

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

**ХІІ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ,
АСПРАНТІВ ТА МОЛОДИХ УЧЕНИХ**

**«ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І
ОБЛАДНАННЯ»**

18-20 квітня 2018 року

Кропивницький – 2018

Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання». – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 179 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;

Тихий А.А. – канд. техн. наук, голова ради молодих учених Центральноукраїнського національного технічного університету;

Ворона Т.В., фахівець I категорії відділу МОВ 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); Кулешков Ю. В., д-р. техн. наук, проф.; Солових Є.К., д-р. техн. наук, проф.; Мажейка О. Й., канд. техн. наук, проф.

Адреса редакційної колегії: 25006, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8, Центральноукраїнський національний технічний університет, тел. (0522) 390-473, 551-049.

Відповідальна за випуск: Ворона Т.В.

Збірник містить тези доповідей за матеріалами XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання», що відбулась 18-20 квітня 2018 року на базі кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету.

Матеріали збірника публікуються у авторській редакції.

ЗМІСТ

<i>ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ ВАНТАЖУ МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕНІ</i>	5
<i>АНАЛІЗ РОБОТИ ПІДВІСКИ І РУЛЬОВОГО УПРАВЛІННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ</i>	6
<i>ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ В ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ</i>	7
<i>ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ</i>	8
<i>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПРИ ОБЪЕМНОЙ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ</i>	9
<i>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ АМОРТИЗАТОРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ</i>	14
<i>ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КОМБИНИРОВАННЫЙ ПАХОТНЫЙ АГРЕГАТ С КАТКОВОЙ ПРИСТАВКОЙ</i>	17
<i>ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ І МОНТАЖУ КОЛІС</i>	21
<i>ПРИСТРІЙ І МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ У ПІДШИПНИКАХ КОВЗАННЯ</i>	24
<i>ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЗАСПОКОЮВАЧА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЯ</i>	27
<i>РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ПРИ ДОСТАВЦІ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ</i>	31
<i>АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ LCL ЛОГІСТИКИ</i>	34
<i>МЕТОДИКА ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ</i>	36
<i>УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ</i>	39
<i>ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ</i>	43
<i>ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ПО ТРАНСПОРТНОМУ КОРИДОРУ «ПІВДЕНЬ – ЗАХІД»</i>	46
<i>ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПО ФОРМУВАННЮ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИМ ЦЕНТРОМ</i>	49
<i>МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ</i>	52
<i>ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ КАЛІБРУЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ ШАРОШКОВИХ ДОЛІТ ПОРОШКОВИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ</i>	54

<i>ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТОРЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ НАСОСІВ ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛОКЕРАМІЧНИХ КОМПОЗИТІВ</i>	55
<i>ВПЛИВ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ СТАЛІ 17Г1С</i>	56
<i>ЗНОСОСТІЙКІСТЬ НАПЛАВЛЕНИХ ШАРІВ НА ОСНОВІ ВИСОКОМАРГАНЦЕВОЇ СТАЛІ В УМОВАХ АЕРОАБРАЗИВНОЇ ЕРОЗІЇ</i>	58
<i>РОЗРОБЛЕННЯ ЗНОСОУДАРОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ВИСОКОМАРГАНЦЕВОЇ СТАЛІ ЗМІЦНЕНОЇ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ</i>	61
<i>МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА ІЗОТЕРМІЧНУ ТА ТЕРМОЦИКЛІЧНУ ПОВЗУЧІСТЬ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ З ТЕПЛОЗАХИСНИМИ ДИФУЗІЙНИМИ ІОННО АЗОТОВАНИМИ ШАРАМИ</i>	62
<i>ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО - МЕХАНІЧНИХ ТА ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ НАДЗВУКОВОГО ПОВІТРЯНОГО СТРУМЕНЮ</i>	67
<i>ЕФЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ НА АТП</i>	71
<i>ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ – ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНІ ПРОЦЕСИ В КОНТАКТНІЙ ЗОНІ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.</i>	73
<i>МЕЗОМЕХАНІКА – СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ТЕОРІЇ ЗНОШУВАННЯ</i>	75
<i>ВИЯВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ З ЙОГО ТЕМПЕРАТУРОЮ ДЕБАЯ</i>	77
<i>3-D ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</i>	78
<i>УПРАВЛІННЯ РЕСУРСОМ ШИН АВТОБУСІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОСТІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЗАЛИШКОВОЇ ВИСОТИ ПРОТЕКТОРА</i>	82
<i>СИСТЕМНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТРИБОТЕХНОЛОГІЙ ПРИПРАЦЮВАННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ</i>	86
<i>АНАЛІЗ НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ</i>	87
<i>ВПЛИВ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ НА НАДІЙНІСТЬ ГІДРОПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ</i>	91
<i>ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І НАДІЙНОСТІ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ТРИБОТЕХНОЛОГІЯМИ</i>	93
<i>ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ШКИВОВ КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ПОМОЩЬЮ УПРОЧНЕНИЯ ИХ РОЛИКАМИ</i>	95

<i>ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ПОСТАЧАНЬ З УРАХУВАННЯМ ВАРІАТИВНОСТІ ЧАСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА СКЛАДІ ОДЕРЖУВАЧА</i>	99
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТОРСИОНОВ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ</i>	102
<i>ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЗАСЫПНОГО АППАРАТА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ</i>	110
<i>ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА СИСТЕМЫ Fe-Cr-Mn-Ni-N</i>	111
<i>ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ШИХТЫ ПОРОШКОВОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ НАПЛАВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОРШНЕЙ</i>	112
<i>ОДНОСТОРОННЯЯ ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ СВАРКА ТРУБ ДЛЯ ГАЗО- И НЕФТЕПРОВОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ</i>	113
<i>ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ НАПЛАВКА НА НИЗКОЙ ПОГОННОЙ ЭНЕРГИИ БАНДАЖИРОВАННЫХ ОПОРНЫХ ВАЛКОВ СТАНА 3000</i>	114
<i>ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ В М.ХАРКОВІ</i>	115
<i>ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА УТОЧНЕНИЕМ РАСЧЕТА НАГРУЗКИ НА ЕГО ПОДШИПНИКИ</i>	116
<i>ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛУ ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ НАНОКОМПОНЕНТУ В ЗВАРЮВАЛЬНУ ВАННУ</i>	119
<i>ОБГРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ КОНСТРУКЦІЙ ЗНІМАЧІВ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ</i>	122
<i>ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ УДАРНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ</i>	125
<i>АНАЛІЗ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА ЛУЦЬК</i>	127
<i>ВЗАЄМОДІЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ</i>	129
<i>ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ ШЛЯХОМ МОДИФІКУВАННЯ ЇХ КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ, СИНТЕЗОВАНИМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ СВС-ПРОЦЕСУ</i>	131
<i>ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ</i>	134
<i>ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ФАЗАХ ВІДЦЕНТРОВОЛИТИХ ВАЛКІВ З ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ</i>	137
<i>РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ З СІРОГО ЧАВУНУ</i>	137
<i>УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ У МІСТАХ</i>	139
<i>РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ВЗАЄМОДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ТЕРМІНАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ДРІБНОПАРТІЙНИХ ВАНТАЖІВ</i>	142
<i>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ</i>	145

<i>УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАМОВНИКІВ РУХОМИМ СКЛАДОМ ВАНТАЖНОГО АТП</i>	<i>147</i>
<i>НАДІЙНІСТЬ ДІЯЛЬНОСТІ ВОДІЯ В СИСТЕМІ «ВОДІЙ – АВТОМОБІЛЬ – СЕРЕДОВИЩЕ РУХУ»</i>	<i>149</i>
<i>МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА</i>	<i>151</i>
<i>ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДНОЇ ІНЖЕКЦІЇ</i>	<i>154</i>
<i>ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИМ ЕЛЕКТРОДУГОВИМ НАПИЛЮВАННЯМ</i>	<i>155</i>
<i>ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ШЕСТЕРЕНЬ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ КОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ</i>	<i>157</i>
<i>МІКРОПЛАЗМОВЕ ГАРТУВАННЯ ОБСІЧНИХ КРАЙОК ПРЕС-ФОРМ</i>	<i>159</i>
<i>МОЖЛИВІ МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, ПІДСИСТЕМ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ</i>	<i>161</i>
<i>ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ КОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ</i>	<i>164</i>
<i>ПІДВИЩЕННЯ ВТОМЛЕНОЇ МІЦНОСТІ ВАЛІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПРИ ЗНАКОЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ</i>	<i>166</i>
<i>ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ЗА НАЯВНОСТІ У КОНТАКТІ АБРАЗИВНИХ ЧАСТОК</i>	<i>168</i>
<i>ТЕРМОДИНАМІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ І ЗНОШУВАННЯ ТРИБОСИСТЕМ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ</i>	<i>170</i>
<i>ПОЛИЦЯ ПЛУГУ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ</i>	<i>172</i>
<i>ІННОВАЦІЙНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН</i>	<i>175</i>
<i>ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЗІ СТВОРЕННЯМ ЕФЕКТУ САМОЗАГОСТРЮВАННЯ</i>	<i>177</i>

**ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ ВАНТАЖУ
МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕНІ**

І.О. Кушнір, *ст.гр. ОПА 16 1/9,*

М.В.Сіроштан, *викладач*

Автотранспортний коледж «Криворізький національний університет»

Останнім часом все більше перевезень вантажів особливо у міжнародному сполученні здійснюється за участі декількох видів транспорту, що дозволяє значно зменшити витрати на доставку вантажів [1]. Одним з перспективних напрямків логістики транспортної діяльності є організація доставки вантажів в інтермодальному сполученні за участю операторів змішаного перевезення. Відмінною особливістю інтермодальних систем доставки вантажів є те, що об'єктом управління в них є єдина вантажна одиниця - контейнер [2], яка проходить всі етапи логістичного процесу від постачальника до споживача без переформування в проміжних ланках ланцюгів поставок, що дозволяє підвищити схоронність вантажів, прискорити обробку контейнерів [3] в пунктах перевантаження, звести до мінімуму експлуатаційні витрати, значно скоротити часові і трудові витрати на вантажопереробку і збільшити вантажообіг.

Логістичне управління інтермодальних перевезень слід розглядати, як системний цілісний підхід в рамках якого здійснюється організація переміщення сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції на всьому протязі від пункту їх виробництва до місця кінцевого споживання. Також, логістичне управління інтермодальних перевезень має враховувати взаємозв'язок і взаємозалежність між складовими елементами системи транспортування і складування вантажних одиниць і безліччю функцій, що виникають в процесі даного переміщення. На зміну функціонального підходу, в рамках якого відповідальність за зберігання запасів і транспортування розподіляється між функціями виробництва і розподілу, приходить нова логістична система управління перевезеннями. В інтермодальних перевезеннях застосовується послідовно-централізована схема взаємодії між ланками транспортних ланцюгів. Для змішаних роздільних вантажоперевезень характерна послідовна схема. При інтермодальних перевезеннях спостерігається властивий всім логістичним системам ефект коли результативність системи в цілому виявляється більше, ніж сума результатів кожного елемента взятого окремо.

В цілому при інтермодальних перевезеннях вантажів особливу увагу слід приділяти розвиненості інфраструктури перевізників. У логістичних транспортних системах важливу роль відіграють термінали, так як економічна ефективність і технологічні можливості визначені різною потужністю вантажопотоків і швидкістю доставки. Отже, застосування передових технологій в перевізному процесі у міжнародному сполученні обумовлені рівнем розвитку логістичної інфраструктури, основними елементами якої виступають термінальні структури і транспортні шляхи сполучення.

Список літератури

1. Пасічник В. І. Ефективність інтермодальних перевезень як елемент забезпечення високої якості транспортних послуг / В. І. Пасічник, Ю. С. Грисюк, О. В. Пацьора // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. - 2013. - Вип. 12. - С. 125-131.
2. Шраменко Н. Ю., Орда О. О. Формування альтернативних варіантів транспортно-експедиторського обслуговування вантажовласників при інтермодальних перевезеннях // Автомобільний транспорт. Харків. ХНАДУ. 2015. Вип. 37. С. 70—77.
3. Pavlenko O., Velykodnyi D. (2017). The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 7 (2), 164–176.

УДК 629.03.07

АНАЛІЗ РОБОТИ ПІДВІСКИ І РУЛЬОВОГО УПРАВЛІННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ

М.О. Максимов, В.В. Онищук, ст.гр. ОРА 15 2/9,

О.П. Степанчук, викладач

Автотранспортний коледж «Криворізький національний університет»

Важливе місце в технологічному процесі технічного обслуговування (ТО) та ремонту автомобілів займає діагностування, яке дозволяє об'єктивно оцінити технічний стан як автомобіля в цілому, так і окремих його складових частин [1]. Найдосконалішою і перспективною системою ТО та ремонту автомобілів слід вважати таку, яка найповніше забезпечує взаємодію процесів технічного стану автомобілів, тобто процесів зміни діагностичних параметрів і процесів їх відновлення. Способи і методи контролю технічного стану автомобіля в цілому чи їх окремих систем, агрегатів, вузлів постійно удосконалюються. Передня підвіска (ПП) і рульове управління (РУ) належать до вузлів, що безпосередньо впливають на безпеку дорожнього руху, стійкість і керованість автомобіля. Підтримання їх у робочому стані на всьому періоді експлуатації є однією з найважливіших умов. Такі умови включають ряд етапів: визначення цілей управління; виявлення і аналіз сукупності чинників, що впливають на стійкість і керованість; прийняття рішення про необхідні технічні впливи та їх реалізація; оцінка ефективності функціонування системи управління. Для об'єктивного контролю розглянутих вузлів необхідно, перш за все обґрунтувати комплекс діагностичних параметрів з необхідним ступенем точності і достовірності, що оцінює їх технічний стан. Нормативні документи та керівництво по експлуатації показують, що визначити конкретні несправності в ПП і РУ за допомогою цих двох параметрів досить складно. Для більш точної і достовірної оцінки технічного стану ПП і РУ автомобілів можливо розглянути наступний комплекс діагностичних параметрів: сумарний люфт рульового управління; сходження передніх коліс; перекис передньої осі; перекис задньої осі; відносна різниця висоти передньої осі; відносна різниця висоти задньої осі; зусилля на рульовому колесі. В якості комплексного показника роботи ПП і РУ, що найбільшою мірою характеризує та визначає технічний стан при експлуатації треба зазначити стійкість і керованість коліс автомобіля. Необхідним етапом розробки системи підтримки роботи ПП і РУ є вирішення завдання формування комплексу технічних впливів по цим вузлам. Такий комплекс створюється для виявлення характеру можливих

несправностей, підтвердження виявлених несправностей, їх локалізації та усунення. При відхиленні параметра за допустимі межі запропоновано наступний комплекс визначення несправностей: контроль комплексного параметра, що характеризує працездатність ПП і РУ; визначення можливих несправних систем, що впливають на стійкість керованих коліс автомобіля; діагностування несправних систем; поглиблене діагностування несправної системи та її елементів; виконання необхідних технічних впливів щодо усунення виявлених несправностей. Оскільки принципова відмінність запропонованих дій полягає в тому, що рішення по виконанню операцій технічних впливів виконується на підставі попереднього контролю параметра, який впливає на стійкість керованих коліс автомобіля при його відхиленні за межі допуску, проводяться останні етапи пошуку, локалізації і усунення несправностей.

Список літератури

1. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст]: підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А. Д. Чигринець. - К.: Вища шк, 1994.- 383 с.

УДК 656.073:338.47

ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДХОДУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ В ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ

Б.О. Сальніков, *ст.гр. ОРДР 16 1/9*,

Д.О.Великодний, *канд.тех.наук*

Автотранспортний коледж «Криворізький національний університет»

В процесі планування і управління транспортним процесом (ТП) в транспортній системі (ТС) має бути досягнута взаємодія органів управління на всіх стадіях виробничого процесу від отримання сировини до реалізації продукції з метою виконання плану поставок в необхідній кількості, потрібної якості, в потрібний час і місце з мінімальними витратами. В структурі функції логістики [1] слід виділити один із її напрямів - оперативне планування, яке повинне скоротити запаси не знижуючи ефективності виробничої і збутової діяльності підприємства. Сутність його полягає в тому, що на підставі прогнозу попиту, реальних замовлень розробляються графіки перевезень і в цілому порядок управління запасами готової продукції, який в результаті і визначає планування виробництва. Системи управління матеріальними потоками в ТС неможливо розглядати без урахування взаємозв'язку з надійністю рухомого складу [2]. Особлива роль логістичного рішення в ТП належить автомобільному транспорту, який є більш мобільним компонентом без якого практично неможлива реалізація сучасних логістичних технологій «від дверей до дверей» в системі постачання і збуту товаровиробників. Підвищення ефективності функціонування ТП в ТС пов'язано з технічним удосконаленням рухомого складу автомобільного транспорту і вантажно-розвантажувальних засобів, впровадженням прогресивної технології удосконалення організації перевезення вантажів. Під технологією процесу перевезення

вантажу розуміється спосіб реалізації конкретного перевізного процесу шляхом виконання етапів і операцій, котрі виконуються більш або менш однозначно і мають на меті досягнення високої ефективності перевезень. Таким чином, даний процес є багатоетапним і багатоопераційним з технологічною, експлуатаційною та економічною різноманітністю операцій. Логістичне рішення в підвищенні ефективності ТС до організації автомобільних перевезень полягає в тому, що основною складовою частиною перевезень має стати проектування оптимального раціонального перевізного процесу - під цим розуміється пошук найкращих організаційних і технічно можливих рішень, що забезпечують максимальну ефективність перевезення вантажів від місця їх виробництва до місця споживання. Перед автомобільним транспортом стоять конкретні цілі щодо збільшення обсягу вантажних перевезень, підвищенню ефективності використання рухомого складу, економії матеріальних і енергетичних ресурсів, зниження трудових витрат. Отже, для досягнення цих цілей необхідно прийняття рішень щодо вдосконалення управління і оптимізації. Таким чином, для логістичного рішення ефективності функціонування ТП в ТС може бути запропоновано впровадження автоматизованих систем управління транспортом; механізація та автоматизація транспортних операцій; застосування впровадження єдиної виробничо-транспортної технології.

Список літератури

1. Аулін В.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності транспортних систем в АПК на основі логістичного підходу. V Міжнародна науково-технічна конференція «Крамаровські читання» 22-23 лютого 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 135-138.
2. В. В. Аулін, В. В. Біліченко, Д. В. Голуб, Д. О. Великодний. Методологія підходів до дослідження шляхів і сукупності факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем [Текст] / В. В. Аулін, В. В. Біліченко, Д. В. Голуб, Д. О. Великодний // Вісник машинобудування та транспорту. - 2017. - № 2. - С. 4-12.

УДК 629.113

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

В.О. Сафонов, В.В. Шевченко, *ст.гр. ОРА 15 2/9,*

М.І.Агапоненко, *викладач*

Автотранспортний коледж «Криворізький національний університет»

В даний час провідні світові виробники випускають автомобілі які оснащені гібридними силовими установками. Такі автомобілі з недавнього часу офіційно експлуатуються в Україні. Однак, згідно з особливостями конструкції у автовласників виникають питання, щодо експлуатації та обслуговування даних автомобілів.

Для оцінки надійності гібридних автомобілів відповідно до даних компанії Toyota Україна найбільшу увагу викликає працездатність дорогих високовольтних батарей. Треба зазначити, що заводська гарантія на них становить вісім років або 160 тис. км., але нерідко експлуатуються більше 300 тис. км. При експлуатації необхідно уникати глибоких розрядів

наприклад, при їзді з порожнім бензобаком, коли двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) фізично не може запуститися для підзарядки. Зі збільшенням терміну служби послідовно з'єднані акумулятори мають різну ємкість, першими повністю розряджаються найбільш слабкі. При подальшій зарядці такі елементи з великим внутрішнім опором можуть перегріватися аж до розриву корпусу і втрати електроліту - така батарея буде непридатна. Отже, батарею можливо спробувати відновити зарядкою за спеціальною методикою на спеціалізованому сервісі. Також, у разі тривалої стоянки рекомендується заводити автомобіль на 30-40 хвилин хоча б пару разів на місяць, а перед нічною стоянкою в мороз дати двигуну попрацювати, щоб зарядити батарею мінімум до половини ємкості. Раз в рік незайве перевіряти стан мідних сполучних пластин які з часом окислюються і можуть перегоріти.

Відносно слабким місцем гібридної установки є електронасос системи охолодження який часто не витримує і 100 тис. км пробігу. Якщо насос працює, то алюмінієва основа інвертора не повинна нагріватися вище 40 °С. При його відмові і подальшому перегріві можуть перегоріти обмотки статора мотор-генератора і вийти з ладу інвертор. Компоненти гібридної установки пов'язані між собою і ведучими колесами за допомогою планетарної передачі. Трансмсія чутлива до наявності та якості мастила. Відповідно з рекомендаціями виробника спеціальну змазку рекомендується обов'язково міняти кожні 40 тис. км.

Якщо розглянути ДВЗ то можливо визначити роботу системи запалювання по перше чистоту повітряного фільтра, що має місце відкладення на дросельній заслінці і в датчику витрати повітря. Також, нерідко виходять з ладу наконечники індивідуальних катушок запалювання. При їх заміні потрібно врахувати, що поставляються вони тільки в зборі з недешевими і довговічними катушками. Кузов автомобіля і механічна частина підвіски, рульового управління і гальм по надійності не поступаються іншим моделям автомобілів. Як виняток становлять елементи мікросхеми в блоці управління електропідсилювачем та рухливі контакти сенсорів кутового положення рульового валу, що можуть спричинити вібрацію керма яке усуваються заміною всього рульового механізму в зборі.

Враховуючи, що основна проблема автомобілів з гібридними силовими установками це по перше недостатня кількість спеціалізованих сервісів. Однак сьогодні, коли кількість таких автомобілів збільшується завдяки своїм екологічним показникам ситуація повинна покращитися, що зробить їх ще більш конкурентними та доступними.

Список літератури

1. Бажинов О.В., Смирнов О.П., Сериков С.А., Гнатов А.В., Колесников А.В. Гібридні автомобілі. – Харків, ХНАДУ, 2008. Видавництво Крок – 327 с.

УДК 631.348.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПРИ ОБЪЕМНОЙ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ

О.В. ГОРДЕЕНКО¹, доц., канд. техн. наук,

Т.П. КОТ², канд. техн. наук,

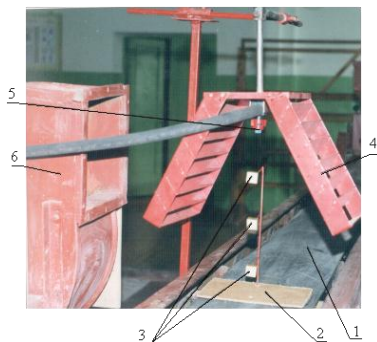
И.С. КРУК³, доц., канд. техн. наук,

С.Н. ГЕРУК⁴, доц., канд. техн. наук

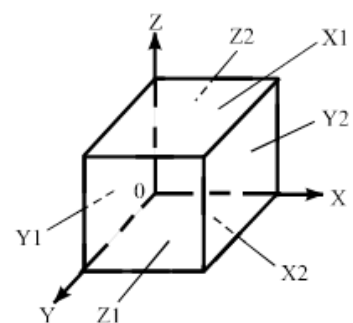
Некоторые исследователи считают, что ленточное внесение гербицидов в сочетании с междурядной культивацией не всегда экономически целесообразно в сравнении со сплошным внесением, обосновывая это возможностью работы опрыскивателя со скоростью более 20 км/ч. Однако на практике осуществить работу опрыскивателя со скоростью более 20 км/ч без специальных защитных устройств не представляется возможным [1], из-за ограничений – выноса за пределы зоны обработки и испарения капель препарата. Официальные рекомендации производителей распылителей относительно скорости движения опрыскивателя довольно жесткие: для щелевых распылителей – до 5...6 км/ч, инжекторных – 9...10 км/ч [2]. И это не случайно. Ведь при скорости ветра более 4–5 м/с опрыскивание запрещено, что эквивалентно скорости движения опрыскивателя 14,4–18,0 км/ч [1]. Ленточное внесение снижает опасность накопления в почве остаточного количества препаратов при интенсивном их использовании. Однако воздействие бокового ветра снижает эффективность ленточного внесения без специальных ветрозащитных устройств [1].

Использование ветрозащитного устройства в виде жалюзийной решетки позволяет использовать ленточный способ внесения рабочих растворов при объемной обработке растений [1]. Объемная обработка подразумевает обработку стебля и листовой поверхности растений во всех плоскостях. В данном случае важно препарат равномерно распределить на верхней (адаксиальной) и нижней (абаксиальной) сторонах листьев, которые занимают различное пространственное положение.

Были проведены исследования по изучению характера распределения рабочего раствора в пространственной зоне вероятного расположения листовой части растений. Методика проведения лабораторных исследований заключается в следующем. На подвижную ленту 1 экспериментальной установки (рисунок 1,а) помещался специальный штатив 2, на котором в трех уровнях (на высоте 5, 15 и 25 см) закреплялись кубики 3 размером 25×25×25 мм с ориентацией сторон относительно системы координат, указанной на рисунке 1, б.



а)



б)

а) – общий вид; б) – схема связи улавливающих поверхностей с системой координат; 1 – лента транспортера; 2 – штатив;

3 – кубики; 4 – ветрозащитное устройство; 5 – распылитель; 6 – вентилятор

Рисунок 1. – Лабораторная установка по изучению объемного распределения распыленной жидкости

На каждой стороне кубика в качестве улавливающей поверхности крепилась карточка из водочувствительной бумаги фирмы *Novartis*. Общее количество улавливающих поверхностей – 18. При движении ленты 1 со штативом 2 со скоростью $U=5$ км/ч относительно распылителя 5, ветрозащитного устройства 4 и вентилятора 6, создающего поток воздуха, имитирующего воздействие ветра, капли распыленной жидкости осаждались на водочувствительной бумаге.

