксидокерамічні шари з властивостями на рівні ПЕО-покриттів на Al – сплавах. Для підвищення мікропластичності оксидокерамічних шарів необхідно реалізувати можливість керування їх структурою та властивостями на газотермічно напилених покриттях на алюмінієвій основі шляхом контрольованого їх легування металами, які відновлюються алюмотермічними реакціями ПЕО, де джерелом легуючих атомів є компоненти композиційного газотермічного покриття, які є складовими вихідного матеріалу для напилення. Запропонована методологія дозволяє створювати композиційні оксидокерамічні шари на основі корунду з нанорозмірними алюмотермічно відновлюваними включеннями металів, наприклад нікелю та міді, що принципово дозволяє підвищити мікропластичність покриттів і, відповідно, експлуатаційні властивості.

Однією з найбільш важливих характеристик покриттів є їх адгезія до підкладки. Для покриттів, отриманих методами термічного окиснення, газотермічного або плазмового напилення з ростом їх товщини адгезія зменшується, тоді як для конверсійних покриттів, синтезованих в електролітній плазмі, вона зростає і, наприклад, для алюмінієвого сплаву Д16 досягає 350 МПа.

Дослідження трибологічних характеристик оксидокерамічних покриттів на багатьох сплавах для різних схем тертя показали, що за цими параметрами вони не поступаються класичній кераміці та металокераміці і в декілька разів перевищують гартовані сталі.

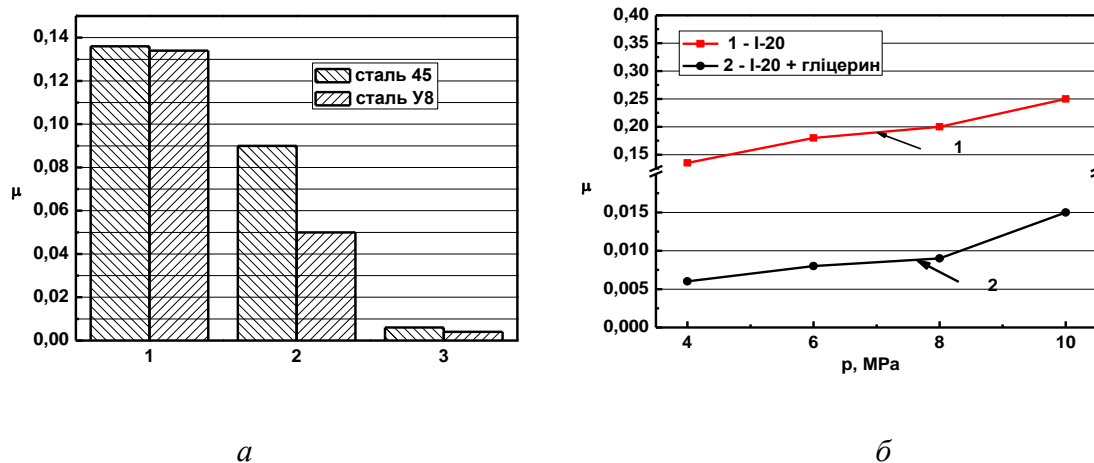
Незважаючи на поруватість оксидокерамічних покриттів вони мають високу корозійну стійкість в широкому діапазоні рН середовища. На алюмінієвих сплавах з покриттями струми корозії на 1 – 3 порядки менші порівняно з вихідним сплавом.

Фазовий склад плазмоелектролітних оксидованих (ПЕО) шарів, синтезованих на алюмінієвих сплавах є одним з визначальних чинників, які впливають на трибологічну поведінку тріади: матеріал 1 – середовище – матеріал 2. Такі шари складаються в основному з  $\alpha$  – та  $\gamma$  –  $Al_2O_3$  фаз та незначної домішки аморфного оксиду алюмінію. Вміст фази  $\alpha$  -  $Al_2O_3$  є в межах від 60 до 70 % в ПЕО шарах, синтезованих на сплаві Д16Т (з вмістом міді). У той час, як на алюмінієвих сплавах, з вмістом магнію –  $\gamma$  –  $Al_2O_3$  є домінуючою фазою покривів, синтезованих на сплавах типу АМг-2 чи АМг-6. Фаза  $\gamma$  –  $Al_2O_3$  може бути нанокаталізатором розкладу води на кисень та водень в тому числі і за фрикційної взаємодії та сприяти водню впливати на трибологічну поведінку тріади. Тому, досліджували фрикційну поведінку ПЕО

шарів, синтезованих на сплавах АМг-6 та Д16Т в контактi зі сталлями 45 та У8 після вакуумного відпалу, а також у парі із чавуном СЧ 21-40 в мінеральній оливі І-20, із додатком до неї води, оскільки в мастилі завжди є вода як технологічна так і набута. Технологічної води в мастилі може бути до ~ 0,15% згідно ГОСТ 20799-88, а набутої у процесі експлуатації до ~ 0,5%. Залишкова та набута вода у процесі експлуатації вузлів тертя є основним джерелом наводнювання металевих контактних пар у процесі експлуатації та впливає на їх зношування. Однак трибологічними дослідженнями виявили, що вода, додана до мінеральної оливи І-20 при контактуванні ПЕО шарів (діелектриків), синтезованих на сплавах АМг-6 та Д16Т навпаки запобігає зношуванню сталльних поверхонь. Знос сталльних контртіл є меншим практично у 2 рази, ніж у чистій мастилі І-20.

Досліджували також вплив на трибологічну поведінку цих контактних пар додатку до мінеральної оливи 1 об. % 2,5 % водного розчину гліцерину, оскільки, останнім часом спостерігається великий інтерес щодо застосування у фрикційних парах екологічно чистих додатків до мастил, зокрема водних розчинів гліцерину на відміну від дитіофосфатів. Водний розчин гліцерину, як додаток до традиційних мінеральних мастил є з ними добре сумісний, і така суміш – має кращі змащувальні властивості ніж чисте мінеральне. В роботі показано, що за додатку водного розчину гліцерину до мастила коефіцієнт тертя та зношування металевих контактних пар за умов граничного мащення зменшується на порядок.

Проведеними дослідженнями виявили, що за додатку води до мінеральної оливи І-20 при контактуванні ПЕО шару, синтезованого на сплаві АМг-6 зі сталлю 45 зношування сталльного контртіла зменшується у ~ 1,5 рази, а за додатку водного розчину гліцерину – ~ у 2 рази. Зношування контртіл зі сталі У8 також є меншим – відповідно ~ у 3 та 3,5 рази. За контактування ПЕО шару, синтезованого на сплаві Д16Т за аналогічних умов випробувань, зношування сталльних контртіл зменшується більше як у 2 рази.



а) за контактного навантаження 4 МПа: (1) – в оливі І-20, (2) – в оливі І-20 з додатком 0,5 об. % дистильованої води, (3) – в оливі І-20 з додатком 1 об. % 2,5% водного розчину гліцерину; б) в контактi зі сталлю 45 в оливі І-20 (1), в оливі І-20 з додатком до неї 1 об. % 2,5 % водного розчину гліцерину (2) за різних навантажень.

Рис. 1. Усереднені значення коефіцієнтів тертя пар тертя – ПЕО шари, синтезовані на сплаві Д16Т (час випробувань 4 години):

Оскільки фрикційна поведінка тріади ПЕО шари, синтезовані на сплаві Д16Т сталь 45 та У8 в оливі І-20 з додатком до неї 1 об. % 2,5% водного розчину гліцерину практично

ідентична стосовно зміни фрикційних параметрів під час випробувань за навантаження 4 МПа (рис.1 а, б), то подальші дослідження цих ПЕО шарів проводили в контакті тільки зі сталлю 45, але за вищих питомих навантажень – до 10 МПа. Виявили, що додаток водного розчину гліцерину до оливи в такій кількості дійсно суттєво змінює трибологічну поведінку системи ПЕО шари – сталь. Так, коефіцієнт тертя змінюється від  $\approx 0,006$  при 2 МПа до 0,015 при 10 МПа, а температура триборозігріву контактної пари не вища за 30°C на відміну від випробувань в оливі без додатку –  $\approx 0,15$  при 2 МПа та 0,25 при 10 МПа, а температура змінюється від  $\approx 70^\circ\text{C}$  до 125 за аналогічних умов випробувань.

Мікроскопічними дослідженнями поверхонь контртіл після тертя на оптичному мікроскопі виявлено, що окрім синтезованої плівки є також і ділянки із локальним руйнуванням синтезованих трибоструктур.

Синтезовані трибоструктури на поверхнях тертя досліджували також електронно мікроскопічним методом та проводили їх поелементний аналіз. Виявили, що ці трибошари, синтезовані на сталевих контртілах після випробувань у парі з ПЕО шаром на сплаві АМг-6 в досліджуваних роздільних середовищах мають кластерну будову і складаються, як із світлих, так і темних включень. Після випробувань в мінеральній оливі І-20 у світлих включеннях є більше заліза, менше алюмінію та кисню, а темні навпаки містять більше – алюмінію та кисню.

Електронно мікроскопічним аналізом виявлено, що на поверхні сталі У8 після трибологічних випробувань у парі із ПЕО шаром, синтезованим на сплаві АМг-6 утворені трибоплівки після досліджень в цих роздільних середовищах різняться як морфологією, так і поелементним складом незважаючи на те, що на макрорівні вони майже однакові.

Фазовий аналіз утвореної трибоплівки провели на дифрактометрі ДРОН-3М у випромінюванні  $\text{Co-K}\alpha$ . Аналізом дифрактограми виявили, що основними фазами є:  $\alpha$ -Fe,  $\text{Fe}_3\text{C}$ . Однак, детальнішим аналізом дифрактограми виявили також незначну кількість домішок фаз  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  – (герценіту) та оксиду  $\text{SiO}_2$ , які входять до складу сформованої плівки.

**Висновки:** Вивчено трибологічну поведінку контанних пар діелектрик – провідник/ (кераміка – метал) на прикладі ПЕО шарів, синтезованих на легких сплавах АМг та Д16Т в контакті із залізовуглецевими сплавами – сталлю 45, У8. Виявлено, що за фрикційної взаємодії, для запобігання зношування залізовуглецевих сплавів, найбільш ймовірним контактним матеріалом в інертному роздільному середовищі – індустріальному мастилі – можуть бути ПЕО шари, синтезовані на легких сплавах. Коли випробування аналогічних пар було проведено в мастилі з додатком до нього води і за наявності каталізатора її розкладу в зоні контакту на кисень та водень, трибологічна поведінка контактної пари інша. Роздільне середовище із додатком води працює ефективніше як вихідне мастило і запобігають руйнуванню поверхонь через синтез на ювенільних поверхнях захисних трибошарів. Додаток водного розчину гліцерину до мінеральної оливи І-20 навіть в незначній кількості ще більше підвищує трибологічну поведінку системи.

### Список літератури

1. Трибологічні властивості комбінованих метало-оксидокерамічних шарів на легких сплавах / Похмурський В.І., Студент М.М., Довгунік В.М. та ін. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2012. – № 2. – С. 55 – 64.
2. Вплив виду шліфування на параметри шорсткості та трибологічні характеристики оксидокерамічних шарів / Похмурський В.І., Студент М.М., Шмирко В.В., Довгунік В.М. // Проблеми трибології. – 2014. – №1. – С. 116 – 122.
3. Klapkiv M.D., Nykyforchyn N.M., Posuvailo V.M. Properties of oxide – ceramic coating on aluminium alloys synthesized in electrolite plasma // Surface and coatings technology. – 1998. – P.219-221.

УДК 620.178.4

## **ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ЛАЗЕРНО МОДИФІКОВАНИХ КАРБІДОМ КРЕМНІЮ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ**

*М.М. Студент<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук,*

*Х.Р. Задорожна<sup>1</sup>, асп.,*

*С.І.Маркович<sup>2</sup>, доц., канд. техн. наук*

*Г.В. Похмурська<sup>3</sup>, проф., д-р техн. наук,*

<sup>1</sup>*Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України*

<sup>2</sup>*Кіровоградський національний технічний університет*

<sup>3</sup>*Національний університет “Львівська Політехніка”*

Висока питома міцність та відносна дешевизна сприяють широкому застосуванню алюмінієвих сплавів в різних областях машинобудування в тому числі сільськогосподарського призначення. Проте низькі трибологічні властивості та зносостійкість дещо стримують їх використання [1,2,3].

Метою даного дослідження було підвищити зносостійкість і властивості поверхневих шарів алюмінієвих сплавів методом лазерного поверхневого модифікування твердими частинками карбіду кремнію, яка полягала у безпосередньому вдуванні твердих частинок у зону матеріалу, розплавлену лазерним променем для отримання композитного шару з більшою твердістю і зносостійкістю в порівнянні з базовим матеріалом.

Для поверхневого армування застосовували алюмінієві сплави В95 і АД35 і порошок SiC дисперсністю 80 мкм, твердістю 2600 HV і температурою плавлення 2760 °С.

Порошок вдували за допомогою струменя аргону у поверхневий шар зразків оплавлених лазером (Nd:YAG Lazer Rofin Sinar DY 044/022). Поверхня зразків оброблялась шляхом багатократних переміщень лазерного променя при потужності 5 кВт, відстані від поверхні зразка до фокуса лазерного променя 50 мм, ширині стежки лазерної дії 1,5...2 мм, швидкості переміщення зразка відносно лазерного променя 100 – 150 см/хв і коефіцієнті перекриття стежок 50 %.

Визначення опору зносостійкості зразків проводили за наступними методами. Зношування не жорстко закріпленими абразивними частинками досліджували за методом (ГОСТ 23.208-79). Під час тертя зразків жорстко закріпленим абразивом використовували абразивний круг діаметром 150 мм, шириною 8 мм із корунду марки СМ-2 розміром зерна 20 мкм за частоти обертання  $2,7 \text{ с}^{-1}$  (58 м/хв.), навантаження в зоні лінійного контакту  $P = (14,7 \pm 0,25) \text{ Н}$ , час випробування 30 хв.

Зносостійкість сплавів за умов сухого тертя одержували з використанням нестандартизованої методики, при якій плоский робочий зразок зношувався контртіло-диском при лінійному контакті. Використовували контртіло діаметром і шириною диска відповідно 40 і 10 мм, виготовлене із підшипникової сталі ШХ15, загартованої на твердість робочої поверхні біля 60 HRC.



Процес лазерного модифікування поверхні алюмінієвих сплавів порошками силіцидів, оксидів, карбідів та інших сполук викликає значні технологічні труднощі через велику різницю їх фізичних властивостей, яка утруднює рівномірний розподіл зерен порошку у ванні розплавленого металу. Крім того, необхідно враховувати турбулентні потоки розплавленого металу, нерівномірний розподіл температури, який зумовлює градієнт в'язкості розплаву, та швидкоплинність процесу розплавлення-кристалізація сплаву. Враховуючи це, модифікування – армування поверхні сплавів проводили як за їх кімнатної температури, так і при підігріванні зразків до 100, 170 або 260 °С. Попередній підігрів сплаву зменшує градієнт температури розплавленого металу і забезпечує повільнішу швидкість кристалізації, що повинно б збільшити глибину модифікованого шару і підвищити рівномірність розподілу у ньому твердих частинок.

Результати експерименту показали, що модифікування поверхні сплаву, попередньо підігрітого до 260 °С, при швидкості переміщення променя 1,0 м/хв забезпечує проникнення зерен карбіду силіцію на глибину 2,6...2,8 мм, що значно перевищує глибину модифікованого шару, одержаного на сплаві без попереднього підігріву. У першому випадку кількість зерен SiC у переплавленому шарі є значно вищою, а їх розподіл рівномірніший.

Металографічний аналіз лазерно армованого шару показує, що при армуванні сумішшю порошоків SiC-AlSi температура плавлення значно знижується і модифікований шар умовно можна розділити на дві зони. Зона, яка ближча до поверхні, у якій присутні часточки SiC і друга зона, яка розташована під першою, у якій відсутні часточки SiC. Лазерне модифікування поверхневого шару відбувається шляхом його локального переплаву та вдування у розплав часточок SiC (рис. 1). Внаслідок того, що розплав алюмінію має високу в'язкість, а розплавлена ванна існує 0,1...0,5 с, часточки SiC не проникають на всю глибину розплавленого алюмінію і тому виникають дві зони лазерного переплаву. Мікроструктура внизу переплавленої області, де SiC частинки відсутні, складається з простих зерен сплаву розміром 50...100 мкм. Зерна містять в собі велику кількість колонного дендриту з довжиною біля 5 мкм. Повздовжні осі дендриту орієнтовані в радіальному напрямі з невеликою кількістю Si і Fe як домішок у міждендритній зоні.

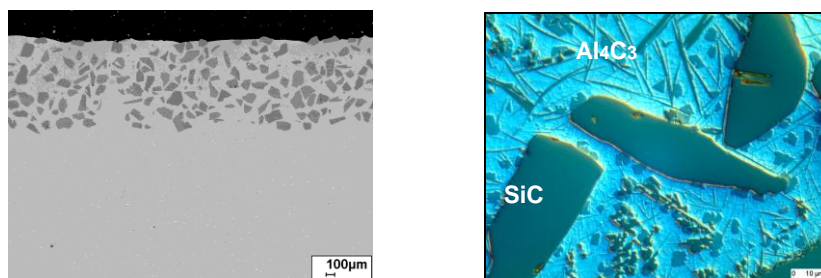


Рис. 1 Структура модифікованого часточками SiC поверхневого шару алюмінієвого сплаву АД 35

Частинки SiC можуть частково розчинятися в процесі існування розплаву і утворювати пластинки  $Al_4C_3$  в матриці переплавленої зони. Ступінь поверхневого розчинення частинок карбіду силіцію залежить від температури розплаву і часу перебування його у рідкому стані.

Тому можна спостерігати утворення карбіду алюмінію у всьому об'ємі переплавленого сплаву між частинками SiC у випадку модифікування попередньо підігрітого до 170...260 °C сплаву, або тільки безпосередньо біля поверхні частинок SiC у випадку лазерного модифікування поверхні не підігрітих зразків.

Кількість утворених карбідів Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> при взаємодії з SiC частинками сильно залежить від температури у розплавленій зоні. Більше частинок Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> знайдено у верхніх шарах переплавленої зони, ніж внизу, де температура була нижчою.

Мікротвердість карбіду силіцію значно перевищує мікротвердість основи, але карбідні зерна мають схильність до крихкого руйнування, наприклад, при втискуванні в них алмазної піраміди.

Досліджено вплив структури поверхнево армованих твердими частинками SiC алюмінієвих сплавів АД35 і В95 на їх зносостійкість. Визначення абразивної зносостійкості при терті жорстко закріпленим абразивом показано, що опір абразивному зношуванню вихідного сплаву при прийнятих режимах їх термічної обробки АД35 є на 40% вищою, ніж сплаву В95.

Армування поверхні частинками SiC зумовлює суттєве підвищення зносотривкості сплаву. Так, лазерне армування поверхні сплаву АД35 збільшує його зносотривкість від 40 до 80 разів, а сплаву В95 від 30 до 90 разів.

Оскільки лазерно модифікований шар має яскраво виражену структурну анізотропію, випробування проводили як вздовж, так і впоперек доріжок модифікованого поверхневого шару. Встановлено, що під час тертя армованої поверхні сплаву абразивним кругом налипання алюмінію і зношених частинок на його робочу частину практично відсутнє, лише коли між армованими доріжками оголюється ділянка без вкраплених частинок SiC, спостерігається невелике налипання матеріалу алюмінієвого сплаву.

Під час тертя вздовж доріжок армованої поверхні сплаву зносотривкість вища приблизно на 25...30 %, ніж при терті у поперечному напрямку.

При збільшенні швидкості переміщення лазерного променя від 1,0 до 1,5 м/хв зносотривкість модифікованого шару сплаву АД35 незначно зростає. Встановлено, що попередній підігрів зразка до 170 °C підвищує його зносостійкість у 2...3 рази. Очевидно, що при попередньому підігріві зразків відбувається активніша взаємодія між частинками SiC та розплавом Al і, як наслідок, частинки SiC краще зв'язані із матрицею – алюмінієвим сплавом, їх кількість і глибина залягання є більшими.

При зношуванні поверхні алюмінієвих сплавів гумовим диском з піском і ефективність лазерного модифікування різко знижується. Разом з тим спостерігається незначний вплив режимів модифікування поверхні на її опір абразивному зношуванню. Залежно від режимів обробки зносостійкість збільшувалася, або зменшувалася всього на 15...20 % порівняно з немодифікованою поверхнею, що знаходиться у межах точності даної методики. Низька зносостійкість зумовлена тим, що під час тертя пісок потрапляє у проміжок між гумовим диском і металом, переміщується не по вершинах твердих частинок (як це відбувається при терті абразивним кругом), а поміж ними і легко ріже м'яку алюмінієву матрицю, оголюючи тверді зерна SiC, які після цього легко вириваються гумовим кругом.

Показано, що лазерне армування поверхні сплавів частинками SiC збільшує зносостійкість сплаву В95 на 35...50%, а сплаву АД35 у 2...5 разів.

Максимальні значення зносостійкості одержано у випадку модифікування поверхні з підігрівом до 170 °C і швидкості переміщення лазерного променя 1,5 м/хв. За такого режиму обробки досягається висока концентрація частинок карбіду силіцію у поверхневому шарі сплаву, але глибина їх залягання є незначною. Поверхневі шари сплаву під час тертя нагріваються до температури, достатньої для утворення на їх поверхнях оксидних плівок.

## Висновки

1. Встановлено, що при лазерному армуванні поверхні алюмінієвих сплавів дисперсними частками карбіду силіцію SiC відбувається його часткове розчинення у матриці з утворенням голчастих карбідів алюмінію Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>. Під час модифікування поверхні цих сплавів, у випадку підвищеної концентрації силіцію у розплаві, можлива також дифузія алюмінію у тонкий приповерхневий шар карбіду силіцію, який відшаровується від кристала SiC з досягненням концентрації алюмінію 3...5%.

2. Зносостійкість лазерно модифікованих SiC шарів на алюмінієвих сплавах при терті жорстко закріпленими частинками від 30 до 75 разів вища, ніж не модифікованих.

3. При зношуванні не жорстко закріпленими частинками модифікована поверхня незначно відрізняється за зносостійкістю від не модифікованої і визначається лише зносостійкістю матричного сплаву.

4. Армування поверхні алюмінієвого сплаву В95 частинками SiC у 1,7...1,9 разів підвищує його зносотривкість при сухому терті та незначно впливає на інтенсивність зношування кульки. Така обробка алюмінієвих сплавів виявилася мало ефективним засобом їх захисту від зношування незакріпленим абразивом.

## Список літератури

13. Алюминиевые сплавы в машиностроении/Б.Б. Чечулин, С.С. Ушаков, И.Н. Разуваева, В.Н. Гольдфайн. -Л.: Машиностроение, 1977. -248 с
14. Бендовский Е.Б., Платонов В.П., Шалай А.Н. и др. Состояние и перспективы совершенствования композиционных материалов на основе поршневых силуминов. // Двигателестроение. - 1991 - №10-11,с.57-60.
15. Скляр Н.М. Конструктивная прочность металлов. // Металловедение и термическая обработка металлов. - 1981. - №6. - С. 8-12.

УДК:621.771.07

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТОНАЦІЙНИМ НАПИЛЕННЯМ ПОРОШКІВ НА СПЕЦІАЛЬНІ СПЛАВИ**

**Є.К.Солових**, проф., д-р.техн.наук

**Б.А.Ляшенко**, проф., д-р.техн.наук

**А.Є.Солових**, доц., канд.техн.наук

**С.Є.Катеринич**, доц., канд.техн.наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*Інститут проблем міцності (УПМіц) ім.Г.С.Писаренка НАН України*

Промислові технології зміцнюючих захисних покриттів (ЗЗП) використовують режими, встановлені на імперично-інтуїтивній основі це, як правило, призводить до того, що вибрані режими далекі від оптимальних значень з точки зору несучої здатності і

довговічності ЗЗП, а також ресурсовитрат. Математичне моделювання і оптимізація технологій по комплексу термомеханічних властивостей дозволяють суттєво підвищити основні характеристики працездатності і надійності покриттів без будь яких переробок технології і обладнання [1].

Метод детонаційного нанесення покриттів знаходять все більш широке розповсюдження у промисловості, в тому числі і в газотурбодубівництві [2]. Безперервно удосконалюється технологія детонаційного напилення, розробляються промислові комплекси сучасного автоматизованого обладнання, розробляються математичні моделі цього методу і оптимізаційні підходи [3, 4].

Деталі з жаростійкими покриттями володіють високими показниками зносу і корозійної стійкості, але можуть виходити з ладу по причині їх відшаровування (недостатньої адгезії покриття з деталлю) і розтріскуванням покриттів (низької когезії самого покриття) під впливом експлуатаційних навантажень. Крім того недосконале поєднання технологічних параметрів напилення також чинить великий вплив і призводить до знеміцнення системи «основа покриття», що неминуче призводить до нераціональних показників виконуваного процесу і його економічної недоцільності [5].

В роботі виконана багатокритерійна оптимізація технології детонаційного напилення жаростійких покриттів стосовно до відновлення деталей трибоспрямих гарячого тракту авіаційних газотурбінних двигунів. Викладена методологія оптимізації технологічних параметрів за критеріями міцності за для забезпечення максимальної міцності і довговічності деталей при раціональних матеріальних витрат.

Згідно з наведеними вище недосконалостями процесу детонаційного напилення оптимізація проводилася за наступними критеріями: критичної деформації руйнування покриття  $\epsilon_{кр}$ ; питомої технологічної собівартості нанесення покриття  $C_T$  [5, 6, 7]; адгезійно – когезійної рівномірності  $K$ , (так званого «коридору адгезійної міцності») [8] який призвів до необхідності оптимізування таких характеристик як модуль пружності  $E_{п}$  адгезійної міцності при зсуві  $\tau_a$  та когезійної міцності  $\sigma_k$ .

Для нанесення покриттів використовувалася установка Перун-С, розроблена в ІСМ ім.В.Бакуля НАН України. При проведенні експериментів за матеріал основи прийнятий титановий сплав ВТ-20 та сплави ЕП-648 і ЕП-718.

Матеріалами покриттів служили стандартні порошки ВК-25М, ПГ10Н-01 і ПС12НВК-01.

Обробка експериментальних даних комплексу механічних характеристик системи «ЗЗП - основа» дозволила створити математичні моделі для  $\epsilon_{кр}$ ,  $E_{п}$ ,  $\tau_a$ ,  $\sigma_k$ ,  $C_k$ ,  $K$ .

Оптимізація технології детонаційного напилення дала можливість збільшити адгезійну міцність покриттів ВК-25М на 25%, когезійну міцність на 23%, а також запропонувати використання порошків ПГ10Н-01 і ПС12НВК-01, які у 2...3 рази дешевші, порівняно з тими, які використовуються промислово, при забезпеченні достатнього рівня міцності.

### Список літератури

1. Солових Е.К. Тенденции развития технологий поверхностного упрочнения в машиностроении: [Монография]./Е.К.Соловых //.- Кировоград: КОД, - 2012, 92 с.
2. Богуслаев В.А. Перспективі розвитку метода детонационного нанесения покрытий /В.А.Богуслаев, А.И.Долматов, Е.В.Сергеев //Технологические системы. – 2001. - №4 (10). – С.5-9.
3. Власенко В.Н. Оптимизация параметров детонационного упрочнения /В.Н.Власенко, Н.Д.Жолткевич, П.Д.Жеманюк и др. //Технол. системы. – 2001. -№4 (10). – С.33-36.
4. Щепетов В.В. Повышение износостойкости детонационных покрытий путем оптимизации режимов напыления //В.В.Щепетов //Трение и износ. – 1999. – т.11, №5. – С.844 – 848.
5. Астахов С.А. Науково-технологічні основи керування властивостями детонаційних покриттів //Е.А.Астахов //Автореф. докт.техн.наук, ІЕЗ ім.Є.О.Патона НАН України, К. – 2005, 36 с.
6. Харламов Ю.А. Экономика применения защитных и упрочняющих покрытий /Ю.А.Харламов //Вестник машиностроения. – 1982. - №7. – С.62-67.

7. Зенкин Н.А. Повышение эксплуатационных характеристик композиционных материалов путем оптимизации упрочняющих технологий /Н.А.Зенкин, В.И.Копытов //К.: ГСРЛМНМ. – 2002, 272 с.
8. Ляшенко Б.А. О критериях адгезионно-когезионной равнопрочности и термостойкости защитных покрытий /Б.А.Ляшенко //Пробл.прочности. – 1980. - №10. – С.114-116.

УДК.621.791.92

## **КОНТАКТНЕ НАВАРЮВАННЯ ПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ ПРОФІЛЬНИМ ЕЛЕКТРОДОМ**

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

**Р.А. Осін**, канд. техн. наук, доцент

**О.О. Матвієнко**, канд. техн. наук, доцент

Головною причиною, що обумовлює зниження надійності робочих параметрів машин, є зношування деталей. Одним зі шляхів підвищення працездатності деталей машин і механізмів і захисту контактних поверхонь від інтенсивного зношування є нанесення зносостійких покриттів на їх робочі поверхні.

Нанесення зносостійких порошкових покриттів контактним наварюванням є перспективним методом зміцнення та відновлення деталей [1]. Цьому сприяють висока адгезійна міцність, низька енергоємність процесу, мінімальні припуски на фінішну обробку [2]. Найбільш ефективна ця технологія для зміцнення й відновлення деталей типу «вал». При цьому температура деталі не перевищує 60...80 °С, а отже, відсутнє термічне короблення й деформація деталі. При нанесенні покриття контактним наварюванням порошоків використовуються контактні зварювальні машини: шовні - у випадку наварювання на плоскі та циліндричні поверхні із значною площею поверхні, точкові – при наварюванні порошку на поверхні малої площі.

Найбільш відповідальною частиною контактних машин, що безпосередньо приймає участь у процесі наварювання є електрод [3-5]. При наварюванні на шовних машинах використовуються електроди-ролики, на точкових - стержневі електроди.

Електрод є інструментом, що здійснює безпосередній контакт машини з металевим порошком і деталлю при контактному наварюванні порошкових покриттів, і визначає умови формування металопокриття.

Електроди в процесі наварювання виконують наступні функції: притискають порошок до поверхні деталі, підводять струм, відводять тепло, переміщують деталі (при наварюванні порошку роликом). Форма і розміри робочої поверхні, що контактує при електроконтактному наварюванні, і вся конструкція електродів в цілому мають значний вплив на якість покриття і продуктивність процесу.

Недоліком технології є «крайовий» ефект, який при використанні циліндричного електрода не забезпечує рівномірності температури й тиску по його ширині. Наслідком цього є неоднорідна пористість покриття, максимальна в зонах крайки електрода, а також нерівномірність адгезійної міцності зі зниженням її в зоні кромки покриття [3]. Крайовий ефект проявляється у двох варіантах контактного наварювання – при нанесенні покриття на

плоску поверхню з використанням нагостреного електрода й устаткування для крапкового зварювання, а також при нанесенні покриття на циліндричну поверхню з використанням роликового електрода й устаткування для шовного зварювання.

Для усунення цього недоліку розроблений електрод із спеціальною формою перетину [3]. На рис. 1 наведена схема фасонного електрода.

Параметри циліндричного електрода визначені емпірично і складають: ширина перерізу  $b=8$  мм, ширина профілю  $\Delta b=1,8$  мм, кут нахилу профільної поверхні  $\alpha=18^\circ$ .

Фасонний електрод неминуче створює перервність шару при наварюванні на вал покриття у вигляді спіралі. Макрогеометрія перетину покриття наведена на рис. 2. Ця обставина дозволяє реалізувати принцип нанесення дискретних покриттів підвищеної термомеханічної стійкості [5; 6].

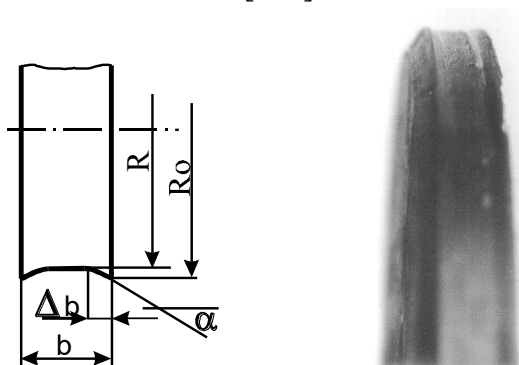


Рисунок 1. Циліндричний електрод для контактного наварювання з профільною робочою поверхнею

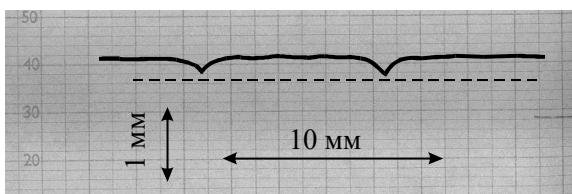


Рисунок 2 – Макрогеометрія покриття отриманого профільним електродом.

Геометричні параметри робочої частини профільного електрода для контактного наварювання порошку залежать від властивостей матеріалу, що наварюється. Зокрема, кут нахилу профільної частини електрода залежить від коефіцієнту тертя, що визначається формою та матеріалом частинок, а також коефіцієнтом бокового тиску, який залежить від гранулометричного складу порошку. Ширина зони з нерівномірним ущільненням визначається кутом захвату та діаметром електрода-ролика.

Гвинтова канавка на поверхні деталі дозволяє утримувати масло при роботі спряження, подавати його під деяким тиском в зону тертя та більш рівномірно розподіляти по поверхням тертя. Розімкненість канавки (тобто можливість вільного виходу масла) дозволяє покращити перетікання масла в контактні поверхні та забезпечує виведення продуктів зношування з зони тертя.

Умови мащення деталей в період припрацювання і подальшої роботи значно покращуються, якщо збільшити маслоємність поверхонь, що труться. Мікрорельєф, який

утворюється після наварювання, підвищує маслоємність деталей до 30 %. При цьому, відбувається зниження зносу інших деталей, що працюють в парі з обкатаною поверхнею.

#### **Список літератури**

1. Ярошевич В.К., Генкин Я.С., Верещагин В.А. Электроконтактное упрочнение. – Минск: Наука и техника,
2. Дорожкин Н.Н. Получение покрытий методом припекания. – Минск: Наука и техника, 1980, - 176 с.
3. Красота М.В., А.М. Артюхов, І.В. Шепеленко, В.О. Дубовик. Дослідження впливу параметрів циліндричних електродів на формування покриттів при контактному наварюванні порошків/Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 40, частина. I - Кіровоград, КНТУ, 2010, с. 179-185
4. Кутковский С.И. Электроды контактных электросварочных машин. – М.-Л.:Машиностроение., 1974, - 110 с.
5. Слиозберг С.К. Электроды для контактной сварки. – Л.: Машиностроение, 1972 – 96 с.
6. Дорожкин Н.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками. – Минск: наука и техника, 1975,- 152 с.
7. М.В.Красота, І.М. Соколенко, І.В. Шепеленко. Теоретико-експериментальні дослідження параметрів електроконтактного наварювання порошків/Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. КДТУ, 2004, Вип. 34, 1 с. 225.