Опыты проводились с распылителем фирмы «*Lurmark*» TP40015E, установленным на высоте $H=0,4$ м над поверхностью ленты при давлении жидкости $P=0,3$ МПа. В качестве изменяемого параметра принята скорость потока воздуха на выходе из вентилятора, которая в опытах составляла 0; 4 и 7 м/с.

По результатам микроскопии полученных образцов определялось суммарное количество капель различного диаметра, осевших на каждую из 6-ти плоскостей кубиков. Относительная площадь поверхностей, покрытая этими каплями, определялась по формуле:

$$\Omega_j = \sum_{i=1}^n \frac{S_{Kj}}{S_{Пj}}, \quad (1)$$

где Ω_j – относительная площадь пространственной плоскости j , покрытая каплями жидкости; S_{Kj} – суммарная площадь следов капель, осевших на j -ой улавливающей поверхности; $s_{Пj} = 2,5^2 \cdot n$ – площадь j -ой улавливающей поверхности; n – число поверхностей кубиков, образующих пространственную плоскость j ; $j=X,Y,Z$ – рассматриваемая координатная плоскость пространства (рисунок 1, б).

Качественным показателем равномерности распределения препарата в листовом пространстве является коэффициент объемной обработки, рассчитываемый по формуле:

$$v_{об} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^6 (\bar{\Omega} - \Omega_j)^2}{5}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $\bar{\Omega}$ – средняя относительная площадь пространства, покрытая каплями раствора.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 2. Сопоставляя данные, приведенные на рисунке 2 и в таблице 1, отметим, что в неподвижной среде средняя полнота покрытия следами капель всех граней верхнего кубика составила $3,1$ мм²/см², среднего – $1,48$, нижнего – $0,99$ мм²/см². Неравномерность распределения следов капель по поверхностям кубика оценивалась коэффициентом вариации и составила для верхнего $16,1$ %, среднего и нижнего $-19,0$ и $17,1$ % соответственно. При этом, полнота покрытия верхней горизонтальной грани $X1$ выше среднего значения на 74 %, а нижней

грани X2 – ниже на 16 %. Полнота покрытия всех вертикальных граней (Y1, Y2, Z1, Z2) отличается от средней величины на 8–17 %. Увеличение скорости воздушного потока перед решеткой до 4 и 7 м/с привело к снижению средней полноты покрытия всех граней верхнего кубика до 3,0 и 2,58 мм²/см².

Снижение коэффициента вариации с 16,1 % до 9 и 15 % соответственно при скорости воздушного потока в 4 и 7 м/с указывает на более равномерное распределение капель жидкости в пространстве. Если в неподвижной среде полнота покрытия верхней X1 и нижней X2 граней отличались в 2 раза, то при скорости воздушного потока в 4 и 7 м/с, этот показатель снизился соответственно в 1,5 и 1,3 раза.

При скорости воздушного потока в 4 и 7 м/с средняя густота покрытия всех граней (X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2) второго кубика возросла соответственно на 38 и 39 % по отношению к аналогичному параметру в неподвижной среде. Коэффициент вариации снизился с 19 до 7,8 %.

Таблица 1. Полнота покрытия граней кубиков следами капель жидкости, мм²/см²

Позиция кубика	Плоскость измерения	Площадь следов капель, приходящихся на единицу площади поверхности кубиков, мм ² /см ²								
		X			Y			Z		
		при скорости воздушного потока U, м/с.								
		U=0	U=4	U=7	U=0	U=4	U=7	U=0	U=4	U=7
Верхний	1	5,34	4,86	3,76	2,83	3,12	2,54	2,55	3,4	2,72
	2	2,56	2,2	2,8	2,7	2,24	1,96	2,4	2,52	1,68
Средний	1	2,37	2,16	2,24	1,25	2,05	1,78	1,36	1,9	2,96
	2	1,62	1,42	2,12	1,15	2,46	1,76	1,14	2,12	1,52
Нижний	1	1,47	1,56	1,8	0,78	1,36	1,52	0,86	1,8	2,86
	2	1,15	2,54	2,2	0,92	1,12	1,56	0,81	1,96	2,72
Среднее значение контролируемого параметра по плоскости кубика	Верхний	3,95	3,53	3,28	2,76	2,68	2,25	2,47	2,96	2,20
	Средний	1,99	1,79	2,18	1,20	2,25	1,77	1,25	2,01	2,24
	Нижний	1,31	2,05	2,00	0,85	1,24	1,54	0,83	1,88	2,79
Положение		Среднее значение контролируемого параметра по всем плоскостям кубика при скорости воздушного потока U м/с								

кубика	$U = 0$	$U = 4$	$U = 7$
Верхний	3,10	3,00	2,58
Средний	1,48	2,02	2,06
Нижний	0,99	1,72	2,11
Положение кубика	Коэффициент вариации($v_{об}$) объемной обработки поверхностей каждого кубика при скорости воздушного потока U м/с		
	$U = 0$	$U = 4$	$U = 7$
Верхний	16,1	9,0	15,0
Средний	19,0	7,3	7,8
Нижний	17,1	15,7	19,0

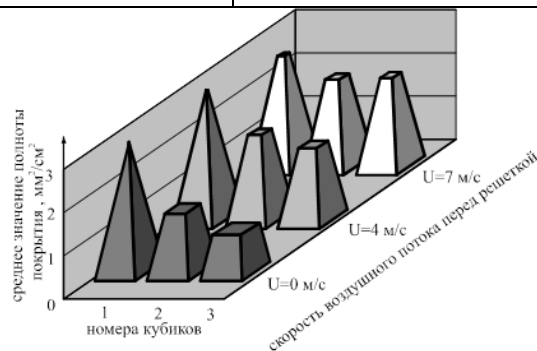


Рисунок 2. – Полнота покрытия поверхностей кубиков следами капель жидкости в зависимости от скорости воздушного потока перед жалюзийной решеткой

Заключение

Приведенный анализ показывает, что ветрозащитное устройство, изготовленное по принципу жалюзийной решетки, позволяет не только предотвратить снос капель из зоны внесения пестицидов, но и повысить качество объемной обработки вегетативной части растений. Это дает возможность установить на агрегате для междурядной обработки и ленточного внесения пестицидов устройство для борьбы с вредителями и отказаться от применения пестицидов, заменив их репеллентами, что позволит получить товарную и экологически чистую продукцию.

Литература

1. Крук И.С. Способы и средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей / И.С. Крук, Т.П. Кот, О.В. Гордеенко. – Минск: БГАТУ, 2015. -284 с.: ил. – ISBN 978-985-519-726-4.
2. Теория и практика опрыскивания. http://www.lechler-forsunki.ru/~/-/cbBy1_AAABBgAAAFSjvoqqPOj-ru_RU (дата доступа 09.12.2017).

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ АМОРТИЗАТОРОВ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ**

И.С. КРУК¹, доц., канд. техн. наук,

Ю.С.БИЗА¹, доц., канд. ф.-м. наук,

С.Н. ГЕРУК², доц., канд. техн. наук

Разнообразие конструкций и размеров штанг требует обоснованного подхода к разработке систем их стабилизации, основанного на рациональном использовании характеристик и параметров установки амортизаторов. Рассмотрим эффективность гашения колебаний штанги парой амортизаторов, установленных под углом α к горизонтальной плоскости (рисунок 1).

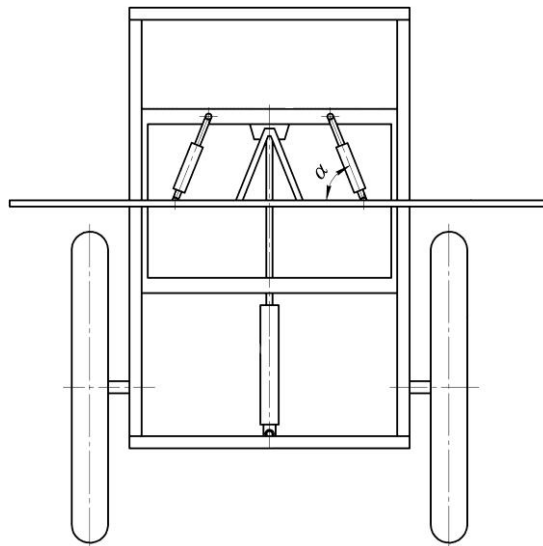


Рисунок 1. – Схема к расчету амортизаторов системы стабилизации штанги

Эффективность работы предложенной системы стабилизации определяется коэффициентом сопротивления амортизаторов и углом α их установки к горизонтальной плоскости. Рассмотрим процесс колебания системы в вертикальной плоскости и их гашения амортизаторами.

Движение штанги относительно опоры штанги на подвижной рамке может быть описано уравнением Лагранжа второго рода [1–3]

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q} = Q, \quad (1)$$

где t – время; q – обобщенная координата; \dot{q} – обобщенная скорость (для поступательного движения системы в направляющих $\dot{q}_2 = \dot{z} = v = v_c$); Q_{Π} – обобщенная сила; E_k – кинетическая энергия системы

$$E_k = \frac{1}{2} a \dot{q}^2, \quad (2)$$

где a – инерционный коэффициент системы.

Принимая за обобщенную координату угол поворота штанги $q = \varphi$, уравнение (1) примет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial \varphi} = Q_d,$$

где Q_d – обобщенная диссипативная сила сопротивления амортизаторов

$$Q_d = -\mu \dot{\varphi}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент сопротивления амортизаторов.

Потенциальная энергия системы состоит только из потенциальной энергии полей сил тяжести

$$(E_{\Pi}^T = Pz_c = 0, \text{ так как } z_c = z_0 = 0).$$

С учетом зависимостей (2) и (3) уравнение (1) примет вид

$$a\ddot{\varphi} = -\mu\dot{\varphi}, \quad \text{или} \quad a \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\mu \frac{d\varphi}{dt}. \quad (4)$$

Понижая порядок дифференциального уравнения, зависимость (4) представим в виде

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{\mu}{a} \omega. \quad (5)$$

Разделяя переменные и интегрируя зависимость (5), получим

$$\int_0^{\omega} \frac{d\omega}{\omega} = -b \int_0^t dt, \quad \text{или} \quad \ln \omega = -bt + C_1, \quad (6)$$

где $b = \frac{\mu}{a}$; C_1 – постоянная интегрирования.

Постоянная интегрирования может быть найдена по начальным условиям. При $t = 0$ зависимость (6) примет вид

$$C_1 = \ln \omega_0.$$

Таким образом

$$\ln \omega = -bt + \ln \omega_0, \quad \text{или} \quad \ln \frac{\omega}{\omega_0} = -bt. \quad (7)$$

Потенцируя полученное выражение, имеем

$$\omega = \omega_0 e^{-bt} = \omega_0 e^{-\frac{\mu}{a}t}, \quad \text{или} \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 e^{-bt} = \omega_0 e^{-\frac{\mu}{a}t}. \quad (8)$$

Разделяя переменные и интегрируя зависимость (8), получим

$$\int_0^\varphi d\varphi = \omega_0 \int_0^t e^{-bt} dt, \quad \text{или} \quad \varphi = -\frac{\omega_0}{b} e^{-bt} + C_2, \quad (9)$$

где C_2 – постоянная интегрирования.

Принимая, что после воздействия штанга получит начальное отклонение на угол φ_0 , по начальным условиям при $t = 0$ из уравнения (9), получим

$$C_2 = \varphi_0 + \frac{\omega_0}{b}.$$

В конечной форме выражение (9) запишется как

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{\omega_0}{b} (1 - e^{-bt}) = \varphi_0 + \frac{\omega_0}{b} \left(1 - e^{-\frac{\mu}{a}t} \right). \quad (10)$$

На основании полученной зависимости можно построить следующие графические зависимости (рисунок 2).

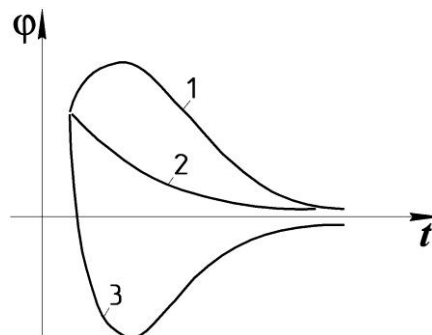


Рисунок 2. – Графическое решение зависимости 10

1- $\dot{\varphi}_0 > 0$; 2- $\dot{\varphi}_0 < 0$ ($\dot{\varphi}_0$ мало); 3- $\dot{\varphi}_0 < 0$ ($\dot{\varphi}_0$ большое)

Заключение

В конструкциях систем стабилизации штанги используются различные демпфирующие элементы, наибольшее из которых – амортизаторы. Рациональное сочетание их характеристик и параметров установки позволяет обеспечить эффективность процесса гашения колебаний в вертикальной плоскости.

В результате проведенных исследований получены зависимости, позволяющие описать процесс затухающих колебаний штанги в зависимости от коэффициента сопротивления амортизаторов и угла их установки относительно горизонтальной плоскости.

Полученные результаты могут использоваться на стадии проектирования штанговых сельскохозяйственных опрыскивателей.

Литература

1. Тарг С.М. Курс теоретической механики: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.
2. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. Учебное пособие. – М.: Наука, 1980. – 272 с.
3. Чигарев, А.В. Теоретическая механика. Решение задач : учеб. пособие / А.В. Чигарев, Ю.В. Чигарев, И.С. Крук. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 478 с.

УДК 631.312

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КОМБИНИРОВАННЫЙ ПАХОТНЫЙ АГРЕГАТ С КАТКОВОЙ ПРИСТАВКОЙ

Ф.И. НАЗАРОВ¹, *ас.*,

И.С. КРУК¹, *доц., канд. техн. наук,*

Д.С. МАЗУР¹, *ст.*

С.Н. ГЕРУК², *доц., канд. техн. наук*

В настоящее время широкое применение в конструкциях пахотных агрегатов получили приставки, рабочими органами которых являются почвообрабатывающие катки различных конструкций. Они позволяют повысить качество основной обработки почвы путем поверхностной обработки почвенных пластов. В зависимости от способа агрегатирования приставки делятся на: навешиваемые спереди трактора, навешиваемые на раму плуга и прицепные [1].

При установке катковой приставки на раму плуга частично обрабатываются только что обернутые пласты почвы, и частично – поверхность поля, вспаханная при предыдущем проходе агрегата. При этом могут использоваться различные соотношения обработки поверхности поля.

Анализируя данную схему (рис.1) можно выделить основное условие эффективной работы комбинированного пахотного агрегата – почва, сходящая с отвалов корпусов плуга должна осесть на поле до прохода рабочих органов приставки, т.е. не попадать на ее рабочие органы.

Глубина обработки почвы приставки определяет какой критерий качества обработки почвы будет оптимизироваться. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что максимальное крошения пласта достигается при наибольших значениях глубины обработки (не менее 8 см), минимальной глубина обработки позволяет улучшить выровненность поверхности (2-3 см). Такой же параметр как плотность достигается при глубине обработки 4-6 см.

Рассмотрим случай установки приставки на раму плуга, когда при догрузке помимо собственного веса катка будут использоваться силы, действующие на плуг. Силы, действующие на комбинированный пахотный агрегат в плоскости zOy , показаны на рисунке 1.

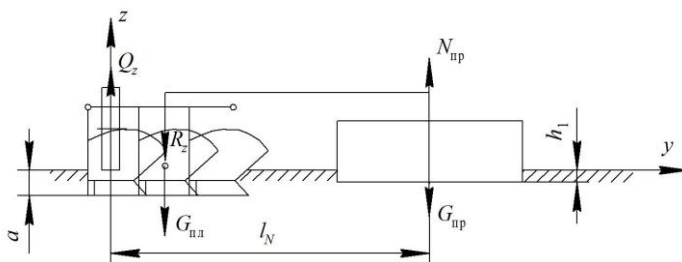


Рисунок 1. – Схема сил, действующие на комбинированный пахотный агрегат

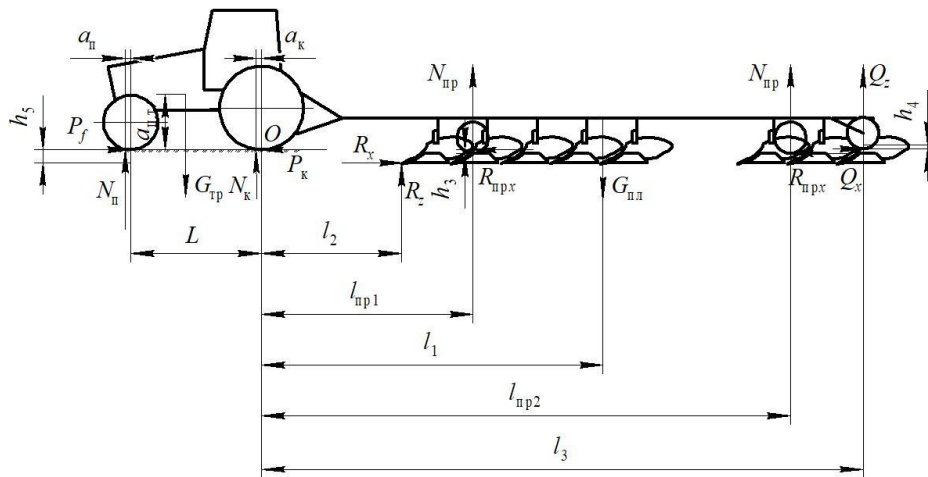
$$R_{плз} + G_{пл} + G_{пр} = Q_z + N_{пр}, \quad (1)$$

где $R_{плз}$ – составляющая силы R действующей в вертикальной плоскости на корпус со стороны почвенного пласта, Н; $N_{пр}$ – сила противодействия почвы внедрению приставки, Н. $G_{пр}$ – сила давления приставки на почву, Н, складывается из двух сил

$$G_{пр} = P_{пр} + F_d \quad (2)$$

где $P_{пр}$ – вес катка, Н; F_d – сила догрузки, Н.

Перед началом работы устанавливается глубина обработки приставки h_1 . Если для обеспечения заданной глубины обработки хватает собственного веса $P_{пр}$, то силам $R_{плз}$ и $G_{пл}$ противодействует сила Q_z , а сила F_d стремится к нулю. В случае, если для приставки



б)

Рисунок 2. – Схема сил, действующих на пахотный агрегат с закрепленными на раме плуга приставками: а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости

Запишем для данного случая уравнения моментов сил, действующих на пахотный агрегат в горизонтальной плоскости относительно точки присоединения плуга.

$$\sum M_O(k) = 0; \quad -R_{\text{пр}}(B_{\text{пр1}} + B_{\text{пр2}}) - \sum_{i=1}^n R_{\text{плх}} b_{\text{пл}} + Q_x B_k = 0, \quad (5)$$

где $b_{\text{пл}}$ – соответствующие плечи сил $R_{\text{плх}}$ относительно точки O ; $B_{\text{пр1}}$ и $B_{\text{пр2}}$ – плечи силы тягового сопротивления катка $R_{\text{прх}}$ относительно точки O ; B_k – плечо силы Q_x относительно точки O .

Для нашего случая уравнения моментов сил, действующих на пахотный агрегат в вертикальной плоскости относительно точки опоры заднего колеса примет следующий вид

$$\begin{aligned} \sum M_O(k) = 0; \quad & -N_{\text{п}}(L + a_{\text{п}}) + G_{\text{пр}} a_{\text{ц.т.}} + N_{\text{к}} a_{\text{к}} + \sum_{i=1}^n R_{\text{плз}} l_{2i} + \sum_{i=1}^n R_{\text{плх}} h_{5i} + N_{\text{пр}}(l_{\text{пр1}} + l_{\text{пр2}}) + \\ & + 2R_{\text{прх}} h_5 - G_{\text{пл}} l_1 + Q_z l_3 - Q_x h_4 = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Заключение

Полученные уравнения позволяют определить условие наименьшего усилия, оказываемого плугом на полевые доски корпусов, а также усилия, воздействующие на катковые приставки в вертикальной плоскости при поддержании плуга в горизонтальном положении при работе агрегата.

Литература

1. Проектирование катковых приставок для пахотных агрегатов. Рекомендации / И.С. Крук [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2017. – 104 с.

2. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание / М.Н. Летошнев. – М. : Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1955. – 764 с.

3 Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 328 с.

УДК 629.113

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ І МОНТАЖУ КОЛІС

А.С. Паламар, студент

Хмельницький національний університет

О.П. Бабак, О.Ю. Рудик, к.т.н., доценти

Хмельницький національний університет

До основних напрямків підвищення надійності машин при ремонті відноситься виконання розбірно-збірних робіт без ушкодження деталей, зокрема, для цього потрібно використовувати знімачі, преси, стенди та інші пристосування й засоби механізації [1]. При цьому, одним з основних конструктивних напрямків підвищення надійності машин є вибір матеріалів деталей підвищеної довговічності.

Основою для якісного розбирання колеса автомобіля служить правильно розроблена схема демонтажу і монтажу шини колеса. Для цього сконструйований спеціальний пристрій, в якому робочим елементом для зняття шини з обода колеса є важіль-зачіп (поз. 1 на рис. 1). Він є однією з найбільш навантажених деталей пристрою. Тому мета роботи – розглянути фізичні процеси, які характеризують напружено-деформований стан важеля-зачіпа, використовуючи додаток 3D-системи твердотільного параметричного моделювання SolidWorks – SolidWorks Simulation [2].

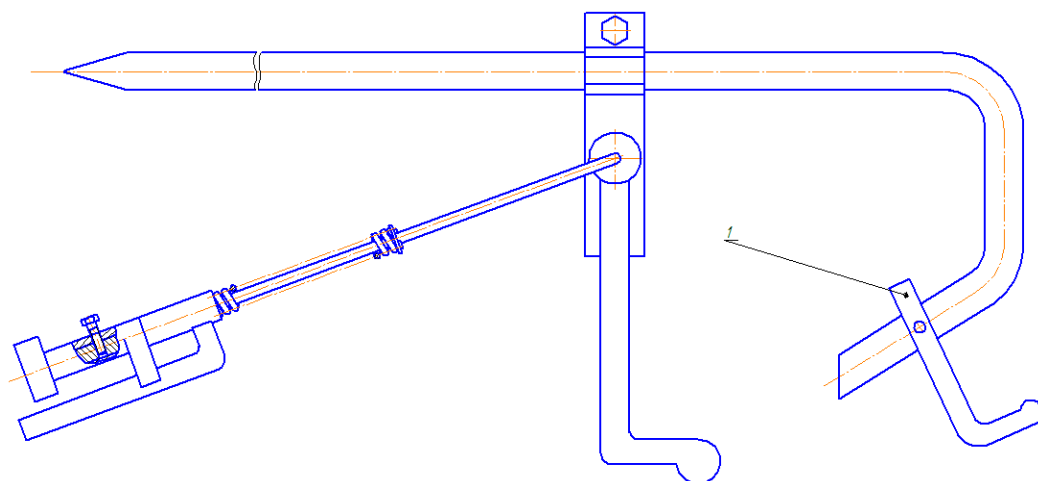


Рисунок 1 – Пристрій для демонтажу і монтажу шини колеса

Різноманітність і складність геометричних форм деталей автомобільної техніки вимагають застосування для аналізу напружено-деформованого стану деталей чисельних методів, таких, як метод скінченних елементів (МСЕ). На теперішній час він повсюдно

визнаний, як загальний метод вирішення широкого кола задач у різних галузях техніки. Суть МСЕ полягає в апроксимації суцільного середовища з нескінченно великим числом ступенів вільності сукупністю підобластей (або елементів), що мають скінченне число ступенів вільності [3]. Між цими елементами встановлюється взаємозв'язок. Визнання методу пояснюється простотою його фізичного тлумачення та математичної форми.

У SolidWorks використовується принцип тривимірного твердотілого й поверхневого параметричного проектування, що дозволяє конструктору створювати об'ємні деталі та компоувати збірки у вигляді тривимірних моделей, по яких створюються двомірні креслення та специфікації відповідно до вимог ЕСКД.

SolidWorks включає ряд прикладних модулів, один з яких – SolidWorks Simulation. Даний модуль, заснований на МСЕ, дозволяє проводити розрахунки на міцність конструкцій у пружній зоні, вирішувати задачі механіки деформованого твердого тіла. Даний модуль дозволяє проводити статичний аналіз деталей і збірок, оптимізувати конструкцію, тобто уникати непотрібних витрат на зайвий матеріал. Спираючись на результати, можна зробити конструкцію міцнішою, легшою, витонченішою, а, отже, економічно вигіднішою й практичнішою [4].

Аналіз скінченних елементів забезпечує надійний чисельний метод розробок. Процес проведення статичного аналізу починається зі створення у SolidWorks геометричної моделі важеля-зачіпа. Наступний етап – вибір з бібліотеки SolidWorks Simulation матеріалу, який заплановано для його виготовлення – сталі Ст3 ГОСТ 535-88. Після цього – проведення закріплення моделі та прикладені навантаження. Потім програма ділить модель на маленькі частини простої форми (елементи), з'єднані у спільних точках (вузлах): програма аналізу скінченних елементів розглядає модель як мережу дискретних зв'язаних між собою елементів (сітку). МСЕ прогнозує поведінку моделі за допомогою зіставлення інформації, одержаної від усіх елементів, з яких складається модель (рис. 2).



Рисунок 2 – Скінченно-елементна сітка вал-шестерні типу „на твердому тілі” (а) та її параметри (б)

Результатом статичного аналізу є епюри напруження, переміщення (рис. 3), деформації, запасу міцності.