**УДК.621.664**

### ***ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ НАСОСІВ ОБ'ЄМНОГО ТИПУ***

**Р.А. Осін**, канд. техн. наук, доцент

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

**О.О. Матвієнко**, канд. техн. наук, доцент

Гідросистеми знайшли широке розповсюдження в найрізноманітніших областях техніки. На теперішній час гідросистеми успішно використовують на транспортних, гірських, будівельних, дорожніх, меліоративних і сільськогосподарських машинах, судах, літальних та підводних апаратах, верстатах і підйомно-транспортному устаткуванні, автоматичних лініях машинобудівних, металургійних, хімічних та інших підприємствах. Це пояснюється рядом істотних переваг гідросистем в порівнянні з іншими типами приводів, що і зумовило їх широке розповсюдження [1-6].

Аналіз приведених джерел показав, що при створенні гідротрансмій та інших гідросистем сучасного рівня, розрахованих на високий тиск, перевагу віддають поршнеvim насосам, технічний рівень яких сьогодні займає провідні позиції. Але поршнеvim гідромашинам притаманний ряд істотних недоліків, що примушує шукати альтернативні об'ємні гідромашини, засновані на інших принципах роботи.

Одними з таких об'ємних машин є шестеренні насоси. До найважливіших конструктивних переваг НШ слід віднести: надзвичайну простоту конструкції, кількість різних деталей насоса, як правило, не більше десяти; мінімальна кількість рухомих деталей: всього дві деталі – ведуча та ведена шестерні, що здійснюють обертальний рух; відсутність

зворотньо-поступального руху, який зв'язаний з дією сил інерції; простота і низька собівартість виготовлення; непримхливість в експлуатації; висока надійність; високі питомі технічні характеристики [7].

Шліцьове розділення камер високого і низького тиску, що має місце в НШ, на відміну від клапанного відрізняється підвищеною надійністю в процесі роботи. Тому, НШ властива найнижча чутливість до забруднення робочої рідини, що інколи є одним з визначальних чинників вибору типу насоса для роботи в умовах підвищеної запиленості при роботі в шахтах, кар'єрах, в сільськогосподарському виробництві, на дорожніх і будівельних машинах.

Шестеренні насоси, в основу роботи яких закладені процеси істотно складніші ніж ті, що покладені в основу роботи поршневих і пластинчастих гідромашин, є переважними в порівнянні з іншими типами насосів. Вони володіють не до кінця розкритим технічним потенціалом. Підтвердженням цьому є вихід на передові позиції за питомими показниками і ККД.

Подальше підвищення технічного рівня НШ дозволить їм зайняти ще більшу нішу в галузях виробництва, пов'язаних з важкими умовами експлуатації.

Для розширення галузі використання НШ у всіх вищезазначених областях техніки необхідне удосконалення їх конструкції у напрямі підвищення тиску, надійності, підвищення питомих характеристик.

Пошуки першоджерел, в яких містяться відомості про методи, моделі і способи підвищення подачі шестеренних насосів велися в наступних напрямках:

- пошук моделей, що описують принцип нагнітання робочої рідини в НШ;
- пошук залежностей для визначення подачі робочої рідини НШ;
- пошук залежностей і ступеня впливу параметрів зубчатого зачеплення на збільшення подачі НШ;
- пошук критерію оцінки досконалості зубчатого зачеплення шестерень, з погляду підвищення подачі;
- пошук методів підвищення подачі, які реалізовані в конструкціях існуючих НШ;
- пошук методів розрахунку зубчатих зачеплень НШ, які направлені на підвищення подачі.

### Список літератури

1. Петров В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин / В.А. Петров – М.: Машиностроение, 1988. – 248 с.
2. Машиностроительный гидропривод / [Прокофьев В.Н., Кондаков Л.А., Никитин Г.А. и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 495 с.
3. Гловацкий Е.Я. Анализ режимов работы объемных гидротрансмиссий зерноуборочных комбайнов зарубежных фирм / Е.Я. Гловацкий // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1984. – № 5. – С. 37–39.
4. Ловкис З.В. Гидроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет / З.В. Ловкис – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
5. Дзильно А.А. Гидрообъемные трансмиссии зарубежных строительных машин / А.А. Дзильно, В.А. Полянин // Строительные и дорожные машины. – 1984 – № 6 – С. 21-22.
6. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов: [учебник для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика»] / К.Л. Навроцкий – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.



7. Аврунин Г.А. Анализ современного технического уровня гидрообъемных передач / Г.А. Аврунин, И.В. Кабаненко, В.В. Хавиль // Вибрации в технике и технологиях. – 2003. – № 4 (30) – С. 3-6.

УДК 621.791.317.5

## **ВПЛИВ ФОРМИ КРОМОК НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАННИЙ СТАН ДУГО-ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ ОЦИНКОВАНИХ ТРУБ**

**О.М. Матвієнків, асист.**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

В машинобудуванні та транспорті широко застосовуються деталі з отворами такі як стакани, фланці, гільзи тощо. В наш час існує багато способів усунення дефектів, що утворились в процесі експлуатації на зовнішніх поверхнях таких деталей. Проблемою стало їх усунення на внутрішніх важкодоступних поверхнях. В даній роботі представлено новий метод ремонту таких дефектів на прикладі шкворневої балки трамваю, а саме – заварювання тріщин, що утворились на внутрішній поверхні шкворня, спеціальним екзотермічним способом.

Застосування цинкового покриття для захисту зварних конструкцій, в тому числі трубопроводів від корозії, є одним із найоптимальніших завдяки своїй економічності та екологічності. Однією із суттєвих переваг цинкового покриття є те, що у випадку незначних механічних пошкоджень (подряпин, ударів) цинкове покриття може самовідновлюватись на пошкоджених ділянках за рахунок наявності щільної оксидної плівки. Оскільки цинк є більш активним металом, ніж підкладний метал, то він першим вступає в реакцію із зовнішнім середовищем і в процесі взаємодії на поверхні цинку утворюється щільна оксидна плівка, яка перешкоджає подальшій корозії.

Однак виникає проблема зварювання оцинкованих сталей. Наявність покриття утруднює процес зварювання через інтенсивне випаровування цинку при зварюванні. Пари цинку, крім шкідливої дії на здоров'я людини, також негативно впливають на процес зварювання. А саме, перешкоджають стабільному горінню дуги, викликають утворення пор і тріщин у зварному шві, а також спричиняють руйнування захисного покриття в місці з'єднання.

Основні труднощі зварювання сталевих конструкцій з цинковим покриттям викликані різницею температур плавлення сталі та цинку а також випаровуванням цинку. Як відомо температура плавлення заліза 1539 °С, а цинку від 420 °С. За температури ~906 °С, починається інтенсивне кипіння та випаровування цинку.

Останніми роками для з'єднання сталей із захисними покриттями, а також для з'єднання різнорідних матеріалів, широкого застосування набула технологія дугового паяння.

Застосування дугового паяння, для з'єднання оцинкованих сталей дає змогу суттєво знизити тепловий вплив на метал і тим самим запобігти інтенсивному випаровуванню цинку, а також зменшити можливість пропалів та деформацій в процесі отримання з'єднань, із забезпеченням міцності з'єднань практично на рівні з основним металом [1].

Особливістю дугового паяння є нижча температура нагрівання, порівняно з температурою зварювання, та плавлення окремо присадкового матеріалу. Низьке тепловкладення при дуговому паянні забезпечується імпульсним перенесенням крапель електродного металу та використанням присадкових матеріалів зі сплавів на основі міді, які мають відносно невисоку точку плавлення (в залежності від складу сплаву від 950 до 1080°C).

Сучасні технології дають змогу отримати якісні з'єднання із оцинкованої сталі методом дугового паяння для листів, товщина яких не перевищує 1,5 мм. Зокрема, у роботі [2] досліджено паяні з'єднання листів із низьковуглецевої сталі товщиною 1,5 мм із використанням дроту CuAl8, які характеризуються високим рівнем мікротвердості та міцності. Рівень механічних властивостей з'єднань такого типу та, відповідно, параметри їх мікроструктури регулюються у широкому діапазоні шляхом раціонального вибору режимів дугового паяння оцинкованої сталі, що підтверджується результатами робіт [3,4], які отримані для листів товщиною 0,8–1,0 мм з'єднаних із використанням дроту CuSi3 та газового середовища різного складу.

Але як показав проведений аналіз на даний час практично немає інформації про дослідження напружено-деформованого стану паяних з'єднань, тому дослідження в даному напрямку є досить актуальними.

Метою даної роботи є встановлення залежності величини та характеру розподілу напружень від форми кромки в стикових паяних з'єднаннях труб під дією внутрішнього тиску, а також визначення оптимальної форми кромки.

Прогнозування міцності паяних з'єднань проводилось у програмі розрахунку напружено-деформованого стану, методом кінцевих елементів (МКЕ). Для цього було розроблено комп'ютерні скінчено-елементні осиметричні моделі паяних з'єднань стиків труб діаметром 150мм, товщиною стінки 3,2 мм. Оскільки існуючі стандарти не регламентують розміри швів та форму підготовки кромки для дугового паяння, то відповідні параметри вибирались для з'єднань труб дуговим зварюванням, тип з'єднання С17 з V-подібною формою кромки, згідно з ГОСТ 16037-80.

Максимальний тиск визначався з умови, щоб виникаючі еквівалентні напруження забезпечували пружно-пластичну деформацію матеріалу, що виникає при напруженнях  $(0,9 \dots 1,1)\sigma_T$  [5]. Максимальний тиск визначали за формулою

$$p = \frac{2 \cdot \varphi \cdot \delta}{D + \delta} \cdot 0,9 \cdot \sigma_T, \quad (1)$$

де  $\delta$  – товщина стінки труб, мм;  $\varphi$  – коефіцієнт міцності паяного шва;  $D$  – внутрішній діаметр труб, мм;  $\sigma_T$  – межа плинності сталі ( $\sigma_T = 265$  МПа для сталі 16ГС, за довідниковими даними).

Розрахований за формулою (1) максимальний тиск для даної моделі склав 9 МПа що відповідає максимальним еквівалентним напруженням 238 МПа.

В результаті моделювання навантаження та розв'язання механічної задачі отримано напружено-деформований стан дуго-паяних з'єднань.

Розглянувши більш детально розподіл колових напружень у зоні з'єднання шва з трубами, встановлено, що при використаних геометричних розмірах моделей відбувається локалізація максимальних величин напружень на переході між швом та трубою.

Максимальна величина колових напружень на верхній кромці стінки труби становить 231 та 236 МПа для з'єднань з матеріалом шва CuAl8 та CuSi3 відповідно. Як бачимо, величина максимальних напружень для даних матеріалів швів є майже однаковою, але

розподіл напружень дещо відрізняється. Зокрема у з'єднанні з матеріалом шва CuSi3 концентрація напружень на нижній кромці труб біля шва є меншою.

Результати проведених досліджень показали, що така геометрія швів не забезпечує відповідної міцності з'єднань. Для того, щоб зменшити максимальну величину колових напружень та позбутися їх концентрації поблизу шва, слід змінити геометрію шва та відповідно форму кромки труб. Це дасть змогу збільшити коефіцієнт запасу міцності паяних з'єднань та термін їх експлуатації.

Виходячи з конструктивних та технологічних міркувань побудовано керований ескіз, що лежить в основі побудови тримірної моделі елементів паяного з'єднання труб. Обмеженням для виконання процесу оптимізації вибрано значення мінімального коефіцієнту запасу міцності не менше 1,55 згідно вимог СНиП 2.05.06-85.

Для оболонок під дією тиску концентрація напружень на зовнішній стороні стінки біля зварного шва є найбільш небезпечною, тому основним завданням оптимізації було змінити місце концентрації максимальних напружень та зменшити їх величину.

Згідно з отриманими результатами дослідження елементів паяного з'єднання труб оптимальною є форма кромки з розмірами, вказаними на рис. 1.

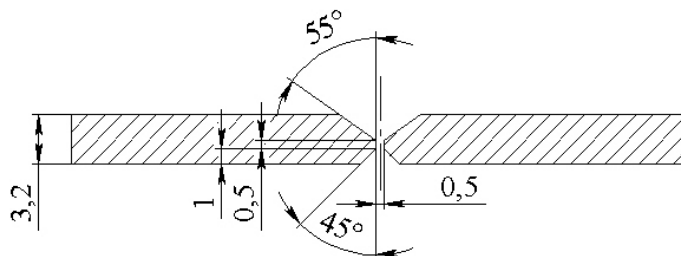


Рисунок 1 – Схема форми підготовки кромки за результатами оптимізації

Для запропонованої форми кромки було проведено моделювання навантаження та розв'язання механічної задачі. Результати проведених розрахунків показали щоперерозподіл напружень в перерізі з'єднань змінився. А саме: максимальні колові напруження виникають вже по нижній кромці стінки труби на відстані близько 0,7 мм від шва, а їх величина зменшилась. Результати дослідження колових напружень перерізі з'єднань зі стандартною та оптимізованою формою кромки наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Колові напруження в перерізі паяних з'єднань зі стандартною та оптимізованою формою кромки

Матеріал шва	Максимальні колові напруження, $\sigma_{кц}$ , МПа		Різниця, %	Максимальні еквівалентні напруження за критерієм Мізеса, $\sigma_{екв}$ , МПа		Різниця, %
	стандартні кромки	оптимізовані кромки		стандартні кромки	оптимізовані кромки	
CuAl8	231	218	5,6	243	202	16,8
CuSi3	236	220	6,7	247	217	12,1

За рахунок оптимізації форми кромок зменшилась величина колових та еквівалентних напружень за Мізесом, у перерізі паяних з'єднань труб, при їх навантаженні внутрішнім тиском.

Слід також відмітити що в оптимізованому варіанті підготовки кромок вдалося зняти небезпечну концентрацію напружень на верхній кромці стінки труби, між швом та основним металом, а розподіл напружень став більш рівномірним по довжині.

### Список літератури

16. Хорунов В. Ф. Дуговая пайка низкоуглеродистых сталей/ В. Ф. Хорунов, И. В. Зволинский, С. В. Максимова // Автоматическая сварка. – 2013. – №4. – С. 23–27.
17. Varol F. Influence of current intensity and heat input in Metal Inert Gas-brazed joints of TRIP 800 thin zinc coated steel plates/ F. Varol, E. Ferik, U. Ozsarac, S. Aslanlar // Materials&Design. – 2013. – Vol. 52. – P. 1099–1105.
18. Iordachescu D. Influence of shield in gases and process parameters on metal transfer and bead shape in MIG brazed joint softthin zinc coated steel plates/ D. Iordachescu, L. Quintino, R. Miranda, G. Pimenta // Materials&Design. – 2006. – Vol. 27, Issue5. – P. 381–390.
19. Rykała J. Influence of the technological conditions of welding using the MIG/MAG method on metal transfer in the weld ingarc / J. Rykała, T. Pfeifer // Welding International. – 2013. Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.1080/09507116.2012.753233>
20. Лейбо А. Н. Справочник механика нефтеперерабатывающего завода: справочное пособие / А. Н. Лейбо. – Москва: Наука, 1963. – 840 с.

УДК 622.24.051.55

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПАР ТЕРТЯ ШАРОШКОВИХ ДОЛІТ**

**І.О. Гнатенко**<sup>1</sup>, *м.н.с.*

**В.П. Бондаренко**<sup>1</sup>, *чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф.*

**Р. І. Гук**<sup>2</sup>, *інж.*

**Я. Р. Круглий**<sup>2</sup>, *інж.*

<sup>1</sup>*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ*

<sup>2</sup>*ОАО «Дрогобицький долотний завод», м. Дрогобич, Україна*

Однією з головних причин виходу з ладу шарошкових доліт є знос і руйнування деталей пар тертя опор доліт. Пара тертя осевого підшипника ковзання опори долота складається з двох деталей – п'яти і підп'ятника. Надійність і довговічність роботи деталей пар тертя залежать від багатьох факторів, що зумовлюють складні явища і процеси, які відбуваються у фрикційному контакті. У цій роботі представлені результати експериментального дослідження матеріалів (швидкоріжучих сталей та твердих сплавів), з яких виготовлені п'яти і підп'ятники, витягнуті з відпрацьованих трьох шарошкових доліт.

Дослідження проводилися на зразках із доліт виробництва ВАТ " Дрогобицький долотний завод " (надалі ДДЗ), а також із доліт фірми " Бейкер Хьюз "(США) та фірми Глініке (Польща). Зразки п'ят і підп'ятників порівнювалися за мікрорельєфом, що сформувався на їх робочих поверхнях, за фізико-механічними властивостями, за мікроструктурою та хімічним складом. Зіставлення середніх значень параметра шорсткості  $R_a$  (ГОСТ 2789-73) поверхонь тертя п'ят і підп'ятників показує, що вони близькі у сполучених деталях однієї і тієї ж пари тертя і суттєво відрізняються у пар тертя з різних доліт.

Аналіз отриманих даних показує, що у вирішенні проблеми підвищення ресурсу і працездатності вузлів тертя шарошкових доліт фірма Глініке, також як і ДДЗ, визначальну роль відводять матеріалу, з якого виготовляються деталі пар тертя, і, насамперед, таких

властивостей, як твердість і міцність. Фірма Глініке віддає перевагу твердому сплаву – більш твердому матеріалу і відповідно більш зносостійкому, ніж швидкоріжуча сталь. ДДЗ застосовує швидкоріжучі сталі – матеріал з підвищеними порівняно з твердим сплавом міцністю та ударною в'язкістю.

Недоліком пари тертя фірми Глініке є те, що обидві деталі виготовлені з однакового матеріалу. У відповідності з загальними принципами проектування триботехнічних систем для випадку тертя без мастила більш доцільно застосовувати в парі тертя неоднакові матеріали. Цим вимогам в більшій мірі задовольняє пара тертя, виготовлена на ДДЗ, вона складається із сталей з відмінним набором легуючих елементів. Більш перспективними можуть виявитися поєднання «сталь-карбідосталь» і «сталь-твердий сплав», для чого необхідно провести їх апробацію на стендах і в промислових умовах.

Багаторазове зниження коефіцієнта тертя й інтенсивності зношування забезпечується застосуванням мастила. У сильно навантажених вузлах тертя застосовуються тверді мастильні речовини, зокрема, м'які метали, до яких, в першу чергу, відноситься срібло. Саме воно використовується в парі тертя фірми Бейкер Хьюз для створення поновлюваного покриття на тертьових поверхнях деталей.

При наявності мастила антифрикційні властивості твердої основи перестають бути визначальними, що дозволило фірмі Бейкер Хьюз використовувати для виготовлення як п'яти, так і підп'ятника один і той же матеріал зі стандартною структурою. Роль матеріалу основи в парах тертя з твердим мастилом, а також вплив складу твердого мастила на працездатність пари тертя в шарошкових долотах слід з'ясувати спеціальними дослідженнями.

#### ВИСНОВКИ.

1. Швидкорізальні сталі, з яких виготовлені деталі пари тертя фірми Бейкер Хьюз, не мають переваг у вихідній структурі в порівнянні зі сталями в парах тертя ДДЗ. Однорідну рівномірну структуру без видимих дефектів мають тверді спечені сплави в парі тертя фірми Глініке.

2. Мінімальну шорсткість і відполіровану робочу по-поверхня деталі мають пари тертя фірми Бейкер Хьюз, що побічно вказує на менші коефіцієнт тертя ковзання і інтенсивність зношування цих деталей у порівнянні з парами тертя ДДЗ і фірми Глініке.

3. Наявність твердої змазки на основі срібла в парі тертя фірми Бейкер Хьюз, є більш суттєвим фактором зниження тертя і зносу пари тертя, ніж якість структури і хімічний склад швидкорізальної сталі або навіть застосування для обох деталей пари тертя твердого сплаву.

4. Для зниження коефіцієнта тертя, а також інтенсивності і швидкості зношування пар тертя ДДЗ можуть бути рекомендовані декілька способів, ефективність яких зростає в наступному ряду: а) заміна литих швидкорізальних сталей на порошкові; б) заміна поєднання однорідних матеріалів «сталь-сталь» на поєднання різнорідних матеріалів «сталь-твердий сплав» або «сталь-карбідосталь»; в) застосування твердих мастил або покриттів (на першому етапі слід використовувати тверді мастила на основі срібла). Додатковий ефект може дати удосконалення конструкції вузла тертя і оптимізація режиму буріння залежно від категорії міцності породи, типу і діаметра долота.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ПОПИТ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ В ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**А.А. Кочина, аспірант**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Автомобільні дороги загальногосподарського користування поблизу великих міст відчувають підвищене транспортне навантаження, яке збільшується у мірі наближення до межі міста за рахунок пересувань автомобілів у приміському сполученні, яке є значно більш інтенсивним ніж міжміське сполучення.

У науковій літературі наведено дані про те, що переміщення людей – соціальне явище, що формується під впливом безлічі різноманітних факторів. Найбільше на пересування людей впливають рівень розвитку суспільного виробництва, соціальна структура суспільства, уклад життя, географічне розташування й характер розселення, розвиток техніки, інформації та зв'язку, бюджет вільного часу, культурно-побутові та суспільні запити людей [1]. Окрім того на рівень потреби в пересуваннях впливають різні організаційні чинники: територіальна віддаленість об'єктів тяжіння, тривалість пересування, відстань між пунктами зупинок, величина транспортного тарифу, якісні та кількісні параметри рухомого складу (комфорт поїздки, час очікування), наявність інформації тощо.

Можна стверджувати, що на величину попиту впливає безліч факторів як внутрішнього, так і зовнішнього характеру які направлені на визначення потреб у пересуванні. Якщо розглядати основні чинники, які впливають на попит то можливо виділити чотири групи.

Перша група, яка є основним показником, який визначає величину попиту в пересуваннях є транспортна рухомість населення. Основні фактори, які впливають на величину попиту це соціально - культурний рівень населення, просторові-часові характеристики зон проживання та роботи.

Друга група залежить від характеру і змісту системи розселення мешканців міста і приміської зони. До основних факторів, які впливають на величину попиту можна віднести виробниче, соціально-економічне, культурно-історичне значення міста, кількість населення міста та його площину.

Третя група, характеризує рівень розвитку транспортної інфраструктури, яка залежить від так званих організаційних факторів [2].

Окремий фактор, який визначає рухомість на індивідуальному транспорті це рівень автомобілізації населення.

Оцінити всі фактори можливо лише при розгляді окремого міста або декількох міст. При побудові транспортної моделі значних об'єктів, наприклад таких як вся Україна, визначити для кожного міста його точні параметри, які не являються частиною статистичних спостережень є дуже складною задачею.

### Список літератури

1. Яновський П.О. Пасажирські перевезення [Текст] / П.О. Яновський. – Київ: НАУ, 2008. - 469 с.
2. Артынов А.П., Дмитриев Н.У. Пригородные пассажирские перевозки. – М.: Транспорт, 1985.-161с.

УДК:656.072

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РАЗОВИХ ЗАМОВЛЕНЬ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**Н. Мосьпан**, асп. каф. транспортних систем і логістики,  
**П. Ф. Горбачов**, док. техн. наук, проф.,  
*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

В умовах динамічного розвитку ринкової кон'юнктури, що характеризується, головним чином, рівнем попиту і пропозиції, існує потреба у впровадженні в систему управління будь-якого автотранспортного підприємства нових оптимізаційних методів. Одним з найголовніших підходів до оптимізації функціонування транспортних компаній, що надають послуги з перевезення вантажів у міжміському сполученні, є розробка та використання різних стратегій поведінки на ринку транспортних послуг [1]. В масштабах нашої країни питанню стратегічного управління випадкової складової ринку міжміських вантажоперевезень приділяється недостатньо уваги, що підтверджується обмеженістю практичного застосування заходів, які рекомендуються до впровадження зарубіжними та вітчизняними науковцями сьогодення. Виходячи з цього, створення теоретично обґрунтованого набору правил, яким доцільно користуватись перевізникам для обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні є актуальним завданням, вирішення якого дозволить підвищити надійність транспортного обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення.

У сучасних умовах вибір стратегії поведінки для підприємств вантажного автомобільного транспорту є важливим завданням, від вирішення якого залежить подальше існування автотранспортного підприємства. Спроба адаптуватися до умов ринкової економіки без вироблення адекватної стратегії найчастіше призводить до збитковості багатьох підприємств та загрози його ліквідації. Виходячи з цього, можна сказати, що питання формування стратегій, якими доцільно користуватись перевізникам в процесі прийняття рішення щодо обслуговування ним того чи іншого разового замовлення при організації міжміських маршрутів, є найважливішим етапом процесу управління його діяльністю.

В даний час перевізники знаходяться в складній ситуації: Адже за умов відмови від планування своєї діяльності в період ринкової економіки автотранспортні підприємства опинились в умовах невизначеності, що негативно позначилась на їхньому стані. Тому особливу увагу сьогодні варто приділяти саме стратегічному управлінню діяльності підприємства, тому що від того, яким чином перевізник реагує на зміни на ринку – шляхом використання заздалегідь розроблених та обґрунтованих варіантів управлінських рішень, або, посилаючись виключно на власний досвід, – залежить його конкурентна позиція на ринку транспортних послуг.

Значний внесок в розробку методології стратегічного управління транспортними підприємствами внесли такі науковці, як Д. Аакер, І. Ансофф, А. Томпсон, Є.В. Нагорний, В.С. Наумов та інші [2-6]. У більшості робіт автори приділяють увагу аналізу прогресивного інструментарію стратегічного планування та пропонують використовувати різні його варіації

в процесі управління підприємством. Не зважаючи на глибину проробки питання стратегічного управління підприємством значною кількістю науковців, варто зазначити, що більшість запропонованих підходів до оцінки діяльності підприємства носять або узагальнений характер, що пояснює можливість їх використання для вирішення комплексних завдань, або застосування цих підходів можливе лише для прийняття рішень в довгостроковій перспективі, тому вони не в повній мірі можуть використовуватись для обслуговування випадкової складової ринку транспортних послуг, що характеризується постійною зміною актуальної для перевізників інформацією.

Враховуючи вищезазначене, можна сказати, що стратегії автотранспортних підприємств з обслуговування разових замовлень повинні бути досить гнучкими та базуватися на стійкій конкурентній перевазі, підґрунтям якої є вміння швидко реагувати на зміни ринку транспортних послуг. А цього можливо досягти за рахунок урахування особливостей функціонування досліджуваного сегменту ринку, найголовніша з яких полягає у вибіркового підході перевізників до обслуговування пропозованих варіантів замовлень. Завдяки цій особливості єдиним, що є зрозумілим на початку етапу формування обґрунтованого набору правил для перевізників, – це те, що основою їх рішення виступають умови перевезення, які перевізник вважає для себе прийнятними.

Випадкова складова ринку транспортних послуг пропонує різні умови отримання замовлень у різних містах. Так, регіони України, що мають високий рівень соціально-економічного розвитку, є джерелом виникнення значної кількості замовлень на перевезення вантажу, тобто інтенсивність надходження разових замовлень в них значно перевищує кількість автомобілів, що готові прийняти їх до виконання. Доставка вантажів до таких регіонів означає високу ймовірність швидкого отримання замовлення на наступне перевезення в пункті призначення вантажу, без дальньої порожньої подачі під нього. З іншого боку, існують споживчі регіони, для яких характерним є суттєве перевищення обсягів вантажів, що до них прибувають над обсягами вантажів, що відправляються з них. Виходячи з цього, можна сказати, що саме визначення співвідношення інтенсивності надходження разових замовлень до інтенсивності надходження автомобілів, що на них претендують повинне бути передумовою поділу напрямків перевезення вантажів за їх привабливістю стосовно перспектив отримання наступного замовлення і слугувати основою формування стратегій з обслуговування разових замовлень на міжміській вантажоперевезення.

Ще одним показником, який слід враховувати при розробці стратегій поведінки перевізників на ринку разових замовлень, в умовах приблизно рівного тарифу за один км перевезення вантажу, є максимально припустима для перевізника відстань порожньої подачі автомобіля під наступне завантаження в оборотному рейсі.

Таким чином, при розробці стратегій перевізників з обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні варто враховувати два головних елементи – це співвідношення між потоками вантажів, що вибувають з регіону та прибувають до нього, а також відстань порожньої подачі автомобіля. Завдяки розробці та використанню таких гнучких стратегій поведінки перевізники зможуть зайняти вигідну позицію на ринку транспортних послуг, тим самим підвищуючи надійність транспортного обслуговування разових замовлень на міжміській вантажоперевезення.

### Список літератури

1. Горбачов П.Ф. Оцінка ефективності стратегій перевізників з обслуговування разових замовлень на міжміській вантажоперевезення / П.Ф. Горбачов, І.С. Наглюк, О.В. Макарічев, Н.В. Мосьпан // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2015. – №37. – С. 61-69.
2. Аакер Д. Стратегическое рыночное управление / Д. Аакер. – СПб.: Питер, 2007. – 496 с.
3. Ансофф И. Стратегическое управление / И. Ансофф. – М.: Экономика, 1989. – 519 с.
4. Томпсон А.А. Стратегический менеджмент. Концепции и ситуации. / А.А. Томпсон, Д. Стрикленд. – М.: Вильямс, 2006. – 928 с.
5. Нагорний С.В. Методика вибору оптимальної стратегії поведінки суб'єктів транспортного ринку в умовах конкуренції. / С.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2006. – № 9. – С. 127-132.



6. Наумов В.С. Выбор оптимальных стратегий перевозчика на рынке транспортно-экспедиционных услуг / В.С. Наумов, Ю.В. Пересыпкин // Восточноевроп. журнал передовых технологий: сб. науч. тр. – 2010. – №2/4(44). – С. 31-35.

УДК 631.3

## **ОБґРУНТУВАННЯ ОБЛАСТІ ОПТИМАЛЬНОЇ РОБОТИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАКТОРА**

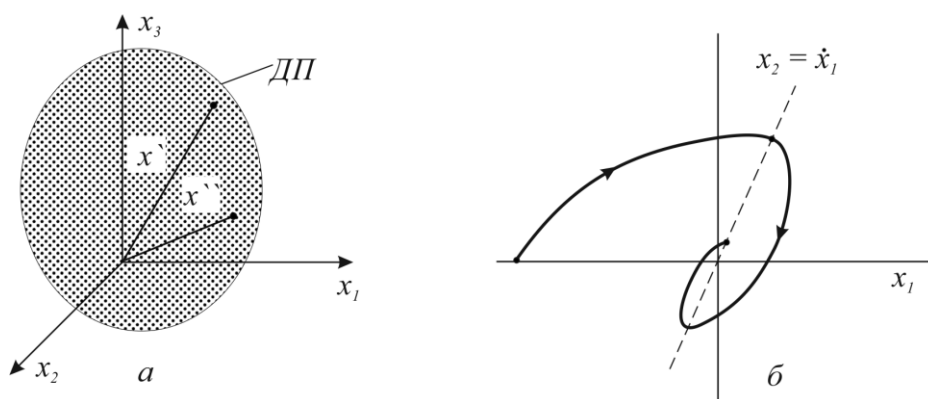
**М.Л. Шуляк, к.т.н.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
ім. П.Василенка*

Евклідовий простір універсально і найчастіше використовуватиметься при побудові динамічного простору функціонування трактора на транспортних роботах.

При нестабільному одному або декількох функціональних параметрів трактора  $v(t)$ ,  $y_n(t)$ ,  $y_z(t)$  і  $w(t)$ , що характеризують відхилення від номінальних значень  $y^x$ ,  $y_n^x$ ,  $y_z^x$  і  $w^x$ , можлива втрата трактором функціональної стабільності, при якій він не буде виконувати функції, що визначаються нормативно-технічною документацією (НТД). В даному випадку динамічний простір функціонування трактора визначається передаточними функціями  $W_v$ ,  $W_{y_n}$ ,  $W_{y_z}$  і  $W_w$ , що характеризуються відношенням  $v(t)$ ,  $y_n(t)$ ,  $y_z(t)$ ,  $w(t)$  до  $y^x$ ,  $y_n^x$ ,  $y_z^x$ ,  $w^x$ .

При цьому динамічний простір (ДП) може являти собою дискретну множину елементів (точок, векторів) в сукупності з тією чи іншою метрикою, наприклад при оцінці функціональної стабільності трактора на транспортних роботах при збуреннях по поздовжній  $x_1$ , горизонтальній  $x_2$  та вертикальній  $x_3$  координатами (рис. 1, а).



а – дискретна множина однотипних елементів (точок, векторів  $x'$ ,  $x''$ , ...);

б – фазова траєкторія при різних елементах

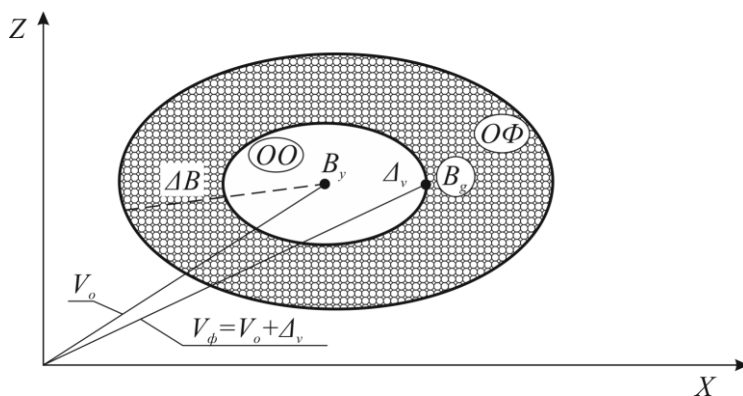
Рисунок 1 – Ілюстрація динамічного простору станів

У завданнях аналізу функціонування системи в динамічному просторі найбільше прикладне значення мають дослідження двовимірного випадку ( $n = 2$ ), коли простір станів перетворюється в площину станів – фазову площину. Для систем, що описуються об'єктивними диференціальними рівняннями другого порядку (або системою двох диференціальних рівнянь другого порядку), для яких застосовується фазова площина, по осі абсцис відкладається координата  $x_1$ , а по осі ординат – її похідна  $x_2 = \dot{x}_1$ .

При цьому рух по фазовій траєкторії завжди відбувається за годинниковою стрілкою (рис. 1, б). У прикладному аспекті найбільш істотні результати одержані за допомогою фазової площини для систем з розривними характеристиками, які описуються різними диференціальними рівняннями для різних частин фазової площини, розділених так званою лінією перемикань (рис. 1, б – штрихова пряма).