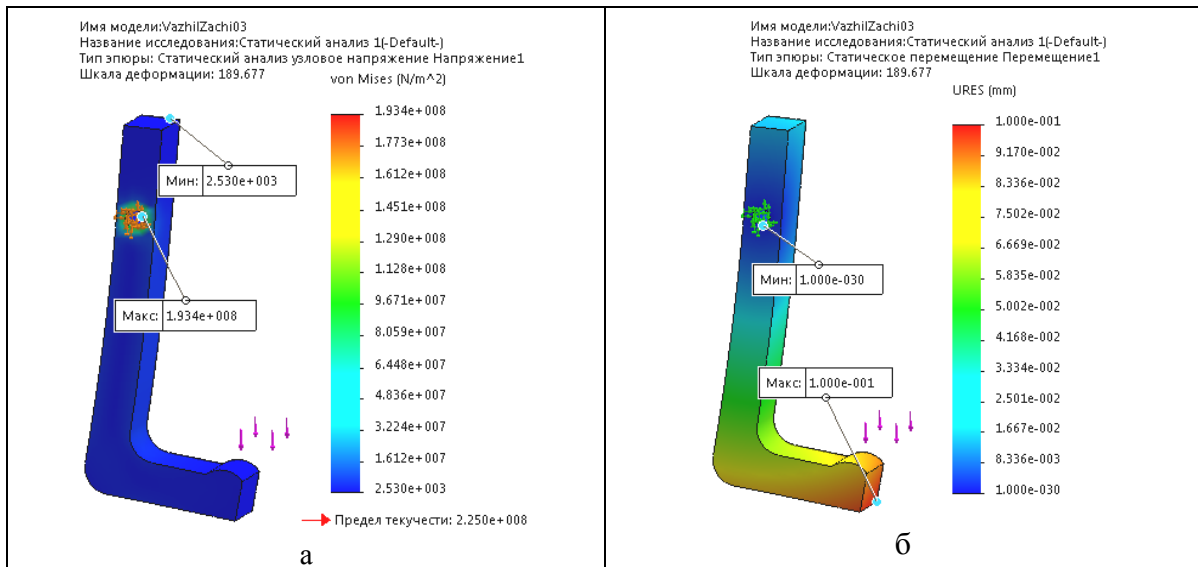


Рисунок 3 – Контурні графіки сумарних напружень von Mises (а) та переміщень URES (б)

Встановлено, що максимальні вузлові напруження Von Mises, переміщення URES, деформація ESTRN і мінімальний коефіцієнт запасу міцності важеля-зачіпа зі сталі Ст3 менші допустимих (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати досліджень важеля-зачіпа зі сталі Ст3

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	2530.23 N/m ² Узел: 445	1.93424e+008 N/m ² Узел: 11585
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0 mm Узел: 9	0.100031 mm Узел: 65
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	8.04665e-009 Элемент: 2323	0.00039449 Элемент: 1952
Запас прочности1	Авто	1.16325 Узел: 11585	88924.6 Узел: 445

Існують наступні шляхи підвищення експлуатаційних параметрів важеля-зачіпа:

- 1) зміна його геометричних розмірів;
- 2) застосування до існуючого матеріалу зміцнюючої обробки;
- 3) заміна матеріалу на міцніший.

Обрано найпростіший, на наш погляд, шлях – заміна матеріалу важеля-зачіпа: сталі Ст3, для якої $\sigma_T = 225$ МПа, на сталь 45 ГОСТ 535-88 ($\sigma_T = 830$ МПа). Отримані при цьому результати досліджень відображено у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати досліджень важеля-зачіпа зі сталі 45

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	2725.41 N/m ² Узел: 8634	1.92858e+008 N/m ² Узел: 11585
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0 mm Узел: 9	0.100771 mm Узел: 65
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	8.66593e-009 Элемент: 2323	0.00039819 Элемент: 1952
Запас прочности1	Авто	4.30369 Узел: 11585	304542 Узел: 8634

Отже, у випадку заміни матеріалу важеля-зачіпа зі сталі Ст3 на сталь 45 запас міцності достатній. Таким чином, дослідження на етапі проектування у SolidWorks Simulation напружено-деформованого стану важеля-зачіпа дозволило підвищити надійність пристосування для демонтажу і монтажу коліс.

Список літератури

1. Основні напрямки підвищення надійності [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://proizvodstvo.s-zemlz-cha.edusite.ru/nadegnost.html>
2. Рудик О.Ю. Застосування SolidWorks у навчанні предметів технічного (інженерного) циклу [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, В. В. Герасімчук. – Режим доступу: <http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/ITEA-2015/2 ITEA 2015 ua.pdf>
3. Легостаєв А.Д. Метод скінченних елементів: Конспект лекцій / А. Д. Легостаєв. – К.: КНУБА, 2004. – 112 с.
4. Рудик О.Ю. Дослідження міцності деталей автомобілів за допомогою SolidWorks Simulation [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, Г. В. Садовський. – Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11682>

УДК 621.891

ПРИСТРІЙ І МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ У ПІДШИПНИКАХ КОВЗАННЯ

О.В. Диха, д.т.н., проф.

О.П. Динько, аспірант,

П.С. Лисенко, гр. МТВАм-13-1

Хмельницький національний університет

Метою даного дослідження є аналіз фрикційної взаємодії матеріалів і дослідження характеристик тертя, зокрема, коефіцієнту тертя сполучених поверхонь ковзання типу «вал – втулка».

В роботі [1] описана конструкція трибометрів серійного виробництва швейцарської компанії CSM для дослідження зносостійкості матеріалів, які відрізняються сучасним технічним рівнем з повним пакетом програмного забезпечення для налаштування на заданий режим роботи, введення вихідних даних і обробки результатів дослідження. Вартість трибометрів сягає від 150 до 170 тис. доларів і тому вони практично недоступні широкому загалу науково-дослідних організацій і вищих навчальних закладів. Трибометри CSM призначені лише до стандартних методів дослідження таких контактних поверхонь, як «штифт – диск», «куля – диск», «плоский елемент на диску». Характерною ознакою трибометрів є можливість розрахунку коефіцієнту тертя за результатами вимірювання енергетичних параметрів тертя за допомогою складних силувимірювальних пристроїв. Такі ж функціональні обмеження щодо геометрії контактних поверхонь і показників зносостійкості властиві іншим відомим трибометрам [2-3].

Описані в літературі пристрої для вимірювання сили тертя стрічкового матеріалу в контакт з циліндричною поверхнею контрзразка, який обертається [4-5], а також пристрій для вимірювання сили тертя в підшипниках ковзання [6]. Відмінною ознакою останніх у порівнянні з трибометрами CSM та їм подібними є тертя ковзання в контакті твірної циліндричної поверхні, а не плоскої поверхні диска. Щоб звести до мінімуму неминучі

похибки вимірювання сили тертя в будові пристроїв містяться чисельні деталі, що ускладнює виготовлення пристрою, налаштування його на заданий режим роботи та обслуговування процесі проведення досліду.

В роботі [7] описується трибометр вимірювання коефіцієнту тертя за кутом відхилення маятника під дією обертового моменту сили тертя в зоні контакту колодки з барабаном, який обертається. До недоліків вказаної розробки слід віднести те, що тіло (маятник), яке відхиляється під дією сили тертя виготовлено у вигляді двоплечого важеля, протилежні ланки якого жорстко прикріплені до вільно посаженої на барабан циліндричної обойми з колодкою, а врівноваження маятника відносно осі барабана здійснюють за допомогою наважок, встановлених на протилежних ланках важеля з можливістю їх переміщення вздовж осі. Навантаження колодки двома наважками, встановленими на протилежних ланках жорстко прикріпленого важеля, і утримання маятника в процесі тертя колодки і барабана іншою наважкою під деяким кутом вносить додаткові чинники, не враховані при вимірюванні кута тертя.

В даній роботі поставлене завдання вдосконалити конструкцію і розширити функціональні можливості трибометра для вимірювання кута тертя при обертовому русі спарених циліндричних поверхонь типу «вал - втулка».

Пропонується трибометр, що виготовлений у вигляді жорсткого кільця, в пазах отвору якого рівномірно по колу встановлені зразок досліджуваного матеріалу (запресований нерухомо) і два фіксатори з можливістю їх радіального переміщення. На зовнішній поверхні кільця діаметрально протилежно зразку міститься шарнір підвішування наважки з можливістю вільного її відхилення в напрямі врівноваженого стану. На фронтальній поверхні кільця нанесена шкала вимірювання в градусах кута повороту кільця від врівноваженого стану за яким визначають кут тертя.

Трибометр вільно одівається на горизонтально встановлений циліндричний контрзразок так, щоб зразок торкнувся поверхні виточки контрзразка. На шарнір трибометра підвішують наважку для притискання зразка до поверхні контрзразка заданою силою, а переміщенням фіксаторів в радіальному напрямі забезпечують збіг центру ваги трибометра з віссю контрзразка. При повороті трибометра відносно нерухомого зразка на деякий кут і наступному відпусканні він частково повертається у зворотному напрямі і утримується під певним кутом до врівноваженого початкового стану під дією обертового моменту сили тертя в зоні контакту зразка і контрзразка. При обертанні контрзразка від зовнішнього приводу під дією обертового моменту реакції контактної поверхні, рівної за величиною і протилежною за напрямом силі тертя, трибометр повертається на деякий кут в напрямі обертання контрзразка і утримується в такому стані в процесі обертового руху. За виміром кута повороту трибометра від врівноваженого стану за умови нерухомого контрзразка визначають статичний коефіцієнт тертя спокою, а при обертанні контрзразка від зовнішнього приводу – динамічний коефіцієнт тертя обертового руху.

Будова трибометра показана на рис. 1. Трибометр складається з жорсткого кільця 1 в пазах отвору якого рівномірно по колу встановлені зразок 2 досліджуваного матеріалу (запресований нерухомо) і два фіксатори 3 і 4 з можливістю їх радіального переміщення відповідно гвинтами 5 і 6.

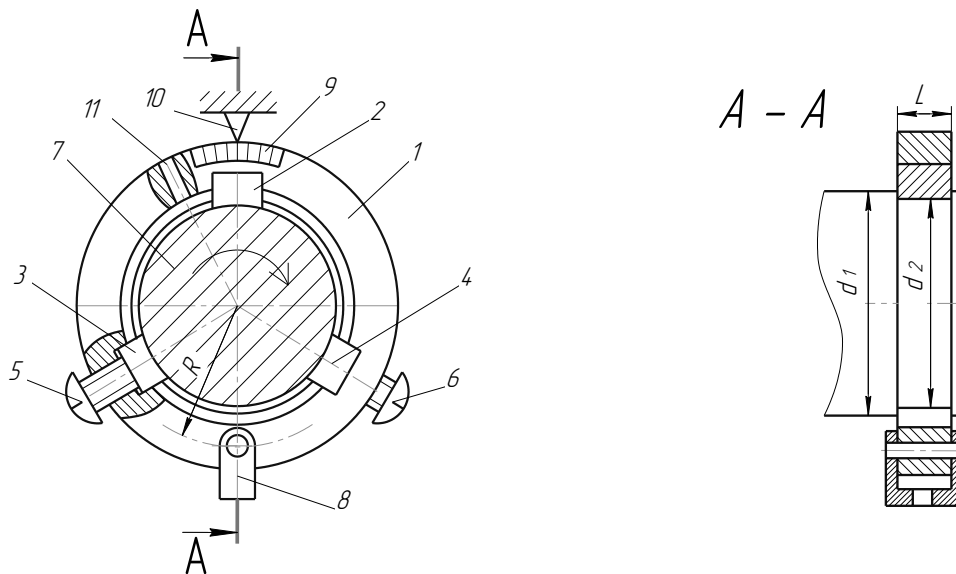


Рисунок 1 – Пристрій для вимірювання коефіцієнту тертя у підшипниках ковзання

Ввігнута робоча (контактна) поверхня зразка 2 виступає за межі паза і заокруглена радіусом виточки на циліндричному контрзразку 7, діаметр якої d_2 (рис. 2) менше діаметра d_1 контрзразка 7, а ширина L більша довжини контактної поверхні зразка. Висота фіксаторів 3 і 4 рівна глибині паза. На зовнішній поверхні кільця 1 (рис. 1) діаметрально протилежно зразку 2 міститься шарнір 8 для підвішування наважки (не показано) з можливістю вільного відхилення наважки в напрямі врівноваженого стану. На фронтальній поверхні кільця нанесена шкала 9 вимірювання в градусах кута повороту кільця 1 відносно візиру 10. Отвір 11 служить для подачі мастила в зону тертя.

Вимірювання трибометром за даною моделлю виконують наступним чином. Трибометр (рис. 1) вільно одівають на нерухомий циліндричний контрзразок 7, закріплений консольно з можливістю обертання в патроні механізму його приводу (не показано) і виставляють його так, щоб зразок 2 торкався поверхні виточки контрзразка. На шарнір 8 підвішують наважку (не показано) для притискання зразка до поверхні контрзразка заданою силою, а гвинтами 5 і 6 відповідно зміщують фіксатори 3 і 4 в радіальному напрямі так, щоб вони ввійшли у виточку контрзразка 7 і центр ваги трибометра з підвішеною наважкою збігався з віссю контрзразка, а трибометр вільно обертася навколо контрзразка. Візир 10, закріплений на окремому штативі (не показано), зміщують так, щоб його стрілка збігалася з поділкою «0» шкали 9. За умови дослідження впливу на коефіцієнт тертя рідкого мастила його подають на поверхню контрзразка через отвір 11.

Для вимірювання коефіцієнту тертя спокою трибометр вручну повертають навколо нерухомого контрзразка на $20...30^\circ$ в напрямі стрілки і відпускають. Під дією крутного моменту сили наважки трибометр частково повертається у зворотному напрямі та утримується в такому стані моментом сили тертя в зоні контакту зразка 2 і контрзразка 7, а кут повороту трибометра від врівноваженого стану вимірюють за шкалою 9. При обертанні контрзразка 7 від зовнішнього приводу під дією обертового моменту реакції контактної поверхні, рівної за величиною і протилежною за напрямом силі тертя, трибометр повертається на деякий кут в напрямі обертання контрзразка і утримується в такому стані в процесі обертового руху.

За виміром кута повороту трибометра від врівноваженого стану за умови нерухомого контрзразка визначають статичний коефіцієнт тертя спокою, а при обертанні контрзразка від зовнішнього приводу – динамічний коефіцієнт тертя обертового руху за формулою:

$$f = \frac{2R}{d_2} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де R – радіальна відстань шарніра 8 від осі контрзразка (рис. 1);

d_2 – діаметр виточки контрзразка (рис. 2);

α – відповідний кут за виміром повороту трибометра.

Список літератури

1. Промкаталог РФ/PublicDocuments/08150591.
2. Патент UA № 69499, бюл. № 8/2012.
3. Патент UA № 121076, бюл. № 22/2017.
4. А. с. SU № 1215020, бюл. № 8/1986.
5. А. с. SU №1490605, бюл. № 24/1989.
6. А. с. № 386305, бюл. № 26/1973.
7. Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ: учебник. / С. С. Сулакшин, П. С. Чубик; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 367 с.

УДК 621.891

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЗАСПОКОЮВАЧА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЯ

В. С. Чекирда

ст. гр. МТВА_м-13-1

В. П. Свідерський

доц., канд. техн. наук

В.С. Яремчук

ст. викладач

Хмельницький національний університет

Газорозподільний механізм має велике значення в роботі як двигуна, так і всього автомобіля в цілому. З його допомогою відбувається подача палива в циліндри двигуна, і відводяться продукти згорання. Рух цього механізму приводиться за допомогою ланцюга або ремня, що з'єднують дві шестерні механізму. Таким чином, ланцюг або ремінь грає роль передавального механізму при роботі двигуна, і розрив цього механізму неминуче спричиняє припинення роботи двигуна. Спосіб приводу газорозподільного механізму – ремнем або ланцюгом – рідко стає визначальним чинником при виборі автомобіля. Але задуматися все-таки змушує. Адже він часом може змінити долю автомобіля. Якщо дана модель двигуна не славиться малим ресурсом ланцюга, то ланцюговий привід краще ремінного. Ремінний привід витримує тільки пробіг до регламентної заміни, а ланцюг може експлуатуватись значно довше.

У газорозподільному механізмі автомобілів ВАЗ, найбільш часто виходить з ладу заспокоювач ланцюга, який складається з металевої пластини, на яку нанесена методом вулканізації каучукова накладка, що досить швидко зношується під постійною дією на неї ланок ланцюга. Щоб забезпечити тривалу довговічність та достатню зносостійкість заспокоювача,

а при цьому і всього газорозподільного механізму, необхідно підвищити зносостійкість найбільш критичного елемента – матеріалу накладки [1].

Мета дослідження. Ставиться задача проаналізувати роботу заспокоювача ланцюга газорозподільного механізму на прикладі автомобіля ВАЗ-21011 з обґрунтуванням вибору іншого конструкційного матеріалу для заміни базового, з метою підвищення його зносостійкості, що дозволить збільшити в цілому ресурс роботи механізму [2]. Необхідно виконати порівняльні лабораторні дослідження зносостійкості запропонованого антифрикційного матеріалу (графелон-20) та базового, в якості якого виступає каучук СКН-40 і на цій основі розрахувати параметри моделі зношування заспокоювача ланцюга газорозподільного механізму, а також знос і коефіцієнт порівняння зносу.

Порівняння фізико-механічних властивостей матеріалів графелон-20 і каучуку СКН-40. Для заміни базового матеріалу заспокоювача ланцюга (каучук СКН-40) газорозподільного механізму пропонується використати матеріал графелон-20, отриманого на основі ароматичного поліаміду, який є стійким до ударів та зносу під дією тертя, а також до високих температур (у межах 180–320 °С). Порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей зазначених матеріалів наведена в таблиці 1 [3, 4].

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості графелона-20 і каучуку СКН-40

Параметр характеристики матеріалу	Найменування матеріалу	
	Графелон-20	Каучук СКН-40
Модуль пружності при стиску, МПа	4–5	2–2,5
Температура крихкості, °С	–80	–45
Відносне видовження при розриві, %	6,6	4,5
Межа міцності під час розтягу, МПа	80–90	25–30

Аналіз фізико-механічних характеристик цих матеріалів показав, що графелон-20 суттєво переважає за своїми фізико-механічними параметрами каучук СКН-40.

Методика та результати лабораторних випробувань. Для лабораторних досліджень був обраний метод випробування на зношування за схемою «перехресних циліндрів».

Контактування зразків відбувалося за наступних умов [5]:

- 1) прийнята схема контакту двох перехресних циліндрів, проекції осей яких перетинаються під кутом 90°; зовнішні радіуси циліндрів r_1 та r_2 у загальному випадку різні;
- 2) циліндри притискаються один до одного з постійним навантаженням $Q = \text{const}$;
- 3) перший циліндр (1) – обертовий, без зносу, другий циліндр (2) – необертний, зношується;
- 4) при дослідженні отримуємо еліптичну площадку контакту розмірами a та b , які періодично вимірюють; як результат випробувань відомі експериментальні функції $a(S)$ та $b(S)$, де S – шлях тертя;
- 5) зношування $u_w(S)$ необертного циліндра відбувається за моделлю сталого зносу, і якщо $r_1 = r_2$, то такі результати відповідають випадку контактування куль.

Випробування здійснювалися за таких параметрів: частота обертання робочого вала $n = 1440 \text{ хв}^{-1}$; його діаметр $d_e = 16 \text{ мм}$; діаметр зразка, що випробовується, $d_{13} = 10 \text{ мм}$; загальне контактне навантаження для моделі $Q = 0,1 \text{ кг}$.

Під час випробувань, через визначений проміжок часу вимірювали фактичні розміри осей еліптичної плями контакту ($2a^*$ та $2e^*$), де a^* та e^* – поточний розмір, відповідно. Еквівалентний радіус кола визначається за співвідношенням: $a = (a_* \cdot \hat{a}_*)^{\frac{1}{2}}$.

Шлях тертя S для досліджуваних зразків визначали за формулою (1):

$$S = \pi \cdot d \cdot n \cdot \tau, \quad (1)$$

де d – діаметр контртіла, мм; n – число обертів контртіла за одну хвилину; τ – час обертання, хв.

У випадку, коли буде відома експериментальна крива $a(S)$, за цією залежністю можна розрахувати параметри моделі зношування.

Результати випробувань на зношування зразків дослідного та базового матеріалів наведені на рис. 1.

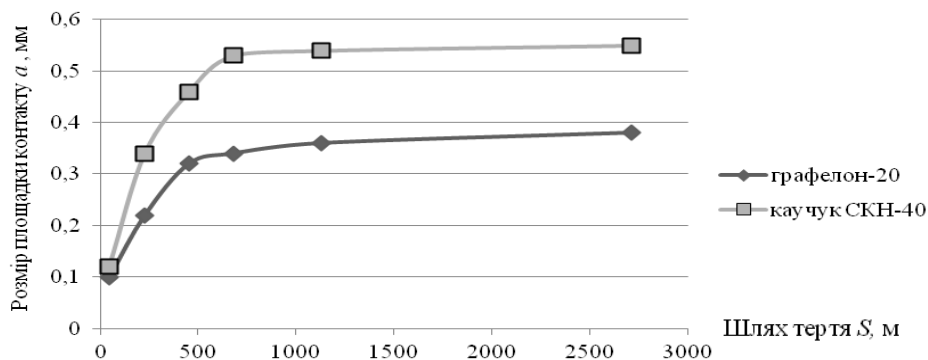


Рисунок 1 – Залежність розміру площадки контакту від шляху тертя для досліджуваних матеріалів

Наведемо необхідні співвідношення для прийнятої моделі. Параметр апроксимації β експериментальних кривих визначали за допомогою двох точок: (a_1, S_1) та (a_2, S_2) :

$$\beta = \frac{\log \frac{a_1}{a_2}}{\log \frac{S_1}{S_2}}. \quad (2)$$

Параметр m моделі зношування знаходили за залежністю (3):

$$m = \frac{1 - 2\beta}{2\beta}. \quad (3)$$

Параметр моделі k_w визначали за формулою (4):

$$k_w = \frac{a_1^{2m+2} - a_0^{2m+2}}{r_{1\zeta} (2m+2) \cdot (Q/\pi)^m \cdot S_1}. \quad (4)$$

Контактний тиск σ у реальному спряженні був розрахований за формулою (5):

$$\sigma = P / F, \quad (5)$$

де P – навантаження (у спряженні «заспокоювач–ланцюг», $P = 12,5$ кгс [1]); F – площа контакту, мм²:

$$F = \pi \cdot r_{1\zeta}^2, \quad (6)$$

тут $r_{1\zeta}$ – радіус зразка, мм.

Розрахунок зносу U_w здійснювали за формулою (7):

$$U_w = k_w \cdot \sigma^m \cdot S. \quad (7)$$

Параметри моделі зношування, результати зносу для шляху тертя $S = 50$ км та коефіцієнт порівняння зносу, наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Параметри моделі зношування, результати зносу
та коефіцієнт порівняння зносу

Найменування матеріалу	Параметри моделі зношування			Знос U_w , мм	Коефіцієнт порівняння зносу K
	β	m	$k_w \cdot 10^{-6}$		
Каучук СКН-40	0,194	1,5450	0,2928	0,855	–
Графелон-20	0,223	1,2395	0,0311	0,159	$U_{w1} / U_{w2} = 0,855 / 0,159 = 5,38$

Аналіз отриманих результатів показав, що матеріал графелон-20 за зносостійкістю переважає матеріал каучук СКН-40 майже у 5,4 рази. Результати виконаних досліджень можуть бути використанні для підвищення зносостійкості заспокоювача ланцюга газорозподільного механізму таких автомобілів як: Mercedes-Benz W₂₂₀, Volkswagen, Skoda, Seat з двигуном 1,8 TFSI 118 кВт, Nissan Note з двигуном 1,4 CR 14DE, Toyota Corolla 150 з двигуном 1ZZ, Nissan Almera з двигуном 1,5 Q615DE, Niva-Chevrolet: 2123-1006019.

Список літератури

1. Карагодін В. І. Ремонт автомобілей и двигателей : учеб. пособие [для студ. проф. учеб. заведений] / В. І. Карагодін, Н. Н. Митрохін. – 2-е изд., стер. – М. : ИЦ «Академия», 2003. – 496 с.
2. Автомобили «Жигули» моделей ВАЗ-2101, 2102, 21011, 21013: устройство и ремонт / В. А. Вершигора, А. П. Игнатов, К. В. Новокшенов, К. Б. Пятков. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
3. Антифрикционные термостойкие полимеры / Г. А. Сиренко, В. П. Свицерский, В. Д. Герасимов, В. З. Никонов. – Київ : Техніка, 1978.– 246 с.
4. Сиренко Г. А. Антифрикционные карбопластики / Г. А. Сиренко.- К.: Техника, 1985.– 195 с.
5. Кузьменко А. Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність : навч. посібник [для студ. вищих навч. закладів] / А. Г. Кузьменко. – Хмельницький : ТУП, 2002. – 151 с.

УДК 656.07

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ПРИ ДОСТАВЦІ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

**А.В. Кіяшко, ст. гр. Т-51-17 МАГ,
О.В. Павленко, доц., канд. техн. наук**
Харківський національний автомобільно-дорожний університет

З метою розвитку ринку транспортних послуг актуальним є формування транспортно-логістичних центрів. Вони представляють собою центри, в яких поєднуються транспортні, промислові, торговельні, фінансові та інформаційні потоки, а також йде переробка вантажів, взаємодія різних видів транспорту.

В сучасних ринкових умовах на ринку транспортних послуг існує жорстка конкуренція, тому кожна автотранспортна компанія, транспортно-логістичний центр, транспортно-експедиційне підприємство повинне вдосконалювати надання своїх послуг споживачам для того щоб залишатися конкурентоспроможним.

Для наглядної характеристики об'єкта даного дослідження сформуємо схему доставки вантажу у міжнародному сполученні: 1) прийом заявки на перевезення; 2) обробка замовлення в ТЛЦ; 3) оформлення документів; 4) навантаження вантажу на транспортній засіб (ТЗ); 5) подача ТЗ до пункту навантаження; 6) перевезення вантажу до пункту пропуску; 7) проходження митного контролю; 8) передача одержувачу; 9) розвантаження вантажу; 10) перевезення вантажу до пункту розвантаження. Представлена загальна схема може варіюватися, деякі операції можуть бути замінені або розміщуватися в іншій послідовності.