Дана методологія дослідження динамічних систем найбільш ефективна при оцінці їх функціонування при нестабільних параметрах. Наприклад, для тракторів на транспортних роботах при оцінці функціональних параметрів швидкості руху  $v(t)$ , стійкості напрямку руху  $y_n(t)$  і гальмування  $y_z(t)$  необхідно одночасно оцінити їх прискорення за даними параметрами.

При експлуатації трактора на транспортних роботах вирішується завдання забезпечення його функціонування в одній з двох областей:  $OF$  – область функціонування, в якій трактор працює відповідно до призначення (забезпечується необхідне тягове зусилля, стійкість напрямку руху і гальмування і т.д.);  $OO$  – область оптимальної роботи, наприклад за критерієм енергозбереження, в якій трактор працює при допустимій зміні швидкості руху (зміна прискорення руху в допустимих межах) (рис. 2).



$\Delta_v$  – запас оптимального функціонування;  $V_o, V_\phi$  – вектора функціонування оптимальний, фактичний;  $\Delta B$  – запас функціонування в області  $OF$ .

Рисунок 2.4 – Співвідношення областей оптимальної роботи  $OO$  та функціонування  $OF$  трактора

Кожна точка  $OF$  характеризує певний режим роботи трактора в даний момент часу і описується певним поєднанням значень функціональних параметрів  $v(t), y_n(t), y_z(t)$ ,

$w(t)$  і збурюючих впливів  $f_v(t)$ ,  $f_{y_n}(t)$ ,  $f_{y_z}(t)$  і  $f_w(t)$ . Відхилення точки  $B_g$  від точки  $B_y$  визначає запас оптимального функціонування  $\Delta_y$  трактора.

УДК 621.791.317.5

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ ІЗ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ**

**М.Д. Струпіляк**, *ст. гр. ПМЗм-16-1,*

**Л.С. Шлапак**, *проф., д-р техн. наук*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Для забезпечення надійності сучасного обладнання енергетичних, хімічних та інших виробництв, трубопроводів, транспортних засобів, будівельних конструкцій тощо, необхідно мати достовірні дані про стійкість металів і сплавів і особливо їх зварних з'єднань при одночасній дії на них стаціонарних та змінних напружень та робочих середовищ, що зумовлює корозійно-механічне руйнування конструкцій.

Проблема корозійно-механічної стійкості металів загострюється через тенденцію до використання більш міцних конструкційних сталей і сплавів та у зв'язку із збільшенням одиничної потужності обладнання та жорсткішими умовами його експлуатації. Крім того дефіцит легуючих елементів, передовсім нікелю, вимагає застосування низьколегованих сталей у тих випадках, де ще декілька десятиліть тому можна було використати корозійностійкі сталі та сплави.

До найбільш небезпечних видів корозійно-механічних пошкоджень належать корозійне розтріскування, міжкристалічна корозія та корозійна втома, які відбуваються без помітної макропластичної деформації металу. Корозійних втрат при цьому майже немає або вони дуже незначні. Міжкристалічні, транскристалічні або змішаного типу тріщини важко виявити існуючими на підприємствах методами дефектоскопії.

Міжкристалічна корозія характеризується руйнуванням металу по границях зерен. Такий вид корозії являється найнебезпечнішим, оскільки руйнування, яке не викликає помітних змін на поверхні металу, розповсюджується глибоко всередину, що може виявитись причиною раптових серйозних аварій.

Однією з причин міжкристалічної корозії може бути сегрегація по межах зерен домішок; цим часто пояснюється, наприклад, корозія загартованих аустенітних корозійностійких сталей, що містять домішки фосфору, кремнію та ін, в сильноокислених середовищах.

Поділ фаз часто відбувається при нагріванні металів на довгий час понад 700 °С, що трапляється при порушенні режимів зварювання, термообробці, обробці тиском.

Міжкристалітна корозія неріжавіючих сталей проявляється в зварному з'єднанні і при неправильній термічній обробці нержавіючої сталі (нагрівання в інтервалі 500-800 °С). Явище міжкристалічної корозії зумовлено тим, що зерна знаходяться в пасивному стані, а

границі зерен - в активному стані. Умови пасивації тіла зерна і межі зерен різко розрізняються внаслідок утворення за межами зерен карбідів хрому у вигляді безперервного ланцюжка і ділянок, збагачених хромом (менше 12 % хрому), в той час як тіло зерна зберігає в твердому розчині високий вміст хрому (більше 12%), здатне підтримувати зерно в пасивному стані. Разом з тим при утворенні карбідів та інтерметалідів по межах зерен виникають внутрішні напруження, які також ускладнюють пасивацію зерен. Найбільшу схильність до міжкристалічної корозії мають аустенітні сталі, не стабілізовані титаном або ніобієм [1].

Для проведення дослідження зварили дві пластини зі сталі 20 і сталі 12Х18Н10Т, товщиною 10 мм кожна (рис. 1). Для даного зварного з'єднання використовується розробка кромок типу Тр-2. Зварювання проводили напівавтоматичним зварюванням в аргоні аустенітними електродами  $\varnothing$  1,2, типу 07Х25Н13. Ці електроди рекомендовані для напівавтоматичного зварювання в суміші захисних газів нержавіючих сталей. В якості захисного газу використовували аргон  $Ar + (3 \dots 15)\% O_2$ . Газові суміші виготовляли в процесі зварювання шляхом введення газового компонента в газовий канал зварювального пальника.

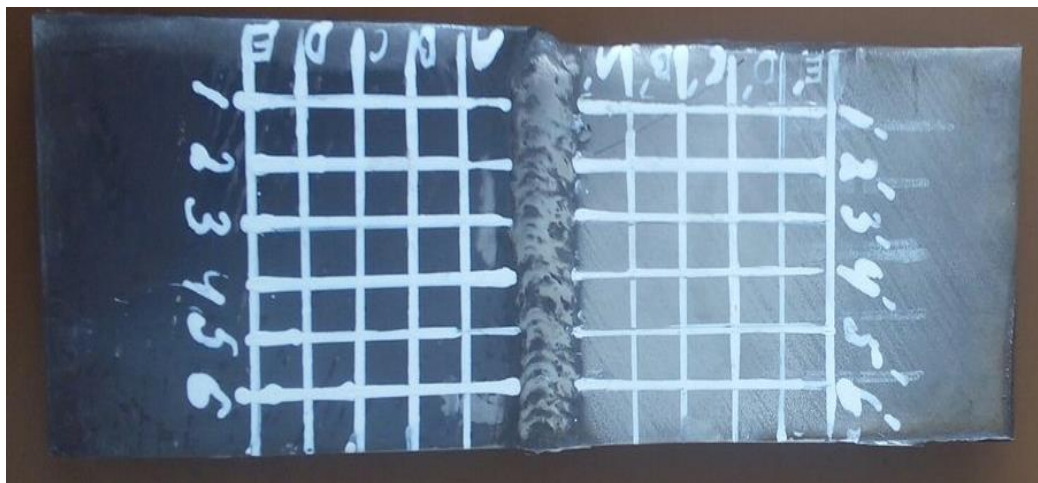


Рисунок 1 – Зварені пластини для дослідження

При дослідженні твердометрії було складено ряд таблиць та побудовано діаграми, які наведені нижче. З діаграм бачимо, що показник твердості шва більший від основного металу сталі 20, проте не перевищує показник сталі 12Х18Н10Т. Зміна твердості зони термічного впливу зі сторони нержавіючої сталі та сталі 20 не є значно великою, що не перевищує 3-х одиниць за шкалою Роквелла (HRB). Як видно із результатів металографічних досліджень (рис. 2) структура зони сплавлення є однофазовою аустенітною і складається із кристалітів витягнутої форми, які розташовані перпендикулярно до напрямку відводу теплоти. Шов характеризується відсутністю пор та тріщин та корозійною стійкістю.



а)

б)

а – структура зони сплавлення ( $\times 500$ ), б – загальний вигляд шліфа

Рисунок 2 – Результати металографічних досліджень зварного з'єднання сталі 20 та сталі 12X18H9T

Отже, за результатами проведених досліджень було встановлено оптимальні технологічні параметри зварювання вуглецевої та неіржавіючої сталі аустенітного типу, які дозволяють отримувати високоякісні зварні з'єднання та можуть бути використані при зварюванні елементів запірної арматури.

#### Список літератури

21. Гуляев А. П. *Металловедение* / А. П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1998. – 648 с.

УДК:621.891

### **МЕТОДИКА ОЦІНКИ АБРАЗИВНОЇ ЗДАТНОСТІ ЧАСТИНОК**

*Н.М. Гавадзин, ст. гр. ПМВм-16-1,*

*П.М. Присяжнюк, канд. техн. наук,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

При експлуатації деталей машин в абразивному середовищі необхідною умовою є розроблення критеріїв, які дозволяють прогнозувати рівень зносу залежно від морфологічних особливостей частинок. Одним із таких критеріїв є параметр горстроти  $SPQ$  [1], який визначається за формулою:

$$SPL = \sum_{i=1}^N \cos\left(\frac{\theta_i}{2}\right), \quad (1)$$

де  $N$  – кількість вершин,  $\theta_i$  – величина кутів при вершинах. Однак його розрахунок пов'язаний із значними труднощами методичного характеру, які виникають при оцифруванні

контурів частинок та вимірюванні кутів при вершинах. Для їх усунення перспективною є методика опису частинок – у вигляді замкнутого контуру, отриманого шляхом Фур'є-перетворення контуру частинки, представленого у вигляді ланцюгового коду Фрімена (полігону, який з'єднує граничні точки контуру) [2].

Апроксимація ланцюгового коду Фрімена за процедурою перетворення Фур'є розроблена у роботі [3]. Аналітична залежність, що описує контур зображення, представляється у вигляді параметричних рівнянь:

$$\begin{aligned} x_p &= x_c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2n\pi t_p}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2n\pi t_p}{T}\right), \\ y_p &= y_c + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos\left(\frac{2n\pi t_p}{T}\right) + d_n \sin\left(\frac{2n\pi t_p}{T}\right), \end{aligned} \quad (2)$$

де  $x_c$  та  $y_c$  – координати центра мас частинки  $n$  – номер гармоніки,  $t_p$  – відстань від початкової точки до заданої точки  $p$ ,  $T$  – периметр контуру частинки.

Для автоматизації вказаних вимірювань нами було запропоновано алгоритм розрахунку, який складається із таких етапів:

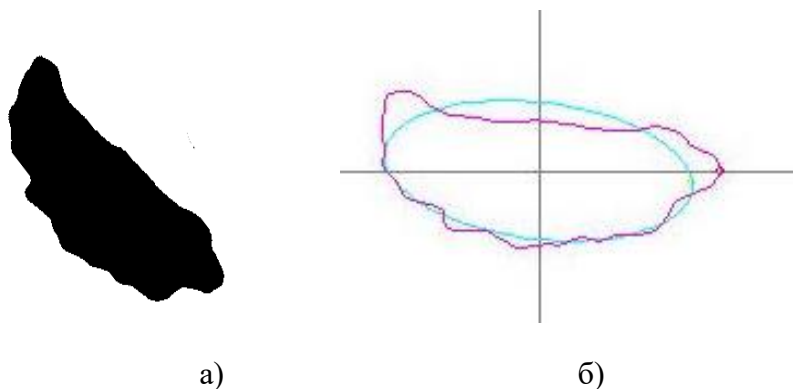
1) з використанням програми SHAPE (модуль ChainCoder) (<http://lbn.ab.a.u-tokyo.ac.jp/~iwata/shape/>) для фотографії проекції частинки (рис.1, а) було визначено ланцюговий код Фрімена за яким проводилась реконструкція контуру.

2) із застосуванням модуля CNC2NEF програми SHAPE було знайдено центр мас частинки, її найбільший радіус, який розташовували на осі абсцис (рис.1, б), а також коефіцієнти Фур'є ( $a_n, b_n, c_n, d_n$ ) для 50 гармонік.

3) коефіцієнти Фур'є підставляли у параметричні рівняння (2) при цьому приймалось  $\frac{2n\pi t_p}{T} = \theta_i$ , де  $\theta_i$  – кут радіус-вектора, який змінювався від 0 до  $2\pi$  з кроком 0,01 радіан.  $x_c$  та  $y_c$  приймались рівними 0. Таким чином, параметричні рівняння для опису контуру набули вигляду:

$$\begin{aligned} x(\theta_i) &= \sum_{n=1}^{50} a_n \cos(n\theta_i) + b_n \sin(n\theta_i), \\ y(\theta_i) &= \sum_{n=1}^{50} c_n \cos(n\theta_i) + d_n \sin(n\theta_i). \end{aligned} \quad (3)$$

Це дало можливість представити контур частинки у полярних координатах із радіус-вектором  $R(\theta_i) = \sqrt{x(\theta_i)^2 + y(\theta_i)^2}$  (рис. 2). Таким чином в областях, які виходили за межі середнього радіусу  $r_m$ , визначали гострі вершини ( $sp1, sp2$ ).



а – проекція абразивної частинки, б – реконструйований контур

Рисунок 1 – Схема реконструкції контуру за коефіцієнтами Фур'є

4) для кожної виявленої гострої вершини знаходили довжини хорд ( $CL$ ) отриманих у результаті перетину кола радіусом  $r_m$  та контуру частинки. Після цього побудовано профілі вершин абразивної частинки у координатах:  $(CL; \Delta R = R(\theta_i) - r_m)$  та апроксимували їх кусково-лінійною функцією:

$$y = a_1 + k_1x \text{ при } (x < x_i), \quad y = a_1 + k_1x_i + k_2(x - x_i) \text{ при } (x \geq x_i). \quad (3)$$

5) за значеннями кутових коефіцієнтів прямих  $k_n$  та  $k_{n+1}$  визначили кути  $\theta_i$  та параметр гостроти за формулою (1).

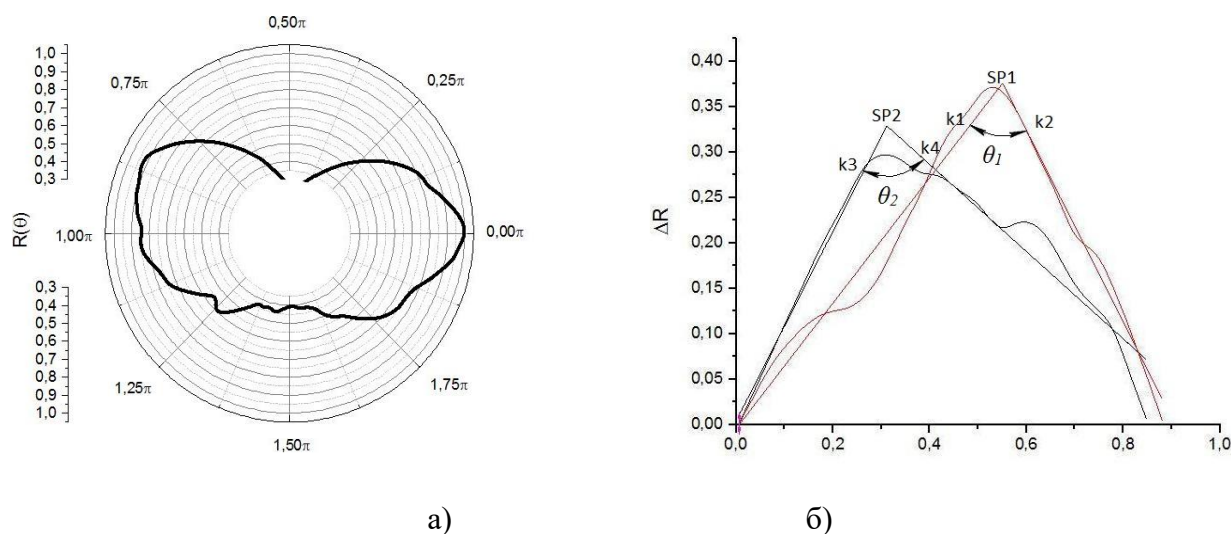


Рисунок 2 – Схема апроксимації гострих вершин абразивної частинки кусково-лінійною функцією

Таким чином, запропонований алгоритм дозволяє оперативно проводити оцінку абразивної здатності частинок за їх морфологією, яка визначається шляхом мікроскопічного аналізу та подальшою обробкою знімків. Враховуючи, що розрахований коефіцієнт гостроти тісно корелює із інтенсивністю зношування це, у свою чергу, дає можливість прогнозувати знос в абразивних середовищах різного типу.

**Список літератури**

22. Pintaude G. Remarks on the application of two-dimensional shape factors under severe wear conditions / G. Pintaude, M. Coseglio // Friction. 2016. – V. 4. – N. 1. – P. 65–71.
23. Li, K. Multiple fault diagnosis of down-hole conditions of sucker-rod pumping wells based on Freeman chain code and DCA / K. Li, X. W. Gao, W. B. Yang, Y. L. Dai // Petroleum Science. 2013. – V. 10. – N. 3. – С. 347–360.
24. Iwata, H. SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors / H. Iwata, Y. Ukai // Journal of Heredity. 2002. – V. 93. – N. 5. – P. 384–385

УДК 656.113.004

## **ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ VOLVO FH 1242**

**Д. І. Ступак**, студент,  
**В. В. Шаповалов**, студент,  
**О. П. Кравченко**, проф., д-р техн. наук  
*Житомирський державний технологічний університет*

*Постановка задачі.* Поширеним видом вантажних автомобілів, що виконують міжнародні перевезення, є автомобілі-тягачі провідного європейського виробника Volvo. Ефективна робота автомобільних поїздів забезпечується комплексом показників підприємства-виробника та підтримкою експлуатаційної надійності в умовах використання рухомого складу. Для безпеки руху особливо високі вимоги пред'являються до надійності гальмівної системи. Впровадження нових конструкцій та технологій виробника, безсумнівно, веде до підвищення ефективності автомобілів, проте, не менш важливу роль відіграє здатність системи зберігати працездатність в процесі експлуатації транспортних засобів.

Для оцінки експлуатаційної надійності застосовуються основні показники: ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність відмови, щільність ймовірності безвідмовної роботи, середнє напрацювання до відмови, інтенсивність відмови [1].

*Метою роботи* явилось визначення головних показників надійності гальмівної системи автомобілів-тягачів Volvo FH 1242.

*Матеріали та результати дослідження.* Досліджувалися 100 одиниць автомобілів-тягачів із пробігом до 700 тис. км, що виконують міжнародні вантажні перевезення [2].

Аналіз відмов гальмівної системи показав, що загальна кількість відмов системи складає 126 випадків (9,5% від усіх відмов тягача). Щодо «слабких» місць системи виявилися: пружина гальмівної колодки – 41 відмова, супорти гальмівні - 27 відмов, датчик зносу гальмівних колодок – 26 відмов; інші «слабкі» місця: модулятор керування гальмами, кабель ABS, датчик ABS, блок EBS, енергоаккумулятор (таблиця 1).

Таблиця 1 – Розподіл відмов по елементам

Елемент	Відмови, од.	Відмови, %	Наробіток до першої відмови, км	Середній наробіток до відмови, км
Пружина гальмівної колодки	41	32,5	129000	299146
Супорт гальмівний	27	21,4	328000	413111
Енергоаккумулятор	2	1,6	155000	202500
Датчик зносу гальмівних	26	20,6	106000	312923



КОЛОДОК				
Модулятор керування гальмами	12	9,5	83000	256583
Датчик ABS	4	3,2	98000	270750
Кабель ABS	10	7,9	420000	126900
Блок EBS	4	3,2	155000	286750

Середнє напрацювання до відмови склало 271083 км, а середнє значення параметра потоку відмов  $0,05 \cdot 10^{-3}$  1/км. Значення показників безвідмовності роботи гальмівної системи наведені на рисунку 1, статистичні характеристики - на рисунку 2.

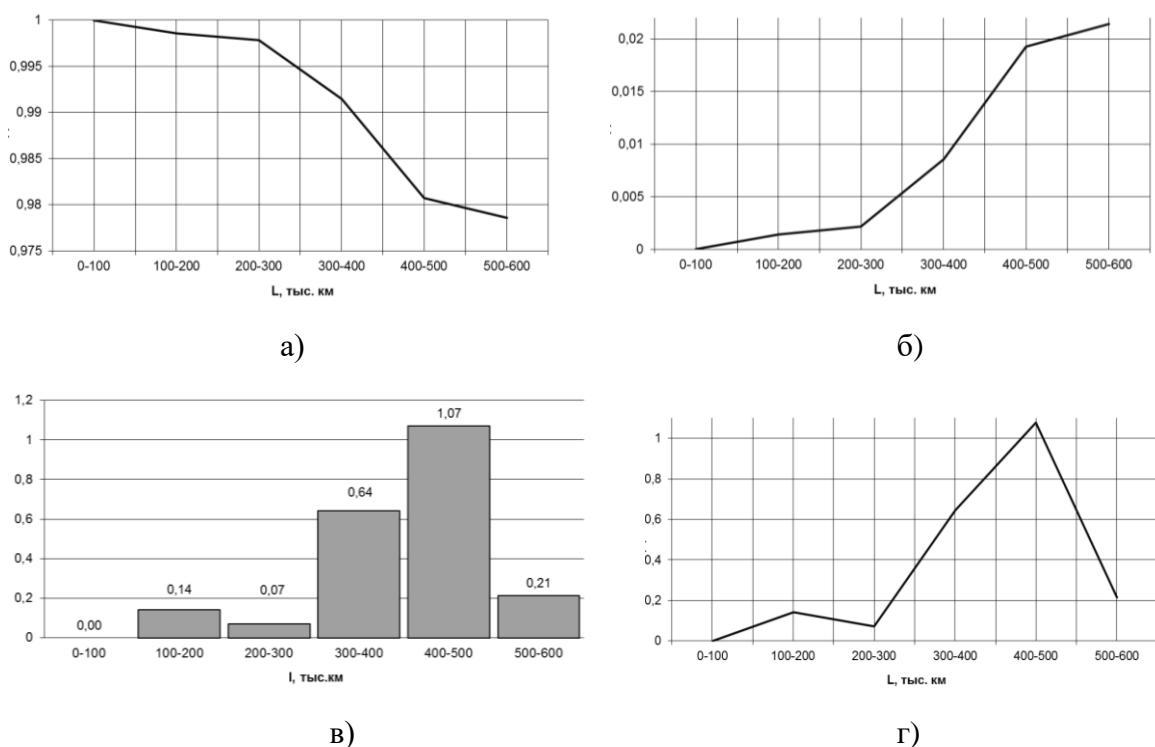
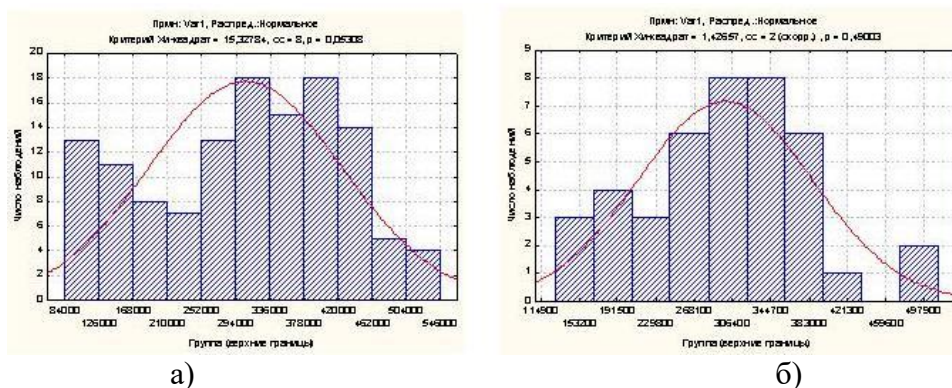


Рис. 1. Показники безвідмовності роботи гальмівної системи: а - ймовірність безвідмовної роботи, б - ймовірність відмови, в - частота відмов, г - інтенсивність відмов



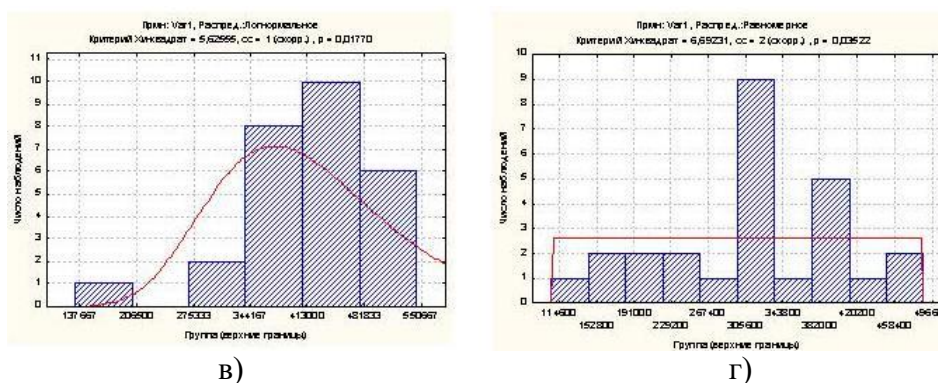


Рис. 2. Статистичні характеристики: а - загальний розподіл, б - пружина гальмівних колодок, в - супорт гальмівний, г - датчик зносу гальмівних колодок

При формуванні складу запасних частин необхідно враховувати витрати на деталі, необхідні для проведення технічного обслуговування і поточного ремонту.

На прикладі аналізу відмов гальмівної системи автомобілів-тягачів Volvo FH 1242 отримано висновки про доцільність зберігання запасних частин на складі підприємства (таблиця 2) [3].

Таблиця 2 - Результати розрахунків визначення доцільності зберігання запасних частин гальмівної системи автомобілів-тягачів Volvo FH 1242

Деталь	Час доставки, годин	*Вартість, грн.	Вірогідність відмови	Доцільність зберігання
Кабель ABS	1	1000,00	0,0002526	не зберігати
Блок EBS	336	7997,57	0,0001139	зберігати
Датчик ABS	24	692,81	0,0001266	зберігати
Суппорт гальмівний	336	14198,08	0,0000770	зберігати
Датчик зносу гальмівних колодок	24	1450,68	0,0001008	зберігати
Пружина гальмівної колодки	24	167,95	0,0001046	зберігати
Модулятор керування гальмами	336	13567,82	0,0001192	зберігати

\*Вартість представлена за цінами 2013 року.

**Висновки.** Результати проведеного аналізу дозволяють зробити висновки про надійність гальмівної системи автомобілів-тягачів Volvo FH 1242, встановлено причини виникнення відмов. Системи відповідають сучасним вимогам, але в них мають місце порушення працездатності. Проведені дослідження дали змогу раціонально організувати технічне обслуговування автомобілів та оптимізувати кількість запасних частин, які повинні бути наявними на підприємстві для зменшення простою автомобільного парку і підвищення ефективності його роботи.

### Список літератури

1. Бажинов О.В., Кравченко О.П. Надійність автомобільних поїздів: монографія.– Луганськ: вид-во «Ноулідж», 2009. – 412 с.
2. Кравченко А.П. Надійність систем активної безпеки автомобілей-тягачей / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та дорожнього руху», 16 – 17 квітня 2013 р., Харків. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 152–154.
3. Ischenko A. Determination of Keeping Storage Parts at Car Enterprise Warehouse / A. Ischenko, K. Kuzmin, N. Krushynska, A. Kravchenko // Current Trends in Young Scientists

УДК 629.113

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS**

Д. І. Ступак, студент,

О. П. Кравченко, проф., доктор техн. наук

*Житомирський державний технологічний університет*

Ефективність роботи автомобільного транспорту визначається технічним станом рухомого складу, а це великою мірою залежить від надійності агрегатів і вузлів. При дослідженні надійності вузлів і систем автомобіля математичним описом тривалості їх безвідмовної роботи широко використовуються статистичний аналіз у вигляді розподілу вірогідності. Відмови можуть виникати з самих різних причин, в тому числі причиною відмов може бути дія зовнішнього навантаження, корозія, втомні зміни. Ранні відмови виникають, як правило, внаслідок недоліків і помилок проектування, використання поганих матеріалів, а також порушення правил експлуатації.

Метою роботи явилось дослідження надійності ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-Benz 1844 Actros LS в умовах експлуатації, які виконують міжнародні вантажні перевезення, виявлення вузлів і агрегатів найбільш часто схильних до ремонтів.

На підставі зібраних статистичних даних проаналізовано усунення дефектів і несправностей, отримані закономірності порушень працездатності, виявлені основні статистичні характеристики (рисунок 1).

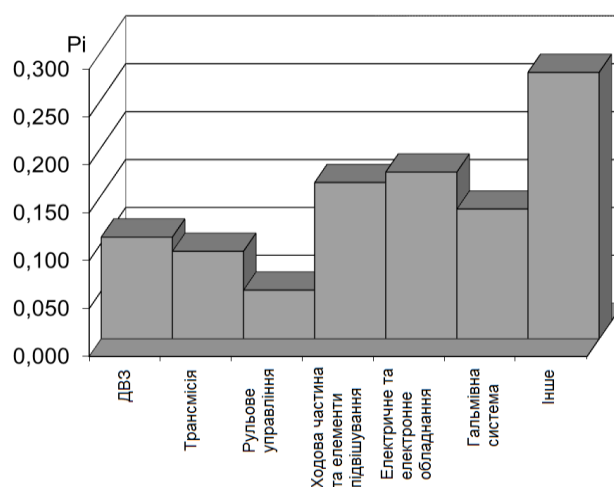


Рисунок 1 – Розподіл несправностей та відмов механізмів і систем

Аналізуючи несправності механізмів і систем двигуна встановлено, що агрегат є

надійною системою автомобіля, який відповідає вимогам економічності та екологічності, але в якому мають місце несправності. Фактично кожна десята несправність є причиною виконання ремонтних робіт. Більша частина порушень працездатності припадає на розпилювач форсунки (128 відмов) і інтеркулер (100 відмов). Значна частина несправностей припадає на термостат, турбокомпресор і ущільнення (відповідно 2,8 %, 5,9 % і 13,0 %). При виконанні ремонтних робіт мали місце заміни: двигуна в зборі, задньої плити двигуна і кришки клапанів - по одному випадку, паливного насоса і радіатора - по два випадки, вентилятора з приводом, гільзи двигуна, комплекту циліндро-поршневої групи і маховика - по чотири випадки (таблиця 1).

Проведений аналіз показує, що ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros 1844 LS є цілком надійною системою автомобіля, відповідає вимогам економічності та екологічності, але як і в будь-якому іншому двигуні є несправності. Конкретно були виділені наступні несправності: розпилювач форсунки (погане розпилення), інтеркулер (недостатня перепускна спроможність), ущільнення (підтікання мастила).

Таблиця 1 – Розподіл по елементам системи

Елементи агрегату	Відмови, од.	Відмови, %	Наробіток до першої відмови, км	Середній наробіток до відмови, км
Вентилятор с приводом	4	0,7%	367000	486750
Гільзи ДВЗ	4	0,7%	261000	497000
Датчик обертів	6	1,1%	550000	540500
ДВЗ у зборі	1	0,2%	198000	198000
Задня плита ДВЗ	1	0,2%	336000	336000
Інтеркулер	100	18,6%	233000	334310
Кільця поршневі	5	0,9%	402000	476400
Комплект ЦПГ	4	0,7%	377000	515500
Кришка клапанів	1	0,2%	703000	703000
Маховик двигуна	4	0,7%	404000	509250
Патрубок та хомут інтеркулера	24	4,5%	278000	554750
Піддон ДВЗ	6	1,1%	266000	480000
Сальники	9	1,7%	261000	414111

Термостат	15	2,8%	498000	647133
Паливний насос	2	0,4%	415000	445000
Турбокомпресор	32	5,9%	234000	450063
Форсунки	8	1,5%	391000	601625
Ущільнення	70	13,0%	190000	474386
Ремкомплект рідинного насосу	5	0,9%	594000	632400
Радіатор	2	0,4%	539000	662000
Розпилювач форсунок	128	23,8%	280000	511664
Інше	107	19,9%	-	-

Статистичне дослідження несправностей ДВЗ виявило розподіл порушень працездатності (рисунок 2) та головні статистичні характеристики (таблиця 2).

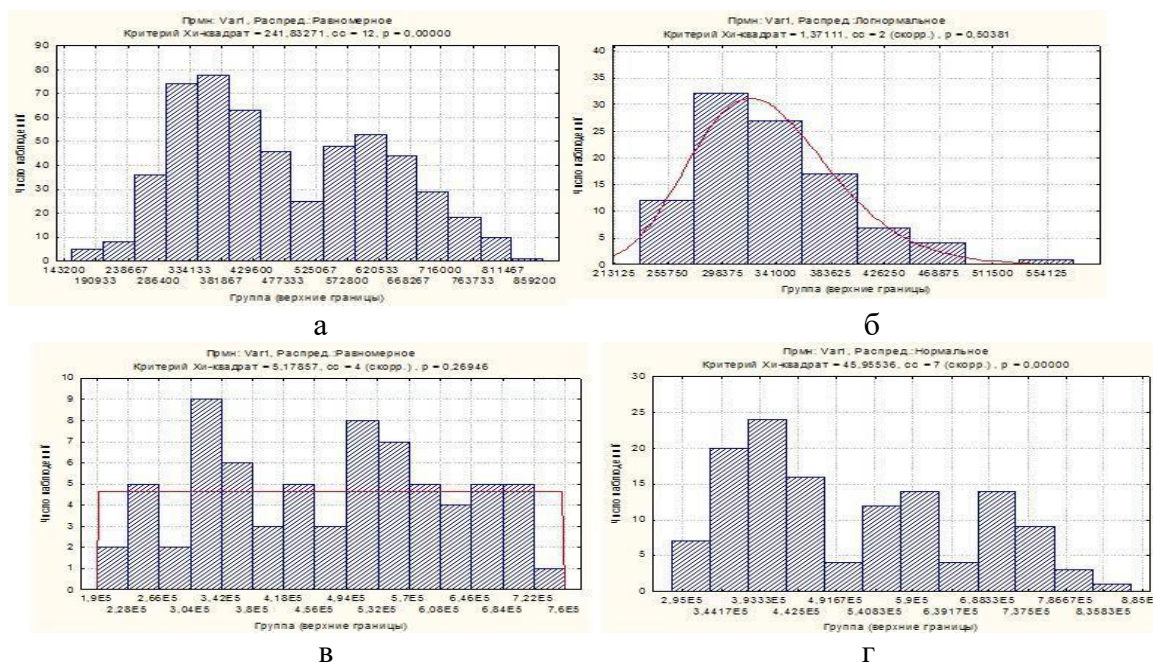


Рисунок 2. Розподіл порушень працездатності ДВЗ: а – загальний; б – інтеркулера; в – ущільнення; г – розпилювача форсунок

Таблиця 2 – Загальні статистичні характеристики відмов

Елементи системи	Вид розподілу	D [x]	$\beta_1$	$\beta_2$	Щільність ймовірності
Ітеркулер	Лог-нормальний	$3,54 \cdot 10^9$	1,17	2,12	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 5949,55 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 334310)^2}{2 \cdot 5949,55^2}}$
Ущільнення	Рівномірний	$2,19 \cdot 10^{10}$	-	-	$f(x) = \frac{1}{760000 - 574000}$



## Список літератури

1. Кравченко А.П. Исследование эксплуатационной надежности автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 Astros LS / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Матеріали ІУ Мінародної науково-практичної конференції «Логістика промислових регіонів», (Донецьк-Святогірськ, 23 – 25 квітня 2012), Донецьк: ЛАНДОН – ХХІ, 2012. – С. 160-164.
2. Кравченко О.П. Статистичні дослідження несправностей автомобілів-тягачів MERCEDES-BENZ у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації / О.П. Кравченко, С.А. Верительник // Одинадцятий міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2013. – С. 112–113.

УДК.631.3:669.539

## **ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ РАМНИХ НЕСУЧИХ СИСТЕМ РОЗКИДАЧІВ ДОБРІВ**

**В.В. Ананченко**, *ст. гр. АІ<sub>3</sub>-16-Маг(ТС)л,*

**В.Л. Куликівський**, *канд. техн. наук*

*Житомирський національний агроєкологічний університет*

В даний час у галузях машинобудування, які випускають розкидачі добрив широкого спектру призначення [1], оцінка ресурсу деталей та конструкцій, що працюють в умовах циклічного навантаження, проводиться за наступними трьома положеннями:

1. Втомне руйнування розглядається як процес із уповільненою у ряді випадків кінетикою руйнування, при якій напрацювання машини зі зростаючою втомною тріщиною до досягнення граничного стану в середньому у 4 рази більше напрацювання до появи видимої тріщини (довжиною близько 5 мм).

2. Обмежене в часі функціонування конструкції при наявності в ній зростаючих втомних тріщин вважається можливим. Для оцінки здатності конструкції витримувати необхідні навантаження при частковому або повному руйнуванні будь-якого з силових елементів застосовується термін «експлуатаційної живучості».

3. Несуча здатність конструкції обмежується моментом досягнення заданими параметрами відповідних критичних значень. Методи механіки руйнування не дозволяють в даний час безпосередньо розраховувати «живучість» при нестационарному навантаженні металоконструкції, тому за критерій граничного стану приймають остаточне руйнування елемента (для багаторазово статично невизначених систем), або тріщини, що охоплюють більше 30...40% площі вихідного перерізу (для деталей типу вал, зварних балок відкритих і замкнутих профілів, листових зварних конструкцій) [2]. Ці пошкодження приймаються визначальними при спостереженні зниження жорсткості несучої системи, що відбувається одночасно з ростом втомних тріщин.

Зниження жорсткості призводить до порушення взаємного розташування і точності кінематичної взаємодії вузлів та агрегатів машини. Так, у розкидачів твердих органічних

добрих ПРТ-10 при сумарній довжині тріщин 1,5 м, або довжині тріщин в з'єднаннях поперечок із лонжеронами 0,35...0,4 м з'являються «шарніри пластичності» та виникають залишкові деформації рами. Крім того, зниження жорсткості та поява залишкових деформацій несучої системи призводить до аварійного скручування рами в екстремальних умовах.

Тому, вирішуючи питання про можливість експлуатації машини з тріщиною в несучій системі, потрібно обов'язково враховувати наступні фактори:

- можливість спостереження за ростом тріщин;
- вплив тріщини, що розвиваються на працездатність вузлів, спряжених із пошкодженим вузлом;
- ступінь ризику аварійного руйнування вузлів;
- можливість крихкого руйнування елементів від втомної тріщини при низьких температурах;
- вартість та обсяг ремонтних робіт з усунення пошкодження.

Викладені твердження дозволяють перейти від домінуючого в даний час принципу безпечного ресурсу до принципу регламентованого руйнування. На практиці експлуатації розкидачів твердих органічних добрив це буде означати перехід до індивідуального прогнозування залишкового ресурсу конструкції, що має втомні пошкодження, за результатами спостережень за її станом в процесі експлуатації.

Схема впливу втомних пошкоджень несучої системи на працездатність розкидача добрив представлена на рис. 1.

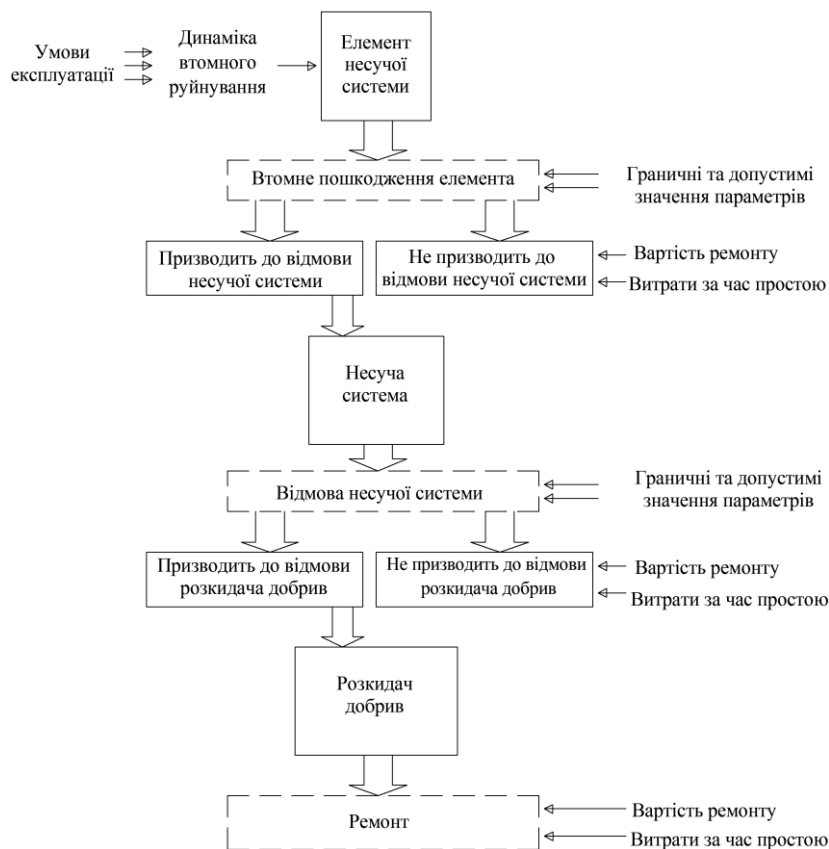


Рисунок 1 – Схема впливу втомних пошкоджень несучої системи на працездатність розкидача добрив

Відомо, що різноманіття інтегральних кривих зростання тріщин в залежності від напрацювання можна звести до чотирьох форм: лінійної, криволінійної прогресуючого типу, криволінійної затухаючого типу і комбінованої (з лінійними та криволінійними ділянками). У більшості вузлів розкидачів твердих органічних добрив криві можна віднести до лінійних, для деяких з'єднань поперечок з лонжеронами рам машин притаманні криві прогресуючого характеру.

Виходячи з цього, можливість контролю за зростанням тріщин при експлуатації конструкцій оцінювалася двома способами.

Перший спосіб полягає в тому, що на певній відстані у напрямку росту тріщини наклеюють спеціальні датчики – свідки «історії» навантаження даного зразка конструкції, які працюють за принципом зміни електричного опору, що відбувається зі збільшенням числа циклів навантаження. Відома велика кількість конструкцій таких датчиків, проте більшість з них не позбавлені недоліків.

Другий спосіб контролю за зростанням тріщин при експлуатації конструкції є непрямим і заснований на прийнятті в якості інтегральної характеристики стану рамної металоконструкції відносної величини зниження її жорсткості при крученні. Граничне за умовами експлуатації значення цієї характеристики є кількісною оцінкою критерію граничного стану.

Однак із застосуванням даного критерію виникає задача оцінки жорсткості рами при русі розкидача. В даний час вона вирішується декількома способами.

Кути закручування рами можуть оцінюватися за допомогою торсіонних кутомірів, тензометрування в експлуатаційних умовах при розміщенні тензометричних датчиків на поперечині рами, або на спеціальному датчику. Доцільність другого варіанту пояснюється тим, що у волокнах датчика допускаються більші напруження, ніж в поперечині рами, тому сигнал від тензорезистора не спотворюється перешкодами і вимагає меншого підсилення.

Недоліком пристрою є те, що за показниками тензорезистора безпосередньо не може бути прийняте рішення про необхідність ремонту несучої рамної конструкції. Такий висновок може бути зроблений тільки після проведення трудомістких стендових випробувань.

Тому запропоновано спосіб прийняття рішення про необхідність ремонту несучої рамної конструкції безпосередньо після сигналізації, яка засвідчує досягнення критичних рівнів розвитку тріщини або зниження жорсткості, що характеризують рівні накопиченого втомного пошкодження конструкції.

Для цього пропонується використовувати датчик будь-якого типу з чутливими елементами, що руйнуються при трьох різних рівнях допустимих напружень, при цьому сигнал при руйнуванні відповідного чутливого елемента передається на світловий, звуковий чи інший індикатор, розташований в кабіні трактора.

Необхідність використання датчика з чутливими елементами трьох рівнів допустимих напружень дозволить виключити ситуацію, коли в результаті фіксації випадкових експлуатаційних перевантажень може бути прийняте рішення про необґрунтоване вилучення розкидача з експлуатації, що призведе до недовикористання потенційної довговічності машини.

Аналогічним чином пропонується вивести сигналізацію про рівні розвитку втомної тріщини від ємнісного датчика для визначення ступеня накопичення втомних пошкоджень.

Перехід до індивідуального прогнозування залишкового ресурсу рамних несучих систем дозволить збільшити середній ресурс розкидачів добрив.



## Список літератури

1. Адамчук В.В. Проблеми і перспективи вітчизняного сільськогосподарського машинобудування / В.В. Адамчук, Я.С. Гуков, М.І. Грицишин // Вісн. аграр. науки. – 2010. – № 10. – С. 42-45.
2. Дмитриченко С.С. Новые возможности для повышения усталостной прочности / С.С. Дмитриченко, Э.А. Горин, Н.М. Панкратов, Ю.С. Борисов // Автомобильная промышленность. – 1995. – № 2. – С. 13-15.

УДК 631.312

## **ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ СТІЛЧАСТИХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРІВ**

**С.В. Ваховський**, *ст. гр. АІ<sub>3</sub>-16-Маг(ТС)л,*

**В.Л. Куликівський**, *канд. техн. наук*

**В.М. Боровський**, *ст. викладач*

*Житомирський національний агроекологічний університет*

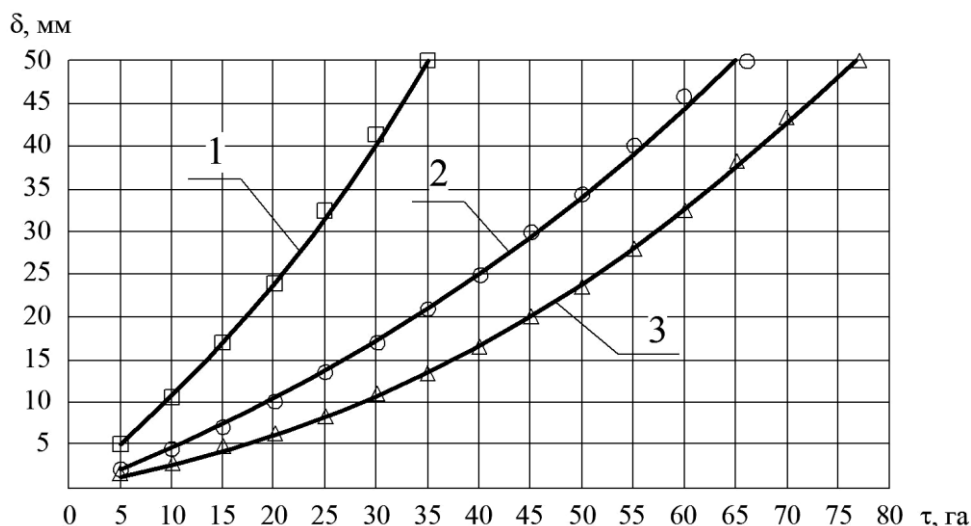
Робочі органи ґрунтообробних та багатьох інших машин працюють в умовах прямого впливу абразивних частинок, у зв'язку з чим інтенсивно зношуються [1, 2]. В даний час одним з перспективних методів підвищення ресурсу робочих органів є їх вібродугове зміцнення з використанням графітового електрода і композиційних металокерамічних паст. При використанні даного методу на зміцнюваній поверхні робочого органу при горінні електричної дуги утворюється металокерамічне покриття з компонентів пасти. Одночасно відбувається термодифузійне насичення металу робочого органу легуючими елементами, що входять до складу пасти, і вуглецем – за рахунок його дифузії внаслідок сублімації графітового електрода.

Експлуатаційна оцінка ефективності використання методу вібродугового зміцнення проводилася на прикладі зміцнення стрілочастих лап. Були проведені польові випробування стрілочастих лап культиватора John Deere 960, зміцнених із використанням паст, в порівнянні з новими незміцненими серійними виробами. Для зміцнення стрілочастих лап використовувалася паста, що містить сталевий матричний порошок типу ПГ-12Н-03, карбід бору і кріоліт. Даний вибір обумовлений тим, що за результатами попередньо проведених досліджень, вона є однією з найбільш оптимальних паст для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин. Паста готувалася змішуванням зазначених компонентів механічним способом із додаванням зв'язувальної речовини. Товщина нанесеного шару пасти становила 2...3 мм. Після нанесення вона висушувалася до затвердіння і розплавлялась електричною дугою на наступних режимах: сила струму  $I=70...80$  А, напруга  $U=60$  В, частота вібрації графітового електрода – 25...50 Гц. Товщина отриманого металокерамічного покриття становила 0,7...0,8 мм, глибина зміцнення – 0,9...1,1 мм, твердість – 68...70 НРС.

На випробування було поставлено 20 стрілочастих лап, половина з яких була зміцнена з лицьового боку, а інша – із тильного. У всіх випробовуваних лап додатковому зміцненню піддавали носову частину як найбільш інтенсивно зношувану. Польові випробування зміцнених стрілочастих лап проводилися на темно-сірих лісових важкосуглинистих ґрунтах та опідзолених чорноземах (щільність – 1200...1250 кг/м<sup>3</sup>). Культиватор агрегувався з

трактором John Deere 6920. Середня швидкість руху агрегату становила 10...12 км/год, глибина обробітку – 10...11 см. Під час проведення випробувань контролювалася зміна лінійних розмірів (знос) носової частини стрілчастих лап і ширини їх крил. Вимірювання зносу стрілчастих лап проводилося періодично, через 5...6 га напрацювання, шляхом накладення лапи на шаблон, що відповідав формі та розмірам нової лапи.

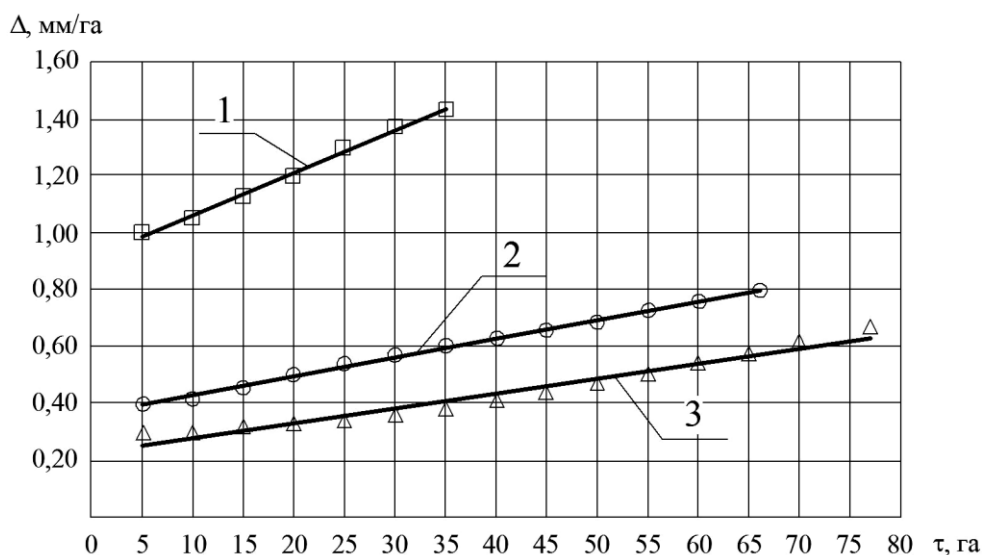
Проведені випробування показали, що залежність зносу носка стрілчастої лапи від напрацювання носить практично лінійний характер (рис. 1). Причому дана залежність має місце для всіх випробовуваних лап. З отриманих залежностей видно, що незміцнені стрілчасті лапи досягають свого граничного стану (знос носка 50 мм) і підлягають заміні при напрацюванні 35...36 га (рис. 1, крива 1). Зміцнення стрілчастих лап із лицьової і тильної сторони дозволяє підвищити їх напрацювання на відмову до 65...67 га та 76...77 га відповідно (рис. 1, криві 2, 3). Це в 1,8...2,1 рази вище, ніж напрацювання на відмову серійної лапи. Однак у лап, зміцнених із лицьової сторони, в процесі випробувань спостерігається утворення широкої фаски з тильного боку. На щільних ґрунтах це може призвести до зниження глибини обробітку. Тому в даному випадку кращим варіантом буде зміцнення досліджуваних стрілчастих лап з тильного боку.



1 – серійна лапа; 2 – лапа зміцнена з лицьового боку; 3 – лапа зміцнена з тильного боку

Рисунок 1 – Залежність зносу (δ) носка стрілчастих лап від напрацювання (τ)

Аналізуючи зміну інтенсивності зношування носка зміцнених та серійних лап видно, що даний показник зі збільшенням напрацювання для всіх випробовуваних зразків також зростає (рис. 2).



1 – серійна лапа; 2 – лапа зміцнена з лицьового боку; 3 – лапа зміцнена з тильного боку

Рисунок 2 – Залежність інтенсивності зношування (Δ) носка стрілочастих лап від напрацювання (τ)

Найбільша інтенсивність зношування носка (1,43 мм/га) спостерігається у серійних лап культиватора при досягненні ними граничного стану (рис. 2, крива 1). Інтенсивність зношування зміцнених стрілочастих лап в цілому виявилася істотно нижчою, ніж у серійних. Так, найбільша інтенсивність зношування носка лап, зміцнених з лицьової і тильної сторін, склала 0,80 мм/га та 0,63 мм/га відповідно (рис. 2, криві 2, 3), що в 1,7 і 2,3 рази нижче, ніж у незміцнених серійних виробів.

Крім цього, проведені дослідження дозволили встановити, що знос крил випробовуваних лап по ширині виявився набагато нижчим, ніж носової частини. Так, знос крил серійних лап при досягненні ними граничного стану склав в середньому 13...15 мм. Після зміцнення лап знос їхніх крил значно знизився і становив 8...9 мм для лап зі зміцненою лицьовою стороною та 6...7 мм для лап із зміцненою тильною стороною.

### Список літератури

- Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.
- Черновол М.І. Напружений стан різальних елементів деталей ґрунтообробних машин в процесі взаємодії з абразивним середовищем / М.І Черновол, В.В. Аулін, В.М. Бобрицький // Вісник інженерної академії України. – 2007. – №3-4. – С. 256-261.

## **ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

**Д.Ю. Кравченко**, *ст. гр. АІ<sub>3</sub>-16-Маг(ТС)л,*

**В.Л. Куликівський**, *канд. техн. наук,*

**В.К. Палійчук**, *канд. техн. наук*

*Житомирський національний агроекологічний університет*

Сучасний період розвитку комбайнобудування характерний постійним підвищенням продуктивності машин, що пов'язано із скороченням строків збирання врожаю [1, 2]. Важливою споживчою властивістю зернозбирального комбайна є його надійність. Низька надійність обумовлена частими та тривалими простоями машини, викликаними усуненням наслідків відмов. Як наслідок, знижується експлуатаційна продуктивність зернозбирального комбайна, збільшуються витрати на підтримку його у працездатному стані. Крім того подовжуються терміни збиральних робіт, що призводить до зростання втрат зерна через осипання. Тому надійність роботи зернозбирального комбайна багато в чому визначає ефективність його використання.

У процесі використання зернозбирального комбайна розрізняють технічну та експлуатаційну надійність. Технічна надійність відноситься безпосередньо до машини. Вона обумовлена рівнем проектування, застосовуваними матеріалами та якістю виготовлення комбайна. Саме про технічну надійність говорять представники компаній виробників. Найбільш поширеним показником технічної надійності є коефіцієнт готовності за оперативним часом. При його розрахунку враховуються витрати часу, безпосередньо пов'язані з відновлення працездатного стану комбайна у період його використання за призначенням.

Експлуатаційна надійність комбайна оцінюється за результатами його роботи. У цій ситуації при усуненні наслідків відмов мають місце витрати часу на очікування фахівців сервісної служби, запасних частин і агрегатів, спеціального обладнання. Показником, що характеризує експлуатаційну надійність, є коефіцієнт готовності за загальним часом.

Таким чином, коефіцієнт готовності за оперативним часом характеризує власну надійність комбайнів, а коефіцієнт готовності за загальним часом – надійність системи (комбайн – служба технічного сервісу та ремонту).

Споживачеві важливо мати інформацію про технічну та експлуатаційну надійність. Перша дозволяє оцінювати технічний рівень комбайна. Друга дає можливість прогнозувати експлуатаційну продуктивність комбайна в конкретних умовах сільгосп підприємства.

В даний час аграрному товаровиробнику пропонується широкий спектр високопродуктивних машин закордонного виробництва. Однак об'єктивних даних про їх надійність споживач в більшості випадків не має.

Завданням даних досліджень було проведення порівняльної оцінки надійності сучасних марок комбайнів.

Спостереження проводилися за зернозбиральними комбайнами «Acros 530» (виробництва «Ростсельмаш») та «Полесьє 1218» (компанії «Гомсельмаш»). Комбайни

далекого зарубіжжя були представлені компанією «CLAAS» («TUCANO 450» і «Mega 370») та корпорацією CNH («Case 2388»). Термін експлуатації досліджуваних комбайнів знаходився в межах 1...3 роки.

Комбайни працювали на збиранні ячменю, озимої та ярої пшениці при врожайності 30...45 ц/га. Полеглість та засміченість становила від 3 до 6%. Відношення зерна до соломистої маси – 1:1,2...1:1,5. Збиральні роботи проводилися прямим комбайнуванням.

При дослідженні надійність зернозбиральних комбайнів оцінювалася коефіцієнтом готовності за загальним та оперативним часом. Інформація для оцінки надійності збиралася періодичними спостереженнями та експертною оцінкою спеціалістів. Напрацювання в годинах основного часу фіксувалося за показаннями бортових комп'ютерів комбайнів. Отримані результати оцінки надійності комбайнів представлені на рис. 1.

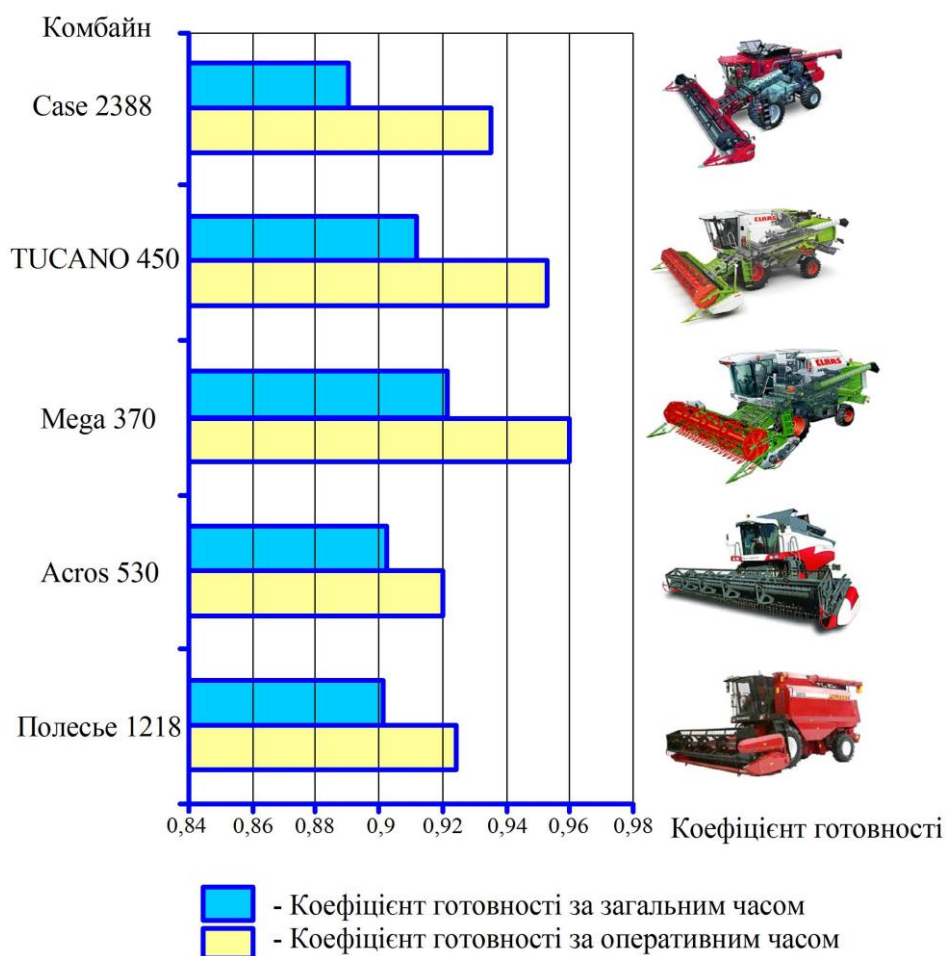


Рисунок 1 – Коефіцієнти готовності зернозбиральних комбайнів

Комбайни «Acros 530» мали середній коефіцієнт готовності за оперативним часом 0,923, а за загальним – 0,902. За час спостережень у цих комбайнів зафіксовані відмови першої групи складності: злам граблин мотовила, кронштейнів натяжних роликів; обрив барабанного ремня. Траплялися й відмови другої групи складності. Це відмови гідророзподільників включення молотарки і подрібнювача, вихід з ладу електромотора регулювання зазору підбарання, редуктора головного контрпривода, а також злам підвіски підбарання. Спостерігалися відмови автоматичної системи контролю (вихід з ладу датчиків системи і збій роботи бортового комп'ютера комбайна).

У комбайнів «Полесьє 1218» за період спостережень зафіксовані відмови: вихід з ладу важеля та шківів приводу молотарки, вала очистки, важеля вентилятора, обрив ременів барабана. Значно знизили показники надійності відмови третьої групи складності: злам колінчастого вала двигуна та шестерень бортового редуктора, вихід з ладу насоса ГСТ. Коефіцієнт готовності комбайнів «Полесьє 1218» за оперативним часом склав 0,924 (за загальним – 0,901).

Комбайни «TUCANO 450» та «Mega 370» мали високі показники надійності. Їх коефіцієнт готовності за оперативним часом склав понад 0,95, а за загальним часом – 0,91...0,92. Відмови були тільки першої групи складності.

Роторні комбайни «Case 2388» показали досить високу надійність. Коефіцієнт готовності цих комбайнів за оперативним часом – 0,935, за загальним – 0,89. За період спостережень у комбайнів не було складних відмов. Відмови усувалися в основному власними силами і лише декілька за допомогою фахівців сервісної служби. Тривалість постачання запасних частин і очікування фахівців служби сервісу знизили значення коефіцієнта готовності за загальним часом.

Порівнюючи надійність досліджуваних машин, можна сказати, що найвищий коефіцієнт готовності за оперативним часом був у комбайнів «TUCANO 450» та «Mega 370» (більш 0,95). Комбайни «Case 2388» мали коефіцієнт готовності за оперативним часом 0,936. У комбайнів «Acros 530», «Полесьє 1218» цей показник найнижчий із досліджуваних машин і становить приблизно 0,92.

Розглядаючи результати оцінки коефіцієнта готовності за загальним часом, видно, що комбайни «Acros 530» і «Полесьє 1218» займають тут уже середнє положення, поступаючись лише комбайнам німецької фірми «CLAAS». Це сталося через те, що різниця оперативного коефіцієнта готовності від загального більше у комбайнів далекого зарубіжжя. Особливо наочно це проявляється на прикладі комбайна «Case 2388». Усунення нескладних відмов цих комбайнів, які потребують заміни вузла, призвело до значного простою і, як наслідок, зниження коефіцієнта готовності за загальним часом. У комбайнів «Acros 530» та «Полесьє 1218» дана різниця значно менша, що пояснюється більш оперативною роботою сервісних служб, а самі працівники (трактористи-машиністи) знайомі з конструкцією і швидше усували відмови.

Проведені дослідження дають можливість оцінити технічну та експлуатаційну надійність сучасних марок зернозбиральних комбайнів за коефіцієнтом готовності. Істотна різниця коефіцієнта готовності за оперативним і загальним часом показує, що в процесі придбання та використання комбайнів необхідно орієнтуватися не лише на надійність самої машини, але і на наявність сервісних служб та якість їх роботи.

### Список літератури

5. Литвинюк Л. Деякі особливості підвищення продуктивності зернозбирального комбайна і покращення родючості ґрунту / Л. Литвинюк // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 10. – С. 25-27.
6. Машини для збирання зернових та технічних культур. Посібник / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 296 с.

УДК 621.791.927.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ГУСЕНИЧНОЇ ТЕХНІКИ  
НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НАНОПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ****О.О. Степанович, ст. гр. ЗП-31****О.В. Степанов, ст. гр. ММ-31****Д.В. Степанов, канд. техн. наук, асист.***Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»*

Деталі ходової частини транспортних гусеничних машин експлуатуються в умовах інтенсивного зношування. Не дивлячись на великий обсяг таких деталей, які піддаються реновації, в технічній літературі та на ремонтних підприємствах не вистачає єдиного напрямку в технології їх відновлення.

За усталеною практикою останнє виконується найчастіше дуговим наплавленням. Вибір наплавних матеріалів виконується у переважній більшості випадків, виходячи з твердості металу, що наплавляється, та без достатнього обґрунтування обраного варіанту з точки зору оптимальної зносостійкості пари тертя, без урахування впливу механічних властивостей, структури та фазового складу матеріалу на зношування кожної з контактуючих поверхонь. Зважаючи на перманентну економічну кризу та постійний пошук дешевих матеріалів вітчизняні підприємства дедалі частіше проводять наплавлення використовуючи низько- та середньовуглецеві низьколеговані матеріали, зокрема електродні дроти Св-08Г2С, Нп-30ХГСА [1, 2] тощо.

Однак аналіз можливостей наведених матеріалів чинити опір різним видам зношування, зокрема в наслідок тертя металу по металу, свідчить про їх недостатню стійкість [3]. Створення нових чи використання наявних матеріалів зі складною легувальною системою може вирішити вказану проблему, однак такі матеріали є більш вартісними, і, незважаючи на їх загальну доступність, вітчизняні підприємства не схильні їх використовувати, а шукають більш дешеві аналоги.

Перспективним напрямком підвищення зносостійкості з використанням рекомендованих матеріалів без змін систем легування може бути вплив на структурний фактор з метою подрібнення структурних складових. Це може бути досягнуто введенням в зварювальну ванну модифікаторів, які впливають на умови кристалізації, розмір первинної структури і, відповідно, властивості наплавлених валиків [4]. Важливою особливістю модифікаторів є те, що вони чинять позитивний вплив на властивості наплавленого металу навіть при введенні незначної їх кількості [5].

За останні роки значного розвитку набули наноматеріали і нанотехнології, особливістю яких є застосування матеріалів нанорозмірного (до 100 нм) діапазону. Досвід використання яких відомий у великій металургії, порошковій металургії, литті тощо. Систематичні дослідження впливу неметалевих включень на структуру металу проводяться в ІЕЗ ім. Є.О. Патона [6]. Дослідження в даному напрямку проводяться і на кафедрі інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського.

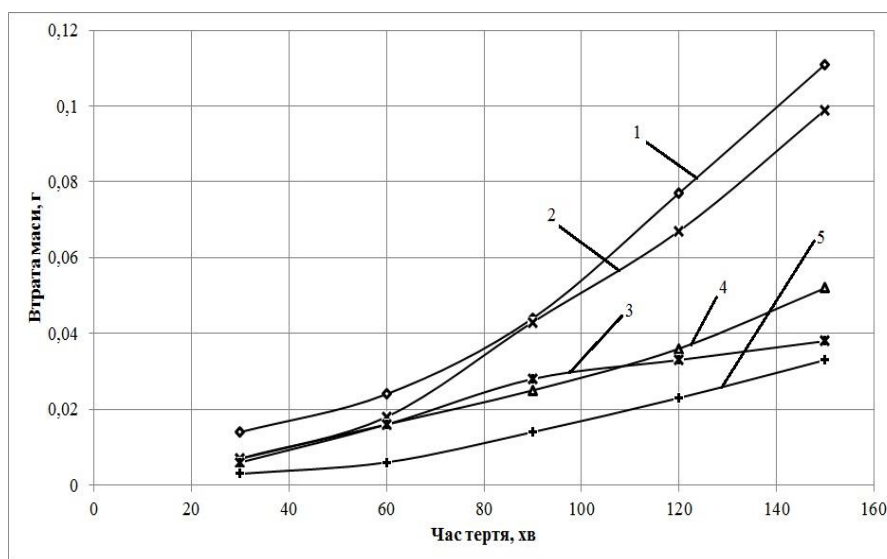
В роботі запропоновано проводити відновлення опорних котків гусеничної техніки шляхом наплавлення дротом Нп-30ХГСА з введенням до зварювальної ванни нанопорошку  $\text{SiO}_2$ , як самостійно, так і в суміші з залізним порошком, та вуглеволокна різної концентрації у ванні.

Наплавлення проводили автоматом АД-231 на сталь 09Г2С дротом діаметром 2.2 мм під шаром флюсу АН-60 на режимах: струм  $I = 300$  А, напруга дуги  $U = 30$  В, швидкість наплавлення  $V = 16$  м/год,  $h = 20$  мм.

Випробування на зносостійкість виконували на машині тертя типу СМЦ-2 за схемою вал – колодка на зразках довжиною 20мм і шириною 10мм. В якості контртіла використовували диск 50мм зі сталі У8 твердістю НВ 400-450. Умови випробувань: тиск на зразок  $P = 0,1$  МПа; швидкість тертя -  $V = 0,8$  м / с; температура випробувань -  $T = 20$  °С; тривалість випробувань - 2,5 години з вимірами через кожні 30 хв.

Зразки зважували до і після випробувань на точних лабораторних вагах з похибкою 0,001 гр. Масовий знос визначали як різницю значень маси зразка до і після випробувань.