Вхідними параметрами, що впливають на процес перевезення вантажів у міжнародному сполученні є: $l_{нод}$ – відстань від АТП до вантажовідправника, км; q – обсяг замовлення, т; $l_{ВВПП}$ – відстань перевезення вантажу від ВВ до ПП, км; $l_{ППВО}$ – відстань перевезення вантажу від ПП до ВО, км. Зовнішніми факторами виступає: $t_{нав}$ – час навантаження 1 тонни вантажу, год; $t_{МИТ}$ – час на проходження митного контролю, год; $t_{роз}$ – час розвантаження 1 тонни вантажу, год. У якості вихідного параметру було обрано: $B_{сум}$ – загальні витрати на доставку вантажу, грн.

Загальну суму грошових витрат на доставку можна представити у такому вигляді

$$B_{сум} = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8 + B_9 + B_{10}, \quad (1)$$

де B_1 – витрати на прийом заявки, грн;

B_2 – витрати на обробку замовлення, грн;

B_3 – витрати на оформлення документів, грн;

B_4 – витрати на подачу ТЗ до пункту навантаження, грн;

B_5 – витрати на навантаження вантажу, грн;

B_6 – витрати на перевезення вантажу до пункту пропуску, грн;

B_7 – витрати на проходження митного контролю, грн;

B_8 – витрати на перевезення вантажу до пункту розвантаження, грн;

B_9 – витрати на розвантаження вантажу, грн;

B_{10} – витрати на передачу вантажу одержувачеві, грн.

Для проведення експерименту були обрані 4 фактори, тобто знадобиться 16 серій дослідів.

Значення вхідних параметрів цього експерименту – статистичні дані, а саме – максимальні та мінімальні значення показників. У якості факторів було обрано q – обсяг замовлення, $l_{нод}$ – відстань від АТП до вантажовідправника, $l_{ВВПП}$ – відстань перевезення вантажу від ВВ до ПП, $l_{ППВО}$ – відстань перевезення вантажу від ПП до ВО (табл.1).

Таблиця 1 – Результат плану експерименту із урахуванням граничних значень

Серія дослідів	$X_1(q)$, т.	$X_2(l_{нод})$, км.	$X_3(l_{ВВПП})$, км.	$X_4(l_{ППВО})$, км.	$Y(B_{сум})$, грн.
1	20	25	1400	50	34144
2	20	25	40	50	13744
3	20	1	40	50	13504
4	1	25	1400	1800	57873
5	1	1	1400	1800	57633
6	1	1	40	1800	37233
7	1	25	40	1800	37473
8	20	1	1400	50	33904
9	1	1	40	50	2233

10	20	25	1400	1800	69144
11	20	1	40	1800	48504
12	20	1	1400	1800	68904
13	1	25	1400	50	22873
14	20	25	40	1800	48744
15	1	1	1400	50	22633
16	1	25	40	50	2473

За отриманими результатами побудовано графік залежності сумарних витрат на доставку від зміни найвагоміших параметрів: відстань від АТП до вантажовідправника, обсяг замовлення, відстань перевезення вантажу від ВВ до ПП, відстань перевезення вантажу від ПП до ВО. У вигляді графіка, відображено на рис. 1.



Рисунок 1 – Графік залежності сумарних витрат на доставку від зміни основних параметрів

За побудованою діаграмою бачимо, що більші витрати у десятій та дванадцятій серіях дослідів, через те, що числові значення трьох найвагоміших параметрів: обсяг замовлення, відстань перевезення вантажу від ВВ до ПП та відстань перевезення вантажу від ПП до ВО приймають свої максимальні значення. Отже, при збільшенні обсягів замовлення і відстані перевезення витрати також суттєво збільшуються.

Для аналізу впливу вхідних параметрів на критерій обраний в роботі (сумарні витрати на доставку) проведено регресійний аналіз, а також побудованні регресійні моделі.

Для побудови моделі скористалися програмою Microsoft Excel в якій є вбудована програма для розрахунку регресії

$$Y = 30 + 593 \cdot X_1 + 10 \cdot X_2 + 15 \cdot X_3 + 20 \cdot X_4. \quad (2)$$

Проведено аналіз отриманих результатів за наступними показниками: 1) міра визначеності «R-квадрат» дорівнює 1, що говорить про те що побудована модель пояснює всю змінність відповідних параметрів; 2) «множинний R», який виражає ступінь залежності незалежних змінних X та залежної змінної Y, показує тенденцію яка дорівнює 1; 3) «рівень значимості F», який повинен бути менше 0,05, дорівнює 8,5458E-172, що відповідає умовам;

4) оцінка коефіцієнтів регресії: стандартна помилка повинна бути менше значень: для всіх коефіцієнтів вона менше відповідних значень. Стандартна помилка дорівнює $6,00545E-12$, а значення коефіцієнтів дорівнює $a_0=30$, $a_1=593$, $a_2=10$, $a_3=15$, $a_4=20$; за значенням «t-статистика» перевіряється попадання значення в інтервал: $(-\infty; t_{кр})U(t_{кр}; +\infty)$, значення $t_{кр}$ визначається за допомогою MS Excel: $t_{кр}=\text{СТЫЮДРАСПРОБР}(0,05; n-k-1)$, де n – кількість серій дослідів, k – кількість параметрів, за значенням цього показника $t_{кр}=2,2$ значення «t-статистика» усі попадають в інтервал: $(-\infty; 2,2)U(2,2; +\infty)$; «P-значення» повинна бути менше 0,05 – усі значення менше 0,05; значимими показниками являються ті, в яких інтервал між нижніми та верхніми 95% не проходить через нуль.

Таким чином, у якості об'єкта дослідження було визначено процес доставки вантажів ТЛЦ у міжнародному сполученні. Було описано даний об'єкт, шляхом формування загальної схеми технології обслуговування замовлень, у якій розписано всі можливі операції від подання заявки клієнтом до отримання вантажу одержувачу. Розроблено чотирьох факторний план експерименту з 16 серіями дослідів для розрахунку сумарних витрат на доставку. Регресійний аналіз дав змогу оцінити вплив факторів зовнішнього середовища та вхідних параметрів на параметр оцінки, шляхом побудови регресійної моделі для сумарних витрат на доставку.

УДК 656.07

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ LCL ЛОГІСТИКИ

М.М. Кулик, ст. гр. Т-41-14,

О.В. Павленко, доц., канд. техн. наук

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

В останні роки експорт в Україні зростає, наприклад, за вісім місяців 2017 року у порівнянні з цим же періодом 2016 року збільшився обсяг вивезення товарів на 20 відсотків, що вимагає певних змін у побудові системи транспортування. Також збільшився імпорт товарів, при чому номенклатура їх відрізняється від експорту – дрібно партійні відправлення (побудові прилади, машини, механізми і ін.).

Зростає інтерес до відправок товарів на експорт у контейнерах. В Україні вже існують та функціонують спеціалізовані термінали та майданчики з відправки вантажів у контейнерах або з використанням контейнерного портового обладнання. Ефективність та якість вантажних перевезень значно залежать від оптимізації процесів координації роботи різних видів транспорту, раціонального розподілу між ними обсягів перевезень, своєчасного формування необхідних управлінських рішень.

Тенденції, що нині спостерігаються в логістиці України, дозволять припустити прихід ери дрібних відправлень у контейнерах, що відповідає світовим тенденціям формування LCL логістики. Тому можна розглянути статистику огляду ринка контейнерів у портах України в I півріччі 2017. Де у першому півріччі 2017 року на контейнерних терміналах України було перероблено 340 155 TEU. Це на 4,7% більше обсягів, перероблених за аналогічний період 2016 року. Зростання порівняно з показниками минулого року, коли перевалка збільшився на 24,4%, звичайно, не настільки вражаючий, але обнадіює своєю стабільністю [1].

Розвиток транспорту за останні десятиліття зазнало суттєвих змін. Зросло вимоги до якості доставки товарів, з одного боку, і жорсткість екологічних вимог до транспорту - з іншого, викликали розширення використання змішаних і головним чином збірних перевезень, а саме за допомогою LCL логістики. Процес доставки ускладнюється, в ньому

з'являється більше етапів при одночасному підвищенні вимог до дотримання графіків і термінів доставки [2].

Основні переваги, характерні для збірних перевезень — це економічність і зручність перевезень в такому форматі. Істотна економія досягається за рахунок ефективного використання вантажного простору. У цьому випадку досить доступними можуть бути навіть авіап перевезення, які в цілому відрізняються високою ціною. Транспортна компанія має можливість економити на доставці збірних вантажів, оскільки, відправляючи всього лише одну машину у певну точку, вона виконує відразу кілька замовлень на вантажоперевезення. Це знижує транспортні витрати, а значить і вартість послуг перевезення вантажу, збільшує кількість клієнтів і їх лояльність до компанії [2].

Організація LCL логістики повинна забезпечувати задоволення потреб клієнтів у перевезенні при високому рівні якості та можливо низьких витратах. Райони України як і всього світу потребують постійних поставок різних ресурсів і товарів, вимагають доставки устаткування, матеріалів, промислових товарів і інших ресурсів невеликими партіями, оскільки споживання їх обмежено, а накопичення і зберігання неефективні. В даний час на верхній рівень економічної ієрархії висувається сфера послуг, а точніше її транспортна складова, яка займає значне положення у всіх економічних сферах. Важливе місце в транспортному обслуговуванні економіки займають перевезення збірних вантажів [3].

Особливий статус мають перевезення у сфері споживання, оскільки циркулюючи там вантажі, як правило, формуються і перевозяться дрібними партіями. Враховуючи, що перевезення обслуговують життєві потреби населення вони є соціально - значущими і вимагають до себе постійної уваги. У загальному випадку, доставка вантажу від відправника до одержувача передбачає виконання груп операцій щодо вибору видів транспорту та сполучень, підготовки вантажу до перевезень, доставки його на термінал магістрального транспорту, виконання навантажувально-розвантажувальних та складських робіт, транспортування та передачі вантажу з одного виду магістрального транспорту на інший, перевезення вантажу з терміналу магістрального виду транспорту до адресату [4].

Для вирішення проблем у сфері міжнародних контейнерних перевезень, на думку Шевченко В. І. потрібно зробити ряд очевидних заходів [5]:

- будівництво нових і модернізація існуючих терміналів з метою захоплення обсягів міжнародних перевезень і поліпшення їх якісних показників. Міжнародні перевезення повинні здійснюватися з обліків нових технологій і сучасного досвіду контейнерних перевезень;

- повноцінно використовувати потенціал міжнародних транспортних коридорів. Міжнародні перевезення не повинні стикатися з браком залізничних платформ. Мають бути вирішені проблеми затримок при залізничних вантажоперевезеннях;

- спрощення митних і прикордонних правил оформлення документів в портах. Повинна бути спрощена процедура митного оформлення вантажів проходять через Україну транзитом;

- міжнародні перевезення потребують організація загальної автоматизованої інформаційної системи управління. Така система дозволить оперативно реагувати на виниклі складнощі в процесі вантажоперевезення і вирішувати їх у комплексі;

- покращувати стан автомобільних доріг.

Автор Ларін О.Н. наголошує про необхідність певних змін у нашій державі. В Україні завдання внесення змін до законодавства у сфері регулювання мультимодальних контейнерних перевезень назріла давно. Так само, як і необхідність прийняття окремого закону, який би дозволив розвивати сучасні способи доставки вантажів, підвищити якість обслуговування споживачів транспортних послуг, зменшити витрати на перевезення, знизити екологічне навантаження від діяльності автотранспорту на навколишнє середовище, а також, що важливо, прискорити час перетину кордонів [6].

Проаналізувавши іноземну статтю міжнародного журналу дорожнього руху та транспортної інженерії на тему «Рациональна технологія доставки вантажів у контейнерах»

можна відмітити, що було запропоновано три альтернативні технологічні схеми доставки вантажів у міжнародних перевезеннях: перша схема використовує залізничний транспорт для доставки вантажу до порту відправлення, друга схема припускає автомобільний транспорт для доставки зерна до порту відправлення, третя схема є використанням контейнерів та вагонів для доставки вантажу до порту відправлення. Результати визначення ефекту при зміні відстані доставки вантажу показали, що найбільший ефект отримала третя схема, з використанням залізничного транспорту і контейнерів [7].

Визначено, що в сучасних ринкових умовах на ринку міжнародних перевезень у контейнерах існує перспектива їх розвитку, тому що з кожним роком збільшується кількість таких замовлень в адресу транспортних підприємств. Таким чином, обрана тема є досить актуальною, адже процес доставки вантажів у міжнародному сполученні за допомогою LCL технологій активно впроваджується у всьому світі. Аналіз літературних джерел показав, що існує ряд підходів щодо вдосконалення технологічного процесу доставки з точки зору забезпечення технічної складової та з відсутністю відпрацьованих технологій збірних відправлень. Проведений аналіз виявив проблему організації доставки вантажів у міжнародному сполученні у контейнерах – формування раціональної технології за допомогою LCL логістики. В подальшому планується розробка теоретичних основ, щодо формування раціональної схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні за допомогою LCL логістики.

Список літератури

1. Рыженкова, Н. Обзор рынка контейнеров в портах Украины в I полугодии 2017. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://ports.com.ua/articles/obzor-rynka-konteynerov-v-portakh-ukrainy-v-i-polugodii-2017>
2. FM Logistic вышла на рынок морских контейнерных перевозок Украины [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://cfts.org.ua/news/fm_logistic_vyshla_na_rynok_morskikh_konteynerykh_perevozok_ukrainy_24232
3. Международные перевозки Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [Курганов В.М., Миротин Л.Б.] - М.: Издательский центр Академия, 2011. - 304 с.
4. Грузовые автомобильные перевозки Учебник для вузов / [Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б., Куликов А. В.] - М.: Горячая линия - Телеком, 2006. - 560 с
5. Шевченко В. І. Удосконалення технології перевезення вантажів в універсальних контейнерах на залізницях України: Автореферат дисертації канд. техн. наук. – М.: Харків, 2009. С. 22
6. Ларин О.Н. Концепция транзитного потенциала транспортной системы / Известия Челябинского научного центра, 2006. №4/ - С. 35-39.
7. Б.А. Опанчук // Развитие контейнерных перевозок в Украине: проблемы и пути их решения / Економічні інновації: Зб. наук. пр. — Одеса: ІПРЕД НАН України, 2009. — Вип. 39. — С.72-78.

УДК 656.07

МЕТОДИКА ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Ю.О. Шаповал, ст. гр. Т-51-17_МАГ,

О.В. Павленко, доц., канд. техн. наук

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сучасні міжнародні умови, до яких прагне Україна, вимагають в галузі логістики вантажних перевезень усе більшої уваги, стрімкого зростання та вдосконалення. Ефективність та якість вантажних перевезень значно залежать від оптимізації процесів координації роботи різних видів транспорту, раціонального розподілу між ними обсягів перевезень, своєчасного формування необхідних управлінських рішень. Найперше, особливу увагу при цьому потрібно звернути на два найважливіших показники транспортно-логістичного процесу

– вартість здійснення транспортних перевезень та строки виконання замовлень на доставку вантажів [1].

Розглянемо дві альтернативні транспортно-технологічні схеми доставки тарно-штучних вантажів у міжнародному сполученні.

Доставка тарно-штучних вантажів за схемою «вантажовідправники – склад – вантажоодержувачі» представлена на рис.1.

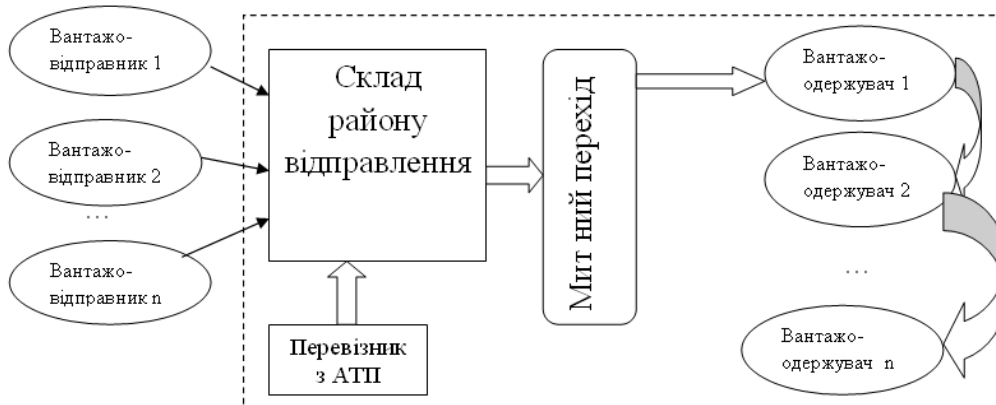


Рисунок 1 – Схема доставки «вантажовідправники – склад – вантажоодержувачі» - «Схема 1»

Доставка тарно-штучних вантажів за схемою «перевізник з АТП-вантажовідправники – вантажоодержувачі» представлена на рис.2.

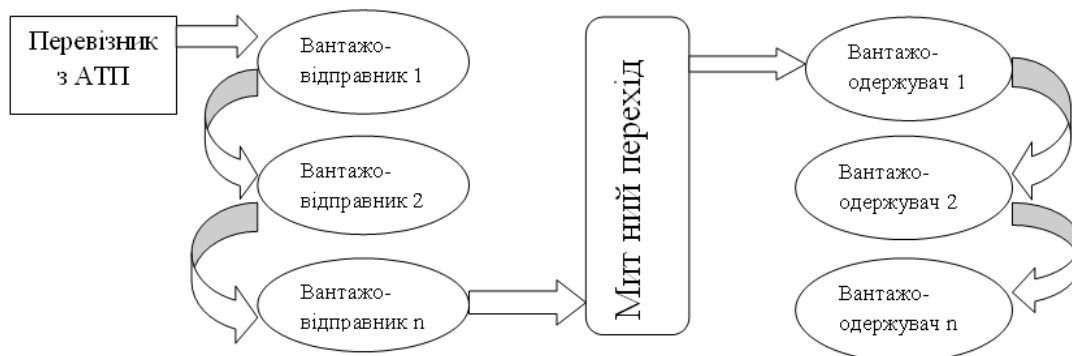


Рисунок 2 – Схема доставки «перевізник – вантажовідправники – вантажоодержувачі» - «Схема 2»

Виходячи з представлених схем процесу, які взаємодіють між собою можна представити наступним переліком та характеризуються відповідними параметрами (рис.3):

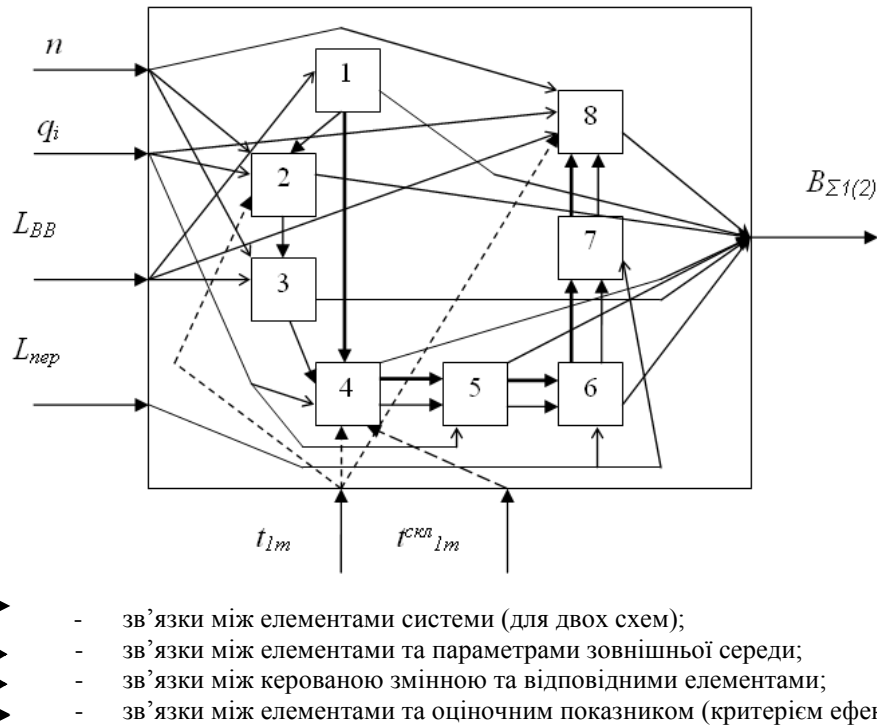


Рисунок 3 – Модель «біла скриня» процесу доставки тарно-штучних вантажів у міжнародному сполученні

1 – подача автомобіля до місця навантаження (ВВ1, склад); відстань перевезення від АТП до ВВ (складу) – $L_{ВВ(скл)}$, вартість одного кілометра пробігу в межах 50 кілометрів – $S_{1км}$;

2 – навантаження вантажу у ВВ; час навантаження однієї тони – t_{1m} , партія відправлення – q_i , кількість вантажівідправників – n , вартість виконання навантаження вантажу у відправника – S_H ;

3 – перевезення між вантажівідправниками (ВВ); відстань перевезення вантажу між ВВ – $L_{ВВ}$, технічна швидкість – V_T , вартість одного кілометра пробігу – $S_{1км}$, кількість вантажівідправників – n ;

4 – складські операції; час складських робіт з однією тонною вантажу – $t^{скл}_{1m}$, партія відправлення – q_i , час накопичення партії відправлення – $t_{нак}$, вартість складських робіт – $S_{скл}$;

5 – перевезення в межах України (від ВВ (від складу) до митного кордону); відстань перевезення вантажу в межах України – L^{kp}_{nep} , вартість перевезення в межах країни – S^{kp}_{nep} ;

6 – митні процедури на кордоні; час проходження вантажу митних процедур – t^{np}_{1m} , партія відправлення – q_i , вартість митних процедур – S_{mn} ;

7 – перевезення в міжнародному сполученні (від митного кордону до ВО); відстань перевезення вантажу в міжнародному сполученні – L^{mc}_{nep} , вартість перевезення вантажу в міжнародному сполученні – S^{mc}_{nep} ;

8 – перевезення між вантажоодержувачами та розвантаження у вантажоодержувача; вартість перевезення вантажу в міжнародному сполученні між вантажоодержувачами – S^{mc}_{nep} , відстань перевезення між ВО – $L_{ВВ}$, час розвантаження однієї тони – t_{1m} , партія відправлення вантажу – q_i , кількість вантажоодержувачів – n , вартість виконання розвантаження вантажу за кордоном у одержувача – S_p .

Вхідними параметрами – зовнішнього середовища в систему являються (рис.3):

- партія відправлення (q_i , т);
- відстань перевезення вантажу (L_{nep} , км);
- відстані перевезення між вантажівідправниками (вантажоодержувачами) ($L_{ВВ}$, км);
- кількість вантажівідправників (вантажоодержувачів) (n , од.).

Вихідним параметром з системи являється:

- сумарні витрати на доставку ($B_{\Sigma 1(2)}$, грн).

Керовані параметри:

– час навантаження однієї тони (t_{1m} , т/год.);

– час складських робіт з однією тонною вантажу ($t_{1m}^{скл}$, т/год.).

Витрати на доставку тарно-штучних вантажів (ТШВ) у міжнародному сполученні при використанні складу укрупнення - «Схема 1» будуть мати такий математичний вид

$$B_{\Sigma 1} = B_{рухзАТП} + B_{нав.наскл.} + B_{мит.пер.} + B_{перев} + B_{рухдоBO_i} + B_{розвBO_i}, \quad (1)$$

де $B_{рухзАТП}$ – витрати на рух автомобіля з АТП до складу укрупнення, грн;

$B_{нав.наскл.}$ - витрати на навантаження на складі укрупнення, грн;

$B_{мит.пер.}$ - витрати на здійснення митного переходу, грн;

$B_{перев}$ - витрати на перевезення вантажу, грн;

$B_{рухдоBO_i}$ - витрати на рух між вантажоодержувачами, грн;

$B_{розвBO_i}$ - витрати на розвантаження у вантажоодержувачів, грн.

Витрати на доставку тарно-штучного вантажу (ТШВ) в міжнародному сполученні за «Схемою 2» будуть мати такий математичний вид

$$B_{\Sigma 2} = B_{рухдоBB} + B_{рухBB_i} + B_{нав.BB_i} + B_{мит.пер.} + B_{перев} + B_{рухдоBO_i} + B_{розвBO_i}, \quad (2)$$

де $B_{рухдоBB}$ – витрати на рух від АТП до вантажовідправника, грн;

$B_{рухBB_i}$ – витрати на рух між вантажовідправниками, грн;

$B_{нав.BB_i}$ – витрати на навантаження у вантажовідправників, грн.

Таким чином, запропоновано дві альтернативні транспортно-технологічні схеми доставки тарно-штучних вантажів у міжнародному сполученні: за схемою «вантажовідправники-склад-вантажодержувачі» – «Схема 1» та доставка тарно-штучних вантажів за схемою «перевізник-вантажовідправники-вантажодержувачі» – «Схема 2». На основі відомих входних (об'єм відправлення вантажу, кількість вантажовідправників (вантажодержувачів), відстань перевезення вантажу у міжнародному сполученні та відстані між вантажовідправниками (вантажодержувачами)), вихідного (сумарні витрати на доставку вантажу) та керованих (час навантаження однієї тони, час складських робіт з однією тонною вантажу) параметрів та елементів системи, схематично представили об'єкт дослідження у вигляді білої скрині. Для досягнення поставленої мети в подальшому будемо проводити експериментальні дослідження та аналізувати отримані результати.

Список літератури

1. Velykodnyi Denis. The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic // Olexiy Pavlenko, Velykodnyi Denis. International journal for traffic and transport engineering. – Belgrade, Serbia: 2017. – p. 164-175

УДК:633.853.32

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

А.Є. Іванушко, ст. гр. Т 51-17_МАГ,

О.П. Калініченко, доц., канд. техн. наук.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Доставка вантажів автотранспортом завжди була зручним і швидким способом перевезти товар не тільки в межах України, а й охоплювала країни ближнього зарубіжжя. Автомобільним транспортом традиційно доставляється продукція АПК, збірні вантажі та ін. Серед них можна назвати і товари народного споживання (ТНС). Товари народного споживання - продукція, призначена для продажу населенню з метою безпосереднього використання для задоволення матеріальних і культурних потреб. Міжнародні перевезення ТНС користуються високим попитом, оскільки товари даної групи потрібні завжди, незалежно від сезону, економічних або інших чинників. Для перевезень даного типу важливі терміни, оскільки товари народного споживання відносяться до категорії товарів швидкого обороту.