Випробування наплавленого металу показали, що зносостійкість підвищується при введенні у зварювальну ванну і нанопорошку аеросилу ( $\text{SiO}_2$ ), і вуглеволокна (рис.1). Особливо помітне підвищення зносостійкості у випадках введення 6% вуглеволокна та аеросилу як у суміші з залізним порошком, так і без суміші.



1 – вихідний валик; 2 – 3% вуглецевого волокна; 3 – 6% вуглецевого волокна;  
4 – 15% нанопорошк  $\text{SiO}_2$ ; 5 – суміш порошків 9%  $\text{Fe}+\text{SiO}_2$

Рисунок 1 – Зносостійкість наплавленого металу

Втрати в масі після 150 хв. випробування для вихідного наплавленого металу складають – 0,11 г. (рис.1, крива 1), для металу з 6% вуглецевого матеріалу – 0,033г.(рис.1, крива 3), що вказує на підвищення зносостійкості маже у 3 рази.

Для металу з 15%  $\text{SiO}_2$ – 0,05 г. (рис.1, крива 4) і для металу з сумішшю 9% ( $\text{Fe}+\text{SiO}_2$ )– 0,033 г. (рис.1, крива 5), що свідчить про збільшення зносостійкості у 2,4 та у 3,3 рази відповідно.

Вимірювання мікротвердості показали, що при середньому значенні металу вихідного валика  $HV$  195, мікротвердість металу у решта випадках вища (15%  $\text{SiO}_2$  –  $HV$  208, 6% ( $\text{Fe}+\text{SiO}_2$ ) –  $HV$  259, 3% вуглецевого волокна–  $HV$  462 , 6% вуглецевого волокна–  $HV$  522 ).

У даному випадку спостерігається кореляція між твердістю і зносостійкістю.

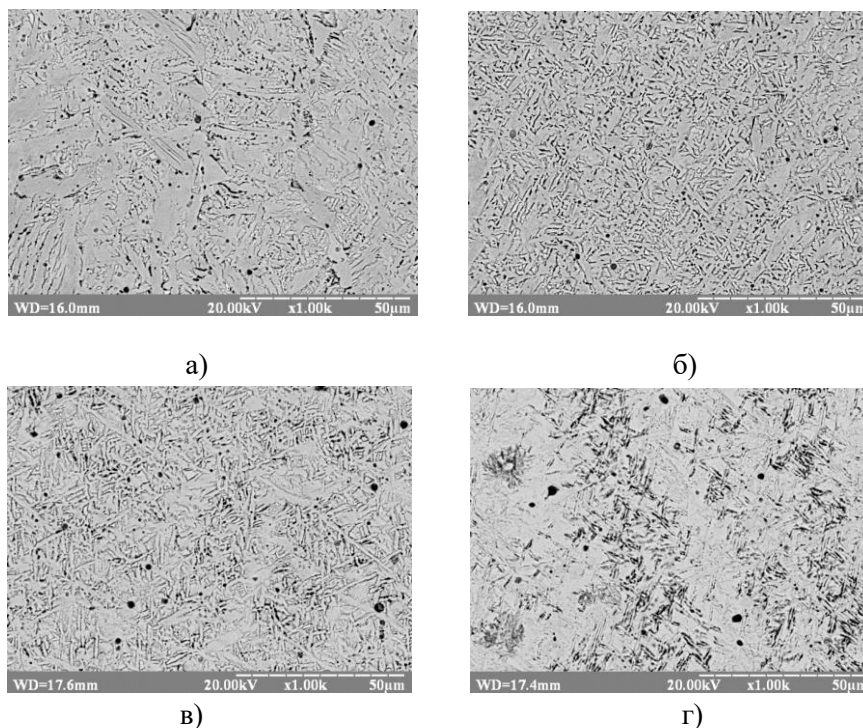
Аналіз структур наплавленого металу показав, що у вихідному валику спостерігається ферито-цементитна суміш переважно внутризереного фериту незначної дисперсності (рис. 2, а).

При наплавленні з нано оксидом 15%  $\text{SiO}_2$  суттєво збільшується дисперсність ферито-цементитної суміші (рис. 2, б), що, ймовірно, пояснює підвищення зносостійкості.

У випадку наплавлення діоксида кремнію із залізним порошком як частинки носія діоксида кремнію 9% ( $\text{Fe}+\text{SiO}_2$ ) структура являє собою суміш полігонального і голчатого фериту (Рис.2.,в). Відомо, що голчатий ферит поєднує високі міцнісні і в'язкі властивості і, таким чином, сприяє підвищенню зносостійкості.

Введення у розплав ванни вуглецевого матеріалу формує мартенситну структуру з карбідними виділеннями, що і приводить до підвищеної зносостійкості (Рис.2.,г).





а – вихідний валик; б) – з нано порошком 15% SiO<sub>2</sub>;  
в) – з сумішшю порошків 9% (Fe+SiO<sub>2</sub>); г) – з 6% вуглецевого волокна

Рисунок 2 – Структури наплавленого металу

Отже, по результатам встановлено, що ефективність використання стандартних наплавних матеріалів для відновлення поверхонь деталей гусеничної техніки може бути суттєво підвищення застосуванням нанопорошку діоксиду кремнію і вуглецевого волокна. Зносостійкість наплавленого валику збільшується в 3,4 і 2,7 рази відповідно.

Введення діоксиду кремнію сприяє формуванню голчатого фериту, як структурної складової підвищеної міцності і в'язкості, що позитивно впливає на зносостійкість. Введення вуглеволокна супроводжується зміною вихідної ферито-цементитної суміші на мартенсит і відповідно підвищенням зносостійкості.

### Список літератури

1. Грохольский Н.Ф. Восстановление деталей тракторов и сельскохозяйственных машин сваркой и наплавкой / Грохольский Н.Ф. – М. –Л.: Сельхозгиз, 1960. – 223 с.
2. Работоспособность деталей гусеничного движителя, наплавленных под флюсом АНК-18/ В.А. Деев, Д.Т. Вадивасов, А.Л. Шашкин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1970. – №8. – С.65–67.
3. Рябцев И. И. Гармонизация стандартов на наплавочные материалы в соответствии с требованиями европейского стандарта EN 14700 «Сварочные материалы - Сварочные материалы для наплавки» / И.А. Рябцев, Н.А. Проценко // Сварщик, 2007. - № 5. - С. 30-36.
4. Рябчиков И.В, Панов А.Г., Корниенко А.Э. О качественных характеристиках модификаторов // М. Сталь. – 2007. – №6. – с. 18 – 23.
5. Гладкий П.В. Микролегирование и модифицирование износостойкого наплавленного металла. / П.В. Гладкий, Г.С. Микаелян // Наплавленный металл. Состав, структура, свойства. – К.: ИЭС им. Е.О. Патона, 1992. – С. 33-36.
6. Головка В.В. Влияние титаносодержащих инокулянтов на структуру и свойства металла швов высокопрочных низколегированных сталей / Головка В.В., Степанюк С.Н., Ермоленко Д.Ю. // Автоматическая сварка –2015– №2 –С.16-20.

УДК 621.791.927.5

## **РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АКТИВОВАНОЇ ЕЛЕКТРОДУГОВОЇ МЕТАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**Бзенко Б.А.**ст. гр. ММ-31

**Лопата В.М.**канд. техн. наук, доцент

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»*

В сучасних умовах експлуатації автомобільного транспорту велику увагу приділяють ресурсу роботи і строку експлуатації автомобільного транспорту.

Сучасний стан надійності техніки не відповідає пред'явленим вимогам, у результаті чого основні витрати на ремонт машин і устаткування приходяться на запасні частини, при виготовленні яких витрачається більш половини металопрокату, що йде на випуск машин.

Важливим резервом підвищення надійності, довговічності і економічної ефективності техніки є відновлення і зміцнення спрацьованих деталей.

Останнім часом в науці й практиці з'являються нові прийоми, що дозволяють інтенсифікувати деякі фізико-хімічні процеси в металах за рахунок використання їхньої природи та особливостей структурних перетворень.

Основною причиною несправності машин є зношування. Зношування – безупинний процес.

Зношування - процес руйнації і відокремлення матеріалу з поверхні твердого тіла і (або) накопичення залишкової деформації під час тертя, що виявляється в поступовій зміні розмірів і (або) форми. При зношуванні змінюються розміри, маса деталі, її геометрична форма (наприклад, з'являються огранка, овальність, конусність шийок валів) і мікрогеометричні параметри (шорсткість поверхні), на поверхнях з'являються подряпини, щербини та інші ушкодження. Під дією сил тертя, динамічних чинників (вібрацій, ударних навантажень та ін.) і природних процесів (старіння матеріалів та ін.) відбуваються структурні та фізико-хімічні зміни в матеріалі деталі, з'являються поверхневі напруги, що призводять до мікротріщин, кристалічна решітка ущільнюється, як наслідок виникає поверхневий наклепаний шар і т.ін.

Основними заходами щодо зменшення інтенсивності зношування є: своєчасне і якісне проведення операцій технічного обслуговування таремонту; застосування паливно-мастильних матеріалів, зазначених у заводських інструкціях; добір механізаторів відповідної кваліфікації; нанесення на поверхню деталі твердих покриттів (гальванічним і електроіскровим нарощуванням, наплавленням, припиканням); зміцнення поверхонь деталі термохімічними способами, накатуванням (розкочуванням), наклепуванням (створення напружень стискання на поверхні деталі); ретельна механічна обробка (шліфування, полірування і т.п.).

Напилення є найбільш зручним і високоекономічним методом у випадках, коли необхідно нанести покриття на частину великого виробу.

За рахунок формування на робочих поверхнях деталей зносостійких покриттів [1-4] можна відновити розміри деталей, зміцнити їх поверхні і підвищити ресурс. Нині використання при ремонті, відновленні і зміцненні робочих поверхонь деталей зносостійких покриттів обмежене, що і є однією з причин їх недостатнього ресурсу. Тому розробка і впровадження ефективних способів відновлення і зміцнення деталей шляхом нанесення на їх робочі поверхні зносостійких покриттів з метою підвищення ресурсу є важливим завданням.

Останніми роками ведеться активний пошук засобів і методів по заміні дорогих дефіцитних сталей на поширені і дешевші, але з використанням зносостійких покриттів.

Великі перспективи в цьому напрямі відкривають розроблені технологічні процеси, матеріали і устаткування для відновлення, захисту і зміцнення деталей газотермічними методами напилення (ГТН) [5-8]. На думку багатьох дослідників [5-8], різні схеми ГТН є одними з найбільш гнучких способів не лише зміцнення робочих поверхонь, але і їх відновлення і збільшення терміну служби деталей.

До недоліків напилення слід віднести, в першу чергу, недостатньо високу міцність зчеплення покриття з металом відновлюваної деталі, значну пористість шару, трудність підготовки загартованих поверхонь деталі до напилення, значні втрати металу при розпиленні, особливо при відновленні великогабаритних деталей, шкідливі умови роботи персоналу при попередній підготовці поверхні і при самому напиленні [5-6]. Напилення не можна застосовувати для відновлення деталей, працюючих при великих питомих тисках на зрушення і стискування.

Електродугове напилення (ЕДН) серед інших способів газу термічного напилення є найдешевшим і простішим методом нанесення покриттів, який не вимагає застосування високошвидкісного устаткування.

Окрім позитивних якостей ЕДН (технологічність, простота, висока продуктивність і зносостійкість, відсутність термодформацій, низька вартість і універсальність) має і недоліки [9].

Цьому методу, як і усім газотермічним методам напилення, властиві підвищене окислення металу, наявність пористості, недостатня міцність зчеплення покриття з основою, охолодження стислим повітрям, що розпилюється, розплавлених часток металу, в результаті в покритті можуть з'являтися тріщини і відшаровування унаслідок наявності залишкової внутрішньої напруги. До окислення напилюваного матеріалу призводять малі швидкості подання розпилюваного дроту, а велика кількість теплоти, що виділяється при горінні дуги, призводить до значного вигорання легуючих елементів, що входять в напилюваний матеріал (наприклад, вміст вуглецю в матеріалі покриття знижується на 40...60 %, а кремнію і марганцю на 10...15 %).

Незважаючи на велику кількість розробок по електродуговому напиленню, нині дослідження розвиваються активно по вдосконаленню цієї технології і устаткування, причому вони набули спрямованості на активування процесу напилення з використанням різних прийомів, методів, пристроїв [10-12], узагальнений аналіз яких і рекомендації по їх використанню для підвищення ресурсу деталей при їх відновленні і зміцненні відсутній в літературі.

Активування процесу напилення – основа для вдосконалення технології і устаткування для нанесення високошвидкісних зносостійких шарів, впровадження технологічних процесів відновлення і зміцнення деталей.

В основі роботи установки активованої електродугової металізації (АДМ) лежить процес плавлення дротів електрикою дугою і розпорошення розплавленого металу високошвидкісним струменем продуктів згоряння пропаноповітряної суміші.

У АДМ-апаратах використовуються відновлювальні транспортуєчі гази з оригінальною подачею через профільовані сопла, камера згоряння в системі подачі газів, особливе взаємне розташування токопроводів і розпилювального сопла. Відмінною особливістю є наявність малогабаритної високоефективної камери згоряння пропаноповітряної суміші, яка використовується в якості транспортуєчого газу. Відпрацьовані гази утворюють на виході з сопла надзвуковий струмінь зі швидкістю понад 1500 м / с при 2200 К. Швидкісний напір потоку, що виражається відношенням кінетичної енергії до одиниці об'єму газу і характеризує силу, діючу на частку в потоці, становить для традиційної електродугової металізації близько 75 кПа, а для установки активованої дугового металізації – 234 кПа. Це дозволяє частинкам розплавленого металу розганятися в потоці до 500 м / с і формувати покриття, що має міцність зчеплення вдвічі вище, ніж при традиційній електрометалізації і достатньої для роботи в самих екстремальних умовах, в тому числі і при

наявності ударно-абразивного зношування. Використання в якості розпилювального газу продуктів згоряння пропано-повітряної суміші значно знижує окислення напилюваного матеріалу і вигоряння легуючих елементів. Як матеріал для напилення АДМ служить дріт з будь-яких матеріалів, що випускається промисловістю (цинк, мідь, латунь, бронза, вуглецева і нержавіюча стали, ніхром і т. ін.), а також порошковий дріт. Можлива комбінація з будь-яких двох дрітів.

Переваги АДМ - апаратів: а) знижується окислення напилюваного матеріалу і вигоряння легуючих елементів; б) збільшується швидкість частинок напилюваного матеріалу; в) кут розкриття струменя не перевищує 10 градусів, при цьому коефіцієнт використання матеріалу збільшується до 0.85 (проти 0,75 у звичайних металізатора); г) пористість сталевих покриттів 2-4%, щільність покриттів з алюмінієвих сплавів наближається до щільності литого металу.

До конструктивних достоїнств установок можна віднести: швидкозмінні розпилювальні головки дозволяють вести процес в двох режимах – активуваної дугової металізації (АДМ) і електродугової металізації (ЕДМ); легка і швидка заміна дрітів і перехід з одного діаметра дроту на інший; висока електро- і термозахищеність; швидкий доступ до всіх вузлів апарату; прості і швидкозмінні струмознімальні елементи; заміна роликів без розбирання апарату; швидке техобслуговування і ремонт.

### Список літератури

1. Астахов М. В., Жачкин С. Ю. Износостойкие покрытия для восстановления и изготовления деталей машин (Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана). Технол. мет. 2005, № 1. – С. 40-42. 75.
2. Фархшатов М.Н. Повышение износостойкости покрытий при восстановлении деталей (Башкирский государственный аграрный университет, Уфа) Упрочняющ. технол. и покрытия, 2006. №6. –С. 20. 76.
3. Бондарь А. В., Смоленцев Е. В., Тишин В. В. Восстановление зазоров при сборке деталей путем нанесения покрытий. (Воронежский государственный технический университет). Сборка в машиностр., приборостр. 2007, № 4.- С. 38-40. 77.
4. Ляшенко Б.А., Розенберг О.А., Ермолаев В.В. и др. Восстановление деталей машин дифференциальными покрытиями дискретной структуры // Тяжелое машиностроение – 2001. – №2. – С. 21-23.
5. Харламов, Ю.А. Газотермическое напыление покрытий и экологичность производства, эксплуатации и ремонта машин / Ю.А. Харламов // Тяжелое машиностроение-2000 №2. – С. 3-10.
6. Ильющенко А. Ф., Оковитый В.А., Кундас С.П., Форманек Б. Формирование газотермических покрытий: теория и практика. – Мн., 2002.
7. Петров С. В. Сверхзвуковое газотермическое напыление повышает качество ремонта. (Институт газа НАН Украины. Киев). Ремонт, восстанов., модернизация. 2005, № 2. – С. 14-20.
8. Кочугов С. П., Потехин Б. А. Восстановление деталей оборудования методами газотермического напыления. Вибродиагностика, триботехника, вибрация и шум: Монографический сборник материалов семинара 7 Международной научно-технической конференции, «Социально-экономические и экологические проблемы, лесного комплекса», Екатеринбург, 3-4 февр. 2009. Екатеринбург. УГЛТУ. 2009. – С. 351-352.
9. Катц Н.В. Металлизация распылением. – М.: Машиностроение, 1966. – 212 с.
10. Прядко А.С., Коробов Ю.С., Луканин В.Л. Активированная дуговая металлизация – характеристики оборудования и его применение // Пленки и покрытия 98: Труды 5-й междуна. конф., СПб., 23-25 сен. 1998 г. – СПб., 1998. – С. 249-251.
11. Белоцерковский, М.А. Технологические особенности и области использования гиперзвуковой металлизации / М.А. Белоцерковский, А.С. Прядко, А.Е. Черепко // Инновации в машиностроении: Сборник научн. трудов. (Минск, 30-31 октября 2008 г.) / Редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск ОИМ НАН Беларуси. 2008 – С. 479-484.
12. Эффективность применения активированной электродуговой металлизации защитных покрытий. Коробов Ю.С. Свароч. пр-во. 2005, № 2. – С. 47-50, 62, 64. 282. Эффективность применения активированной дуговой металлизации для нанесения защитных покрытий. Коробов Ю.С. Технол. машиностр. 2004, № 6. – С. 42-44.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБОРУ ВРОЖАЮ З ЗАСТОСУВАННЯМ  
НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ  
«МУЛЬТИЛІФТ»**

**В.П. Распутняк**, ст. гр. ОПА 13-1,

**Д.О.Великодний**, канд. техн. наук,

*Автотранспортний коледж «Криворізький національний університет»*

Основним завданням транспортного обслуговування сільськогосподарських підприємств є своєчасне вивезення продукції для її подальшої переробки, зберігання та своєчасної доставки. Як відомо, при транспортуванні сільськогосподарської продукції велике значення мають фактори часу її доставки до виробника чи споживача, схоронності тощо. Від безперервної та ритмічної роботи рухомого складу та інших механізмів залежить повнота, своєчасність виконання технологічних процесів, а також рівень продуктивності. Тому побудова ефективної технології транспортно-технологічної схеми збору врожаю з урахуванням всіх факторів, що негативно впливають на процес збирання та транспортування врожаю через непродуктивні простої техніки з техніко-технологічних та організаційних причин при транспортному обслуговуванні сільськогосподарських підприємств, є актуальними.

Підвищення ефективності збору врожаю, а саме: впровадження системи «мультиліфт» [1] має сприяти підвищенню ефективності не лише використання транспорту, а й функціонування автопідприємств у цілому. Для мінімізації собівартості доставки, запропонований ряд можливих транспортно-технологічних схем збирально-транспортного процесу, вибір якої здійснюється в залежності розрахованої продуктивності та дозволяє на етапі планування підготувати необхідний парк транспортних і допоміжних механізованих засобів [2]. Але, якщо розглянути комплексно ефективність застосування технології «мультиліфт» для всієї транспортно-технологічної схеми збору врожаю та подальшого перевезення трактором, рухомих складом, які використовують змінні кузова можливо визначити відсутність простою і швидкість зміни кузова. При перевезенні рухомий склад не очікує розвантаження, а самостійно знімає кузов разом з вантажем і відразу ж може здійснювати наступну операцію, або ж брати інший кузов і виконувати нові функції по навантаженню. Так наприклад, у момент наповнення контейнера трактор привозить порожній контейнер і відвозить повний. Таким чином, трактор з одним таким причепом може обслуговувати кілька робочих ділянок одноразово. Система «мультиліфт» особливо ефективна для перевезень, при яких тривалість завантаження перевищує час у дорозі. Перевезення сільськогосподарських вантажів на великі відстані трактором являється неефективним. В цьому випадку система «мультиліфт» має своє застосування для організації перевезень по «модульному» принципу. Технологія транспортно-технологічної схеми збирання врожаю за допомогою системи «мультиліфт» забезпечує зниження витрат часу на очікування завантаження та розвантаження для подальшого транспортування, що має суттєві відмінності від домінуючої перевалочної технології збирання врожаю.

### Список літератури

1. Б. Я. Керничний. Інноваційні шляхи підвищення ефективності використання автомобільного важковагового транспорту (на прикладі організації сезонних перевезень сільськогосподарських вантажів) / Б.Я.Керничний // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту», 2016 – (11) С. 31-36.
2. Музылев Д.А. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов / Д.А. Музылев, А.Г. Кравцов, Н.В. Карнаух, Н.Г. Бережная, О.В. Кутья // Восточно-Европейский журнал передовых технологий Vol 2, №3 (80)– 2016. – С. 11-21.

УДК 629.3.083

## **ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**В.Ю. Міщенко, ст. гр. ОРА 14-2,**

**М.І. Агапоненко, викладач,**

*Автотранспортний коледж «Криворізький національний університет»*

Перед автомобільним транспортом поставлені завдання щодо підвищення ефективності і якості роботи, зниження негативного впливу на навколишнє середовище, а також повне й своєчасне задоволення потреб народного господарства й населення країни в перевезеннях. Основними шляхами цих завдань є: випуск більш сучасного встаткування для технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів (КТЗ); випуск більш досконалого й надійного КТЗ різного типу; розробка й впровадження більш прогресивних технологій технічного обслуговування і ремонту; більш ефективна організація перевезень службою експлуатації автотранспортного підприємства. Надійність колісних транспортних засобів в процесі експлуатації залежить від умов і інтенсивності застосування, якості проведених профілактичних робіт та ремонтів [1], використання діагностичних засобів та якості експлуатаційних матеріалів.

В даний час зростає актуальність організаційно-економічних аспектів оптимізації ресурсу та терміну служби колісних транспортних засобів. Термін служби або термін корисної експлуатації, як одиничний показник надійності та довговічності можна розкласти на такі складові: нормативний встановлений термін - закладається в процесі проектування; індивідуальний термін служби, залежить від того, в яких умовах і з якою інтенсивністю експлуатувалася техніка; продовження індивідуального терміну служби здійснюється після закінчення нормативного терміну служби. Запас ресурсу колісних транспортних засобів закладається на проектно-конструкторській стадії. Більшість вузлів і агрегатів колісних транспортних засобів є ремонтпридатними з можливістю відновлення ресурсу. У зв'язку з цим, їх термін служби - експлуатації залежить, в числі інших факторів і від умов проведення технічного обслуговування і ремонту [2]. Регулярне і правильне технічне обслуговування подовжує термін служби рухомого складу.

При планово-попереджувальній системі технічного обслуговування і ремонту деякі вузли та агрегати, зняті з КТЗ, відправляються в ремонтний фонд, маючи залишковий ресурс, що призводило до фінансових втрат. В процесі експлуатації внаслідок дії безлічі чинників різного характеру, структурні параметри змінюються від номінальних значень до граничних. Різниця між поточними значеннями і граничними характеризує залишковий ресурс.

Таким чином, для оцінки залишкового ресурсу колісних транспортних засобів необхідно знати поточні, номінальні та граничні значення їх структурних параметрів. Нормативні та граничні значення параметрів зазначаються в документації на КТЗ, а поточні

визначаються за контрольними приладами або за допомогою діагностичного обладнання. Тому в даний час все більшого поширення набуває система забезпечення надійності і працездатності колісних транспортних засобів за рахунок діагностики технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу вузлів і агрегатів. Продовження терміну служби колісних транспортних засобів за допомогою оптимального проведення технічного обслуговування та діагностування розглядаються в якості значних резервів підвищення ефективності їх використання.

### Список літератури

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування та ремонт автомобілів. (Текст): Організація і управління, підручник О.А Лудченко. К.: Знання – Прес, 2004 – 478 с.
2. Біліченко, В. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.

УДК 621.891

## **РОЗРАХУНКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОСУ ОПОР КОВЗАННЯ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**

**О.В. Диха**, д.т.н., проф.

**В.С. Мавлютов**, студ. гр. МТВАм-12-1,

**С.А. Павонський**, гр. МТВАм-12-1

*Хмельницький національний університет*

Однією з основних характеристик якості транспортно-технологічних машин та їх агрегатів є надійність, яка відображає службові властивості зазначених об'єктів, що закладаються при проектуванні й виробництві машин, реалізуються в експлуатації й відновляються за допомогою ремонту. Підшипники ковзання є одним з найважливіших структурних елементів машин та складають основну частку вузлів тертя. Механізм газорозподілу ДВЗ складається з таких основних деталей та вузлів: розподільного вала та його приводу, штовхачів, штанг, коромисел, впускних та випускних клапанів. Умови навантаження підшипників розподільного вала визначаються періодичністю моментів початку відкривання та кінця закривання клапанів. Послідовність циклічного навантаження підшипників розподільного вала залежить від порядку роботи циліндрів двигуна, який визначається розміщенням шатунних шийок колінчастого вала і кулачків розподільного вала. Найбільше навантаження підшипників розподільного вала двигуна здійснюється під дією пружин клапанів в момент, коли впускний і випускний клапани відповідних циліндрів повністю відкриті, пружини максимально стиснуті. Для ГРМ двигуна автомобіля ВАЗ-2107 зусилля максимально стиснутих пружин кожного клапана складає 740 Н [1]. Навантаження підшипників шийок розподільного вала повністю закритих клапанів за наявності теплового зазору між п'яткою рокера і стрижнем клапана дорівнює нулю. Розподіл навантаження підшипників даного двигуна залежно від кута повороту колінчастого вала (рис. 1) показує, що максимально навантажені є підшипники 4-ї і 5-ї шийок розподільного вала.

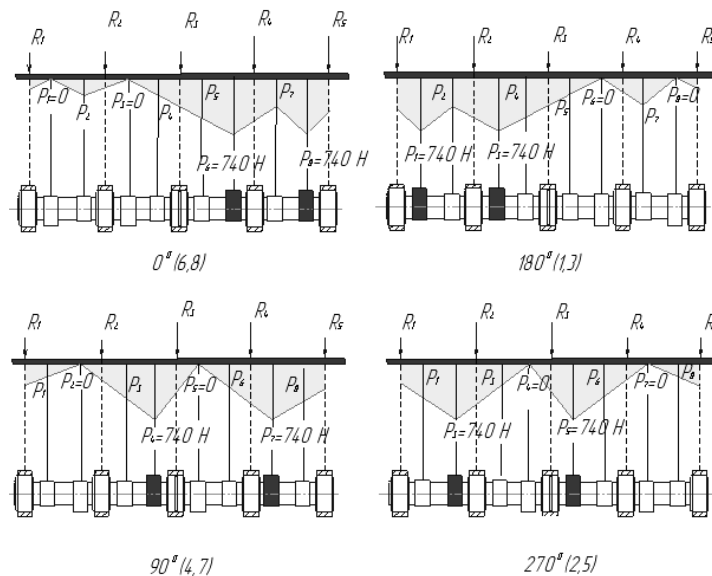


Рисунок 1 – Розподіл навантаження розподільного вала протягом робочого циклу двигуна автомобіля ВАЗ-2107

Якщо для двигуна автомобіля ВАЗ прийняти навантаження на сусідні опори розподільного вала рівними половині максимальної сили стиснутих пружин клапанів, тобто 340 Н, то при діаметрі опорної шийки 45 мм і її ширині 20 мм максимальний тиск  $p$  на кожному опорі складатиме 0,41 МПа.

Сучасний етап розвитку трибології характеризується створенням методів розрахунку вузлів тертя на знос. В даній роботі запропонована розрахункова оцінка зношування циліндричного підшипника ковзання в умовах граничного тертя на основі розв'язку прямої зносоконтактної задачі, коли параметри зносостійкості приймаються відомими з експерименту або довідникових даних.

Циліндричні опори ковзання технологічних машин за своєю конструкцією представляють внутрішній контакт двох циліндрів близьких радіусів із радіальним зазором  $\Delta$  (рис. 1). Циліндрична опора 1 знаходиться під дією робочого навантаження  $Q$  і здійснює обертальний рух із швидкістю ковзання  $V$ . Втулка 2 шириною  $B$  є опорою для вала та сприймає від неї робоче навантаження. В процесі силової взаємодії втулки і валу в місці контакту двох циліндрів виникає контактний тиск  $\sigma$ , розподілений по дузі контакту  $2\varphi_0$ . Приймаючи зносостійкість валу значно вищою за зносостійкість втулки (пряма пара тертя) в процесі експлуатації на внутрішній поверхні втулки буде випрацьовуватись ділянка зносу (на рис. 1-заштрихована зона) з максимальним зносом по центру контакту  $u_w$ .

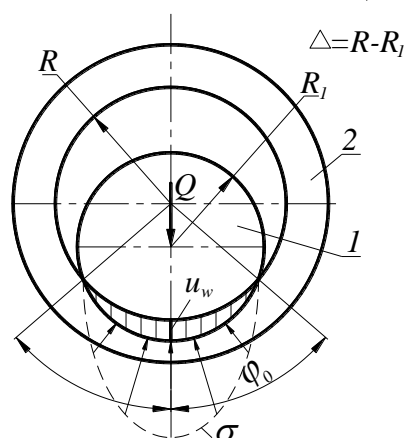


Рисунок 1 – Розрахункова схема циліндричного підшипника ковзання



Прийmemo модель зношування підшипника ковзання у вигляді безрозмірного комплексу:

$$I = \frac{du_w}{ds} = c_w \left( \frac{f\sigma}{HB} \right)^n \left( \frac{VR}{v} \right), \quad (1)$$

де  $u_w$  – знос підшипника;  $s$  – шлях тертя;  $f$  – коефіцієнт тертя в парі вал–втулка;  $\sigma$  – нормальний контактний тиск;  $HB$  – твердість матеріалу втулки;  $V$  – швидкість ковзання;  $R$  – радіус підшипника;  $v$  – кінематична в'язкість оливи;  $c_w, n$  – характеристики зносостійкості.

Нормальний контактний тиск за середніми значеннями визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{Q}{2bR\phi_0}, \quad (2)$$

де  $Q$  – навантаження на підшипник;  $b$  – ширина контакту валу і втулки;

$\phi_0$  – напівкущ контакту валу і втулки.

Залежність між лінійним зносом у підшипнику ковзання і кутом контакту прийmemo у вигляді апроксимуючої залежності [2]:

$$u_w = \Delta\phi_0(s)^{2\frac{1}{2}} \quad (3)$$

де  $\Delta$  – радіальний початковий зазор в підшипнику.

Після диференціювання (3) і підстановок разом з (2) в (1) отримаємо:

$$\frac{2c_w}{5\Delta} \left( \frac{VR}{v} \right) \left( \frac{fQ}{HB2bR} \right)^n ds = \phi_0^{n+1,5} d\phi_0. \quad (4)$$

Це звичайне диференціальне рівняння з розділюючимися змінними. Інтегруючи диференціальне рівняння (4) після підстановок і перетворень отримаємо залежність максимального лінійного зносу у підшипнику ковзання  $u_w$  від шляху тертя  $s$ :

$$u_w = \Delta \left[ \frac{(n+2,5)2^{1-n}c_w}{5\Delta} \left( \frac{VR}{v} \right) \left( \frac{fQ}{HB bR} \right)^n s \right]^{\frac{2,5}{n+2,5}}. \quad (5)$$

Розрахуємо знос підшипника ковзання за розробленою методикою за наступних вихідних даних.

Вихідні дані:

1. Геометричні розміри підшипника:  $R = 20$  мм;  $b = 20$  мм;  $\Delta = 0,1$  мм;
2. Швидкість ковзання:  $V = 2$  м/с;
3. Кінематична в'язкість моторної оливи 15W-40:  $v = 15$  мм<sup>2</sup>/с;
4. Коефіцієнт тертя у підшипнику:  $f = 0,05$ .

Параметри зносостійкості  $c_w$  та  $n$  можна прийняти за довідниковими даними [3]. Так для втулки з бронзи Бр. ОЦС-5-5 та валу зі сталі 20Х (цементация 59-62 HRC):  $c_w = 1,01 \cdot 10^{-9}$ ,  $n = 1,26$ .

Результати чисельного розрахунку лінійного зносу підшипника ковзання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку зносу підшипника в залежності від шляху тертя

Час роботи підшипника, хв	10	100	1000	10000
Шлях тертя, $s$ , мм	$1,25 \cdot 10^6$	$1,25 \cdot 10^7$	$1,25 \cdot 10^8$	$1,25 \cdot 10^9$
Лінійний знос, $u_w$ , мм	0,002	0,01	0,049	0,23

Аналіз процедури чисельної реалізації отриманої залежності (5) та отриманих результатів вказує на достатню адекватність запропонованої розрахункової методики оцінки зносу циліндричного підшипника ковзання та можливість інженерного застосування на етапі проектування деталей машин і конструкцій.

### Список літератури

1. Раєвський М. А., Радченко А. В. Посібник з експлуатації автомобіля «Жигулі». – К.: Техніка. – 111 с.
2. Диха О.В. Дискретне зміцнення та зносостійкість циліндричних трибосистем ковзання : монографія / О.В. Диха, Р.В. Сорокатий , С.Ф. Посонський , М.О. Диха. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – 197 с.
3. Справочник по триботехнике / под общ. Ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. В 3-х т. Т.1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.

УДК 656.1

## **ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

**Асатрян К.А., ст. гр. 47-ТТ**

**Бережна Н.Г., викладач**

*Харківський національний технічний  
університет сільськогосподарства  
імені Петра Василенко*

У сільському господарстві важливу роль відіграють механічні засоби виробництва – трактори, автомобілі, та інші робочі і силові машини. Для здійснення процесу виробництва кожне сільськогосподарське підприємство повинно мати необхідну кількість відповідних засобів виробництва, і насамперед механічних. Для визначення потреби в окремих видах техніки необхідно розрахувати обсяг відповідних робіт за рік і знати нормативний річний виробіток однієї машини. Ці розрахунки здійснюються по господарству в цілому.

При методі розрахунку за найнапруженішим періодом використання транспортних засобів, їхню потребу тракторів в напружену декаду можна зменшити шляхом:

- перенесення певних робіт на інші марки тракторів, які не завантаженні;
- збільшення коефіцієнта змінності;
- збільшення або перенесення строків виконання робіт в дотриманих розмірах;
- підвищення змінних норм виробітку в дотриманих розмірах.[1]

До транспортних засобів, які використовуються для перевезення сільськогосподарських вантажів, ставляться особливі вимоги. По-перше, це перевезення у відповідні агротехнічні строки. По-друге, транспортні засоби мають відповідати фізико-механічними та іншим властивостям вантажів, оскільки в сільському господарстві більшість вантажів III і IV класів, які забезпечують повне використання вантажопідйомності автомобілів. Часто потрібна підготовка транспортних засобів до перевезення та інших вантажів (ущільнення кузова тощо).

Ефективність використання автомобілів зростає також при зменшенні простоїв та простоїв їх під навантаженням і розвантаженням, чого досягають шляхом механізації цих робіт.

### **Список літератури:**

1. "Організація сільськогосподарського виробництва" / за ред. Г.С. Тарасенка, Л.Я. Зрібняка, М.М. Ільчука - Київ. 2000-112 с.

## **СТРУКТУРНА ПРОДУКТИВНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКУ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ БУДІВЕЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПОТОКІВ**

**Черепанова К.Р.** ,ст. гр. 47-ТТ

**Бережна Н. Г.** , викладач

*Харківський національний технічний  
університет сільського господарства  
імені Петра Василенко*

На теперішній час автомобільні перевезення будівельних вантажів здійснюють близько 175 тис. підприємств. Невідповідність структури парку ринковому попиту, високий середній вік і сильна зношеність – це є особливістю сучасного парку вантажних автомобілів. Необхідність оновлення вантажного парку транспортних засобів при перевезенні будівельних вантажів пов'язана також з невідповідністю його до споживчого попиту на ринку транспортних послуг за типом кузова і за вантажопідйомністю.

Оцінка економічної ефективності є головною частиною формування продуктивного парку автомобілів. Тобто проводиться розрахунок економічної ефективності конкурентних автомобілів на весь термін служби. При цьому використовуються заздалегідь підготовлені вихідні дані до розрахунку економічної ефективності. До них відносяться: річний дохід від перевезень; річна продуктивність автомобіля;

Також використовується порівняння коефіцієнтів якості автомобілів. По-перше, це дає можливість оцінювати автомобілі-аналоги при перевезенні будівельних вантажів, у яких значення чистої поточної вартості близькі. По-друге, якщо не порівнювати якість, можливий неправильний вибір автомобілів. За теоретичними розрахунками експлуатація автомобіля певної моделі може виявитися економічно вигідною. А на практиці попит на автомобілі, відповідно, дохід залежать також і від показників якості. Клієнт зацікавлений в якості замовлених їм автомобілів, що визначає збереження вантажу і швидкість доставки його в необхідний пункт. Автомобіль, у якого якість нижче інших, може не викликати інтересу з боку споживачів, що призводить до зниження її економічної ефективності.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ПРОДУКЦИИ В Г. ХАРЬКОВЕ И ПОСТАВЩИКАМИ В ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Волченко А.О.**, ст. гр.. 47-ТТ  
**Войтов В.А.**., док. техн. наук, проф.  
Харьковский национальный технический  
университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко

Транспорт как одна из базовых видов деятельности национальной экономики страны создаются условия для успешного сбалансированного и пропорционального развития экономики регионов и всей страны. Среди ряда факторов, особенно важная роль принадлежит транспортной системе, транспортному обеспечению функционирования Харьковской области и системе их транспортно-экономических связей.

Харьковская область одна из тех, что имеют мощный потенциал в дальнейшем развитии. На ее территории находится много предприятий, которые играют большую роль в экономике Украины. И все же приоритетным является изучение именно ВЭС города Харькова, поскольку именно ему принадлежит около 80% от всех связей по региону. Здесь сконцентрирована большее количество крупных предприятий, осуществляющих экспортно-импортные операции.

Цель работы - выявить особенности функционирования транспортных связей между потребителями и поставщиками города Харькова и Харьковской области.

Комплексному развитию хозяйства Харьковской области значительное количество научных работ отечественных ученых, однако отдельные составляющие этого процесса и факторы, которые его обуславливают, в частности, транспорт, как важный фактор, обеспечивающий связи между различными звеньями хозяйственного комплекса, требует дальнейшего исследования.

В условиях становления рыночных отношений все более важной становится проблема дальнейшего развития транспортной системы и совершенствование организации управления в сфере транспортной деятельности, формирования и функционирования рынка транспортных услуг.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемам экономики и организации перевозки грузов, использованию мобильного транспорта посвящены работы целого ряда ученых: Б. Аникина, В. Василенко, М. Вергуна, Т.А. Гуцула, И.В. Заблодский, И.В. Клюса и др. Сформулированные в их трудах научные подходы к использованию логистического механизма при транспортировке грузов и пассажиров, выводы и рекомендации занимают важное место в теории транспортной логистики. Наряду с этим процессы организации транспортировки грузов, их влияния на результаты хозяйственной деятельности товаропроизводителей требуют дальнейшего детального исследования.

УДК 656

## **ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ**

**Оскольський О.О.**, ст. гр. 47-ТТ

**Карнаух М.В.**, ст. викладач

Харківський національний технічний університет  
сільського господарства імені Петра Василенко

Наявність великої кількості взаємопов'язаних підсистем і багатовимірність функціонування автомобільного транспорту, різноманітність цілей і різна структура окремих підсистем, які характеризуються різною фізичною суттю, значно ускладнюють знаходження ефективних варіантів управління функціонуванням і розвитком системи автотранспортного обслуговування і викликають необхідність застосування системного підходу.

Існуючі методики і математичні залежності недостатньо адекватні реальним транспортним процесам, що призводить до рішень і результатів, які або не володіють достатньою точністю, або практично нездійсненні.

Аналіз практики функціонування автотранспортних підприємств показує, що процеси обслуговування окремих організацій багато факторний. Характер і структури опису цих процесів, а так само відсутність чіткого градування і однозначності визначення понять цих процесів призводить до того, що формалізація задач управління транспортним обслуговуванням набуває часто характер невизначеності. В результаті цього, локальна оптимізація окремих елементів транспортного процесу на практиці може призвести до негативних наслідків. Все це призводить до ситуацій, коли існуючі моделі перевізного процесу не можуть бути використані при оперативному управлінні вирішення завдань за прийнятний час або недостатньому інформаційному забезпеченні.

Залежно від структури і умов експлуатації рухомого складу, специфіки процесів транспортного обслуговування і безлічі інших чинників - для окремого АТП формується тільки йому притаманна система економіко-математичних моделей управління процесами.

Оптимізаційні задачі формуються без урахування реальних можливостей інформаційного, математичного та технічного їх забезпечення.

З огляду на відповідну тенденцію, для підвищення ефективності управління вантажними перевезеннями в межах міста доцільно здійснити: аналіз існуючих систем планування і управління перевізним процесом, визначити основні чинники і джерела підвищення ефективності оперативного управління перевезеннями, вибрати і обґрунтувати комплексні оцінки оптимізації оперативного управління процесами перевезення, розробити методики планування і оперативного управління з використанням методів імітаційного моделювання, сформулювати параметри транспортного потоку і виконати оцінку функціонування системи.

## **ЛОГІСТИЧНІ ФАЗИ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ НА СКЛАДАХ АГРОПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ**

**В. П. Шмат**, ст. гр. 55ОПУТм

**А. С. Козенок**, к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет*

*сільського господарства імені Петра Василенка*

Складська система агропромислових комплексів, як і будь-яка інша логістична система, складається із множини фаз, які включають в себе логістичні ланцюги, що проводять матеріальні потоки.

Загальна схема функціонування фази процесу переробки сільськогосподарських вантажів на складах агропереробних комплексів наведена на рис. 1.

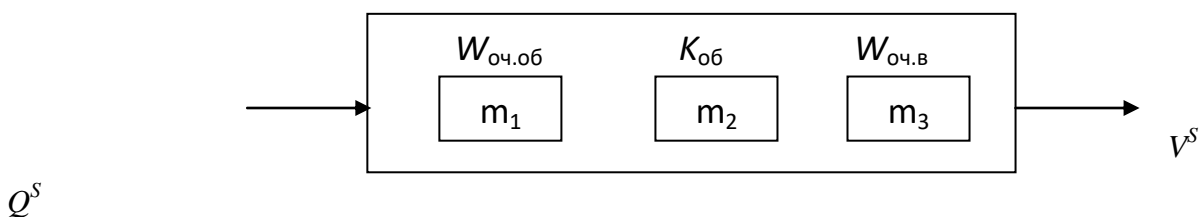


Рис. 1 – Загальна схема функціонування фази  $F(S)$ ,

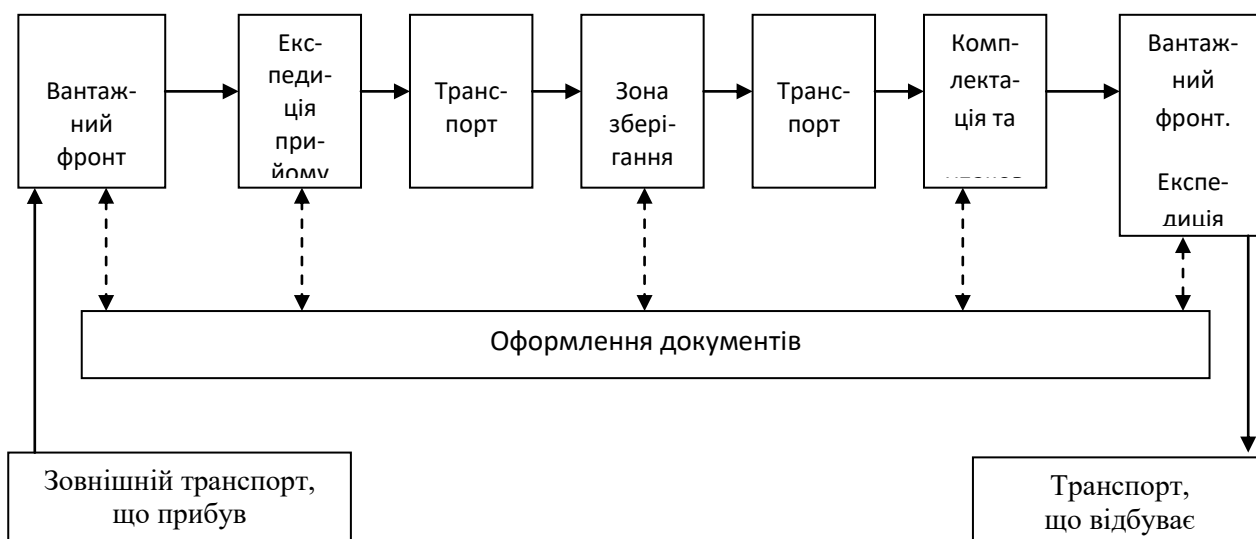
де  $m_1$  - кількість замовлень, які очікують обслуговування у фазі;

$m_2$  - кількість замовлень, що обслуговуються в даний момент часу;

$m_3$  - кількість замовлень, що очікують виходу з фази.

Функціонування фази визначається вектором входу  $V^S$ , вектором виходу  $Q^S$ , роботою каналів поста обслуговування  $K_{об}$  та місцями очікування обслуговування та виходу з фази  $W_{оч.об.}$ ,  $W_{оч.в.}$ .

Більш деталізовано всі фази, через які проходить вантаж від надходження на склад до відправлення вантажоодержувачу представлені на рис. 2.



Вхідний потік

Вихідний потік

Рис. 2 – Технологічна схема роботи складу агропереробного комплексу,

- де ► - документально-інформаційний потік;
- - матеріальний потік.

Таким чином, логістичні фази переробки сільськогосподарських вантажів на складах агропромислових комплексів представляють собою систему масового обслуговування, яка функціонує у відповідності з операторами. Також, при цьому можуть використовуватися різні моделі, що залежать від законів розподілення вхідного матеріального потоку та часу обслуговування.

1. Самойленко А.С. Критерії ефективності функціонування термінальних систем / Нагорний Є.В., Самойленко А.С. // Автомобільний транспорт. – 2004. – Вип. 15. – С.66-69.

УДК 656

## **НАЛАШТУВАННЯ РОБОТИ АВТОТРАНСПОРТА З УЧАСНИКАМИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ В БУДІВЕЛЬНІЙ СФЕРІ**

**Гиренко Р.О.** ст. гр.47-ТТ

**Горяїнов О.М.** канд.техн.наук, професор

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені*

*Петра Василенка*

Джерелами матеріальних потоків є можливість адаптації макрологістичних систем до змін навколишнього середовища в істотному ступені визначається здатністю вхідних в них внутрішньовиробничих логістичних систем швидко змінювати якісний і кількісний склад вихідного матеріального потоку, тобто асортимент будівельних матеріалів і кількість цієї продукції, що випускається.

Якісна гнучкість внутрішньовиробничих логістичних систем може забезпечуватися за рахунок наявності універсального обслуговуючого персоналу здатного до переобладнання транспортних засобів.

Кількісна гнучкість також забезпечується різними способами.

Транспорт органічно вписується в виробничі і торговельні процеси. Тому транспортна складова бере участь у безлічі завдань логістики.

Разом з тим існує досить самостійна транспортна область логістики, в якій багатоаспектна узгодженість між учасниками транспортного процесу може розглядатися поза прямого зв'язку з сполученими виробничо-складськими ділянками руху матеріального потоку будівельній сфері.

Застосування логістики в транспорті, так само, як і в виробництві або торгівлі, перетворює контрагентів і; конкуруючих сторін у партнерів, які взаємодоповнюють один одного в транспортному процесі. Відповідно, до завдань транспортної логістики слід віднести забезпечення технічної та технологічної пов'язаності учасників транспортного процесу, узгодження їх економічних інтересів, а також використання єдиних систем планування.

Технічна спряженість в транспортному комплексі означає узгодженість параметрів транспортних засобів і в середині окремих видів, так і в міжвидової розрізі.

До завдань транспортної логістики в першу чергу відносять завдання, вирішення яких посилює узгодженість дій безпосередніх учасників транспортного процесу.

Технологічна спряженість на увазі застосування єдиної технології транспортування, прями перевантаження.

Спільне планування означає розробку і застосування єдиних планів графіків.

УДК 656.073.7

## **ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДОСТАВКИ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА АГРАРНІ ПІДПРИЄМСТВА**

**К.О. Герасимова, ст.гр. 55ОПУТм,**

**А.С. Козенок, к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет  
сільського господарства імені Петра Василенка*

Доставка паливно-мастильних матеріалів на аграрні підприємства автомобільним транспортом є складним виробничим процесом, який складається з ряду операцій, які



складають єдиний технологічний процес. Процес доставки вантажу від відправника до одержувача складається з трьох основних елементів: навантаження вантажу на рухомий склад у пунктах відправлення; переміщення вантажу рухомим складом від пунктів відправлення до пунктів призначення; розвантаження вантажу з рухомого складу у пунктах призначення.

Транспортний процес доставки паливно-мастильних матеріалів на аграрні підприємства – сукупність організаційних та технологічних взаємопов'язаних дій та операцій, що виконуються автотранспортними підприємствами та їх підрозділами самостійно або сумісно з іншими організаціями при підготовці, здійсненні та завершенні перевезень вантажів.

Вірна організація транспортного процесу доставки паливно-мастильних матеріалів на аграрні підприємства передбачає:

1) скорочення витрат часу на простоювання автомобілів під навантаженням та розвантаженням за рахунок складання графіків сумісної роботи автомобілів та пунктів навантаження-розвантаження;

2) оптимальні режими руху автомобілів на відповідних ділянках шляху з урахуванням стану дорожнього покриття, обзорності, інтенсивності руху та інших факторів при строгому слідуванні Правил дорожнього руху, а також знання водіями основних технічних характеристик та правил експлуатації різних марок рухомого складу автомобільного транспорту при перевезенні відповідних вантажів;

3) перевезення вантажів повинно здійснюватися по раціонально складених маршрутах з урахуванням найкоротших відстаней, режимів руху на кожній ділянці шляху, з забезпеченням завантаження автомобілів в обох напрямках. Але в данному випадку дана умова не може бути виконана за причиною специфіки виду вантажу.

Система організації перевезень паливно-мастильних матеріалів на аграрні підприємства повинна забезпечувати:

- координацію роботи постачальника, транспортного підприємства та отримувача вантажу (в данному випадку аграрного підприємства);
- оптимальну організацію руху автомобілів при доставці паливно-мастильних матеріалів;
- ефективне використання рухомого складу для доставки паливно-мастильних матеріалів на аграрні підприємства;
- рентабельність перевезень;
- безпеку руху при доставці;
- доставку паливно-мастильних матеріалів на агропереробці підприємства в найкоротший термін.

Ефективність транспортного процесу у головній мірі залежить від технологічного узгодження роботи транспорту, виробничих підприємств, споживачів продукції.

Отже, основні принципи доставки паливно-мастильних матеріалів на аграрні підприємства базуються на грамотному застосуванні логістичних принципів та основних принципів організації технологічного процесу.

УДК 656.025

## **ХАРАКТЕР ПРОБЛЕМ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕНІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ ЗА КОРДОН**

**В.А. Гречененко**, *ст.зр. 550ПУТМ*,

**Д.О.Музильов**, *к.т.н., доц.*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

Ні для кого не є таємницею те, що Україна – це аграрна держава. Експортування сільськогосподарської продукції займає майже половину ринку експорту країни. З кожним роком цей відсоток росте, а це породжує і нові проблеми, пов'язані, в тому числі, й з процесом перевезення.

Існують такі проблеми, з котрими має справу майже кожний перевізник при транспортуванні сільськогосподарської продукції у міжнародному сполученні:

- несвоєчасність навантаження вантажу;
- час простою на кордоні;
- плаваючий час доставки вантажу.

Серед основних видів швидкокопсувних вантажів можна виділити ячні продукти, плодоовочеві, риба та рибопродукти, консервна продукція, м'ясо та м'ясопродукти, молочні продукти, інші швидкокопсувні вантажі. Якщо говорити саме про проблеми цієї сфери перевезень, то варто назвати наступні:

- необхідність врахування вимог до перевезення швидкокопсувних вантажів;
- важливість врахування особливостей перевезення певного виду швидкокопсувних вантажів;
- необхідність здійснення вибору засобу перевезення відповідно до характеристик вантажу;
- важливість правильного планування часу та шляху доставки, що відповідає нормам перевезення певного виду швидкокопсувного вантажу.

Загалом увесь рядописаних проблем необхідно невідкладно вирішувати, бо їх існування негативно відображається на процесі перевезення. Перевізники несуть матеріальні втрати такі, як зіпсований вантаж та знецінена вартість перевезення.

### **Література:**

1. Музылев Д. Критерий выбора рациональной технологии доставки сельскохозяйственных грузов [Текст] / Д. Музылев, Н. Карнаух, Н. Бережная, О. Кутья // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Vol. 17, №7. – Lublin – Rzeszow, 2015. – С. 67-73
2. Музылев Д. А. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов [Текст] / Д. А. Музылев, А. Г. Кравцов, Н. В. Карнаух, Н. Г. Бережная, О. В. Кутья // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – Т. 2, № 3 (80). – С. 11-21. doi: 10.15587/1729-4061.2016.65670

## **ПОКРАЩЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ КІНЦЕВОЇ ПЕРЕДАЧІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ**

**Баламут В.Ю.**

**Калінін Є.І.** *к.т.н., доц.*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

В даний час кожне нове покоління машин відрізняється від попередників більшою енергооснащеністю і універсальністю. Цим забезпечується їх більш висока продуктивність і

можливість механізації виконання все більшої кількості робіт. Але збільшення одиничної потужності і енергонасиченості машин супроводжується підвищенням динамічної навантаженості їх конструкцій, форсованим зносом найбільш навантажених деталей, більш швидким темпом накопичення втомних пошкоджень, більш частими відмовами і втомними поломками.

Відомо, що в силовій передачі гусеничних транспортних засобів одним з найбільш динамічно навантажених вузлів є кінцева передача. Вона перша в силовому ланцюзі сприймає динамічні навантаження від перемотування гусеничного ланцюга, від зміни тягового опору, а також від розгойдування остова на підвісці.

За літературними даними, до 80% відмов, обумовлених високою навантаженістю деталей, в трансмісіях транспортних засобів доводиться саме на кінцеву передачу. Зниження рівня навантаженості кінцевої передачі є одним з ефективних шляхів зменшення динамічного навантаження силової передачі в цілому. Отже, тема роботи, в якій запропонований спосіб зниження динамічної навантаженості силової передачі є актуальною.

Сучасними авторами запропоновані різні методи і конструктивні заходи для зниження навантаженості силового ланцюга транспортного засобу, серед яких слід відзначити пропозиції використовувати пружні елементи, які передають крутний момент, в підвісці задніх коліс, напіввісі ведучих мостів з нелінійними пружними характеристиками, гумометалеві блоки в амортизаційно-натяжному пристрої і в балансирних каретках, опорні катки з внутрішніми і зовнішніми пружними елементами, встановлення гумових траків, гумометалеві гусениці, причіпний пристрій з пружним елементом і інші пристрої.

В результаті аналізу літературних джерел не виявлено робіт, в яких був би запропонований метод зниження динамічної навантаженості трансмісії за рахунок зміни жорсткості зв'язку реактивної ланки. Тим часом, можна говорити про те, що за рахунок цього можна істотно знизити динамічну навантаженість ділянок валопроводу при процесах навантаження з високою динамічністю.

## ***ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВО-ДОВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДО ПРИЧЕПУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ***

**Власов О.В.**

**Калінін Є.І.** к.т.н., доц.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Витрати праці і коштів на транспортні технологічні операції складають близько 40% від загальних при вирощуванні сільськогосподарських культур. Питома вага перевезень тракторним транспортом становить 50...60% від загального обсягу внутрішньогосподарських перевезень.

Найбільшого поширення в порівнянні з сідельною та напівначіпною схемою компоновання тракторних транспортних агрегатів отримала причіпна. Вона відрізняється простотою агрегування і не залежить від конструкції ходової і несучої частини транспортного засобу.

Недоліком причіпної схеми агрегату є її низькі зчіпні властивості, що не дозволяють досягти високого ступеня завантаження енергетичної установки транспортного засобу. Це особливо помітно при постійному зростанні потужності двигунів енергетичних засобів, ступінь завантаження яких на транспортних роботах не перевищує 75%.

Тому велике народногосподарське значення набуває підвищення ефективності використання причіпних тракторних транспортних агрегатів (ТТА), що потребує вдосконалення тягово-довантажувального пристрою (ТДП) і дослідження розподілу ваги агрегату, обладнаного вдосконаленим ТДП, за його опорними катками.

Значний внесок у розвиток проблеми підвищення вантажопідйомності і поліпшення тягово-зчіпних властивостей транспортних засобів і сільськогосподарських машин зробили відомі вчені: Гребньов В.П., Ворохобін А.В., Щітов С.В., Охотніков Б.Л., Скурятін Н.Ф., Кутьков Г.М., Ксеневич І.П., Завалишин Ф.С., Горшков Ю.Г., Атаманов Ю.Є., Волощенко А.Є., Гуськов Ю.А., Евтюшенков Н.Є., Єгоров В.Н., Мацнев М.Г. та ін.

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що запропоновані технічні рішення по передачі частини ваги причепа на причіпний пристрій транспортного засобу малоефективні через що виникає небезпека погіршення керованості, необхідність зміни або включення додаткових вузлів до гідроначіпки трактора або дишла причепа, відсутність можливості регулювання перерозподілу частини ваги причепа на гідроначіпку трактора. Таким чином, усунення вищезазначених недоліків можливо при розробці нового технічного рішення з довантаження трактора з боку причепа, де сила опору перекочування причепа буде використовуватися в якості довантажувачів.

### ***ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ***

**Десятниченко О.В.**

**Калінін Є.І. к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

В даний час завдання нарощування об'ємів виробництва сільськогосподарської продукції можна вирішити шляхом створення нових енергонасичених транспортних засобів. Основним напрямком удосконалення конструкцій таких енергетичних засобів на найближчий час залишається підвищення робочих швидкостей руху, які викликають виникнення підвищених коливальних процесів в системі «грунт – рушій – моторно-трансмійна установка», що веде до зниження продуктивності, зростання витрат паливно-мастильних матеріалів (ПММ), погіршення керованості, плавності ходу і стабільності виконання технологічних процесів в сільськогосподарському виробництві.

Підвищення продуктивності машинно-тракторних (МТА) і тракторно-транспортних агрегатів (ТТА), а також стабільності виконання технологічних процесів, зниження витрат ПММ безпосередньо пов'язані з поліпшенням плавності ходу. Без розробок в даному напрямку неможливо подальше вдосконалення існуючих і створення нових енергонасичених

МТА і ТТА, що володіють підвищеними експлуатаційними якостями. Одним із шляхів поліпшення плавності ходу є вдосконалення конструкцій пружнодемпфуючого приводу (ПДП), так як його встановлення в трансмісії трактора дозволяє знизити величину зовнішніх впливів за рахунок раціонального вибору параметрів жорсткості і коефіцієнтів демпфування, тим самим захистити двигун і трансмісію від динамічних навантажень, а також мінімізувати вертикальні прискорення остову трактора.

В ході досліджень встановлено, що зростання амплітуд коливань крутних моментів в трансмісії тракторних агрегатів викликає погіршення плавності їх ходу, що погіршує умови праці, призводить до руйнування структури ґрунту, знижує продуктивність і погіршує технологічні показники МТА. Введення пружних елементів ближче до приводу ведучих коліс МТА більш ефективно знижує, як динамічне навантаження в трансмісії, так і коливання остову трактора. Однак, на даному етапі, слабо вивчено вплив раціональної характеристики ПДП на вертикальні коливання енергетичного засобу.

Вирішальним фактором при виборі ПДП ведучих коліс є не тільки зниження динамічної навантаженості в трансмісії, але зниження вертикальних коливань остову машини, що дозволяє стабілізувати технологічні показники процесу обробітку ґрунту, а отже, і техніко-економічні показники всього МТА.

УДК 621.793.7

## ***ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЗЧЕПЛЕННЯ ПОКРИТТЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РЕЖИМІВ ТЕРМООБРОБКИ***

**В.О. Івлєв<sup>3</sup>, С.О. Лузан<sup>4</sup>**

Процес газополуменевого напилення покриттів умовно можна розділити на чотири етапи, для кожного з яких можна побудувати математичну модель, що визначає залежність міцності зчеплення покриття з основою від параметрів процесу [1].

Перший етап полягає в підготовці поверхні деталі до нанесення покриття, в процесі якої відбувається очищення і висновок її з термодинамічної рівноваги з середовищем, за рахунок звільнення міжатомних зв'язків поверхневих атомів, тобто напилювана поверхня хімічно активується. Також при підготовці поверхні до напилення відбувається збільшення її шорсткості, що, у свою чергу, приводить до підвищення температури в контактні під напилюваними частинками на виступах і збільшує сумарну площу ділянок приварювання частинок до підкладки. Окрім цього шорстка поверхня має більшу площу в порівнянні з гладкою, що також сприяє збільшенню міцністю зчеплення покриття з основою. Проте

---

<sup>3</sup> студент

<sup>4</sup> д-р техн. наук, професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства  
101  
університет

активність основи швидко знижується у зв'язку з хімічною адсорбцією газів з середовища і окислення. Тому час між операціями підготовки поверхні і нанесенням покриття прагнуть максимально скоротити.

Другий етап - нанесення покриття на основу характеризується наступними параметрами: кінематичною в'язкістю розплавленого металу покриття  $\nu$  і його поверхневим натягненням  $\Omega$ , теплотою фазових перетворень  $Wn$ , теплопередачею в навколишнє середовище  $a_T$ , швидкістю течії.

Розплавлених частинок порошку  $Vn$ :

$$\dot{O}_2 = f_2(V_i, \Omega, W_i, \dot{a}_0, \nu). \quad (1)$$

Третій етап процесу настає, коли розплавлений метал покриття починає кристалізуватися. Висока температура процесу і пружнопластичні деформації від обробки поверхні створюють сприятливі передумови для протікання дифузійних процесів. Етап можна охарактеризувати наступними критеріями: коефіцієнтами лінійного розширення покриття  $\alpha_T^n$  і основи  $\alpha_T^{осн}$  відповідно, питомою теплотою фазових перетворень або хімічних реакцій, що протікають в покритті  $q_{\phi}^n$ , на межі покриття-основа  $q_{\phi}^{2p}$ , в приповерхневих шарах основи  $q_{\phi}^{осн}$ , різниця температур між покриттям і навколишнім середовищем  $\Delta T_1$ , покриттям і об'ємною температурою основи  $\Delta T_2$ , коефіцієнтом теплопередачі  $a_T$ , коефіцієнтами Пуассона  $\mu_i$ :

$$\dot{O}_3 = f_3(\alpha_{\delta}^i, \alpha_{\delta}^{mi}, q_{\delta}^i, q_{\delta}^{ad}, q_{\delta}^{mi}, \Delta \dot{O}_1, \Delta \dot{O}_2, \dot{a}_0, \mu_i). \quad (2)$$

Четвертий етап - охолодження біметалічної деталі. Цей етап характеризується критеріями, що визначають напружений стан деталі при охолодженні: коефіцієнти лінійного розширення  $\alpha^n$ ,  $\alpha^{осн}$ , градієнти температур  $grad T$ , пружнопластичні характеристики матеріалів: коефіцієнти Пуассона  $\mu_i$ , нормальні напруги  $\sigma$ , напруги зрізу  $\tau$ , модуль пружності  $E$ :

$$\dot{O}_4 = f_4(\alpha^i, \alpha^{mi}, grad T, \sigma, \tau, \dot{A}, \mu_i). \quad (3)$$

Дифузія покриття з основою через короткочасність третього етапу незначна. Збільшити дифузію напиленого покриття в основу можна шляхом оплавлення покриття. Тому з цією метою і був вибраний самофлюсуючийся сплав системи Ni-Cr-B-Si порошок марки СНГН-60 ТУ 48-19-212-76, табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад порошку марки СНГН-60

Марка порошку	Масова частка хімічних елементів, %									
	Ni	C	Cr	Si	Mn	B	Fe	S	P	HRC
СНГН-60	Осн.	0,9-1,1	16-19	4,0-5,0	≤1,0	4,0-4,7	≤4,5	-	-	58-62

Оцінку міцності зчеплення покриття з основою виробляли шляхом випробування на зрушення. Випробування на зрушення здійснювали за рахунок створення дотичних напруг

на межі розділу покриття з основою. Напруги  $\sigma_{сц}$ , виникаюче в покритті дотичне до поверхні, виражаються рівнянням [2]:

$$\sigma_{нб} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot l}, \quad (4)$$

де  $P$  - зусилля зрізаючого навантаження;  $D$  - діаметр циліндрового зразка;

$l$  - довжина напилюваної поверхні.

Для визначення оптимального режиму оплавлення напиленого покриття СНГН-60 були проведені випробування міцності зчеплення на зрушення покриттів, напилених на циліндрові зразки і оплавлених при рекомендованій температурі для даного сплаву Т-1080 °С з різним часом витримки при вказаній температурі. Товщина напиленого шару складала 1 мм, довжина – 3 мм.

Газополуменеве напилення зразків проводили пальником «Іскра 1» при дистанції напилення 150 мм, тиску ацетилену 0,12 МПа, тиску кисню 0,6 МПа, витраті порошку 40 г/хв, величині кута атаки –  $90^0 \pm 10^0$  і підготовки поверхні абразивноструменевою обробкою електрокорундом зернистістю 0,8 мм.

Результати досліджень міцності зчеплення на зрушення покриттів СНГН-60 приведені на рис. 1.

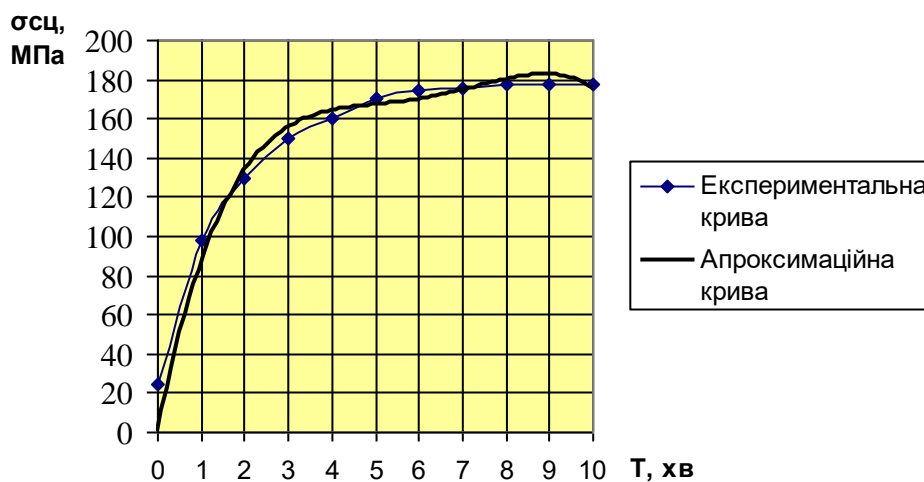


Рисунок 1 - Міцності зчеплення на зрушення покриттів СНГН-60

від тривалості оплавлення

Апроксимуючи експериментальну криву одержимо рівняння 4-й ступені, яке є математичною моделлю залежності міцності зчеплення покриття СНГН-60 з основою сталь 45.

$$y = -0,1256x^4 + 3,1233x^3 - 28,038x^2 + 111,24x \quad (5)$$

Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,96.

З аналізу експериментальної і теоретичної залежностей міцності зчеплення на зрушення від тривалості оплавлення можна зробити висновок, що в перші 3 хвилини відбувається значне збільшення міцності зчеплення покриття з основою: від 24 до 150 МПа, потім збільшується трохи і на 8 хвилині досягає 178 МПа і далі стабілізується. На підставі цих результатів можна зробити висновок, що оплавляти покриття СНГН-60, напилене на сталь 45, слідує до 8 хв залежно від необхідної міцності зчеплення на зрушення, довше – економічно не доцільно.