Міжнародні автомобільні перевезення мають ряд суттєвих особливостей [1]. Вони стосуються організації міжнародних автомобільних сполучень, забезпечення безпеки перевезень, отримання дозволу на перетин державних кордонів, надання технічної допомоги іноземним автотранспортним засобам, встановлення правових гарантій відшкодування шкоди у випадках заподіяння громадянам і юридичним особам шкоди на території іноземної держави.

Деякі особливості пов'язані, насамперед, із правовим режимом міжнародного транспорту. Головні з них [2]:

1. Здійснення перевезення й супутніх йому комерційних операцій у сфері дії правових систем різних держав;
2. Наявність цілого ряду спеціальних міжнародних і національних нормативних правових актів, що регулюють ті або інші аспекти міжнародних автомобільних перевезень;
3. Необхідність дотримання митного законодавства країн, територією яких проходить перевезення.

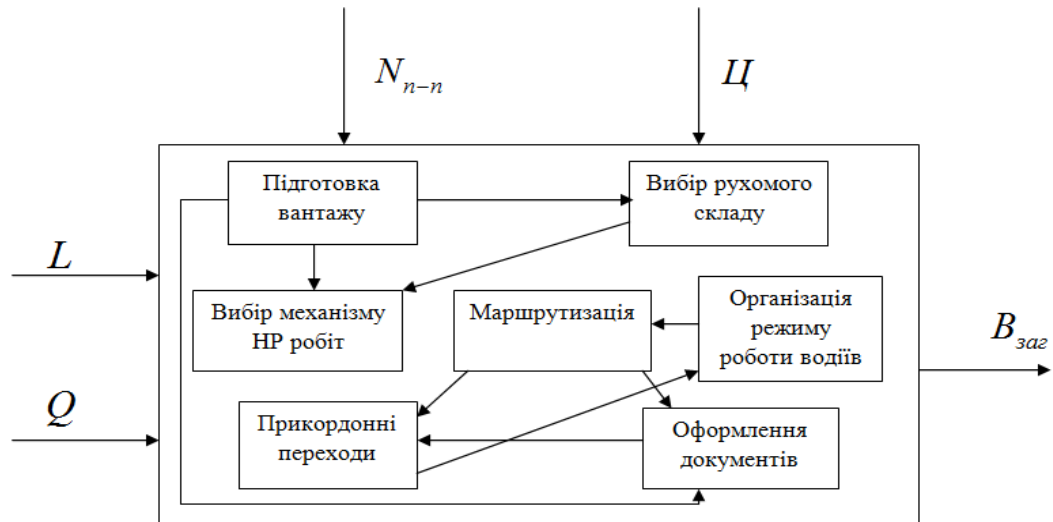
Організація та плани перевезень мають забезпечувати задоволення потреб народного господарства та населення при високій їх якості та можливості зменшення витрат. Ефективність перевезень залежить від багатьох факторів, які створюють труднощі при визначенні критерію оптимальності в загальному вигляді. Серед комплексу критеріїв оптимальності, що використовуються при вирішенні організації перевезень, найбільш значущими є:

1. Доставка вантажу «точно в термін»;
2. Витрати на перевезення вантажу;
3. Продуктивність транспортних засобів;
4. Продуктивність навантажувально-розвантажувальних механізмів;
5. Енергомісткість перевезень;
6. Собівартість перевезень; прибуток від перевезень.

Транспортні компанії, що пропонують послуги з перевезення, забезпечують не тільки оптимальну побудову всього ланцюга переміщення вантажів, а й управління діями всіх учасників процесу, будь то фахівці компанії або державні чи приватні підрядники. Напрацьовані логістичні схеми, вивірені маршрути, міцні ділові зв'язки з підрядниками, що надають послуги переміщення, зберігання і обробки вантажів, налагоджені взаємини з контролюючими органами - все це дозволяє логістичним компаніям здійснювати ефективні вантажоперевезення.

Для підвищення ефективності перевезення товарів народного споживання в міжнародному сполученні необхідно звернутися до теоретичних досліджень, а саме побудувати модель «Сірої скрині», або «Білої скрині», визначити цільову функцію а також елементи системи обмежень.

У якості моделі об'єкта дослідження запропоновано використання сірої скрині:



де L – відстань перевезення, км;

Q – обсяг вантажу для перевезення, т;

N_{n-n} – кількість пунктів перетину кордонів, од.;

$Ц$ – ціни на паливо, грн;

$B_{заг}$ – загальні витрати на доставку вантажу у міжнародному сполученні, грн.

Рисунок 1 - Модель «Сірої скрині»

У якості цільової функції пропонується використовувати загальні витрати на доставку вантажу в міжнародному сполученні, що найбільш повно характеризують вплив технології доставки вантажів на ефективність.

$$B_{заг} \rightarrow \min \quad (1)$$

Для визначеної цільової функції обрано систему обмежень

$$\left\{ \begin{array}{l} q_i = 20; \\ 5 \leq Q \leq 20; \\ 1500 \leq L_{i \rightarrow j} \leq 1800; \\ 2 \leq N_{i \rightarrow j} \leq 4; \end{array} \right. \quad (1.2)$$

де $N_{i\bar{e}i}$ - - кількість прикордонних пунктів, од;

Q - обсяг одного замовлення, т;

$L_{i\bar{a}d}$ - відстань перевезень, км;

q_i - номінальна вантажність автомобіля, т.

Товари народного споживання доставляються в упаковці виробника. Як транспортна тара можуть використовуватися мішки, гратчасті ящики, коробки з картону з прокладними матеріалами для фіксації вантажу. Розмір упаковки повинен відповідати габаритам товарів.

Для перевезення надається 20 тонн вантажу «текстильні вироби». Вантаж укладається у мікрогофрокартонові коробки розміром 150X100X50см. Коробки знаходяться на дерев'яних євро-піддонах розміром 800X1200 у чотири шари.

Було розглянуто два маршрути за напрямом «Житомир-Франкфурт» з платними та без платних доріг з мінімальною відстанню перевезення та мінімальним часом. Маршрут з використанням платних доріг дорівнює 1697 км, маршрут без використання платних доріг - 1690 км. Витрати на проїзд платними дорогами складають 250 грн.

Через те, що період поставки партії вантажу складає 1 тиждень, графіки спільної роботи складати не доцільно.

Вибір оптимального варіанту механізації навантажувально-розвантажувальних робіт слід провести по наведених витратах, відповідно з якими мінімальні витрати є критерієм порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень.

При виборі навантажувача з'ясувалося, що доцільніше використовувати вилючний електронавантажувач, у якого наведені річні витрати менше на 96030грн, ніж у автонавантажувача.

Далі необхідно вибрати транспортний засіб за меншими затратами на транспортування. До розгляду запропоновано два тягачі Mercedes-Benz Actros 2044 S та Mercedes-Benz Actros 1841 LS.

Було складено режими роботи одного і двох водіїв по обом маршрутам. Середня різниця між часом на лінії одного та двох водіїв складає 14 годин.

Витрати на транспортування вантажу автомобільним транспортом [3]

$$\hat{A}_{i\bar{a}d,\bar{a}} = \hat{A}_{i\bar{a}} + \hat{A}_i + \hat{A}_i + \hat{A}_{oi} + \hat{A}_\phi + \hat{A}_a + \hat{A}_{i\bar{e}i\bar{d}} \cdot k_{o\bar{a}d}, \quad (2)$$

де B_{ne} – витрати на заробітну плату водіїв, грн.;

B_n – витрати на паливо, грн.;

B_m – витрати на мастильні матеріали, грн.;

B_{mo} – витрати на технічне обслуговування і ремонт автомобілів, грн.;

$B_{ш}$ – витрати на реновацію автомобільних шин, грн.;
 B_a – амортизаційні відрахування, грн.;
 $B_{пл.пр.}$ – витрати на пробіг платними дорогами іноземних країн, євро;

Таким чином, витрати на транспортування вантажу тягачем Mercedes-Benz Actros 2044 S по першому маршруту склали 37798,2 грн, по другому - 37870,7 грн. Витрати на транспортування вантажу тягачем Mercedes-Benz Actros 1841 LS по першому маршруту склали 33890,8 грн, по другому - 34203,9 грн. Можна зробити висновок, що доцільніше використовувати тягач Mercedes-Benz Actros 1841 LS по маршруту без платних доріг з одним водієм.

Список літератури

1. Мірошніченко Л. Автомобільні перевезення: організація та облік / Л. Мірошніченко, Г. Саприкін. – 3-тє вид., перероб. і доп. – Х.: Фактор, 2004. – 520с.
2. Комерційна робота на автомобільному транспорті / Є.В. Нагорний, Н 16 Н. Ю. Шраменко: підручник. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 324 с.
3. Международные автомобильные перевозки грузов: учеб. пособие / В.Н. Седюкевич, С. А. Аземша; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012.

УДК 656

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

В.І. Варнаков, ст. гр. Т-51-17_МАГ,
Н.В. Потаман, доц., канд. техн. наук
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Сучасну місію транспортування в системі логістичного сервісу можна коротко сформулювати таким чином: «доставляти потрібний товар необхідної якості і кількості в заданий час з оптимальними витратами». У структурі логістичних витрат транспортні витрати складають значну долю – 20 – 40 % і більше, тому оптимізація рішень в транспортуванні дозволить логістичному менеджеру отримати значну економію витрат. Для кожного конкретного випадку доставки вантажу може бути розроблена раціональна технологія схема перевезень [1].

Технологічний процес сучасного транспортного виробництва має являти собою єдину, чітко послідовну систему взаємозалежних операцій, що регламентують усі без винятку дії з переміщення вантажів у відправника, при транспортуванні та споживача [2]. Від технології й відповідно її організації залежать економічна і соціальна ефективність виробництва. Процес доставки вантажів автомобільним транспортом може бути економічно вигідним, якщо він буде спроектований з урахуванням специфіки роботи відправників і споживачів вантажу на базі кращих досягнень зарубіжного й вітчизняного досвіду, науки і техніки, а його функціонування мінімально відхилитиметься від проектних параметрів [3].

Для забезпечення конкурентоспроможності автомобільних перевезень необхідна їх оптимізація, але не на останньому етапі доставки вантажів автомобільним транспортом, а по всьому маршруту, за рахунок об'єднання всіх учасників перевезення єдиною технологією. У більшості випадків неузгодженість дій призводить до простоїв транспортних засобів, не повного використання вантажності автомобілів, та відповідно до додаткових втрат.

Все вищезазначене визначає актуальність даної проблеми, на вирішення якої спрямовані зусилля багатьох учених, менеджерів і практиків, і, відповідно, підкреслює важливість проведеного дослідження.

На підставі аналізу існуючих технологій доставки вантажів в міжміському сполученні було виділено наступні елементи системи доставки – це формування транспортного пакету, подача рухомого складу, страхування вантажу, оформлення перевізних документів, навантаження, транспортування, розвантаження. Кожному елементу системи відповідає показник, що дає можливість охарактеризувати процес доставки вантажу. Схематично представимо типові схеми доставки вантажів в міжміському сполученні на рисунках 1.1, 1.2, 1.3 [3].



Умовні позначення: де ВВ – вантажовідправник; ВО – вантажоодержувач;
 матеріальний потік; інформаційний потік.

Рисунок 1 – Схема взаємодії учасників транспортного процесу при доставці вантажів за участю перевізника з власним рухомим складом (ВВ-П-ВО)

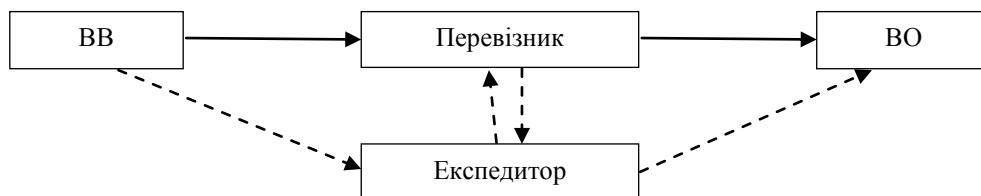


Рисунок 2 – Схема взаємодії учасників транспортного процесу за участю перевізника з власним рухомим складом та експедитора (ВВ-П-Е-ВО)

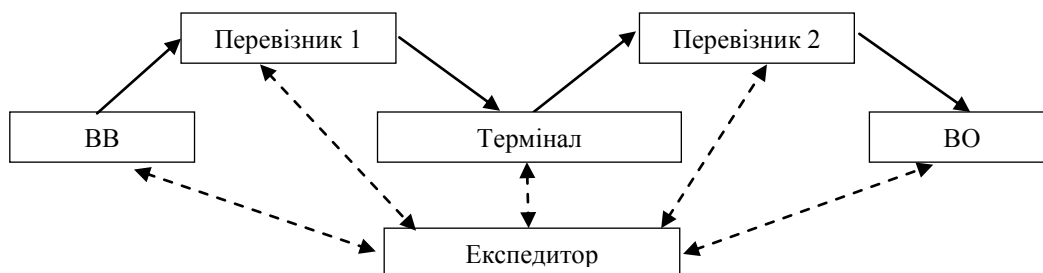


Рисунок 3 – Схема взаємодії учасників транспортного процесу за участю двох перевізників з власним рухомим складом, терміналом та експедитором (ВВ-П-Е-Т-ВО)

Більшість компаній, як витрати товаророзподілу враховували лише свої витрати на перевезення. Проте за останні роки вони відійшли від цієї позиції і прийняли концепцію «загальні витрати». Питанням підвищення ефективності доставки вантажу, обліку і оптимізації витрат на доставку вантажів приділяли увагу у своїх наукових працях такі учені, як: А.Н. Горяїнов [4], В.С., Нагорний Є. В. [5] та інші.

В даній роботі загальні витрати складаються з наступних показників

$$B_{заг} = B_{ВВ} + B_{П} + B_{Е} + B_{Т} + B_{ВО}, \quad (1)$$

де $B_{заг}$ – загальні витрати на доставку, грн.; $B_{ВВ}$ – витрати вантажовідправника, грн.; $B_{П}$ – витрати перевізника, грн.; $B_{Е}$ – витрати експедитора, грн.; $B_{Т}$ – витрати терміналу, грн.; $B_{ВО}$ – витрати вантажоодержувача, грн.

Згідно схеми взаємодії учасників транспортного процесу при доставці вантажів за участю перевізника з власним рухомих складом витрати для перевізника будуть розраховуватись за наступною формулою

$$B_{ВВ} = B_{форм.тр.п.} + B_{оф.док.} + B_{пр.н.} + B_{заморож.кап.}, \quad (2)$$

де $B_{форм.тр.п.}$ – витрати на формування транспортного пакету, грн.; $B_{оф.док.}$ – витрати на оформлення документів, грн.; $B_{пр.н.}$ – витрати на простій при навантаженні, грн.; $B_{заморож.кап.}$ – витрати внаслідок заморожування капіталу, грн.

Витрати перевізника складатимуть

$$B_{П} = B_{тр.} + B_{стр} + B_{под.РС}, \quad (3)$$

де $B_{тр.}$ – витрати на транспортування, грн.; $B_{стр}$ – витрати на страхування, грн.; $B_{подРС}$ – витрати на подачу рухомого складу, грн.

Витрати вантажоодержувача будуть розраховуватись за формулою

$$B_{ВО} = B_{пр.р} + B_{розф.тр.п.}, \quad (4)$$

де $B_{пр.р}$ – витрати на розвантаження, грн.; $B_{розф.тр.п.}$ – витрати на розформування транспортного пакету, грн.

У середовищі *Visual Studio* було розроблено код програми, яка дозволяє проводити розрахунок загальних витрат на доставку вантажів по кожній запропонованій в роботі технологічній схемі. Для розрахунку загальних витрат та формування раціональної технології доставки згідно написаного коду було визначено вхідні параметри та рівні їх варіювання для отримання коректного результату дії програми. Вхідними параметрами моделі є розмір замовлення, кількість заявок, що поступають та відстань доставки вантажу. Проведено повнофакторний експеримент, рівень варіювання параметрів дорівнює 3, кількість параметрів, що брали участь у експерименті – 3. Відповідно до цих даних було проведено 27 дослідів зі зміною рівнів варіювання вхідних параметрів на мінімальному, середньому та максимальному рівнях. Використання найбільш ефективних варіантів схем взаємодії учасників транспортного процесу доставки вантажів можливо за рахунок взаємодії суб'єктів транспортного ринку в рамках єдиної системи. Тому ефект від вибору раціональних варіантів є ефектом синергетичним. Впливове значення при обґрунтуванні ефективності участі в процесі доставки окремих учасників має методика оцінки розподілу синергетичного ефекту між суб'єктами незалежно від об'єктів транспортного ринку. За допомогою програмного продукту було розраховано загальні витрати та частку витрат кожного учасника на доставку вантажів для раціональної технології доставки вантажів в міжміському сполученні при заданих умовах.

Для схеми 1 общі затрати становлять: 749,63 грн
 Расходы стороны "Грузоотправитель" = 343,7 грн (45,85%)
 Расходы стороны "Перевозчик" = 354,86 грн (47,34%)
 Расходы стороны "Грузополучатель" = 51,07 грн (6,81%)

Для схеми 2 общі затрати становлять: 1050,9 грн
 Расходы стороны "Грузоотправитель" = 652,95 грн (62,13%)
 Расходы стороны "Перевозчик" = 265,46 грн (25,26%)
 Расходы стороны "Грузополучатель" = 48,88 грн (4,65%)
 Расходы стороны "Экспедитор" = 83,62 грн (7,96%)

Для схеми 3 общі затрати становлять: 1399,84 грн
 Расходы стороны "Грузоотправитель" = 345,57 грн (24,69%)
 Расходы стороны "Перевозчик" = 530,04 грн (37,86%)
 Расходы стороны "Грузополучатель" = 49,66 грн (3,55%)
 Расходы стороны "Экспедитор" = 58,65 грн (4,19%)
 Расходы стороны "Терминал" = 415,93 грн (29,71%)

Рисунок 4 – Результати розрахунку загальних витрат кожного учасника процесу доставки

Впровадження у виробництво нововведень дозволяє отримати ефект і підвищити ефективність. Економічний ефект від впроваджених заходів становить 233,41 грн. Синергетичний ефект для кожного учасника раціональної схеми доставки складає: вантажовідправник – 107,02 грн, перевізник – 110,49 грн, вантажоодержувач – 15,9 грн.

Список літератури:

1. Чухрай Н. Формування ланцюга поставок: питання теорії та практики. Монографія / Чухрай Н., Гірна О. – Львів: "Інтелект17.28 – Захід", 2007. – 232 с.
2. Северин О.О., Концепція формування автотранспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів / Северин О.О., Шуліка О.О. // Автомобільний транспорт: сб. науч. тр. - 2009. – Вип. 24. – С. 24-30.
3. Наумов В.С. Транспортно-экспедиционное обслуживание в логистических системах: монография / В.С. Наумов. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 220 с.
4. Горяинов А.Н. Описание структурной схемы перевозок грузов в междугородном сообщении / Горяинов А.Н. Федорова Т.Ф. // Харьковская национальная академия городского хозяйства – 2008.
5. Нагорний Є.В. Комерційна робота на автомобільному транспорті / Є.В. Нагорний Н. Ю. Шраменко: підручник. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 324 с.

УДК 656

ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ПО ТРАНСПОРТНОМУ КОРИДОРУ «ПІВДЕНЬ – ЗАХІД»

А.Г. Литвиненко, ст. гр. Т-41-14,
Є.В. Нагорний, проф., д-р. техн. наук
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Україна має вигідне географічне положення на шляху основних транзитних потоків між Європою та Азією, незамерзаючі чорноморські порти, розгалужену мережу залізних та автомобільних доріг, це створює всі необхідні умови для збільшення обсягів транзиту вантажів у напрямках Північ-Південь та Захід-Схід, а також подальшої інтеграції України в транспортну систему «Європа-Азія». Для України розвиток транзитних перевезень означає істотне збільшення надходжень до бюджету, є одним з реальних джерел фінансування транспорту. [1]

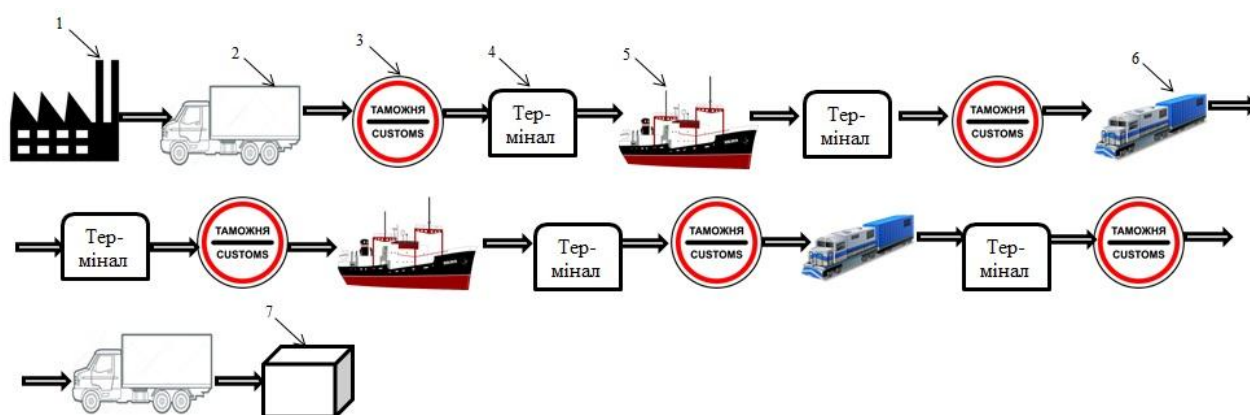
Аналіз робіт таких авторів, як Кисельова В.В., Єлагіна Ю.В, Пурлієва Є.С. [3, 4, 5] показав, що Україна володіє найбільшим в Європі показником транзиту (коефіцієнт – 3,75, у той час як у Польщі – 2,92), але використовує його не в повній мірі. Переконаність у цьому також ґрунтується на аналізі проблем, як світових, так і суто українських, які мають місце у зовнішньоторговельних зв'язках, діяльності залізних доріг, портів, пунктів пропуску і т. д.

Одним з перспективних напрямків поліпшення стану транзитних перевезень вантажів в Україні є впровадження нового транспортного коридору «Південь-Захід», пролягає від країн Індійського океану та Персидської затоки до Європи, а саме через країни: Індія – Перська Затока – Іран – Азербайджан– Грузія – Україна – Польща – Західна Європа. [2, 6]

Впровадження транспортного коридору «Південь-Захід» дозволить:

1. Полегшити доступ України та інших країн - учасників проекту до міжнародного ринку транспортно-логістичних послуг і сприяти залученню вантажів на даний маршрут.
2. Збільшити і зміцнити транспортний потенціал України та інших країн – учасників проекту.
3. Підвищити ефективність процесу доставки вантажів між Європою і країнами Індійського океану та Перської затоки.

Об'єктом дослідження є процес формування транспортно-технологічної схеми доставки вантажів по транспортному коридору «Південь-Захід» (рисунок 1).



1 – вантажовідправник; 2 – автомобільний транспорт; 3 – митниця; 4 – термінал; 5 – морський транспорт; 6 – залізничний транспорт; 7 – вантажоодержувач

Рисунок 1 – Транспортно – технологічна схема доставки вантажів по міжнародному транспортному коридору «Південь – Захід»

Транспортно – технологічний процес доставки вантажів по міжнародному транспортному коридору «Південь – Захід» можна представити у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Коротка характеристика маршруту доставки вантажів по міжнародному транспортному коридору «Південь – Захід»

Номер п/п	Ланки Маршруту	Вид транспорту	Відстань перевезення, км.	Витрати часу, дн.
1	Вантажовідправники – м. Мумбай	АТ	–	–
2	м. Мумбай – м. Бендер–Аббас – м. Астара	МТ	3834	7
3	м. Астара – м. Баку – м. Батуми	ЗТ	982	3
4	м. Батуми – м. Іллічівськ	МТ	1050	3
5	м. Іллічівськ – м. Славков	ЗТ	1364	2
6	м. Славков - Вантажоодержувачі	АТ	–	–
7	Сумарні показники		7230	15

Загальна протяжність по маршруту складатиме 7230 км., а витрати часу – 15 діб. На існуючих альтернативних маршрутах загальна протяжність є більшою на більш ніж 1000 км., а витрати часу складають 35-37 днів.

Для оцінки ефективності функціонування транспортно-технологічної схеми доставки вантажів по транспортному коридору «Південь-Захід» пропонується використовувати інтегрований показник, що враховує параметри транспортних витрат та часу:

$$C_i^* = (C_{ван} + C_m) \cdot (1 + \square)^n, \quad (1)$$

де C_i^* - оцінка вартості вантажу і його доставки з урахуванням фактора часу по i -му варіанту, що включає різні види транспорту, та витрати на доставку вантажів;

$C_{ван}$ – вартість вантажу, грн.;

$(1 + \square)^n$ - множник нарощення відсотків по відсотковій ставці за n періодів; $n = T/365$.

T - термін доставки, дн.

Процедура вибору варіанту транспортування по вказаному критерію є найбільш простою.

Якщо при виборі варіанту схеми доставки визначальними факторами стають кілька критеріїв, то процедура вибору проводиться з застосуванням методів розв'язання багатокритеріальних задач, які передбачають компроміс. Модель вибору включає можливість зміни системи критеріїв, завдання їх значимості (ранжування), знаходження найкращого рішення при рівній важливості всіх учасників критеріїв.