### Список літератури

1. Лузан С. А. К методике оценки влияния иглофрезерования на свойства газопламенных покрытий / С. А. Лузан, Е. С. Дерябкина // Труды 8-го Международного Конгресса ОТТОМ-8. Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов. – Харьков : ННЦ ХФТИ, ИПЦ «Контраст», 2007. – Т. 2. – С. 74-75.
2. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Справочник / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко и др. – Киев: Наук. думка, 1987. – 544 с.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРОГРАМИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ - SOLVO WMS**

**Макаренко О.О.**

**Кравцов А. Г. доцент, к.т.н.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

Сьогодні управління ланцюгами постачання містить комплекс різного роду потокових і автоматизованих процесів, вдосконалює послуги доставки і збільшує операційну ефективність, зменшує складування запасів і забезпечує оптимізацію споживчого попиту, розширяє мережу і збільшує бізнес загалом. Така сукупність процесів і завдань цілком виправдана. Логістичні управлінські рішення стають ключовими на рівні виходу будь-якого підприємства на міжнародний ринок. Правильно побудована логістична система неможлива без ґрунтовного вивчення потреб споживачів та їх очікувань.

Одним із ключових елементів у логістиці є склад. До ключових завдань складського господарства належать:

- 1) організація постійного і безперервного постачання виробництва відповідними матеріальними ресурсами;
- 2) забезпечення їх якісної та кількісної схоронності;
- 3) максимальне скорочення витрат, пов'язаних зі здійсненням складських операцій;
- 4) комплектування деталей та інших матеріальних цінностей, підбір та інші операції підготовчого або заключного характеру.

Для зменшення витрат на виконання складських операцій, більшість транспортних підприємств впровадили в роботу програму управління складом Solvo WMS.

WMS (Warehouse Management System) - сучасний засіб автоматизації та оптимізації складських операцій, що дозволяє підвищити керованість складського господарства та



бізнесу в цілому. До складу WMS системи належить: обладнання, програмне забезпечення, та, найважливіше - концептуальне рішення щодо організація системи для конкретного підприємства.

Впровадження WMS системи дозволяє:

- Організувати ефективно розміщення та зберігання продукції;
- Більш ефективно керувати прийомом та відвантаженням товарів, прискорити формування партій товарів, безпомилкову підготовку відвантажень;
- Спростити виконання всіх функцій, запобігти малоефективній паперовій рутині;
- Підвищити якість та контрольованій роботи складського персоналу;
- Прискорити та спростити отримання інформації про кількість та розташування товару;
- Мінімізувати роботи щодо інвентаризації складу;
- Більш ефективно використовувати площу складу.

В цілях автоматизації процедур прийому, розміщення, зберігання, обробки і відвантаження продукції територію складу розбивають на зони по видах технологічних операцій. Це дозволяє упорядкувати роботу персоналу на різних ділянках і об'єктивно розподілити сфери відповідальності.

WMS - систему використовують дві категорії складських працівників це: менеджери і оператори. Менеджер виконує контрольні - управлінські функції, оператор працює з вантажами, керує дорученнями менеджера або системи.

Метою керування ланцюга постачання є вплив на ланцюг постачання і процес його побудови з метою поліпшення діяльності, продукції або послуги і підвищення задоволення споживачів. Використання сучасних програм на підприємстві в цілому, роблять його більше ефективним. Високоєфективні ланцюги постачання в свою чергу забезпечують максимальне задоволення попиту на продукцію або послугу найбільш гнучким, надійним і менш витратним способом, що є основою для забезпечення сталого розвитку організації.

УДК 669.715

## **ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ**

**Б.В. Білоус, ст. гр. 55 - ОПУТ,**

**Н.Г. Бережна, викл.**

*Харківський національний технічний університет  
сільськогосподарства імені Петра Василенка*

Україна з давніх часів існувала як цукрова держава. Завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам цукор був і залишається важливим стратегічним продуктом нашої країни. Серед європейських країн Україна має найсприятливіші природно-економічні умови для розвитку цукрового виробництва, проте за темпами її розвитку, рівнем концентрації та ефективності виробництва значно відстає від інших.

Як зазначили експерти аналітичного відділу асоціації «Укрцукор», за показниками врожайності сезон 2016/2017 був найкращим за останні 7 років — майже 50 т/га, приміром, у 2010 врожайність була вдвічі нижчі — 27,83 т/га. Крім того, отримано найкращі за роки незалежності показники цукристості — 17,65%» [1].

Але незважаючи на перспективи росту виробництва цукру, збільшення його врожайності, експорту, посівних площ — існує ряд проблем з якими стикаються виробники цієї галузі. Усі сільськогосподарські перевезення характеризуються великою інтенсивністю вантажопотоків. Пов'язано це з обмеженням в часі в період збору врожаю.

Взагалі існує три основних способи збирання цукрових буряків. Найпростіший в плані організації – потоковий метод. Його суть в наступному: поряд з комбайном йде автомобіль, буряк що збирається одразу відвантажується з комбайну в кузов автомобілю і доставляється на цукровий завод. Цей метод забезпечує мінімальні витрати праці та коштів, менші втрати й пошкодження коренеплодів, високу якість бурякової сировини та підвищення валового збору коренеплодів на 2–3 т/га завдяки безпосередній доставці на цукровий завод та уникненню тимчасового зберігання їх у польових кагатах [2]. Але недоліками цього методу є – велика кількість автомобілів, що призведе до витрат палива і відповідно людського ресурсу. Також, цей спосіб ускладнює можливість застосування великотоннажних автомобілів чи автопоїздів.

Другий спосіб має назву перевалочний. Суть цього методу: цукровий буряк з комбайнів вивантажується на краю полів в спеціальні кагати, а потім буряконавантажувачем завантажується у автомобілі і вивозиться на перероблювальний пункт. При застосуванні перевалочного способу підвищується ефективність використання транспортних засобів, зменшується, порівняно з поточним, забрудненість буряку землею, завдяки чому знижуються обсяги нераціонального перевезення землі у вигляді домішок, зростає можливість перевезення буряків за будь-яких погодних умов.

І найбільш складний в організації і узгодженості учасників потоково-перевалочний метод. Під час цього способу частина цукрового буряку одразу вивозиться від комбайну на завод, а інша складається на краю поля у тимчасових кагатах. Цей метод дає можливість більш раціонально використовувати транспортні засоби, а також дозволяє вивозити цукровий буряк в будь-який період часу, навіть, якщо потрібно вночі.

Особливістю цукрового буряку є те, що його навіть не довготривале зберігання призводить до втрат технічних характеристик культури, а саме ваги і цукристості. Збирання цукрового буряка вважають успішним, якщо воно проведене в оптимальні строки при найбільшій масі і цукристості коренеплодів з мінімальними втратами, щонайменшим травмуванням і незначному забрудненні. За результатами дослідів встановлено, що зберігання буряків в польових кагатах призводить до втрати маси за 5 діб до 10–15 % , за 10 діб – до 25 %. Середні втрати цукру за добу досягають 0,18 % від маси [3].

Результати досліджень з вивчення впливу строків збирання на продуктивність цукрових буряків дають підставу зробити висновок про те, що необхідно організувати роботи збиральної і транспортної техніки таким чином, щоб на завод доставлялась необхідна кількість сировини, що забезпечить безперебійну роботу перероблювального пункту із запасом до 3–4 діб. В той же час на полі в кагатах зберігання цукрового буряку необхідно зменшити до мінімуму. Виконання всіх зазначених вимог потребує узгодженості в роботі не тільки комбайнів, навантажувачів і автомобілів, а також і корегування їх роботи під потужність цукрового заводу.

Питанням узгодженості в роботі учасників збирально-транспортного комплексу (ЗТК) в сучасних умовах керівниками сільськогосподарських підприємств приділяється не достатньо уваги. Це пов'язано з недостатнім матеріальним забезпеченням господарств як в транспортному і інформаційному плані, так і в кадровому. Підготовка фахівців з логістики в аграрній галузі – це окрема тема дослідження.

Науковими дослідженнями в агрологістиці займаються вчені як в країнах Європи, СНГ так і в Україні. Питанням узгодженості в роботі ЗТК приділили увагу автори [4–6]. Але в цих роботах немає прив'язки до місць переробки вантажу.

Втратам цукрових буряків запобігає найбільш прогресивна організація збору, в основу якої повинно бути закладено централізоване керівництво процесами збирання, вивезення і прийому коренеплодів за єдиним комплексним планом. Тому дослідження пов'язані з вибором раціональної схеми збирання й транспортування цукрового буряку і узгодження цього процесу з роботою цукрового заводу є актуальною.

## Список літератури

1. <http://agravery.com/uk/posts/show/vrozajnist-cukrovogo-buraku-v-ukraini-u-sezoni-2016-stala-rekordnou>

2. [http://myreferatik.in.ua/load/referat\\_5\\_kurs/kurovi\\_roboti/intensivna\\_tekhnologija\\_viroshhuvannja\\_cukrovog\\_o\\_burjaka/75-1-0-3075](http://myreferatik.in.ua/load/referat_5_kurs/kurovi_roboti/intensivna_tekhnologija_viroshhuvannja_cukrovog_o_burjaka/75-1-0-3075)
3. <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/104/13.pdf>
4. Музылев Д.А. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов / Д.А. Музылев, А.Г. Кравцов, Н.В. Карнаух, Н.Г. Бережная, О.В. Кутья // Восточно-Европейский журнал передовых технологий Vol 2, №3 (80) – 2016. – с. 11-21.
5. Измайлов А.Ю. Техническое обеспечение логистики в технологиях производства сельско-хозяйственной продукции: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Измайлов А.Ю., НАН России. – Москва, 2007. – 37 с.
6. Кравцов А.Г. Аналіз перспектив впровадження логістичних підходів у сфері АПК // Вісн. Харк. нац. ун-ту сільського господарства ім. Петра Василенка «Системотехніка і технології лісового комплексу. Транспортні технології». – Вип. 136. – Х.: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2013. – с. 272–278.

УДК 621.43.107

## ***К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСТЕЛЕЙ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740.10***

**К.С. Перезва<sup>1</sup>, П.С. Сыромятников<sup>2</sup>**

Двигатель КамАЗ 740.10 устанавливается на автомобили КАМАЗ моделей КАМАЗ 5410, КАМАЗ 54112, КАМАЗ 5320, КАМАЗ 55102, КАМАЗ 5511. Мощность такого двигателя КАМАЗ около 210 л.с.

Одним из главных недостатков в процессе эксплуатации двигателя КамАЗ 740.10 является появление дефектов на коренных опорах блока. Блок цилиндров является основной корпусной деталью двигателя КамАЗ и представляет собой отливку из чугуна СЧ25 ГОСТ 1412-85. Не устранённые вовремя деформации коренных опор под подшипники коленчатого вала приводят к отклонениям перпендикулярности оси цилиндров к оси коренных опор, увеличению овальности зеркала гильзы, и появляется несоосность, нарушается геометрия ухудшается теплоотвод в сопряжении «опора – подшипник коленчатого вала» и т.д.

В результате происходит повышенный износ поршневых колец, юбок поршня, цилиндров, выплавление вкладышей и их «проворот» в коренных опорах, критический прогиб и разрушение коленчатого вала.

На сегодняшний день существует много различных технологий восстановления постелей блока. При первом капитальном ремонте обычно применяют технологию растачивания на ремонтный размер. Расточка блока цилиндров под вкладыши коренных подшипников производится в сборе с крышками, поэтому крышки коренных подшипников не взаимозаменяемы и устанавливаются в строго определенном положении.

Ресурс дизелей определяется, в основном, износом кривошипно-шатунного механизма и цилиндро-поршневой группы. По этим причинам, дизели КамАЗ-740.10 направляются на капитальный ремонт в 78% случаев, из них на износ подшипников коленчатого вала приходится 43%, а на износ цилиндро-поршневой группы - 35%. Межремонтный ресурс двигателей с не восстановленными параметрами коренных опор и посадочных поясков составляет 20...40% от ресурса нового двигателя. Если при этом несоосность коренных опор на длине 100 мм составляет 0,06 мм, то динамическая нагрузка на коленчатый вал увеличивается в 1,8 раза, а интенсивность изнашивания коренных вкладышей в 4 раза.

Метод расточки блока очень простой, но в то же время занимает большое количество времени на установку самого блока, наладку оборудования, выставление резцов и др.

Технологии восстановления постелей на номинальный размер.

1. Электроискровая наплавка (ЭИН). Технология основана на использовании электрических разрядов между электродами в газовой среде. Применяемое оборудование:

ЭФИ-46А, 23М, 25М. В настоящее время применяют полимерные материалы, которые выполняют требования по точности и качеству покрытия повышают износостойкость. Недостатком данного метода заключается в ограничении толщины наносимой полимерной пленки из-за ее технологической усадки в процессе полимеризации .

2. При износах от 0,1 до 0,5 мм – холодное газодинамическое напыление. Метод ХГДН основан на эффекте образования прочного металлического слоя при взаимодействии двухфазного сверхзвукового потока с поверхностью. Частицы порошка металла (или смеси металлов с корундом) находящиеся в твёрдом состоянии, ускоряются потоком воздуха до скоростей 400-700 м/с и направляются на подложку. При этом температура переносимых частиц как правило, не превышает 100 °С.

Этот метод лишен многих недостатков высокотемпературных плазменных методов и имеет следующие достоинства:

- частицы переносятся в “холодном” состоянии со скоростями переноса до 700 м/с;
- разогрев частиц происходит за счет преобразования кинетической энергии в тепловую в процессе взаимодействия с поверхностью, т.е. непосредственно при формировании покрытия;
- возможность получать покрытия, полностью адекватные по составу напыляемому порошку;
- отсутствие видимого термического воздействия на материал подложки, не приводящей к деформации изделия (температура подложки в процессе напыления не превышает 150 °С);

3. При износах более 0,5 мм - полуавтоматическая наплавка проволокой ПАНЧ-11.

Весьма эффективный способ «холодной» (без подогрева) сварки чугунных деталей самозащитной проволокой сплошного сечения ПАНЧ-11. Этот способ сварки не требует применения защитного газа, так как в состав проволоки введены специальные элементы, предотвращающие окисление сварочной ванны и способствующие формированию плотного слоя.

Для сварки можно использовать любые шланговые полуавтоматы, подающие проволоку диаметром от 1 до 1,6 мм, А-547, А-547У, А-825 и др. в комплекте с выпрямителями ВС-200, ВС-300 или сварочными преобразователями с жесткой характеристикой.

Наплавленный металл хорошо обрабатывается режущим инструментом, отсутствует коробление детали, не создаются значимые внутренние напряжения.

Несмотря на большие преимущества полуавтоматической сварки проволокой ПАНЧ-11, применение этого способа при восстановлении чугунных деталей пока ограничено из-за сравнительно высокой стоимости проволоки.

4. Установка дополнительной детали на опору. Восстановление постели основано на использовании вкладышей или чугунный лент большего диаметра, устанавливается методом приклёпывания к опоре, с последующим растачиванием под номинальный размер 100+0,02мм, а диаметр опоры при этом равен 103,50+0,025 мм. Простота технологии с наименьшими затратами материальных средств, меньше затрат по времени, но при этом обеспечивается малый ресурс и низкая износостойкость восстановленной поверхности.

В современных условиях наиболее эффективной можно считать технологию восстановления коренных постелей, основанную на электроискровой обработке, применяя при этом полимерные материалы, которые выполняют требования по точности, повышают износостойкость, есть возможность наносить слой от 0,1 до 0,5мм. Покрытие, нанесённое на восстанавливаемую поверхность деталей, имеет прочную связь с основным материалом.

### **Выводы**

Анализ результатов микрометражных исследований технического состояния блоков цилиндров двигателей КАМАЗ-740 различных модификаций, поступивших в ремонт, позволил установить, что при проведении капитального ремонта необходимо восстанавливать до 98% блоков цилиндров, при этом:

- износ отверстий коренных опор имеет как положительное, так и отрицательное значение и колеблется в пределах от -0,12 до + 0,11 мм, Наличие отрицательного износа объясняется процессом фреттинг коррозионного изнашивания привалочных поверхностей блока и крышки;

- у аварийных блоков с провернутыми вкладышами износ отверстий коренных опор достигает 1.2 мм, при этом данный дефект характерен для третьей и пятой опор, что объясняется более высокими нагрузками, действующими на них;

- до 90% блоков цилиндров имеют овальность, конусность и несоосность отверстий коренных опор выше допустимой величины (более 0,025 мм);

Анализ современных технологий показал, что в настоящее время существуют различные технологические процессы восстановления изношенных постелей чугунных блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания, обеспечивающие высокую долговечность, при этом наиболее эффективной можно считать технологию восстановления, основанную на электроискровой обработке.

<sup>1</sup>магистрант, Харьковський національний технічний університет сільського господарства;

<sup>2</sup>доцент, Харьковський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

### **Библиографический список**

1. Бурмукулов Ф.Х., Лялякин В.П., Иванов В.И. Определение полного ресурса блоков цилиндров автотракторных двигателей.- Техника в сельском хозяйстве, 2005, № 4.- С.30 -34.
2. Сумець О.М. Класифікація деталей вузлів і агрегатів автотранспортних засобів / О.М. Сумець, П.С. Сиромятніков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Випуск 110 «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». – Х. : ХНТУСГ, 2011. –С. 181–186.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЧІПНИХ ГРУНТОБРОБНИХ АГРЕГАТІВ ЗА РАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЇХ РУХУ**

**Усик В.А.**

**Калінін Є.І. к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

Однією з найбільш значущих проблем розвитку сільського господарства є збільшення виробництва і підвищення якості виробленої сільськогосподарської продукції за рахунок застосування енергозберігаючих технологій, підвищення продуктивності та ефективності використання машинно-тракторних агрегатів (МТА), за рахунок оптимізації їх конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Підвищення продуктивності та ефективності використання МТА досягається за допомогою збільшення робочих швидкостей, ширини захвату, завдяки раціональному використанню сільськогосподарських машин, які входять до складу МТА. В результаті знижуються експлуатаційні витрати на виконання робіт, витрати праці, зменшується металоємність процесу, скорочуються терміни виконання сільськогосподарських операцій. Однак збільшення робочих швидкостей МТА і ширини захвату сільськогосподарських

машин, а також кількості причіпних ланок при комплексній обробці призводить до погіршення показників стійкості руху і маневреності МТА. Як наслідок знижується ефективність впровадження намічених шляхів підвищення продуктивності і ефективності використання енергетичних засобів.

Стійкість і маневреність МТА залежать від великої кількості конструктивних чинників, серед яких значний вплив мають параметри тягово-зчіпних пристроїв (ТЗП), що з'єднують ланки причіпних МТА. Так, наявність шарнірного з'єднання між трактором і знаряддям, при впливі на МТА поперечних сил, призводить до зміни траєкторії руху ланок причіпних агрегатів не тільки при криволінійному, але й при прямолінійному русі. Тому вже на початкових стадіях проектування в конструкцію ТЗП слід закласти раціональні масово-геометричні, конструктивні і кінематичні параметри, які здатні поліпшити показники стійкості і маневреності причіпних МТА.

Для цього необхідно мати математичні моделі машинно-тракторного агрегату, що відображають реальні умови експлуатації і дозволяють проводити вибір необхідних параметрів, які впливають на зазначені показники. Це в значній мірі дозволить скоротити матеріальні та часові витрати на стадіях проектування та комплектування МТА.

Таким чином, питання дослідження стійкості руху і маневреності причіпних МТА, а також пошуку різних шляхів і можливостей поліпшення цих параметрів є актуальними і заслуговують на особливу увагу в силу зазначених вище причин.

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМУ НАВІШУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗНАРЯДДЯ**

**Хоруженко Е.С.**

**Калінін Є.І. к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

Одним з перспективних напрямків сучасного розвитку сільського господарства є створення комбінованих машинно-тракторних агрегатів (МТА), що складаються з тягового енергетичного засобу та фронтального і заднього начіпного знарядь.

Такі агрегати, здійснюючи кілька операцій за один прохід, економлять людські та паливно-енергетичні ресурси, захищають ґрунт від надмірного руйнування і ущільнення, збільшують продуктивність праці, максимально завантажують енергонасичені трактори і т.п.

Однак використання таких агрегатів створює певні проблеми, а саме – негативний вплив фронтального начіпного знаряддя на стійкість і керованість машинно-тракторного агрегату в процесі руху.

При недостатній стійкості руху машинно-тракторного агрегату з фронтальною начіпкою часом просто неможливо досягти високих техніко-економічних показників, та, головним чином, складно забезпечити агротехнічні показники застосування МТА, що в свою чергу ускладнює їх використання або робить економічно недоцільним.

Застосування в конструкції механізму фронтальної начіпки пружного елемента забезпечує пружне з'єднання знаряддя з трактором, що, з одного боку, створює можливість повороту знаряддя в ту ж сторону, що і керовані колеса, а це покращує стійкість і керованість руху агрегату в цілому за рахунок зменшення сил опору від знаряддя при повороті трактора, а з іншого боку, забезпечує повернення знаряддя в нейтральне положення.

У зв'язку з цим проведення теоретичних і експериментальних досліджень руху трактора з фронтальним начіпним знаряддям і пружним елементом в начіпній системі та вибір найбільш раціональних конструктивних параметрів начіпного механізму і пружного елемента, здатних підвищити стійкість руху МТА, є актуальним завданням.

Таким чином, метою роботи є забезпечення високих показників керованості машинно-тракторного агрегату з фронтальним ґрунтообробним знаряддям, при одночасному збереженні стійкості його руху, за рахунок зниження негативного впливу сил опору з боку знаряддя на поворот агрегату при маневруванні в міжряддях просапних культур.

УДК. 521.787.044

## ***ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ БРОНЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ КОМПОЗИЦІЙНИМИ ГАЛЬВАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ НА ОСНОВІ МІДІ***

Є.К.Солових, проф., д-р техн. наук  
А.Є.Солових, доц., канд. техн. наук  
С.Є.Катеринич, доц., канд. техн. наук  
М.С.Петров, студент групи АТ-14

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

У сучасному ремонтному виробництві застосовують композиційні електролітичні покриття (КЕП), що є металевою матрицею з відносно рівномірно розподіленими в ній дисперсними частинами наповнювача. Комбінаціями різноманітних матеріалів матриць і дисперсної фази вдається не лише отримувати велику кількість різних типів КЕП, але і цілеспрямовано змінювати властивості композитів відповідно до заданих умов експлуатації [1, 2].

Особливий інтерес в області відновлення і зміцнення поверхонь деталей машин викликають КЕП триботехнічного призначення, тобто зносостійкі і антифрикційні покриття [3]. З цієї точки зору значущим є нанесення композиційних електролітичних покриттів, матрицею в яких є мідь, і які відрізняються підвищеною теплопровідністю, а в якості другої фази служать дрібнодисперсні порошки полімерів, що мають високі антифрикційні властивості [4, 5].

На підставі результатів проведених досліджень, для відновлення бронзових деталей тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин прогресивним способом нанесення електролітичних полімерометалевих покриттів на основі міді (ЕПМП) можливо рекомендувати наступний склад електроліту і режими осадження :

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  - 200...250 кг/м<sup>3</sup>;
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  50...70 кг/м<sup>3</sup>
- рН 0,6...1,0;
- порошок пластмаси (фенілон або капрон) - 30...40 кг/м<sup>3</sup>;
- щільність струму 8...10 кА/м<sup>2</sup>
- температура - 293...313 К;

- повітряне перемішування з інтенсивністю, що забезпечує підтримку частинок в зваженому стані.

ЕПМП на основі міді можливо наносити на будь-які деталі, як на зовнішню (для прискорення переробки), так і внутрішню (при відновленні втулок) поверхні. Найдоцільніше такі покриття застосовувати у вузлах тертя машин, оскільки наявність полімеру в покритті набагато підвищує антифрикційні властивості і довговічність відновлених деталей.

Для відновлення зношених внутрішніх поверхонь бронзових втулок можна рекомендувати технологічний процес, схема якого показана на рис. 1.

Зауважимо, що при всій складності дослідження процесів утворення ЕПМП і властивостей отриманих покриттів, практична реалізація способу не є важким завданням.

Технологія міднення може бути задіяна на більшості ремонтних підприємств, тому для отримання із ванн міднення композиційних полімерометалевих покриттів необхідно додатково здійснити лише два заходи: встановити у ванну барботуючий пристрій (набір трубок з соплами для нагнітання в розчин повітря, розташовані в шаховому порядку по дну ванни ) і призначені для перемішування електроліту-суспензії з регулюючим механізмом подання повітря і додати в основний електроліт необхідну кількість порошкоподібних пластмас. Перший захід - виготовлення пристрою для перемішування електроліту, не є складним завданням для будь-якого типу, виробництва.





Рисунок 1 - Схема технологічного процесу відновлення зношених внутрішніх поверхонь бронзових втулок ЕПМП на основі міді

Порошкоподібні пластмаси стабільно випускаються в нашій країні, застосовуються в ремонтному виробництві при різноманітних видах напилювання. Проте навіть, за відсутності полімерного порошку, його можливо легко приготувати у виробничих умовах за допомогою методу хімічного переосадження солянокислого розчину гранульованої пластмаси. Порядок отримання наступний: капронова крихта розчиняється в концентрованій соляній кислоті у пропорції 1: 20, потім отриманий розчин тонким струменем виливається в ємність з великою кількістю води. Після повного осадження висадженого дрібнодисперсного полімеру "кисла" вода зливається і заливається нова. Операції осадження порошку і заміни води чергуються до тих пір, поки не утворюється нейтральне середовище  $pH=7$ . Вологий осадок полімеру завантажується в центрифугу і виконується повне відділення порошку від води. Крім того, порошок з гранул можна отримати механічним подрібненням останніх на спеціальних млинах. Розділення порошку по фракціях може здійснюватися за допомогою набору спіральних сит.

Порядок приготування електроліту-суспензії наступний: спочатку готується розчин "чистого електроліту", а потім в нього додається полімерний порошок. Введення полімерної добавки в електроліт слід здійснювати невеликими порціями зі скляної місткості. При цьому досягається найкраще змочування частинок розчином і здійснюється корегування суспензії по кислотності. Отримана суспензія зливається в приготований електроліт при постійному перемішуванні. Електроліт має бути профільтрований, кислотність не повинна перевищувати згадані норми.

Технологічний процес відновлення деталей ЕПМП на основі міді в принципі не відрізняється від звичайної технології міднення і не вимагає спеціального технологічного дороблення. Слід зазначити, що для поліпшення зчеплення покриттів з основним металом, початковий період осадження необхідно проводити без перемішування електроліту-суспензії або з використанням асиметричного струму з подальшим переходом на постійний.

Підтримку постійності складу електроліту-суспензії доцільно робити періодичним додаванням полімерного порошку. Контроль за змістом міді і кислоти здійснюється звичайним способом. Концентрацію полімерної фази можна визначити масовим методом - тобто взяти проби в декількох місцях ванни з подальшою фільтрацією електроліту. Коли полімер забрудниться і з'явиться необхідність його фільтрації, полімер фільтрується спільно з домішками і брудом; потім маса, що залишилася, оброблюється розчином кислоти, при цьому бруд розчиняється, а полімер, як хімічно стійка речовина, залишається неушкодженим. Після цього, осад промивається водою і він знову готовий до використання.

## Список літератури

1. Харламов Ю.А. Экономика применения защитных и упрочняющих покрытий / Ю.А.Харламов //Вестник машиностроения. – 1982. - №7. – С.62-67.
2. Ремонт машин та обладнання / За ред. О.І.Сідашенка та О.А.Науменка. -Харків: ХНТУСГ, 2014.-741с.
3. Ющенко К.А. Инженерия поверхні / К.А.Ющенко, Ю.С.Борисов, В.Д.Кузнецов, В.М.Корж //.- К.: НВП Видавництво «Наукова думка України». – 2007, 557 с.
4. Терхунов А.Г. Исследование влияния тепломассопереноса при трении сопряженных деталей в металлоплакирующих смазочных средах / А.Г.Терхунов // Сб. долговечность трущихся деталей машин. –вып.5. –М.: Машиностроение, 1990. –С. 299-308.
5. Солових Є.К. Підвищення функціональних властивостей гальванічних полімерометалевих покриттів на основі міді при проточному нарощуванні зношених поверхонь / Є.К.Солових, В.В.Аулін, А.Е.Солових, С.Є.Катеринич// збірник наук.праць КНТУ. -Кіровоград: КНТУ, 2015, вип.28.-С.24-29.

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ГУРТОВИХ ВАНТАЖІВ**

**Т. Бешімова, ст. гр. ТС-43,**

**М.А. Нефьодов, доц., канд. техн. наук**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Надійність постачання вантажів, яка виражається дотриманням графіку заводу замовникам, є чи не найбільш важливим показником, на який звертають увагу при виборі перевізника. Створення графіку поставок при перевезеннях масових вантажів виконується відносно просто, але при створенні графіку поставок гуртових вантажів виконавці стикаються з низкою проблем, джерелом яких є особливості гуртових вантажів. До таких особливостей перевезень партійних вантажів відносяться: невеликі розміри відправлень, велика кількість одержувачів при одному (рідка – більше одного) відправнику, наявність різниці (часто – значної) у розмірах відправлень як між різними одержувачами при перевезеннях в один день, так і в одного одержувача при перевезеннях у різні дні. Тому для розробки якісних графіків поставок потрібні якісно спроектовані розвізні маршрути, які, до того ж, мають задовольнити вимогам економічної ефективності технологічного процесу доставки вантажів. У цих умовах одним з найбільш діючих способів скорочення витрат на перевезення є скорочення пробігу автомобілів при виконанні всіх вимог на перевезення.

Кларк і Райт розробили метод рішення задачі розвезення більш півстоліття назад [1], однак, закладена в ньому ідея виявилася настільки продуктивною, що метод став найбільш затребуваним. Цей метод відноситься до евристичних методів і, відповідно, не гарантує одержання оптимального рішення, тому й у цей час не припиняються спроби підвищити точність одержуваних за його допомогою рішень за рахунок різних модифікацій. Зазначені модифікації можна розділити на такі, що орієнтовані на підвищення точності алгоритму в конкретних умовах перевезень [2, 3] і такі, що носять загальний характер [4, 5]. Запропоновано, також, декілька алгоритмів локальної оптимізації маршрутів, побудованих за допомогою даного методу, найпоширенішим з яких, став метод інверсій [6]. Досить розповсюдженим є, також, метод локальної оптимізації Рена і Холидея [7].

Завдання розвезення є різновидом завдання комівояжера, у якому ємність «рюкзака» комівояжера менше сумарного обсягу доставки товарів в усі «міста». Відмінність розглянутої постановки від інших постановок задач розвезення полягає в наступному: 1 – час обертів автомобіля на маршруті обмежене; 2 – час обслуговування пунктів заїзду на маршруті обмежене; 3 – будь-який пункт може генерувати вимоги як на завезення, так і на вивіз вантажу; 4 – при наявності декількох заявок на доставку одному клієнтові вони виконуються на різних їздках автомобіля; 5 – пункт виїзду автомобіля може відрізнятись від пункту його повернення; 6 – швидкість руху автомобіля не однаковий на дугах вулично-дорожньої мережі й може змінюватись по годинникові доби; 7 – у вузлах вулично-дорожньої мережі виникають затримки автомобіля й вони не однакові для різних напрямків руху (маневрів). Критерієм оптимальності є мінімум загального часу обертів на всіх маршрутах при обов'язковому виконанні всіх заявок на перевезення. У зв'язку з наявністю динамічної складової в умовах завдання (швидкість автомобіля на дугах вулично-дорожньої мережі) при

статичності алгоритмів, заснованих на методі Кларка-Райта, розроблена модифікація цього методу, що враховує особливості постановки задачі й оцінена її ефективність стосовно оригінального.

При послідовній реалізації алгоритму пошук максимального виграшу здійснюється по рядковій  $j$  матриці виграшів, що має на увазі продовження поточного маршруту. При паралельній реалізації пошук максимального виграшу здійснюється по всій матриці виграшів. Розрахунки закінчуються, коли всі виграші негативні.

Час обертв, будучи найбільш актуальним критерієм оптимальності системи розвізних маршрутів, не є єдиним параметром, яким оцінюють якість рішень завдання розвезення на практиці. Крім цього показника, при ухваленні рішення про перевезення в увагу ухвалюються наступні додаткові параметри маршрутів: пробіг автомобілів, км; вантажообіг, ткм; кількість маршрутів (автомобілів). Якщо час більшою мірою визначає швидкість доставки вантажів і якість обслуговування, то інші показники багато в чому визначають витрати на доставку вантажів. Тому саме по сукупності цих показників здійснювалася порівняльна оцінка якості рішень тестового завдання при використанні різних методів.

Для оцінки ефективності запропонованої модифікації методу зроблене порівняння показників системи маршрутів, спроектованих з використанням методу Кларка-Райта в паралельній і послідовній реалізаціях і модифікованого методу, так само, у паралельній і послідовній реалізаціях. В окремих варіантах рішень системи маршрутів модифікувалися за рахунок застосування методів локальної оптимізації Ліна [6] і Рена і Холидея [7].

У якості тестового завдання обраний масив із сімдесяти одержувачів, випадковим образом розміщених на точній моделі вулично-дорожньої мережі центральної частини м. Харкова, представленої у вигляді орієнтованого графа. Дана модель урахує зміни швидкостей руху на ділянках вулично-дорожньої мережі по годинникові доби й затримки при проїзді перехресть залежно від виду маневру (проїзд прямо, поворот праворуч/ліворуч).

Швидкості руху по годинам доби і затримки автомобілів при проїзді перехресть установлені на рівнях, певних у результаті вибіркового обстеження параметрів транспортних потоків. Швидкість руху (у цілому по вулично-дорожній мережі) варіює в межах 10-60 км/год, затримки при проїзді перехресть варіюють у межах 5-30 с. Обсяги завезення одержувачам встановлені випадковим образом у межах від 60 кг до 840 кг. Розглядалися варіанти використання автомобілів різної вантажопідйомності – від 1,5 т до 20,0 т.

Як показало порівняння рішень тестової задачі різними алгоритмами, жоден з них не забезпечує стабільно кращих рішень ні по основному, ні за додатковими показниками. Навіть застосування послідовної реалізації порівнюваних алгоритмів при малій вантажопідйомності автомобіля забезпечує кращі, ніж паралельна реалізація методу Кларка-Райта, рішення, значно програючи йому при більших вантажопідйомностях автомобіля. Щодо кількості маршрутів необхідно відзначити, що паралельні реалізації алгоритмів забезпечують проектування меншої на одиницю кількості маршрутів, ніж паралельні реалізації, при вантажопідйомностях автомобілів рівним 1,5 т, 6,0 т і 10,0 т.

Аналіз експериментальних даних вказує що використання запропонованої модифікації алгоритму Кларка-Райта забезпечує скорочення загального часу обертв автомобілів до 1,3%, а загального пробігу – до 2,1% відносно оригінального методу Кларка-Райта, що дозволяє використовувати її для проектування розвізних маршрутів і графіків доставки вантажів отримувачам при високій надійності постачання і економичності перевезень.