Транспортні витрати є сумою, яка включає витрати на основні операції, ризики та логістичне адміністрування:

$$C_{mi} = \sum_j^G C_{л.о.j} + C_{ризик} + C_{л.а.}, \quad (2)$$

де C_{Ti} - вартість транспортування від місця відправлення (зародження матеріального потоку) до місця призначення (споживання матеріального потоку) по i -му варіанту доставки, грн.;

G - кількість логістичних операцій (перевезення, навантаження-розвантаження, перевалка, експедирування вантажу, тимчасове зберігання, митне оформлення і т.п.), од.;

$C_{л.о.j}$ - витрати на виконання j -ї логістичної операції при транспортуванні по варіанту доставки, грн.;

$C_{ризик}$ - витрати, пов'язані з ризиками, грн.;

$C_{л.а.}$ - витрати на логістичне адміністрування (в тому числі із залученням посередника), грн..

Математична постановка задачі:

$$T_{mp} = T_{доб} + T_{стоб} = \sum T_{\delta ij} + \sum T_{\delta сlij} + \sum T_{ab} + \sum T_{сла} \rightarrow \min \quad (3)$$

де $T_{\delta ij}$ - час руху на i -тій ділянці транспортно-технологічної схеми з ви-користанням j -го виду транспорту, год.;

$T_{\delta сlij}$ - витрати часу на випадкові затримки під час руху, год.;

T_{ab} - витрати часу на виконання операцій з вантажем в a -тому пункті перевалки, год.;

$T_{сла}$ - витрати часу на можливі простої в a -тому пункті перевалки, год..

Обмеження:

- 1) $T_{tr} < T_{tr\max}$ - дотримання строків поставки по контракту між постачальником і споживачем;
- 2) $Q = q$ - повне освоєння вантажопотоку, який пропонує клієнт;
- 3) $Q < d$ - відповідність обсягу вантажопотоку переробній спроможності перевалочного комплексу d .

$$\begin{cases} T_{tr} < T_{tr\max}, \\ Q = q, \\ Q < d \end{cases}$$

Список літератури:

1. Нагорний Є.В. Транспортно–експедиторська діяльність / Є.В. Нагорний, Д.В. Ломотько, Н.Ю. Шраменко та ін.: підручник. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 352с.
2. Бондарчук О.О. Методичні рекомендації по підвищенню ефективності формування транспортно-технологічної схеми доставки вантажів в умовах змішаних перевезень. [Електронний ресурс]. – <http://tekhnosfera.com/view/505732/a?#?page=22>.
3. Транзитний потенціал України: проблеми й перспективи– Кисельов В.В.: наукова стаття.– Х.: Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна, №851, 2009. – 94с.
4. Проблемий перспективи України в транзитних перевезеннях між Європою та Азією – Єлагін Ю.В, Пурлієв С.С.: наукова стаття – Х.: Вісник економіки транспорту і промисловості УкрДАЗТ, №42, 2013. – 149с..
5. Економічна кон'юнктура українського газового транзиту – Щеголькова А.А.: наукова стаття – М.: Вісник МГТУ ім. Н. Е. Баумана, №3, 2015. – 570с.
6. Журнал «Транспорт» - К.: ДП «Преса», №9, 2016.с.

УДК 656.07

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПО ФОРМУВАННЮ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИМ ЦЕНТРОМ

Ю.В. Бондаренко, ст. гр. Т-51-17_МАГ,

О.В. Павленко, доц., канд. техн. наук

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Одним з основних напрямків підвищення конкурентоспроможності та розвитку транспортної галузі є розробка та впровадження нових технологій функціонування системи доставки вантажів з урахуванням ресурсозбереження.

В процесі взаємодії суб'єктів транспортного ринку спостерігається різноспрямованість їх цілей. Тому при організації транспортного обслуговування необхідний пошук оптимальних технологічних рішень, спрямованих на досягнення компромісу, раціоналізації взаємодії і балансу інтересів учасників транспортного процесу за участі транспортно-логістичного центру (ТЛЦ).

Технологічний процес доставки вантажів окрім основних операцій, містить у собі великий комплекс додаткових, стосовно транспортного процесу, операцій [1]. Вид і обсяг цих операцій, виконуваних при перевезенні вантажів, різні. Вони обумовлюються характером і видом перевезених вантажів. При комплексному транспортно-логістичному обслуговуванні (ТЛО) вважають, що основні транспортно-логістичні послуги можна згрупувати за наступними напрямками: укладання договорів на ТЛО; вибір найбільш раціональних видів транспорту; платіжно-розрахункові операції; приймально-здавальні

операції й оформлення документації; митні операції; інформування учасників транспортного процесу про рух вантажу; перевалка вантажу з одного виду транспорту на інший; оформлення актів про виявлення дефектів вантажу; перевезення вантажів; збереження; навантаження-розвантаження; упакування; сортування; затарювання; супровід; маркування; передача вантажу. Більшість з перерахованих операцій не пов'язані між собою і можуть виконуватися як однією, так і декількома різними організаціями. Однак практика роботи підтверджує доцільність виконання усіх функцій, пов'язаних із процесом переміщення вантажу, спеціалізованими транспортно-логістичними центрами. Така організація роботи цілком звільняє відправників вантажу і вантажоодержувачів від виконання функцій, пов'язаних з доставкою вантажу, сприяє значному поліпшенню транспортного процесу. Однак з цього не випливає, що ТЛЦ повинні виконувати весь перелік допоміжних операцій, що супроводжують організацію і здійснення транспортного процесу.

Під ресурсами підприємства (ТЛЦ) слід розуміти сукупність тих природних, матеріально-технічних, трудових, фінансових, інформаційних, тимчасових сил і можливостей, які використовуються в процесі створення товарів, послуг і інших цінностей. Склад ресурсів повинен розглядатися з урахуванням всіх можливих підходів до їх класифікації. Тільки чітке уявлення про сутність і склад всіх ресурсів дає можливість менеджменту підприємства домогтися максимального ефекту управління.

Розглядаючи класифікаційні ознаки ресурсів, виділимо матеріальні та трудові ресурси ТЛЦ: склад ТЛЦ, навантажувально-розвантажувальні механізми (НРМ), транспортні засоби, робітники (диспетчер, водій). Побудуємо схему технологічного процесу доставки вантажу у міжміському сполученні ТЛЦ, який виконує основні операції: обробка замовлення (отримання заявки, оформлення документів, підбір транспортного засобу (ТЗ)), подача ТЗ до пункту навантаження у вантажовідправника (ВВ), навантаження вантажу в ТЗ, перевезення вантажу до складу ТЛЦ, розвантаження на складі ТЛЦ, збереження вантажу на складі ТЛЦ, підготовка вантажу на складі ТЛЦ до перевезення, навантаження вантажу на складі ТЛЦ на ТЗ, перевезення до вантажоодержувача (ВО), розвантаження та передача вантажу ВО (рис.1).

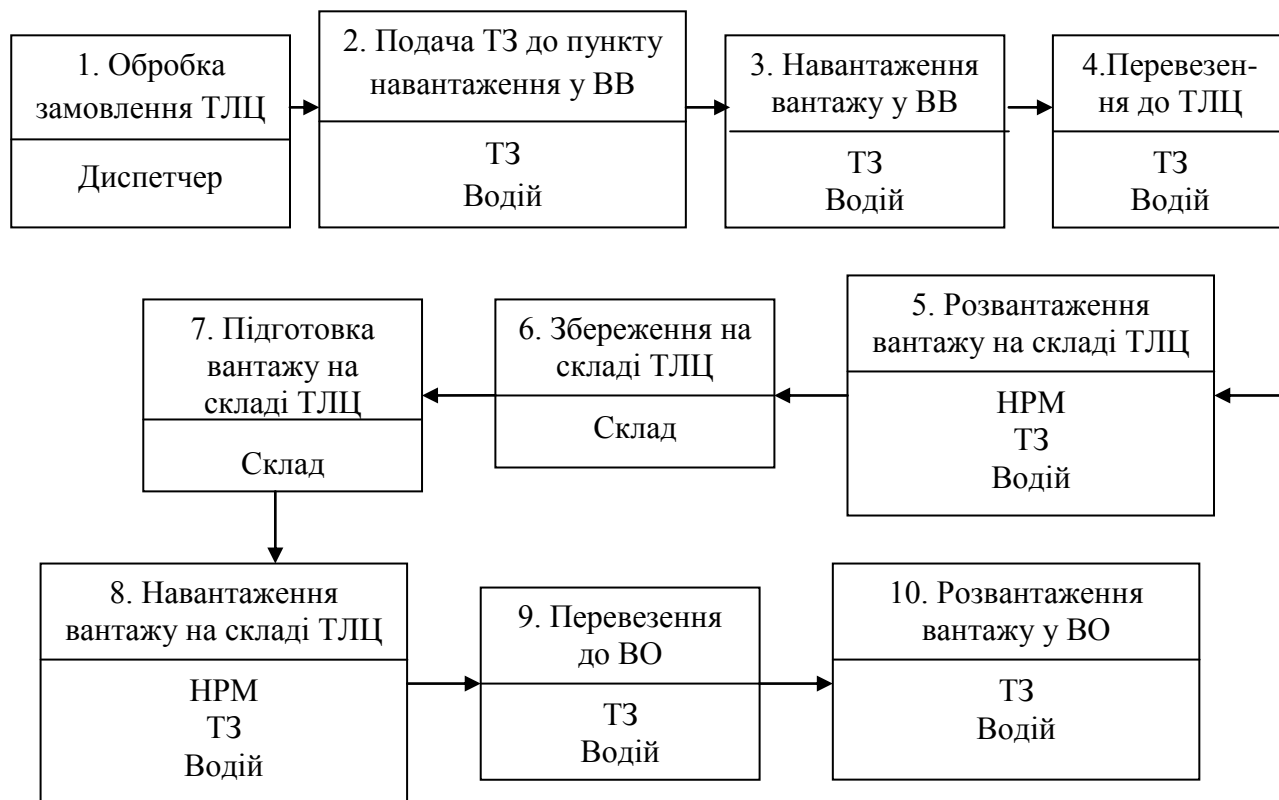


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу доставки вантажу у міжміському сполученні ТЛЦ з урахуванням задіяних ресурсів

Процес функціонування процесу доставки вантажу у міжміському сполученні транспортно-логістичним центром можна представити у вигляді моделі. Для того, щоб оцінити вплив вхідних параметрів та зовнішніх факторів на елементи процесу доставки та в цілому на витрати транспортно-логістичного центру необхідно представити об'єкт дослідження у вигляді моделі «біла скриня» (рис.2). Такий спосіб представлення дозволить визначити, наприклад, вплив зовнішніх факторів (обсяг замовлення, відстань перевезення (від ВВ до ТЛЦ, від ТЛЦ до ВО) на критерій ефективності – витрати.

На рис.2 прийняті наступні параметри:

1) параметри зовнішнього середовища: обсяг замовлення (Q_z), відстань перевезення від ВВ до ТЛЦ (l_{vv}) та відстань перевезення від ТЛЦ до ВО (L_{tlc});

2) керовані параметри: робітничий ресурс (K_r), кількість НРМ (N_m) кількість технічних засобів (TZ);

3) параметр оцінки (критерій ефективності) – витрати ТЛЦ на доставку вантажу (V_d).

Цифрами 1, 2, ..., 10 вказані відповідні технологічні операції, які раніше представлені на рис.1.

Витрати ТЛЦ на доставку вантажу знаходяться за формулою

$$V_d = V_{oz} + V_{ptz} + V_{nav}^{vv} + V_{per}^{tlc} + V_{rozv}^{tlc} + V_{zb}^{tlc} + V_{pid}^{tlc} + V_{nav}^{tlc} + V_{per}^{vo} + V_{rozv}^{vo}, \quad (1)$$

де V_{oz} – витрати на обробку замовлення ТЛЦ, грн;

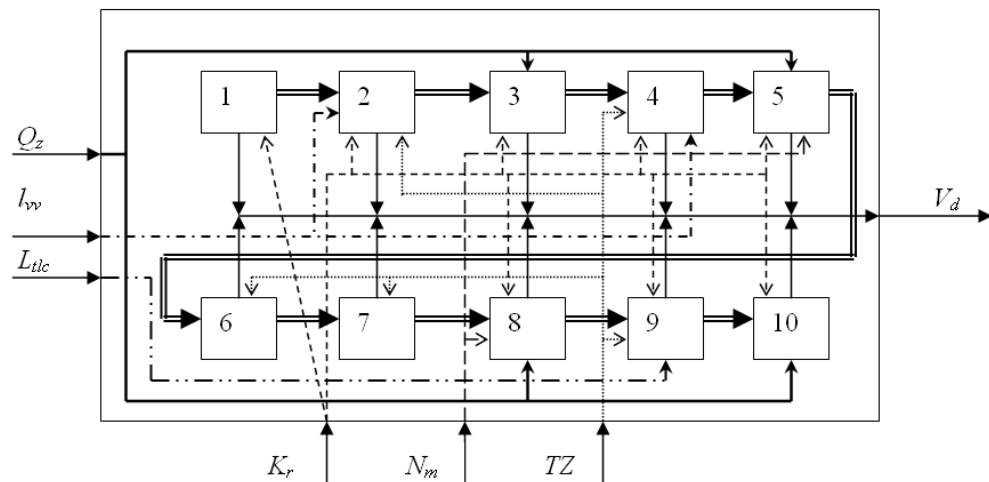
V_{ptz} – витрати на подачу ТЗ до пункту навантаження у ВВ, грн;

V_{nav}^{vv} – витрати на навантаження вантажу у ВВ, грн;

V_{per}^{tlc} – витрати на перевезення до ТЛЦ, грн;

V_{rozv}^{tlc} – витрати на розвантаження вантажу на складі ТЛЦ, грн;

V_{zb}^{tlc} – витрати на збереження на складі ТЛЦ, грн;



- ====> - зв'язки між елементами системи;
- ====> - зв'язки між елементами та оціночним показником (критерієм ефективності);
- > - зв'язки між керованою змінною – робітничий ресурс та відповідними елементами;
- > - зв'язки між керованою змінною – кількість НРМ та відповідними елементами;
-> - зв'язки між керованою змінною – кількість технічних засобів (ТЗ, склад) та відповідними елементами;
- ====> - зв'язки між зовнішнім фактором – обсяг замовлення та відповідними елементами;
- . - .> - зв'язки між зовнішнім фактором – відстань перевезення від ВВ до ТЛЦ та відповідними елементами;
- . . .> - зв'язки між зовнішнім фактором – відстань перевезення від ТЛЦ до ВО та відповідним елементом.

Рисунок 2 – Модель «біла скриня» процесу доставки вантажу ТЛЦ

V_{rozv}^{tlc} – витрати на розвантаження вантажу на складі ТЛЦ, грн;

V_{zb}^{tlc} – витрати на збереження на складі ТЛЦ, грн;

V^{tlc}_{pid} – витрати на підготовку вантажу на складі ТЛЦ, грн;
 V^{tlc}_{nav} – витрати на навантаження вантажу на складі ТЛЦ, грн;
 V^{no}_{per} – витрати на перевезення до ВО, грн;
 V^{no}_{rozv} – витрати на розвантаження вантажу у ВО, грн.

Запропонована технологічна схема доставки вантажу ТЛЦ у міжміському сполученні, яка включає операції по перевезенню від ВВ до ТЛЦ, складування на ТЛЦ, перевезення від ТЛЦ до ВО, з урахуванням ресурсів, що використовуються на кожному етапі (людські та матеріальні). Так, наприклад, при виконанні розвантаження вантажу на складі ТЛЦ задіяні навантажувально-розвантажувальні механізми (НРМ), транспортний засіб, який простоює в очікуванні та водій, який приймає участь в цій операції для оформлення документів, перевірки та контролю розвантаження. Процес формування ресурсозберігаючої технології доставки вантажів транспортно-логістичним центром представлено у вигляді моделі – «біла скриня», яка враховує вплив вхідних параметрів та зовнішніх факторів на елементи процесу доставки та в цілому на параметр оцінки - витрати транспортно-логістичного центру. Запропонований критерій визначення ресурсозберігаючої технології враховує витрати на виконання всіх технологічних операцій, з урахуванням використання ресурсів і не тільки нашого ТЛЦ (складської системи), а і іншого підприємства з таким же переліком технічних та технологічних можливостей.

Список літератури

1. Гонтаренко Ю.О. Оцінка доцільності роботи транспортно-логістичного центру на ринку транспортних послуг / Павленко О.В. Калініченко О.П., Потаман Н.В., Гонтаренко Ю.О. Інформаційні технології та системи управління. Том 6. № 3 (20) Харків. – 2014 с. 40-43

УДК 656.073

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ

О.О. Шуліка, к.т.н., асистент,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Кризові умови економіки України, складність організації міжміських перевезень вантажів, повільне вдосконалення транспортних технологій та їх недостатня пов'язаність з виробничими, торгівельними, складськими технологіями призвели до необхідності розробки та застосування нових підходів до вирішення проблем транспорту.

В межах ринку міжміських перевезень України з точки зору логістичного підходу при організації процесу доставки вантажів необхідно враховувати інтереси всіх учасників процесу доставки при досягненні мінімальних витрат на її реалізацію.

Для підвищення ефективності процесу доставки вантажів у міжміському сполученні автомобільним транспортом за рахунок його формування на основі логістичних принципів у якості основної складової частини процесу доставки у роботі розглядається проектування оптимального процесу доставки. Використання оптимальної транспортної технології дозволить отримати максимальний ефект для всіх учасників транспортного процесу [1].

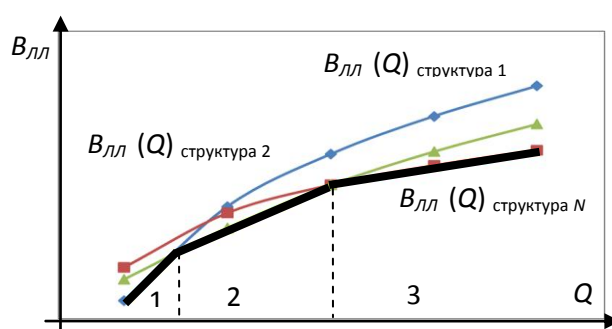
Формування оптимальної транспортно-технологічної схеми доставки (ТТСД) вантажів автомобільним транспортом у міжміському сполученні виконується з урахуванням переважно технологічних та фінансових можливостей вантажовласників та учасників, які задіяні у процесі доставки вантажів. Організація оптимальної ТТСД з одного боку впливає на прогноз обсягів перевезення вантажу, з іншого, враховує аналіз наслідків застосування варіанту технології для відправників та одержувачів для коригування управлінського впливу. Визначення оптимальних областей використання ТТСД вантажів дозволить вантажовласникам або експедиторам в оперативному режимі прийняти рішення щодо використання оптимальної технології доставки.

Методика визначення оптимальних областей використання ТТСД вантажів складається з трьох етапів. На першому етапі шляхом проведення повнофакторного експерименту з урахуванням моделювання параметрів потоку заявок визначаються оптимальні ТТСД (за обраним критерієм ефективності) для різних варіантів комбінації учасників процесу доставки з повної сукупності альтернативних ТТСД [1].

На другому етапі сукупності оптимальних ТТСД визначаються ті, які найбільш часто зустрічаються для заявок із заданими характеристиками (ймовірність їх використання яких перевищує 0,01).

На третьому етапі виконується регресійний аналіз з метою визначення регресійних моделей залежності загальних витрат від параметрів потоку заявок на транспортне обслуговування та визначаються оптимальні області використання схем доставки, тобто визначаються інтервали параметрів потоку заявок, при яких значення критерію ефективності є оптимальними.

Принцип механізму визначення оптимальних областей використання ТТСД вантажів представлена на рис. 1.



Q – параметр потоку заявок, обсяг партії вантажу, т;

$V_{лл}(Q)$ структура N – функція залежності критерію ефективності (загальних витрат на реалізацію N -ої ТТСД) від параметру потоку заявки (обсяг партії вантажу);

1, 2, 3 – області оптимального використання ТТСД.

Рисунок 1 – Принцип визначення оптимальних областей використання ТТСД

Таким чином, запропонована методика визначення оптимальних областей використання ТТСД вантажів дасть змогу вантажовласникам в оперативному режимі приймати рішення як щодо використання оптимальної технології доставки вантажів у міжміському сполученні автомобільним транспортом, так і щодо можливості або необхідності залучення тих чи інших підрядників для здійснення процесу доставки.

Список літератури

1. Ye. Nagornyi. The model of choosing optimal intercity delivery schemes for packaged cargo with the use of road transport / Ye. Nagornyi, V. Naumov, O. Shulika // Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. – Харьков, 2014. – Вып. 35 – С.110–115.

УДК 621.791.92

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ КАЛІБРУЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ ШАРОШКОВИХ ДОЛІТ ПОРОШКОВИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ

Іванов О.О. аспірант,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Грунт О.А. студент групи ТЗВ-14-1,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Присяжнюк П.М. канд. техн. наук, доцент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Перспективним методом зміцнення калібруючих поверхонь породоруйнівних інструментів є наплавлення порошковими електродними матеріалами. Це обумовлено тим, що отримані покриття характеризуються високою твердістю (>60 HRC) та, відповідно, зносостійкістю. Метод дозволяє проводити наплавлений шар товщиною до 3 мм за один прохід, не потребує особливого обладнання, та додаткової підготовки поверхні. Також важливим є те, що можна легко прогнозувати та регулювати кінцеві властивості змінюючи склад та процентний вміст вихідних елементів у порошкових електродах.

Для досліджень було вибрано серійні безвольфрамкові електроди ЕП-ТБ-2-40, Івано-Франківського виробництва підприємства МНВЦ «Епсілон». Стальна оболонка електроду виготовлена зі сталі 08кп, хімічний склад електроду вказаний в таблиці 1.

У результаті проведених досліджень було запропоновано додаткове легування складу шихти електродних матеріалів, для підвищення їх твердості та надання стійкості до утворення та розповсюдження тріщин. Порівняльний склад вказано в таблиці 1. Як легуючий елемент було вибрано ванадій, який додавався у вигляді монокарбїду та мононітриду ванадію.

Таблиця 1 – Хімічний склад порошкових електродів

	вміст хім. елементу, % мас.								
	Ti	Cr	B	C	Ni	Si	VN	VC	Fe
ЕП-ТБ-2-40							–	–	

ЕП-ТБ-2-40 VN	6	2	6	2,2	1	1	5	–	решта
ЕП-ТБ-2-40 VC							–	5	

Результати визначення твердості приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Значення твердості досліджуваних електродів

	Твердість, HRC
ЕП-ТБ-2-40	57-60
ЕП-ТБ-2-40 VN	57-63
ЕП-ТБ-2-40 VC	60-65

Таким чином, можна зробити висновок, що легування серійних електродів ванадієм шляхом введення його у шихту у вигляді карбіду дозволяє підвищити його твердість, не збільшуючи крихкість. Це позитивно відображається на його абразивній зносостійкості в умовах динамічних навантажень.

Список літератури

1. Абубакиров В.Ф., Близнюков В.Ю. Буровое оборудование. Справочник. Том 2. Буровой инструмент. М: Недра, 2003 г., 494 стр.
2. <http://www.epsilon.ltd.ua/index.php/main-ukr>

УДК 621.762

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТОРЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ НАСОСІВ ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛОКЕРАМІЧНИХ КОМПОЗИТІВ

Данчук Ю.М. студент групи ТЗВ-14-1,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Присяжнюк П.М. канд. техн. наук, доцент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Енергетична безпека нашої держави забезпечується високим рівнем надійності обладнання для транспортування та переробки нафти. Оскільки обладнання, що використовується при цьому є імпортне то суттєві витрати приносить заміна швидкозношувальних деталей нафтогазового обладнання (в тому числі насосного).

Основною проблемою, яка виникає при експлуатації відцентрових насосів є крихке руйнування кілець торцевих ущільнень внаслідок терморозтріскування, що зумовлено низькою тріщиностійкістю традиційних матеріалів в умовах зношування, сухого тертя, а також не дотримання технічних вимог щодо їх експлуатації.

Було запропоновано технологічно виготовлення кілець торцевих ущільнень методом порошкової металургії із використанням матеріалів, які не є дефіцитними у сучасних умовах, а саме карбіду хрому та марганцевого мельхіору. Цей процес включає такі етапи:

1. Пластифікація порошку карбіду хрому;
2. Пресування;
3. Попереднє спікання;
4. Просочування розплавом марганцевого мельхіору;
5. Алмазне шліфування.

За рахунок цього було розроблено стенд для дослідження термостійкості та коефіцієнту тертя. Етапами монтажу кільця є:

1. Встановлення кільця у корпус;
2. Встановлення пружних елементів;
3. Закріплення кільця у корпусі;
4. Монтаж торцевого ущільнення на вал машини тертя СМЦ-2.

Загальний вигляд стенду для дослідження торцевих ущільнень:



1 – торцеве ущільнення; 2 – термопара; 3 – індукційний датчик моменту тертя; 4 – обертач машини СМЦ-2; 5 – мультиметр *UT-78B* з аналогово-цифровим перетворювачем; 6 – блок управління машини СМЦ-2; 7 – персональний комп'ютер

Рисунок 1 - Стенд для досліджень кільця торцевих ущільнень

На основі вирішення математичної моделі (рівняння Фур'є) було встановлено, що рівень тепловиділень запропонованої пари кільця (кераміка – металокераміка) є майже утричі нижчим ніж традиційна пара (кераміка – кераміка). Дані експериментальних досліджень співпадають із теоретичними розрахунками.

Аналіз літературних джерел показав, що мідно-нікель-марганцеві сплави є перспективними матеріалами для використання, як зв'язки у керметах, тугоплавкими складовими яких є карбіди Cr_3C_2 , VC , Mo_2C , WC , TaC , NbC , отриманні шляхом просочування пористого карбідного каркасу. Проведені триботехнічні дослідження свідчать про високі антифрикційні властивості кермету Cr_3C_2 -МНМц 60-20-20, у порівнянні з керметами на основі карбіду вольфраму, що використовуються у даний час для виготовлення торцевих ущільнень. Розроблений кермет Cr_3C_2 -МНМц 60-20-20 рекомендується застосовувати як матеріал для виготовлення торцевих ущільнень насосів для перекачування слабоагресивних середовищ.

Список літератури

1. Присяжнюк, П. М. Розробка металокерамічного матеріалу для вузлів тертя нафтогазового обладнання / П. М. Присяжнюк, А. О. Криль, Я. А. Криль // Нафтогазова енергетика. – 2008. – № 4. – С. 75-78.
Присяжнюк, П. М. Формування структури керметів Cr_3C_2 -МНМц 60-20-20 / П. М. Присяжнюк, Т. А. Шіхаб, В. Г. Панчук // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 43-47

УДК 620.17

ВПЛИВ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ СТАЛІ 17Г1С

Козиренко І.Ю. студент групи ТЗВ-14-1,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Метою даного дослідження є вплив температури на стійкість до утворення і розвитку тріщин сталі 17Г1С при динамічних навантаженнях.

Сталь 17Г1С – конструкційна низьколегована кремніймарганцевого сплаву, спеціального призначення для зварних конструкцій. Зварюваність даного матеріалу не має обмежень, а його випуск проводиться в найбільш зручних формах прокату: листового (по ГОСТам 19282-73, 19903-74 і ГОСТ 5520-79), а також у вигляді смуг (по ГОСТу 82-70). Завдяки особливому хімічному складу сталі 17С1Г, можуть працювати як під високим тиском, так і у відносно великому діапазоні температур - від -40°C до $+475^{\circ}\text{C}$.

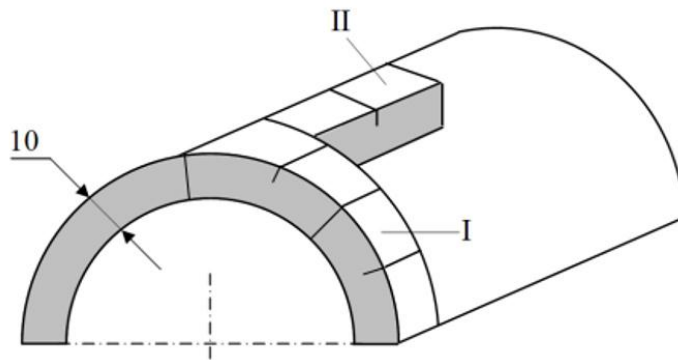


Рисунок 1 - Схема вирізання зразків Шарпі з магістрального трубопроводу

Ударну в'язкість експериментально визначали на зразках Шарпі розміром $10 \times 10 \times 55$ мм на маятниковому копрі РКР - 300. Радіус V-подібного надрізу становив $0,25 \pm 0,025$ мм. Зразки для досліджень вирізали з магістрального газопроводу "Київ-Захід України 1" після 40 років експлуатації у повздовжньому та поперечному напрямках. Діаметр трубопроводу становив 1020 мм з товщиною стінки 10 мм.

В даній роботі досліджувалося:

1. Початкові механічні характеристики сталі 17Г1С магістрального газопроводу "Київ-Захід України 1".
2. Ударна в'язкість сталі 17Г1С магістрального газопроводу "Київ-Захід України 1" визначена при температурі -40°C .
3. Виявлена також залежність ударної в'язкості КСВ сталі 17Г1С від випробувальних температур ($-60, -30, 20^{\circ}\text{C}$).
4. Вплив динамічного навантаження на зразки Шарпі виготовленні зі сталі 17Г1С при температурі 20°C та -30°C .
5. Вплив динамічного навантаження на зразки Шарпі виготовленні зі сталі 17Г1С при температурі -30°C та зміни енергії руйнування з часом при температурах ($-60, -30, 20^{\circ}\text{C}$).
6. Вплив низьких температур на ударну в'язкість зразків сталі 17Г1С вирізаних у повздовжньому та поперечному напрямках.

Висновки:

1. Проведені випробування зразків сталі 17Г1С магістрального газопроводу за температур 20, -30, -40, -60 °С.
2. Виявлено, що зниження температури випробування викликає зменшення енергії необхідної для зародження та поширення тріщини при динамічному руйнуванні.
3. Найбільш чутливими до низьких температур є зразки типу I, в яких енергія для зародження тріщини в разі зниження температури від 20 до -60 °С зменшується в 12 разів.
4. Необхідна енергія для поширення тріщини в цьому випадку зменшується лише в 1,8 рази.
5. Для зразків типу II таке зниження температури викликає менший ефект. Зокрема, енергія для зародження тріщини в разі зниження температури від 20 до -60 °С зменшується в 1,4 рази, а необхідна енергія для поширення тріщини в 4,1 рази.

УДК 620.18

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ НАПЛАВЛЕНИХ ШАРІВ НА ОСНОВІ ВИСОКОМАРГАНЦЕВОЇ СТАЛІ В УМОВАХ АЕРОАБРАЗИВНОЇ ЕРОЗІЇ

Мельник А.Я. студент групи ТЗВ-14-1,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Цап І.В. канд. техн. наук, доцент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Економія матеріалу у сучасному машинобудівному виробництві є однією з головних задач, які повинні вирішувати інженери з різних галузей і підприємств. Одним із найефективніших способів виготовити надійну деталь яка володіє необхідними характеристиками і при цьому дозволяє зменшити витрату більш якісної і відповідно дорожчої сталі – це технологія наплавлення шару металу з кращими фізико-механічними властивостями на менш якісну сталеву підкладку зі звичайної вуглецевої сталі. Наплавлення покриттів служить для отримання на поверхні виробів шару з потрібними властивостями, а основний метал забезпечує необхідну конструкційну міцність. Шар наплавленого металу надає особливих заданих властивостей: зносостійкість, жаротривкість, жароміцність, корозійну стійкість тощо.

Одним із способів покращити техніко-економічні властивості деталі, що працює в умовах ударних навантажень є наплавлення верхнього робочого шару із високомарганцевої сталі з аустенітною структурою, що досягається за рахунок інтенсивного зміцнення під час пластичної деформації. Ця сталь, яка ще відома під назвою сталь Гадфільда, містить 11-14% Mn і 0.9-1.3% вуглецю. Вона характеризується високою зносостійкістю при ударних та ударно-динамічних навантаженнях. Із неї виготовляють траки гусеничних машин, зуби ковшів екскаваторів, футировку дробарок, деталі гірничого устаткування, що працюють на зношування в умовах ударно-абразивного зношування, високого тиску та ударів.

Сама сталь Гадфільда хоч і характеризується високою зносостійкістю і при прямих ударах вона зміцнюється, проте ця сталь має низьку твердість у діапазоні 200-250 НВ. Тому важливим постає питання про збільшення її твердості. І досягти цього ми можемо наплавленням більш твердого покриття з хорошими зносостійкими характеристиками. Ця проблема є досить актуальною, і нею активно займаються багато науковців, в тому числі і в нашому університеті. В ході роботи із сталлю Гадфільда перед розробниками стояла наступна мета:

- Розробити нові електродні матеріали на основі високомарганцевої сталі, армованої надтвердими сполуками титану;
- Розробити нові сплави з високою твердістю та зносостійкістю, які було б доцільно використовувати в умовах ударно-абразивного зношування;

- Провести дослідження мікроструктури та випробувати на зносостійкість отриманий наплавлений шар.

Для досягнення структури зміцненого аустеніту в поверхневому шарі раціонально використовувати порошкові дроти з елементним складом, що забезпечує необхідний фазовий склад та властивості [3]. Наявність сильних карбідоутворюючих елементів, таких як Nb, Ti, V і т. д. у порошкових дротах із підвищеним вмістом марганцю сприяє забезпеченню зносостійкості.

Дослідження проводились наступним чином: високомарганцеві наплавлені шари наносились на м'яку сталеву підкладку порошковими дротами, що містили ферросилікомарганець марка MNS17 (~ 10-15% Si, ~ 65% Mn, ~ 2,5% C, Fe–решта), графіт, бор і титановий порошок у концентраціях, необхідних для отримання поверхневому шарі сталі зі структурою марганцевого аустеніту, армованого 15% титанових тугоплавких сполук. Покриття наносилось в один шар товщиною 3 мм. Наплавлення проводили на постійному струмі величиною 160-180 А. Структуру отриманого твердого сплаву вивчали за допомогою скануючого електронного мікроскопа ZEISSEVO 40XVP з системою рентгенівського випромінювання мікроаналізу INCA Energy. Твердість вимірювали методом Роквелла на приладі ТК-2 (шкала А). Розмір зерен керамічних фаз вимірювали методом випадкових січних з використанням програмного забезпечення ImageJ. Лабораторні випробування на зносостійкість проводили на відцентровому прискорювачі абразивних частин. Прямокутні тестові зразки 8 (розмір: 20 мм × 15 мм × 5 мм) фіксували при куті атаки 30° до диска, що обертається зі швидкістю 6000 об/хв, на який з бункера подавали кварцовий пісок. Зносостійкість оцінювалася за втратою маси під час абразивної ерозії.

Дослідження показало, що мікроструктура поверхнього шару містить рівномірно розподілені грановані керамічні частинки всередині матриці, як показано на рис. 1.

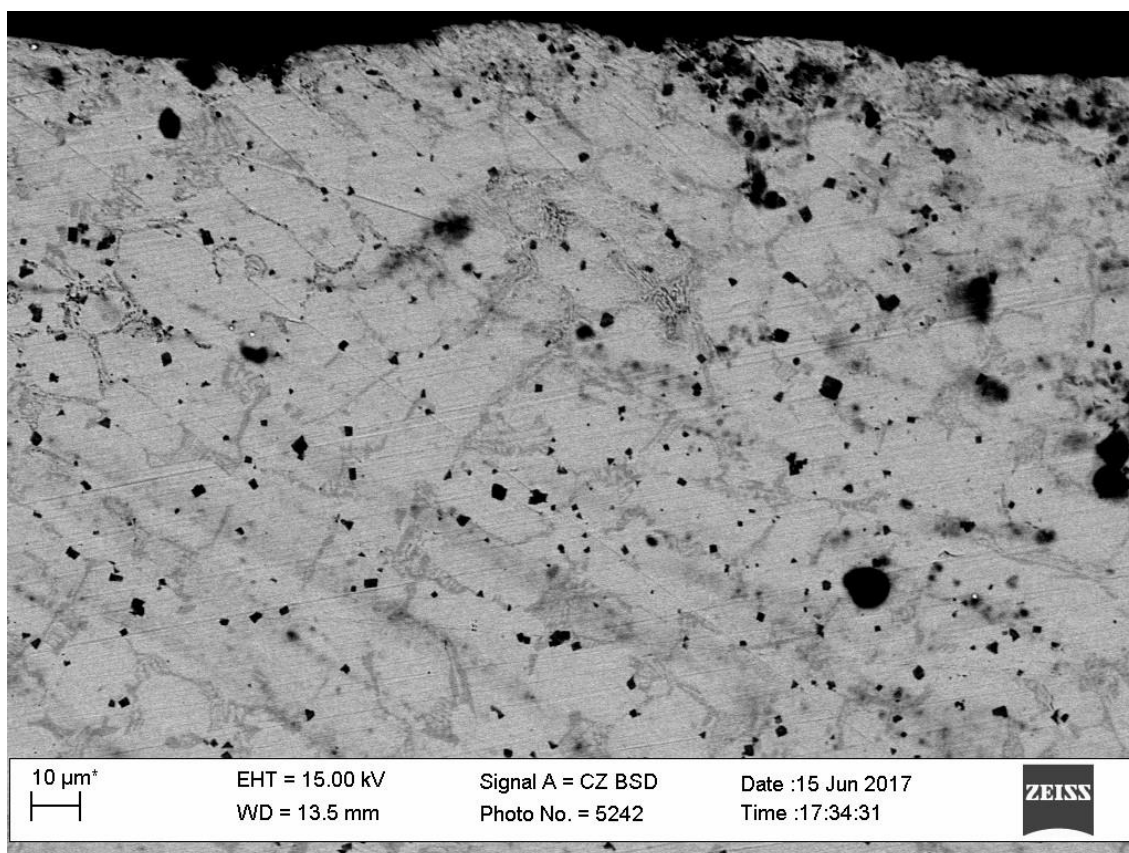


Рисунок 1 – Мікроструктура наплавленого шару

Середній розмір зерна керамічних включень становить приблизно 2 мкм. Результати хімічного аналізу показують, що матриця наплавленого шару містить марганцевий аустеніт

зі здатністю до деформаційного зміцнення і збагачення Fe-Mn евтектикою, легованою Si, розподіленим на межах зерен аустеніту. Макротвердість нанесеного шару становить приблизно 84 HRA, при цьому твердість основи знаходиться в діапазоні 150-200 HV. Така різниця в твердості обумовлена насамперед наявністю тугоплавких сполук титану.

Результати випробувань на зносостійкість показують, що наплавлений шар з порошкового дроту на основі високо марганцевої сталі має вищу зносостійкість порівняно з чистою сталлю Гадфільда та серійними сплавами на основі системи Fe-Cr-C.

Результати аналізу методом скануючої електронної мікроскопії морфології покриття після випробувань на зносостійкість (рис. 2) показують, що в поверхневому шарі немає тріщин або інших слідів крихкого руйнування. Це може бути пов'язано з деформаційним зміцненням аустеніту у верхній частині наплавлених шарів.

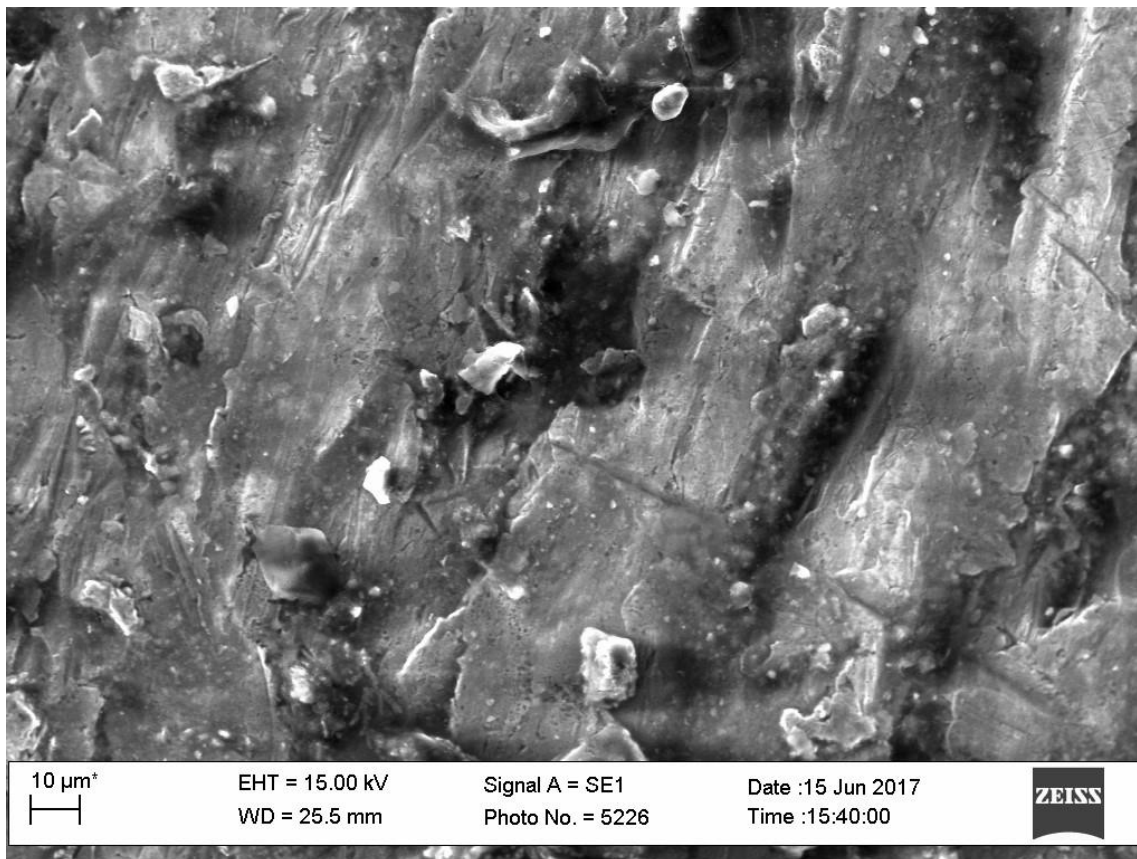


Рисунок 2 – Зношена поверхня після випробувань на зносостійкість наплавленого шару

Результати випробувань на абразивну ерозію показали, що присутність боридів титану і цирконію підвищує зносостійкість покриття у 1,5-2 рази в порівнянні із серійним сплавом Fe-Cr-C і чистою сталлю Гадфільда. На покриттях не виявлено утворення тріщин або пор. Розроблені матеріали можна вважати альтернативою матеріалів на основі вольфраму для деталей гірничодобувного обладнання, яке працює в умовах ударно-абразивного зносу.

Список літератури

1. Chotěborský, R., Hrabě, P., Müller, M., Savková, J., & Jirka, M. (2008). AbrasivewearofhighchromiumFe-Cr-C hardfacingalloys. *ResearchinAgriculturalEngineering*, 54(4), 192-198
2. Kryl, Y. A., & Prysyzhnyuk, P. M. (2013). StructureformationandpropertiesofNbC-Hadfieldsteelcermets. *JournalofSuperhardMaterials*, 35(5), 292-297.
3. Jilleh, A., Babu, N. K., Thota, V., Harun, M. K., & Talari, M. K. (2013). MicrostructuralandmechanicalpropertiesinvestigationofTiCreinforcedhardfacealloydepositedonmildsteelsubstrate. *TransactionsoftheIndianInstituteofMetals*, 66(4), 433-436.

**РОЗРОБЛЕННЯ ЗНОСОУДАРОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ
ВИСОКОМАРГАНЦЕВОЇ СТАЛІ ЗМІЦНЕНОЇ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

Юрків В.В. студент групи ТЗВ-14-1,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Присяжнюк П.М. канд. техн. наук, доцент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Одним із продуктивних методів створення зносостійких покриттів на сталевих поверхнях є електроіскрове легування композиційними матеріалами. Цей метод найбільш широко застосовується для зміцнення робочих поверхонь інструментів із вуглецевих та швидкорізальних сталей, як електродні матеріали для зміцнення у даний час застосовують тверді сплави системи карбід вольфраму-кобальт, сплави типу ВК. Покриття із цих матеріалів мають високу зносостійкість при зміцненні ріжучого інструменту, однак при динамічних навантаженнях, яке має місце зокрема при експлуатації пуансонів вирубних штампів їх стійкість є незадовільною через низьку тріщиностійкість.

У роботі використовували карбідосталі отримані методом порошкової металургії, які відрізнялись кількістю та видом карбідної фази, покриття наносили на 5-тому режимі установки МП – ЄЛ2 на сталь, у процесі нанесення кожного см² протягом 1 хв. зважували електрод та зразок. Мікроструктуру зразків вивчали методом електронної мікроскопії, а їх мікротвердість визначали із використанням твердоміру ПМТЗ оснащеного цифровою камерою-окуляром.

Результати досліджень мікроструктури показують, що структура електроду на основі карбиду молібдену складається із крупних зерен карбідної фази у тонких прошарках між якими знаходиться сталь, а покриття представляє собою білий шар товщиною 80-100 мкм, збагачений молібденом та марганцем, однак у покритті міститься значна кількість пор та тріщини напрямлені по нормалі до основного металу.

Електродний матеріал на основі карбиду ванадію представляє собою карбідні зерна округлої форми рівномірно розташовані у сталевій матриці, а покриття представляє собою шар товщиною 50-60 мкм збагачений ванадієм та марганцем, у шарі виявлено карбідні включення пори та тріщини відсутні.

Електродний матеріал на основі карбиду ніобію представляє собою зерна карбідної фази форми близької до кубічної, рівномірно розташовані у сталевій матриці, а покриття представляє собою шар товщиною близько 80 мкм збагачений ніобієм та марганцем, частинки карбідів у покритті рівномірно розподілені та мають округлу форму. У покритті відсутні тріщини, однак наявні пори.

Аналіз кінетики масо переносу показує, що при збільшенні тривалості обробки приріст маси покриття на основі карбиду ніобію описується кривою з максимумом, який припадає на значення 3 хв/см². Для покриття на основі карбиду молібдену найбільш масоперенос спостерігається на початковому етапі, далі, протягом 2 хв величина приросту стабілізується, а після 3 хв. Величина приросту починає монотонно знижуватись. Для покриття на основі карбиду ванадію після 2 хв обробки спостерігається зниження масопереносу, однак після цього спостерігається його зростання та стабілізація після 5 хв. на рівні близько 45 %.

Результати вимірювання мікротвердості показують, що серед досліджених найвищою твердістю характеризуються покриття на основі карбиду ванадію, а найнижчою на основі карбиду молібдену, однак при цьому товщина покриттів на основі карбиду ванадію є практично

удвічі меншою. Покриття на основі карбиду ніобію за цими показниками займають проміжне значення. Враховуючи їх структуру ці покриття можна вважати найбільш оптимальними для створення зносоударостійких покриттів за сукупністю показників серед досліджених.

За результатами досліджень було запропоновано технологічний процес зміцнення торцевої поверхні пуансонів для вирубування отворів у листовій сталі, який складається із виготовлення електродного матеріалу методом порошкової металургії та подальшого нанесення покриття із нього методом електроіскрового легування.

Отже за результатами роботи для створення зносоударостійких покриттів було запропоновано композиційний матеріал, який складається із надтвердих карбідних включень і матриці із високо марганцевої сталі. Нанесення даного композиційного матеріалу дозволяє отримати поверхневий шар товщиною близько 80 мкм та твердістю близько 10 ГПа. Такі покриття пропонується застосовувати для зміцнення пуансонів вирубних штампів.

Список літератури

1. Криль, Я. А. Структуроутворення та властивості керметів NbC-сталь Гадфільда [Текст] / Я. А. Криль, П. М. Присяжнюк // Сверхтвердые материалы. – 2013. – № 5. – С. 49-55.

УДК 621.432

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА ІЗОТЕРМІЧНУ ТА ТЕРМОЦИКЛІЧНУ ПОВЗУЧІСТЬ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ З ТЕПЛОЗАХИСНИМИ ДИФУЗІЙНИМИ ІОННО АЗОТОВАНИМИ ШАРАМИ

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

С.С. Михайлюта, асп.,

Центральноукраїнський національний технічний університет

При проведенні термомеханічних випробувань, до яких належить і дослідження на повзучість матеріалів, найбільш поширені три методи нагрівання: прямим пропусканням струму (резистивне нагрівання), струмом високої частоти (СВЧ) і пічне радіаційне нагрівання. Усі ці методи розглядаються як альтернативні [1].

Резистивний метод нагрівання й нагрівання струмом високої частоти особливо привабливі для проведення випробувань на термовтому при різких тепломінах. Та сама програма досліджень використовує для ізотермічних випробувань звичайну нагрівальну піч, а для термоциклічних - нагрівання струмом високої частоти [2].

Порівняльна оцінка методів нагрівання показує істотні розходження (більш ніж у 2 рази) характеристик міцності, що отримані при зовнішньому радіаційному нагріванні та електричними методами [3, 4]. Ще більш істотний недолік електричних методів нагрівання виявляється при наявності тріщин у зразку. Неоднорідність у виділенні тепла й щільності струму у вершини тріщини є основними причинами збільшення швидкості росту тріщин.

Рівень знань, що отриманих в інших галузях науки, дозволяє відзначити специфічні явища, які виникають при електричних методах нагрівання.

Електропластичний ефект. Електропластичний ефект полягає в підвищенні пластичності й зниженні опору деформуванню при безпосередньому припущенні електричного струму через зразок [5].

Магнітопластичний ефект. Дія магнітних полів на зразок полягає у впливі магнітних полів на взаємодію дислокацій із границями магнітних доменів і посилення їх рухливості [6, 7].

Явище електроміграції. Назване явище впливає на теплозахисні покриття при резистивному методі нагрівання в термомеханічних дослідженнях. Під явищем електроперенесення розуміють міграцію чи перенесення маси при підвищених температурах і високій щільності струму. Це явище приводить до прискореної дифузії у результаті взаємодії електронів провідності з атомами, що дифундують у метал [8].

Некоректність і недоліки електричних методів нагрівання зразка привели до необхідності пошуку методів, найбільш придатних для дослідження покриттів. Головною вимогою є зовнішнє підведення контрольованого теплового потоку, питома величина якого повинна відповідати умовам експлуатації конструктивних елементів. Тому однією з тенденцій розвитку високотемпературних лабораторних засобів є більш широке застосування променевого нагрівання [9,10].

Промєневе нагрівання не робить специфічного впливу на механічні характеристики конструктивних матеріалів. Тому, запропоновано принцип, що поєднує замкнутість дзеркальної порожнини і її фокусуєчу дію [11]. На основі цього принципу в Інституті проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, під керівництвом доктора технічних наук професора Ляшенко Б.А., розроблено ряд лабораторних установок. Фокусоване промєневе нагрівання особливо зручне для термоциклювання при максимальних швидкостях нагрівання за рахунок мінімальної теплової інерційності пристрою. Реалізується термоциклювання відсіченням чи перерозподілом променевого потоку.

Спеціальні оптичні камери фокусуєчої дії дозволяють досягти необхідний рівномірний розподіл температур по зразку і можуть бути убудовані в стандартну розривну машину. В якості джерел променевої енергії застосовують графітові нагрівані, Хе-дугові лампи потужністю до 30 кВА, галогенні і вольфрамові лампи.

Для дослідження алюмінієвих зразків із теплозахисними дифузійними іонноазотованими шарами на повзучість у повітряному середовищі при ізотермічних і термоциклічних режимах використовувалася установка “Щелкунчик” (рисунок 1).

Установка складається з пристроїв для циклічної зміни температури й навантаження зразка, а також включає системи виміру й запису температури, навантаження й деформації (рисунок 2.3).



1

2

Рисунок 1. Загальний вигляд експериментальної установки “Щелкунчик”: 1 - установка “Щелкунчик”; 2 - блок контрольно- вимірвальних та реєструючих приладів.