### Список литературы

1. Clarke G., Wright J. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. // Operational Research, Vol. 12 (4), 1964. – P. 568-581.
2. Golden, B.L., Magnanti, T.L., Nguyen, H.Q. Implementing vehicle routing algorithms // Networks, Vol. 7, № 2, 1977. – P. 113-148.
3. Gaskell T.J. Bases for vehicle fleet scheduling. – Operational Research Quarterly, Vol. 27, № 3, 1976. – P. 281-297.
4. Mole R., Jameson S. A sequential route building algorithm employing a generalized saving criterion. // Operational Research Quarterly, Vol. 27, № 2, 1976. – P. 503-511.
5. Tillman F.A., Cochran H. A Heuristic Approach for solving the Delivery Problem // The Journal of Industrial Engineering, Vol. 19, № 7, 1968. – P. 354-358.
6. Lin S. Computer solutions of the traveling salesman problem // Bell System Technical Journal, № 44, 1965. – P. 2245–2269.
7. Wren A., Holiday A. Computer scheduling of vehicles from one or more depots to a number of delivery points // Operations Research Quarterly, Vol. 23, 1972. – P. 333-344.

УДК 656.074

## **БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ НАДІЙНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**А. О. Заїкіна, ст. гр. ТС-41**

**О. В. Россолов, доц., канд. техн. наук**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

При перевезенні вантажу в міжнародному сполученні, велике значення має швидкість доставки. При побудові системи доставки можна використовувати модель «точно в строк» або розрахувати час доставки.

У роботі С.І. Бондарева для розрахунку часу доставки вантажу приймається цільова функція – мінімум витрат часу на доставку вантажу, що враховує технічну швидкість автомобіля на маршруті, час зміни водія, час на навантаження та розвантаження транспортних засобів (ТЗ), час на рух ТЗ з вантажем та без вантажу, відстань, яка пройдена ТЗ на маршруті, кількість митниць на маршруті, загальний час на проходження ТЗ митного пункту, кількість перерв протягом зміни, час однієї перерви водія, час одного щоденного (за добу) відпочинку водія, год.

За наступною методикою обчислення часу доставки базується на використанні таких показників, як час руху на  $i$ -й ділянці маршруту доставки, час відпочинку водіїв на автомобільному транспорті, час виконання вантажної операції або час перевалки вантажу з одного транспорту на інший, час на перетин кордону між суміжними державами, час

очікування відправки магістрального виду транспорту або перевалки вантажу з одного виду транспорту на інший (схема транспорт-транспорт, або транспорт-склад-транспорт), кількість ділянок маршруту, які обслуговуються різними перевізниками, необхідна кількість перерв на відпочинок водіїв виходячи з «Правил про працю та відпочинок водіїв», кількість помашинних вантажних операцій, кількість перетинів кордону при конкретній схемі перевезення, кількість технологічно необхідних затримок при передачі вантажу з одного виду транспорту на інший.

Наведені методики побудовані на основі детерміністичного підходу, що є його недоліком з позицій точності прогнозування.

При розгляді моделі «точно в строк» можна використовувати аналітичну модель. Економіко-оптимізаційна задача виконання логістичного циклу, яка враховує залежність витрат виконання  $i$ -ї операції циклу від її тривалості та параметри, що характеризують тривалість  $i$ -ї операції.

Час виконання логістичного циклу, якщо час виконання задається певним значенням, деяким відхиленням від нього або інтервалом часу, то необхідним є знаходження верхньої і нижньої довірчої межі.

При цьому вірогідність виконання замовлення розраховується в цих межах на основі інтегралу Пуассона. Загальна тривалість рейсу розраховується, як сумарний показник на основі таких даних: час руху між пунктами, час оформлення митних документів, час навантаження, розвантаження та складування. Також модель часу враховує випадкові чинники: складова, що відображає збільшення часу рейсу для проведення ремонтно-профілактичних впливів та інших причин, складова, що відображає обмеження, пов'язані з АЕТР, складова, що відображає заборони на рух великовантажних автомобілів.

В моделі відсутнє обґрунтування проведення кількості вимірів для визначення достовірних значень параметрів закону розподілу, але враховуються стохастичні характеристики транспортного процесу.

Час доставки для унімодальної схеми розраховується

$$T_{\text{дост авто}} = T_{\text{рух}} + T_{\text{відп}} + T_{\text{н/р}} + T_{\text{очік}}, \quad (1)$$

де  $T_{\text{рух}}$  – сумарний час руху, діб;

$T_{\text{відп}}$  – сумарний час відпочинку водіїв на автомобільному транспорті, діб;

$T_{\text{н/р}}$  – сумарний час виконання вантажних операцій або час перевалки вантажу з одного транспорту на інший, діб;

$T_{\text{очік}}$  – сумарний час очікування на митному кордоні, діб.

Час доставки для мультимодальної схеми розраховується

$$T_{\text{дост. м.}} = T_{\text{рух}} + T_{\text{підвіз}} + T_{\text{вивіз}} + T_{\text{перевант}} + T_{\text{розкл.}}, \quad (2)$$

де  $T_{\text{підвіз}}$  – час на підвіз вантажу до магістрального транспорту у країні відправника, діб;

$T_{\text{вивіз}}$  – час на вивіз вантажу з магістрального транспорту у країні отримувача діб;

$T_{\text{перевант}}$  – час на перевантаження вантажу з одного виду транспорту на інший, діб;

$T_{\text{розкл.}}$  – час очікування відправлення поїзду після надходження заявки на перевезення, діб.

В якості об'єкту експерименту було обрано напрямок Україна-Італія. Основними варіативними складовими прийнято технічну швидкість руху автомобіля та час очікування на відправлення залізничного транспорту при унімодальній та мультимодальній схемах відповідно. Згідно центральної граничної теоремі можна зробити припущення, що перший показники є нормально розподіленою випадковою величиною, а друга на основі обробки статистичних даних є рівномірно розподіленою величиною. На тривалість проходження прикордонного контролю впливає кількість транспортних засобів у черзі, що є випадковою величиною. Можна зробити припущення, що потік автомобілів розподілений за законом Пуассона.

Після визначення границь варіювання факторів план експерименту можна представити у розкодованому вигляді, таблиці 1 та 2.

Таблиця 1– План експерименту для унімодальної схеми у розкодованому вигляді

Номер серії дослідів	Фактори		Функція відгуку, $y$
	$x_1$	$x_2$	
1	0,06	2089	$y_1$
2	0,78	2089	$y_2$
3	0,06	2279	$y_3$
4	0,78	2279	$y_4$

Для мультимодальної схеми доставки у якості факторів  $x$  обрано відстань підвозу до магістрального транспорту –  $x_1$ , відстань вивозу від магістрального транспорту –  $x_2$ , та дільнична швидкість залізничного транспорту –  $x_3$ .

Таблиця 2 – План повного трьох факторного екстремального експерименту для мультимодальної схеми у розкодованому вигляді

Номер серії дослідів	Фактори			Функція відгуку, $y$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	
1	131	138	28,29	$y_1$
2	972	138	28,29	$y_2$
3	131	1208	28,29	$y_3$
4	972	1208	28,29	$y_4$
5	131	138	54,83	$y_5$
6	972	138	54,83	$y_6$
7	131	1208	54,83	$y_7$
8	972	1208	54,83	$y_8$

Після проведення експерименту визначено, що не зважаючи на більший час роботи залізничного транспорту за добу в порівнянні з автомобільним фактичний час доставки вантажів в напрямку Україна-Італія буде меншим при використанні унімодальної технології (автомобільний транспорт у якості магістрального).

УДК 656.025

## **ОРГАНІЗАЦІЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ СИСТЕМИ ПОСТАЧАНЬ ТОВАРІВ ДРІБНИМИ ВІДПРАВЛЕННЯМИ**

**І. В. Кравченко**, *ст. гр. ТС-41*

**О. В. Россолов**, *доц., канд. техн. наук*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Логістична система є однією з ключових ланок підприємства і передбачає собою сукупність взаємопов'язаних елементів, між якими існує певний зв'язок. Основою ефективності логістичних систем є їх надійність. Для забезпечення надійності логістичних систем необхідно управляти процесами планування та проектування всіх ланок системи в різних умовах функціонування. Важливим є процес контролю логістичних процесів для недопущення втрати надійності її функціонування. З метою забезпечення надійності логістичної системи, слід звернути увагу на можливість автоматизації логістичних операцій за рахунок використання програмних продуктів логістичної сфери управління.

Логістика є однією з найбільш динамічно розвинутих областей у розгляді використання інформаційних технологій. По суті, логістичний підхід до процесів означає прагнення до переміщення товарно-матеріальних цінностей в максимально можливому обсязі за мінімальний час з урахуванням різних обмежень.

В даний час представникам логістичних компаній вельми важливо здійснювати всебічний контроль за виконанням маршрутів, крім того, необхідно автоматизовано виявляти розбіжності між фактичним і плановим виконанням транспортних завдань. Правильна маршрутизація руху транспорту справляє суттєвий вплив на загальну величину транспортних витрат та якість обслуговування клієнтів, що є запорукою високого рівня надійності. Складність формування раціональних маршрутів залежить від взаємного співвідношення місткості транспортного засобу і середньої величини обсягу однієї відправки вантажу. Чим менше середній обсяг однієї відправки вантажу щодо місткості використовуваного транспортного засобу, тим складніше пошук раціонального маршруту перевезення. Формування інформаційних логістичних систем засновано на наступних принципах: система повинна бути побудована таким чином, щоб передача інформації, її переробка, зберігання й використання враховували потреби всіх підрозділів підприємства; інформаційна система повинна забезпечити необхідні взаємозв'язки підприємства з постачальниками, клієнтами й всіма пунктами відправлень, проміжного складування й споживання; обмін інформації між рівнями логістичної системи повинен бути мінімальним, але забезпечувати потреби управління; характер інформації повинен бути зорієнтований на конкретного споживача в системі управління; при побудові системи повинен враховуватися принцип апаратних і програмних моделей; важливою вимогою є спрощення й стандартизація використовуваної в системі документації.

Оскільки транспортна логістика є супутником сучасного підприємства, то без оптимальних рішень транспортних завдань, наявності швидкодіючих комп'ютерів, локальних обчислювальних мереж, телекомунікаційних систем та інформаційно-програмного забезпечення можна втратити великі кошти на доставку товару споживачам, що в короткостроковому періоді не дозволить організації реалізувати тактичні мети, а в довгостроковому - виконати заплановані показники розвитку. Створення багаторівневих автоматизованих систем керування матеріальними потоками зв'язано зі значними витратами, в основному в області розробки програмного забезпечення, щоповинно забезпечити багатофункціональність і надійність системи та високий ступінь її інтеграції. У зв'язку з цим при створенні автоматизованих систем управління в сфері логістики повинна досліджуватися можливість використання стандартного програмного забезпечення, з його адаптацією до місцевих умов. Мета впровадження програмного продукту - автоматичне планування маршрутів доставки на підставі наявних замовлень і автомобілів, з урахуванням різних обмежень (тимчасові вікна, вага, обсяг, інший параметр вантажу, тип автомобіля), для економії транспортних витрат та забезпечення надійності функціонування. Такі програми можуть використовуватися для планування маршрутів торгових представників або кур'єрів. Введення даних у систему з матеріальними потоками починається при виникненні матеріального потоку. Із цього моменту весь процес пересування вантажів, включаючи його перевантаження, перебування на складах, затримки й т.д., перебуває в оперативній пам'яті ЕОМ. Таким чином, сучасна інформаційна система має охоплювати всю логістичну інфраструктуру АТП.

Надійність функціонування діяльності підприємств залежить, в більшості, від рівня розвитку логістичної інфраструктури. На даний час існують найбільш популярні і часто



використовувані програмні забезпечення в сфері транспортної логістики: “ABM Rinkai TMS”, “TopRoute. TopLogistic”, “TransTrade”. В рамках науково-дослідницької роботи було проаналізовано зазначені програмні продукти та приведено порівняльну характеристику (табл. 1.1.).

Таблиця 1.1.-Аналіз функціональності використання програмних продуктів

Програмний продукт	Параметри		
	ABM Rinkai TMS (Transport Management System)	TopRoute. TopLogistic	TransTrade
Маршрутизація перевезень	так	Так	так
Відстеження статусу вантажу	так	Ні	так
Облік всіх послуг і власних витрат	так	Так	так
Зонування територій і розрахунок вартості послуг за тарифами	так	Так	ні
Автоматичне розподілення замовлень за місцями доставки	так	Так	так
Підтримання мультимодальних перевезень	так	Так	так
Формування аналітичних звітів	так	Так	так

Будь-який з розглянутих програмних продуктів дозволить вирішити стратегічні завдання транспортної логістики підприємства: оптимізувати логістичні витрати; значно зменшити час обробки замовлення; підвищити конкурентоспроможність організації; скоротити кількість співробітників, які працюють у відділі логістики; надати можливість здійснення контролю і моніторингу поточних планових показників; досягти синергетичного ефекту або принципу інтеграції; підвищити якість наданих послуг, що загалом забезпечить підвищення надійності транспортних систем і сформує належний рівень якості перевезень.

УДК 629.113

### **ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

<sup>1</sup>Є.К. Лех, Д.Д. <sup>1</sup>Кондратюк, студенти, <sup>2</sup>К.О. Кравченко, аспірант, <sup>1</sup>О.П. Кравченко, проф.,  
доктор техн. наук

<sup>1</sup>Житомирський державний технологічний університет

<sup>2</sup>Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Якість роботи автомобільного транспорту визначається технічним станом рухомого складу, це у великій мірі залежить від надійності агрегатів і вузлів своєчасне постачання запасними частинами. Особливо це важливо, якщо рухомий склад представлений автотранспортною технікою зарубіжного виробництва - вартість деталей висока, а терміни поставки можуть становити від трьох до семи днів [1].

Один із методів розрахунку за номенклатурними нормами запасних частин встановлює середню річну витрату конкретної деталі на 100 автомобілів на рік. Даний метод використовується для визначення обсягу виробництва запасних частин для всього парку автомобілів що знаходяться в експлуатації [2]. При нормуванні запасних частин по номенклатурних нормах, на АТП використовували номенклатурні довідники, в яких були вказані норми споживання деталей розраховані на 100 автомобілів. Знаючи обсяг парку автомобілів підприємства, можна було вирахувати необхідну потребу. Використання даного методу не дозволяє повною мірою врахувати індивідуальні особливості експлуатації рухомого складу.

Інший метод - визначення потреби в запасних частинах до силових агрегатів згідно параметрів, які визначають вантажно-швидкісний режим роботи [3]: швидкість руху автомобіля, витрата палива, повну вагу автомобіля та інше. Номенклатура запасних частин в такому разі коригується показником потреби в запасних частинах.

До аналітичних методів відноситься визначення норми витрат запасних частин за наближеною оцінкою до першої заміни деталі [3]. Через витрати запасних частин по ресурсу до 1-ї заміни деталі можна визначити наближену норму запасних частин.

Кількість запасних частин для одномарочного рухомого складу автомобілів можна розрахувати, розглянувши цикли ремонтних дій і замін деталей. Новий автомобіль, який надійшов у АТП, експлуатується до заміни деякої деталі на певному пробігу. Далі він експлуатується з встановленою на нього запасною частиною, яка вийде з ладу після середнього напрацювання і так далі.

Дослідження показали, що існуючі методи дозволяють розрахувати необхідну кількість запасних частин; кожен з методів має свої переваги, але є й недоліки. Деякі методи не враховують впливаючі фактори, інші застосовуються для окремих автомобілів. Тому доцільна розробка удосконаленого методу, який би дозволив врахувати переваги існуючих методів, виключав би недоліки і був би легким у використанні на підприємствах автомобільного транспорту з урахуванням сьогодення.

Одним з таких напрямків є використання нейронних мереж. У літературі наведено декілька ознак, які повинна мати задача, щоб застосування нейронних мереж було виправдано і мережа могла б її вирішити: відсутній алгоритм або не відомі принципи вирішення задачі, але накопичена достатня кількість прикладів; проблема характеризується великими обсягами вхідної інформації; дані неповні або надлишкові, зашумлені, частково

мають протиріччя. Тому, нейронні мережі добре підходять для задач класифікації, оптимізації і прогнозування.

На рисунку 1 зображена модель нейрона з трьома входами, причому ці входи мають ваги  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$ . Нехай до входів надходять імпульси сили  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  відповідно, тоді після проходження входів до нейрона надходять імпульси  $w_1x_1$ ,  $w_2x_2$ ,  $w_3x_3$ . Нейрон перетворить отриманий сумарний імпульс  $x = w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3$  відповідно до деякої передавальної функції  $f(x)$ . Сила вихідного імпульсу дорівнює  $y$ .

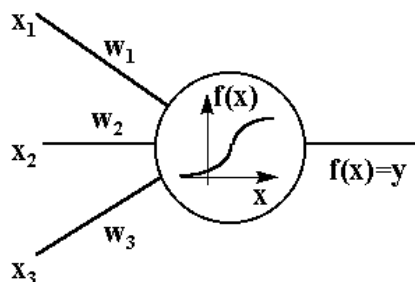


Рисунок 1 - Математична модель нейрона

Розглянуті алгоритми побудови та функціонування мереж дозволяють використовувати їх для вирішення задач визначення необхідної кількості запасних частин автомобілів. Але потрібен статистичний аналіз конкретних відмов автомобілів для побудови навчальної вибірки системи.

Пропонується система, розроблена на основі нечіткої логіки з застосуванням елементів нейронних мереж, в якій в якості експертного закладені результати логарифмічно-нормального закону розподілу відмов.

Розробка адаптивної системи нейро-нечіткого виводу, як і будь якої нейронної мережі, складається з побудови системи та її навчання. Найбільш прийнятний варіант - поширення сигналів помилки від виходів мережі до її входів, у напрямку, зворотному прямому поширенню сигналів у звичайному режимі роботи [4]. На рисунку 2 представлений процес навчання нейромережі. Цей алгоритм навчання мережі отримав назву процедури зворотного поширення.

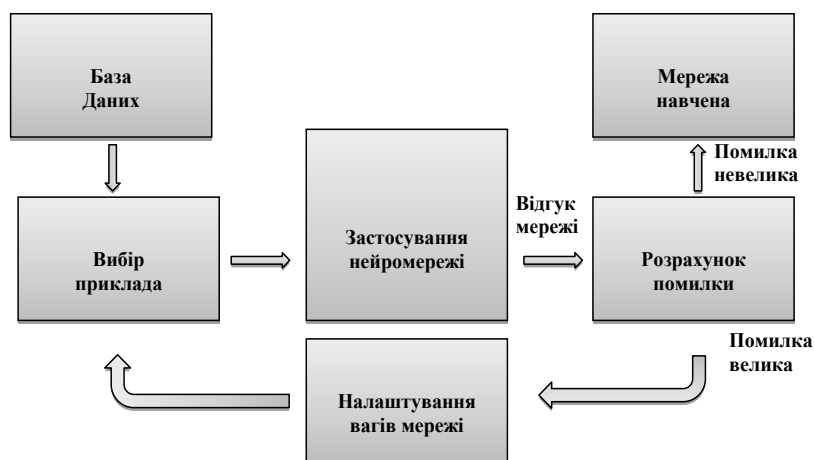


Рисунок 2 - Процес навчання нейромережі

Розглянемо систему у вигляді об'єкта з двома входами  $X_1, X_2$  і одним виходом  $Y$ , де  $X_1$  – пробіг автомобіля;  $X_2$  – кількість відмов досліджуваної деталі (вузла),  $Y$  – прогнозована кількість відмов деталі. Параметри стану системи  $X_1, X_2$  і управлінську дію  $U$  вважатимемо лінгвістичними змінними, які оцінюються за допомогою словесних термів. Використання нечітких логічних рівнянь передбачає наявність функцій належності нечітких термів, які входять до бази знань. За визначенням функція приналежності  $\mu^T(u)$  характеризує суб'єктивну міру (в діапазоні  $[0; 1]$ ) впевненості експерта в тому, що чітке значення  $u$  відповідає нечіткому терму  $T$ . У даній моделі використовувалася модель функції належності у вигляді формули (1)

$$\mu^T(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{u-b}{c}\right)^2}, \quad (1)$$

де  $b$  - координата максимуму функції;  $c$  - коефіцієнт концентрації - розтягування функції.

На основі складених правил бази знань були створені такі нечіткі логічні рівняння, що встановлюють зв'язок між функціями належності змінних. Точками позначена операція  $\cap$  (min), а знаком  $\vee$  (Диз'юнкція) - операція АБО (max).

Тоді лінгвістичний опис формули (2) буде виглядати як: ЯКЩО - пробіг автомобіля до 100 тис. км і статистика відмов - дуже рідко; АБО ЯКЩО - пробіг автомобіля до 100 тис. км і статистика відмов - рідко; ТО - прогноз відмов - дуже мало. Аналогічно було сформульовано правила для всіх випадків. Для отримання кількісного значення  $Y$  необхідно виконати операцію дефазифікації, тобто переходу від нечіткого терму до чіткого числа. Для виконання цієї операції діапазон зміни змінної  $Y$  ділиться на чотири класи (3). Чітке значення прогнозу відмов визначається за формулою (4).

$$\mu^{p_1}(y) = \mu^{L_1}(x_1) \cdot \mu^{S_{vs}}(x_2) \vee \mu^{L_1}(x_1) \cdot \mu^{S_s}(x_2); \quad (2)$$

$$y \in [y, \bar{y}] = \underbrace{[y, y_1]}_{p_1} \cup \underbrace{[y_1, y_2]}_{p_2} \cup \underbrace{[y_2, y_3]}_{p_3} \cup \underbrace{[y_3, \bar{y}]}_{p_4}; \quad (3)$$

$$y = \frac{y\mu^{p_1}(y) + y_1\mu^{p_2}(y) + y_2\mu^{p_3}(y) + y_3\mu^{p_4}(y)}{\mu^{p_1}(y) + \mu^{p_2}(y) + \mu^{p_3}(y) + \mu^{p_4}(y)}. \quad (4)$$

Апробацію методу проведено на підставі зібраних статистичних даних експлуатації автомобілів-тягачів MERSEDES - BENZ ACTROS 1844 LS; проаналізовано усунення дефектів і несправностей, отримані закономірності порушень працездатності, виявлені основні статистичні характеристики [5, 6]. Проведений аналіз дозволив зробити висновки з номенклатури та потрібної кількості запасних частин, а також зібрати дані, необхідні для проведення подальших досліджень та побудови навчальної вибірки для розробки моделі гібридної мережі.

Одній з найчастіше замінюваних деталей ходової частини і елементів підвіски автомобілів-тягачів MERCEDES - BENZ ACTROS 1844 LS є пневморесора (до 40% усіх замін). Аналіз показав наявність підпорядкування потоку відмов логарифмічно-нормальному закону розподілу (рис. 3).

Модель прогнозування відмов пневморесори була реалізована в програмному середовищі MathLab 7.12, використані два інструментальних засоби цієї системи: пакети Neural Networks Toolbox (нейронні мережі) і Fuzzy Logic Toolbox (пакет нечіткої логіки). Нечітка модель гібридної мережі містила в собі дві вхідні змінні -  $X_1$  (пробіг до відмови пневморесори),  $X_2$  (кількість відмов пневморесор) і одну вихідну змінну -  $Y$  (кількість відмов пневморесор на наступний період).

Суть настроювання моделі полягає в підборі таких параметрів функцій належності  $b$ ,  $c$  і ваг нечітких правил  $w$ , які забезпечують мінімум розбіжності між модельними і експериментальними даними.

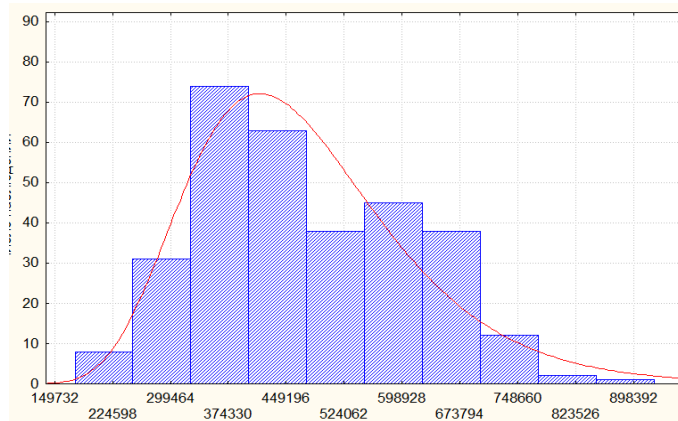


Рисунок 3 - Розподіл потоку відмов пневморесор автомобілів-тягачів MERCEDES - BENZ ACTROS 1844 LS

Як повчальна вибірка взято значення трійок (пробіг, відмова, управляюча дія), з урахуванням даних отриманих в результаті статистичного дослідження. За допомогою ANFIS-редактора виконувалося навчання створеної системи. Результатом стала експертна система, яка дозволила прогнозувати кількість відмов пневморесор на заданому пробігу.

Для парку в 160 автомобілів MERSEDES - BENZ 1844 ACTROS LS при середньому пробігу 670 тис. км за даними розробленої системи в якості запасних частин буде потрібно 42 пневморесори.

**Висновок.** Розглянутий метод нечіткого багатокритеріального аналізу, побудований на основі нейронних мереж, заснований на нечіткому логічному висновку дозволяє проводити розрахунок потрібної кількості запасних частин та прогнозувати відмови елементів автомобіля. Структура лінгвістичних терм-множин дозволяє врахувати особливості статистичних даних.

### Список використаних джерел

1. Кравченко А.П. Формирование номенклатуры и количества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта / А.П. Кравченко, Е.В. Верительник // Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (19-21 жовтня 2015 р., Вінниця). Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2015. - С. 115-117.
2. Говорущено Н.Я., Баранов В.В. Методика планирования запасных частей // Автомобильный транспорт. 1970. – №7. – С. 19-24.
3. Кузнецов Е.С., Воронов В.П., Болдин А.П. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1991. – 415.

4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 314 с.
5. Кравченко О.П. Статистичні дослідження несправностей автомобілів-тягачів MERCEDES-BENZ у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації / О.П. Кравченко, Є.А. Верительник // XI-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2013. – С. 112–113.
6. Кравченко А.П. Исследование эксплуатационной надежности автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 Actros LS / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Матеріали ІV Мінародної науково-практичної конференції «Логістика промислових регіонів», (Донецьк-Святогірськ, 23 – 25 квітня 2012), Донецьк: ЛАНДОН – ХХІ, 2012. – С. 160-164.

УДК:656.072

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РОБІТНИКІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ МІСТА КРАМАТОРСЬК ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ**

**І. Хименко, ст. гр. ТС-41,  
Є. Любий, доц., канд. техн. наук**  
*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Краматорськ є містом обласного підпорядкування, площа якого становить 356 км<sup>2</sup>. Станом на 1 вересня 2016 року Краматорськ налічує 191,022 тис. постійних мешканців та відноситься до міст з яскраво вираженими рисами промислової спрямованості [1].

Щоденна кількість робітників, що здійснюють пересування від місць проживання до місць прикладання праці становить 30-40 тис. осіб, що складає практично половину загального денного обсягу перевезень пасажирів в місті Краматорськ.

Загалом в місті зареєстровано 39 промислових підприємств, що представляють такі галузі промисловості як: машинобудування, металургійне виробництво, легка та харчова промисловість, виробництво меблів та ювелірних виробів, виробництво та розподілення електроенергії, газу та води. Тому проблема підвищення ефективності транспортного обслуговування робітників промислових підприємств є дуже актуальним питанням.

В цілому місто та робітники цих підприємств обслуговуються системою громадського транспорту, що складається з 38 маршрутів: 3-х трамвайних, 4-х тролейбусних та 31-го автобусного. Загальна довжина маршрутної мережі міста становить 365,5 км.

У місті працює 3 транспортних підприємства: ТОВ «Юмвоса», ВАТ «АТП-11410», КП «Краматорське трамвайно - тролейбусне управління».

За результатами проведеного аналізу доступності та розвиненості маршрутної мережі міста зроблено такі висновки:

- значення маршрутного коефіцієнту (2,57) свідчить про задовільний рівень розвиненості міста;

- щільність маршрутної мережі (2,74 км/км<sup>2</sup>) забезпечує виконання нормативів з пішохідної доступності та свідчить про задовільний рівень розвиненості мережі громадського транспорту;

- середнє значення коефіцієнту непрямої маршрутної мережі (1,61) Краматорська характеризує мережу громадського транспорту як помірно непрямої.

Для надання рекомендацій щодо підвищення ефективності транспортного обслуговування робітників промислових підприємств міста Краматорськ громадським транспортом, в період з 19-24.09.2016 р. - з 7<sup>00</sup> до 18<sup>00</sup> год., було проведено два види обстеження.

Перше обстеження проведено таблично-опитувальним методом на основі облікової картки, з метою обстеження співвідношення кількості безоплатних та платних пасажирів.

Кількість охоплених обстеженням пасажирів становить 9105 осіб, серед яких на електротранспорті 4893 особи та 4212 особи на автомобільному транспорті. З них 3462 особи відносяться до категорії платних пасажирів та 5643 особи до пільгової категорії пасажирів. В свою чергу, кількість охоплених обстеженням пасажирів, які скористалися послугами автомобільного транспорту, що працює в звичайному режимі складає 2626 осіб та в режимі маршрутного таксі – 1586 осіб.

Коефіцієнт співвідношення кількості безоплатних та платних пасажирів розраховано за формулою [2]

$$K = \frac{Q_{\text{пільг}}}{Q_{\text{пл}}}$$

де  $Q_{\text{пільг}}$  – кількість пасажирів, які мають право та користувалися безоплатним проїздом в ГТ, пас.;

$Q_{\text{пл}}$  – кількість перевезених пасажирів, які відносяться до платної категорії, пас.

Отримані результати підтверджують достатньо високу точність отриманих результатів розрахунку, оскільки всі розраховані коефіцієнти знаходяться у межах «довірчого» інтервалу. Результати розрахунку коефіцієнту та оцінки точності коефіцієнту наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку коефіцієнта співвідношення кількості безоплатних та платних пасажирів

Вид транспорту	Обсяг вибірки, од.	Розрахункове значення коефіцієнту співвідношення платних і пільгових пасажирів	Частота появи пільговиків	Довірчий інтервал для 95% потрапляння	
				$K_1$	$K_2$
Електротранспорт	4893	3,14	0,758226	3,040313	3,250667
Автотранспорт (звичайний режим)	2626	2,02	0,668317	1,939906	2,107641
Автотранспорт (режим маршрутного таксі)	1586	0,13	0,112232	0,117934	0,138166

Друге обстеження проводилось з метою визначення потреб населення у пересуваннях громадським транспортом. Об'єктами дослідження були всі маршрути громадського транспорту. Обстеження планувалося таким чином, щоб охопити як мінімум по одному рейсу автобусів і електротранспорту. Для спрощення проведення табличного обстеження пасажиропотоків кожен обліковець використовував безкоштовний мобільний додаток TransitWand, що є електронним аналогом картки для обстеження пасажиропотоку.

Основною проблемою при розробці моделі потреб у пересуваннях громадським транспортом є моделювання пасажирообміну зупиночного пункту з відправлення та прибуття пасажирів для рейсів, що не потрапили під обстеження. Для їхнього моделювання висунуто гіпотезу, що величини пасажирообміну зупиночного пункту розподіляються за законом Пуассона, оскільки за фіксований період часу виявлено, що зміна пасажирообміну відбувається за деякою фіксованою середньою і незалежно одне від одного. Цю гіпотезу підтвердженою програмою Statistica. Приклад побудови гістограми розподілу обсягів відправлення пасажирів та перевірка гіпотези представлені на рисунку 1.1.

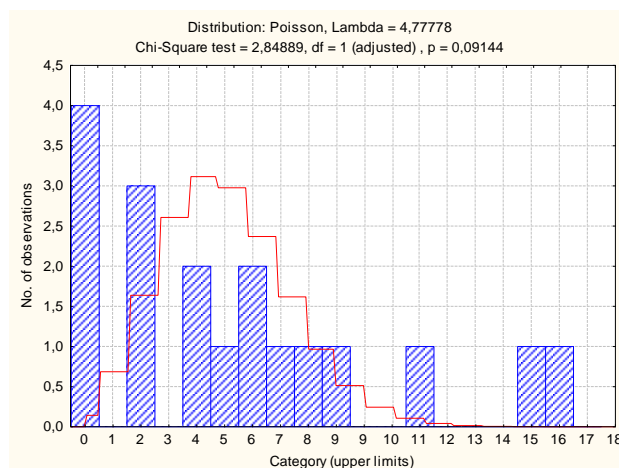


Рисунок 1.1 – Гістограма розподілу величин місткостей ТР

При розробці моделі потреб у пересуваннях громадським транспортом першим кроком є моделювання місткостей зупиночного пункту для рейсів громадського транспорту, що не потрапили під вибіркоче табличне обстеження пасажиропотоків. При цьому основною вихідною інформацією є існуючий розклад руху на маршрутах громадського транспорту та дані про пасажирообмін зупиночного пункту обстежених рейсів громадського транспорту.

Перспективний варіант маршрутної мережі для міста Краматорськ побудовано з використанням стратегії однієї пересадки та досягненням таких цілей як: скорочення витрат часу на пересування пасажирів маршрутною мережею, зменшення кількості пересадок, підвищення привабливості громадського транспорту.

В результаті використання розроблених принципів побудовано вісім діаметральних автобусних маршрутів, що зв'язали віддалені міські території. Також слід також відзначити, що в перспективний варіант маршрутної мережі міста Краматорськ включено тролейбусний маршрут №5, котрий вже введено в експлуатацію. також у відповідності до планів реалізації соціально-економічної програми розвитку міста краматорська у перспективний варіант маршрутної мережі міста включено ще один тролейбусний маршрут №7. використання нових тролейбусних маршрутів дозволяє організувати транспортне обслуговування населення міста електротранспортом між «старим містом» та промисловою зоною, а також надається можливість мешканцям м-ну «Лазурний» та прилеглих до нього територій користування послугами соціального транспорту, що сприяє збільшенню привабливості громадського транспорту в місті.

Використання розробленого перспективного варіанту маршрутної мережі дозволяє:

- скоротити час пересування по мережі приблизно на 4 %;
- за рахунок реалізації стратегії однієї пересадки суттєвого зменшити кількість пересувань, які реалізуються з використанням пересадки майже на 6 %;
- в цілому підвищити ефективність обслуговування робітників промислових підприємств міста Краматорськ.

### Список літератури

7. Соціально-економічне становище Донецької області за січень-вересень 2016 року : Статистичний бюлетень / Державна служба статистики України. Головне управління статистики у Донецькій області. – Бахмут, 2016. – 60 с.
8. Про затвердження Інструкції про порядок обліку пасажирів, що перевозяться громадським транспортом на маршрутах : Наказ міністерства статистики України від 30. 05. 1996 № 258 / 1283 / Інформаційний портал – <http://zakon2.rada.gov.ua/>