Основним вузлом установки є пристрій для циклічної зміни температури на зразку, що складається з камер нагрівання й охолодження. Внутрішні дзеркальні порожнини камер виконані у виді еліптичних циліндрів із плоскими кришками, що обмежують циліндри з торців. Висота еліптичного циліндра обрана з вимог висоти робочої частини зразка, що нагрівається, та з метою рівномірного розподілу температур по робочій ділянці зразка. Форма еліптичного циліндра забезпечує рівність зони зразка, що нагрівається, формі й розмірам нагрівача. Нижня й верхня кришки оптичної печі, а також еліптичний циліндр виконані з листового мідного сплаву (товщина листа 1...2 мм) для забезпечення достатньої теплопровідності і надійності роботи системи охолодження дзеркальних стінок проточною водою. Точність поверхні еліптичного циліндра забезпечується механічною обробкою. Для забезпечення стабільності відбивної здатності дзеркальної поверхні використано покриття родієм, що має високу інтегральну спрямовану відбивну здатність у видимій і інфрачервоній областях спектра. По сполученню твердості, корозійній стійкості і відбивній здатності родій є найкращим варіантом для дзеркальної стінки. Електролітичне покриття родієм освоєно промисловістю. Камери нагрівання й охолодження сполучені, мають загальну фокальну вісь і розташовані симетрично щодо цієї осі.

Уздовж загальної фокальної осі системи розміщується зразок, а у двох інших осях - нагрівач і охолоджувач. Співвісно із загальною фокальною віссю розташований поворотний сектор, що виконує роль рухливого концентратора променевої енергії. Основною деталлю сектора є дзеркало криволінійної форми, що має профіль частини бічної поверхні еліптичного циліндра, відсіченою площиною, що проходить через фокальну вісь паралельно малої осі еліпса. Форма дзеркала й можливість його повороту навколо фокальної осі на 180° дозволяє циклічно змінювати температуру на зразку по заданій програмі.

Для нагрівання зразка сектор утворює фокусуєчу поверхню в камері нагрівання, у фокусах якої знаходяться зразок і нагрівач. Відбувається нагрівання зразка шляхом фокусування на ньому енергії від нагрівача.

Для охолодження зразка і сектор необхідно повернути на 180° . У цьому положенні він утворить фокусуєчу поверхню в камері охолодження, у фокусах якої знаходяться зразок і охолоджувач. Відбувається охолодження зразка шляхом фокусування його теплової енергії

на охолоджувачі. Після закінчення циклу охолодження сектор повертається у вихідне положення й нагрівання зразка повторюється.

Джерелом променевої енергії є графітовий випромінювач, який нагрівається шляхом пропускання електричного струму до температури 2500°C ... 3000 °C, в залежності від мети експерименту. Для захисту- від окислювання при високих температурах нагрівач поміщений у прозору камеру з кварцового скла, у порожнину якої подається аргон під надлишковим тиском 2... 10 мм вод.ст. Діаметр нагрівача становить 6...8 мм. Нагрівач працює в ізотермічному режимі. Термоциклічний вплив на зразок здійснюється переміщенням сектора 4. В мережу графітового випромінювача включено стабілізатор напруги, який забезпечує стабільну та регульовану напругу на випромінювачі.

Охолоджувач виконаний у виді двох коаксиально розташованих мідних трубок. На зовнішню поверхню охолоджувача нанесене спеціальне покриття, що має ступінь чорноти $\epsilon = 0,94$. Для виключення появи конденсату атмосферної вологи на зовнішній поверхні охолоджувача він поміщений прозорий кварцовий балон, внутрішня порожнина якого вакуумована. Температура поверхні охолоджувача може змінюватися в межах від 77 до 300 К, яка досягається за допомогою заміни в системі подачі хладагента, що циркулює.

Переваги охолодження фокусуванням власного випромінювання полягає у відсутності безпосереднього контакту зразка із середовищем, що охолоджує, забезпечується рівномірність охолодження по периметру й висоті зразка, збільшується швидкість охолодження за рахунок відсутності кризи теплообміну при плівковому й бульбичковому кипінні. У такий спосіб безконтактне охолодження фокусуванням власного випромінювання цілком виключає ерозійний, корозійний і адсорбційний вплив на зразок охолоджуючого середовища. Цим забезпечується коректність випробувань у напівциклі охолодження. Істотною перевагою є те, що зразок, що знаходиться під механічним навантаженням, нікуди не треба переміщати. Переміщається тільки сектор, а оптична піч залишається нерухомою.

Швидке переміщення затвора з оптичної порожнини забезпечує високі швидкості нагрівання до 500 °/сек., практично умови термоудару. Швидке закриття затвора забезпечує високі швидкості охолодження до 400 °/сек. Холодні дзеркальні стінки оптичної порожнини забезпечують мінімальну теплову інерційність печі.

Рівномірний розподіл температури по поверхні зразка забезпечується зсувом зразка від фокальної вісі циліндра уздовж великої осі еліпса. Керування поворотним сектором здійснюється автоматичною системою, що забезпечує різні програми термоциклоування, і реалізується механізмом повороту.

Температуру випромінювача вимірювали оптичним пірометром типу ОППІР-017 через отвір в стінці еліптичного циліндра, а температуру зразка за допомогою термопари, що дозволяє виключити взаємодію з поверхнею зразка.

Спостереження за поверхнею зразка в процесі досліджень ведеться за допомогою катетометра, що дозволяє в процесі повзучості одержувати інформацію про розміри тріщин у покритті, що виникають, і відстані між ними.

Система навантаження установки забезпечує лінійний напружений стан у зразку і складається з механізмів навантаження, важеля й систем тяг із шарнірами із співвідношенням плеч 1 : 10. Таким чином, за допомогою експериментальної установки "Щелкунчик" проводили порівняльні випробування на ізотермічну та термоциклічну повзучість при фіксованому значенні навантаження 0.8а, згідно ДСТУ 2637-94, в умовах осьового розтягу при нагріванні робочої ділянки зразка шляхом фокусування променевої енергії у замкнутій оптичній безінерційній системі. Це дозволяє нагрівати зразок до 1000°C, без впливу електромагнітопластичного ефекту та здійснювати охолодження зразка зі швидкістю до 100 град/с. Характеристики термічного циклу: 500°C ↔ 720°C. час нагрівання - 10 сек., охолодження 15 сек., що відповідає реальним умовам експлуатації поршнів.

Для дослідження на ізотермічну та термоциклічну повзучість алюмінієвого сплаву АЛ2І використовувалися плоскі зразки. Результати випробувань подавали у вигляді графіків кривих повзучості в координатах відносна деформація повзучості час .

В момент прикладання навантаження перед початком несталої повзучості виникає миттєва деформація, що включає пружну деформацію і незалежну від часу пластичну деформацію. Визначення величини миттєвої деформації часто відрізняються в залежності від способу навантаження, засобу й точності виміру подовження.

Вибір фіксованого навантаження 0,8σв обґрунтовується тим, що одним із критеріїв визначення допустимого напруження в Нормах ASME є 80% середньої величини напружень які приводять до сумарної деформації 1%. Навіть у реальних металевих матеріалах із низькою пластичністю при сумарній деформації < 1% не проходить руйнування, тому цей параметр і прийнято в якості вказаного критерію.

За кривою повзучості визначалася відносна деформація та інтервал часу до руйнування зразка т із покриттям, а також швидкість повзучості, як відношення накопиченої на сталій стадії повзучості деформації до відповідного відрізка часу.

Висновок. Застосування безінерційних пристроїв, які нагрівають та охолоджують, з використанням фокусування променевої енергії, дозволяє здійснювати термоциклювання при будь-якій формі циклу. Крива повзучості, що отримується в цих умовах, є чуттєвим інструментом для оцінки зміни стану покриттів. Особливо чуттєві характер і швидкість повзучості до стану поверхні розділу композиції "основа-покриття".

Крива повзучості є чуттєвим інструментом, що характеризує стан покриття й поверхні адгезійного контакту. Крім того, побудова залежності комплексу термомеханічних характеристик покриття від часу та числа теплосмін дозволяє визначити такі важливі характеристики як термостабільність властивостей та спрогнозувати ресурс покриття.

Список літератури

1. Kouta F.H.H. Cyclic-temperature cyclic-stress torsion machine // Modell. Simul. and Contr. - 1985. - B2, № 4. - P.11-21.
2. Woodford D.A. The effects of prior temperature cycling on rupture life of superalloys // Mater. 4th Int. Conf. Fract. Waterloo. "Adv. Res. Strength Fract." - New York e.a. - 1977 - P.803-812.

3. Клыпін Б.А. Установка для испытаній на растяжение и кратковременную длительную прочность при высоких температурах // Вопросы высокотемпературной прочности в машиностроении. - Киев: АН УССР. - 1963.-С.95-105.
4. Конради Г.Г., Федотов М.А. Замечания к методу прямого нагрева образцов при исследовании механических свойств материалов // Вопросы высокотемпературной прочности в машиностроении. - Киев: АН УССР. - 1963. - С.58-63.
5. Копанев А.А. К вопросу о природе электропластического эффекта в металлах // Пробл. прочности. - 1991. - № 1. - С.47-51.
6. Гиндин И.А., Лавриненко И.С., Неклюдов И.М. Влияние магнитного поля на ползучесть никеля // Физ. твердого тела. - 1976. - 18, №4. - С.1182-1185.
7. Каменецкая Д.С., Пилецкая И.Б., Ширяев В.И. Влияние магнитного поля на пластическую деформацию ферромагнитных материалов // Пробл. металловед. и физ. мет. - Москва: Металлургия. - 1973. - №2. — С. 119—
8. Lobotka P., Luby S. Influence of the noise driving force on the diffusion of copper in aluminum thin films // Czech. J. Phys. - 1981. - В31, №10. - P. 1099-1107.
9. Лебедев Л.М., Морозов М.Г., Райбман З.М. Лучистый нагрев в испытательной технике // Тр. н.-и. и конструкт. ин-та испытательн. машин, приборов и средств измерения масс. - 1974. - вып.3. - С.11-19.
10. Алабин А.Н., Змиевский В.И., Камков С.В. О применении фокусирующих печей с эллиптическими отражателями для высокотемпературных испытаний металлов на растяжение // Зав. лаборатория. - 1980. - 46, №8. - С.771-772.
11. Устройство для нагрева образцов при механических испытаниях: А. с. 678384 СССР, МКИ С23С14/48 / Б.А. Ляшенко, З.С. Уманский, В.М. Товт, О.В. Цыгулев (СССР). - № 2432985/22-02; Заяв. 10.05.77; Опубл. 04.03.79, Бюл № 29. -4 с.

УДК 621.793.724

ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО - МЕХАНІЧНИХ ТА ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ НАДЗВУКОВОГО ПОВІТРЯНОГО СТРУМЕНЮ

Студент М.М¹., д.т. н, Маркович С.Г²., к.т.н., Гвоздецький В.М¹., к.т.н., Ступницький Т.Р¹.к.т.н., Сірак Я.Я¹, асп.

Значна частина елементів конструкцій відповідальних машин і механізмів зазнає корозійно-абразивного зношування в часі тривалої експлуатації за жорстких умов навантаження в нейтральних водних середовищах. Зокрема, в теплоенергетиці це стосується штоків запірних вентилів та гідроциліндрів різного призначення. Для захисту від корозійно-абразивного зношування в багатьох випадках використовують метод електролітичного хромування однак, через його високу канцерогенність у промислово розвинутих країнах світу шукають альтернативні технології. Провідні фірми світу (Metco, Castolin, TAF, Deloro, Nanosteel) застосовують для цієї мети технології нанесення газотермічних покриттів. Серед цих технологій електродугове напилення покриттів характеризується найвищою продуктивністю за найменших затрат, що викликає особливе зацікавлення. Для формування корозійнотривких електродугових покриттів (ЕДП) як електродні матеріали часто використовують нержавні суцільні дроти типу 40X13, 08X18N10T, проте вони мають низьку зносостійкість та є досить коштовними. Порошкові дроти (ПД) такого ж хімічного складу, як мінімум, удвічі дешевші. Мета роботи дослідити трибологічні характеристики електродугових покриттів із порошкових дротів у технологічних середовищах.

Методика експериментів. Електродугові покриття з порошкових дротів ПД 140X14N2T2Ю та ПД 20X18P3T2Ю діаметром 1,8 мм наносили електродуговим металізатором ФМІ-1 на поверхню циліндричних зразків зі сталі 45 заздалегідь оброблену дробинноструминним методом. Режими нанесення покриттів: струм 150 А, напруга

32...34 В, тиск повітряного струменю 0,1 МПа, дистанція 150 мм. Швидкість розпилених краплин на дистанції 150 мм становила 220 м/с а розмір краплин не перевищував 20 мкм. Для отримання надзвукової швидкості повітряного струменю числом Маха 2 використовували сопло Лавалю з вертикальним розміщенням двох повітряних каналів у соплі з критичним діаметром кожного отвору 2,2 мм. (рис. 1), довжиною надзвукової частини 15 мм. Розрахунок параметрів сопла Лавалю проводили згідно формул:

а) площа поперечного перерізу: $f_i = G / (\rho_i * w_i)$; б) діаметр: $d_i = ((4/\pi) * f_i)^{0.5}$; в) довжина сопла: 1) дозвукова частини $l_1 = (d_i - d_{кр}) / (2 * \text{tg}(\alpha_2/2))$; 2) надзвукова частини $l_2 = (d_i - d_{кр}) / (2 * \text{tg}(\alpha_1/2))$. Віддаль від зрізу сопла до дуги 10 мм.

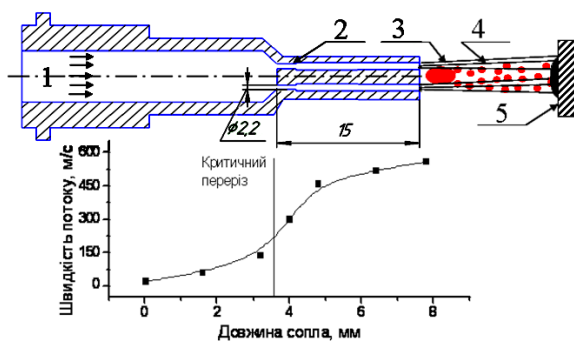


Рис. 1. Схема сопла для отримання надзвукового потоку. 1 – повітряний потік, 2 – критичний переріз сопла, 3 – розплав з електродних матеріалів, 4 – метало повітряний потік, 5 - сталеві підкладки з напиленням покриттям

Швидкість повітряного потоку визначали за формулою $w_1 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R(T_0 - T_1)}$, де w – швидкість повітряного потоку у соплі, k – показник адиабати $k = C_p / C_v$, R – постійна газова повітря, T_0 та T_1 – температура повітряного потоку у дозвуковій та надзвуковій частинах сопла.

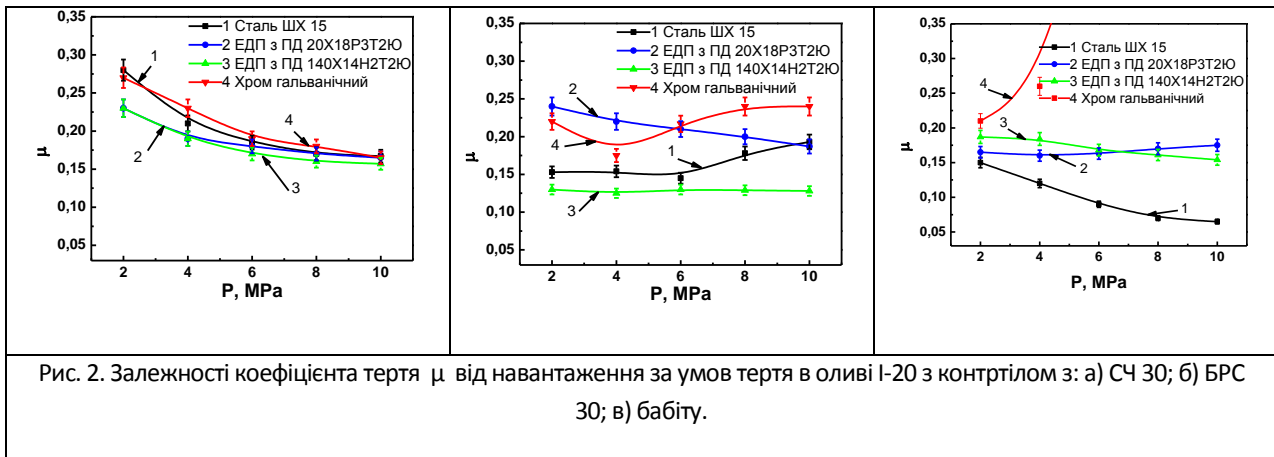
Трибологічні характеристики та зносостійкість покриттів вивчали на комп'ютеризованій установці СМЦ-2 за схемою диск із покриттям–колодка із сталі. Коефіцієнт тертя визначали в середовищах мастил I-20, M10B2 та 3 % водного розчину емульсолу марки Hydroway 1060. Контактне навантаження становило 2...10 МПа, а швидкість ковзання 0,67 м/с. Покриття товщиною 1,5 мм наносили на циліндричну поверхню дискових (діаметром 40 і шириною 10 мм) зразків зі сталі 45. Після цього зразки шліфували корундовим кругом до діаметру 42 мм. За еталон зносостійкості приймали гальванічне хромове покриття. Досліджували трибологічні характеристики пар тертя покриття - вкладка із чавуну СЧ 30, бронзи БрС-30 та бабіту в технологічних середовищах, які використовуються для заповнення гідроциліндрів: 3 % розчин Емульсолу та мінеральне мастило I-20. Обробку результатів досліджень здійснювали шляхом статистичної обробки даних з використанням коефіцієнту Стьюдента при кількості вимірювань $n=5$ та з надійністю $P=0,95$.

Експериментальні результати. Підвищення тиску повітряного струменю від 0,6 до 1,0-1,2 МПа зумовлює підвищення швидкості повітряного потоку у 2 рази від 300 до 600 м/с, максимальний розмір краплин зменшується від 100 мкм до 30 мкм, а швидкість краплин зростає з 60 – 90 м/с до 160 - 220 м/с. На прикладі покриття з ПД140Х14Н2ТЮ показано, що із підвищенням тиску повітряного струменю від 0,4 МПа до 1,2 МПа зменшується не тільки загальна поруватість від 8,0 до 2,0 %, а також і геометричні розміри його пор від 30 до 3 мкм (табл.1). Внаслідок міцнішого зв'язку між ламелями та формування тонких оксидних плівок великої довжини, як армуючої складової покриття, когезивна міцність покриття напиленого з ПД за тиску 1,2 МПа зростає у 2 рази а рівень напружень розтягу зменшується у 2 рази.

Порівняльні трибологічні характеристики ЕДП та хрому за умов граничного мащення в мастилі І-20. Для всіх досліджуваних пар тертя з контртілом із чавуну спостерігається зменшення коефіцієнта тертя при зростанні питомого навантаження (рис.2 а). Найменші значення коефіцієнта тертя, при $P=10$ МПа, відмічені для пари ЕДП з ПД 140Х14Н2ТЮ – чавун СЧ 30, $\mu=0,15$. Максимальні значення характерні для пари тертя гальванічний хром – СЧ 30, $\mu=0,17$. Всі значення коефіцієнта тертя є високими так як мастило І-20 не має достатніх мастильних властивостей.

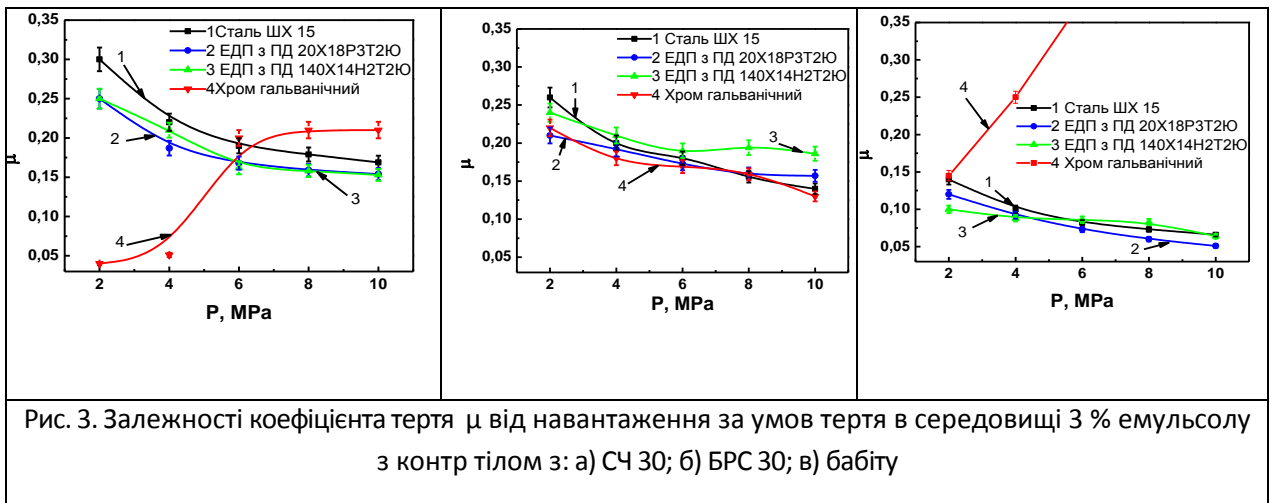
Для пар тертя гальванічний хром – бронза БрС 30 та сталь ШХ 15 – бронза БрС 30 спостерігається збільшення коефіцієнта тертя при збільшенні питомого навантаження (рис.2 б). Для ЕДП виявлено зворотну тенденцію - зменшення коефіцієнта тертя для покриття із ПД 20Х18Р3Т2Ю $\mu=0,24$ проти $\mu=0,19$ та стабільне значення $\mu=0,13$ для покриття із ПД 140Х14Н2ТЮ при зростанні навантаження. Такий характер зміни коефіцієнта тертя зумовлений тим, що пори у покритті виконують роль резервуарів для мастильної речовини, що у міру зношування матеріалу видавлюється з його об'єму і надходить у зону тертя, сприяючи відновленню мастильної плівки, що забезпечує умови для граничного мащення. Видавлювання мастильної речовини відбувається також внаслідок фрикційного нагрівання й теплового розширення деталі. При охолодженні деталі надлишок мастильного матеріалу, що перебуває на поверхні тертя, всмоктується назад у її поруватий шар.

Встановлено, що для пари тертя хром - бабіт вже при малих навантаженнях відбувається схоплення між парами тертя (рис.2 в). Така пара тертя в оливі І-20 не є працездатною. Найнижчий коефіцієнт тертя відмічено для пари тертя сталь ШХ 15 – бабіт, при навантаженні в 10 МПа $\mu=0,065$ Це зумовлено найменшою шорсткістю сталі після шліфування. Для досліджуваних покриттів відмічено значно більший коефіцієнт тертя ніж для сталі, для ЕДП з ПД 20Х18Р3Т2Ю $\mu=0,175$ та для ЕДП з ПД 140Х14Н2ТЮ $\mu=0,15$. Це викликано суттєвим шаржуванням поверхні м'якого бабіту частинками матеріалу електродугового покриття. Поверхня контртіла із чавуну та бронзи, які мають вищу твердість ніж бабіт не шаржується частинками зношування електродугових покриттів.



Порівняльні трибологічні характеристики ЕДП та хрому за умов граничного мащення в середовищі 3 % емульсолу Hydroway 1060. Випробовування на тертя в середовищі 3 % емульсолу Hydroway 1060 показало зменшення коефіцієнта тертя для пар тертя ЕДП, сталь ШХ 15 – чавун ($\mu=0,3$ проти $\mu=0,17$ для сталі, та $\mu=0,25$ проти $\mu=0,15$ для ЕДП з ПД 140X14H2T2Ю для ЕДП з ПД 20X18P3T2Ю абсолютні значення при мінімальному – 2МПа та максимальному – 10 МПа є такими ж, як і для ЕДП з ПД 140X14H2T2Ю. Однак для пари тертя гальванічний хром – чавун СЧ 30 спостерігаємо зворотну тенденцію рис. 3 а), коефіцієнт тертя зростає від $\mu=0,045$ при навантаженні 2 МПа, і до $\mu=0,2$ при 10 МПа. Для всіх пар тертя із контртілом із бронзи БрС 30 спостерігається зменшення коефіцієнта тертя (рис.3 б.), причому пара гальванічний хром – бронза БрС 30 має найменші значення коефіцієнта тертя як при малому навантаженні $\mu=0,2$, так і при збільшенні навантаження до 10 МПа $\mu=0,13$ що підтверджує відому істину - пара тертя: гальванічний хром – бронза має найкращі трибологічні властивості.

Для пар тертя ЕДП, сталь ШХ 15 – бабіт коефіцієнти тертя зменшується із зростанням навантаження (рис.3 в). Так, для ЕДП з ПД 20X18P3T2Ю коефіцієнт тертя змінюється від $\mu=0,116$ і до $\mu=0,052$ а для ЕДП з ПД 140X14H2T2Ю від $\mu=0,1$ і до $\mu=0,065$ для сталі ШХ 15 $\mu=0,137$ проти $\mu=0,064$.



Проте у цьому середовищі коефіцієнт тертя є значно нижчий ніж у середовищі оливи I-20. Такі низькі значення коефіцієнта тертя зумовлені тим, що на відміну від оливи I-20 в емульсолі додають добавки поверхнево активних речовин (жирні кислоти RCOOH,

аліфатичні спирти ROH, їх ефіри R_1COOR_2 та аміни RNH_2 де R - вуглеводневий радикал C_nH_{2n+1}).

Висновки. Молекули жирних кислот при повному насиченні адсорбційного шару орієнтуються на металевих поверхнях перпендикулярно до поверхні так, що карбоксильна група виявляється прикріпленою до металу, а вуглеводневий ланцюжок виходить у шар масла. Утворений таким чином, ворс з молекул формує на поверхні пар тертя антифрикційну плівку, яка бере на себе зовнішні зусилля, деформуючись під їх впливом. Для пари тертя хром – бабіт в середовищі емульсору, так як і в середовищі оливи I-20 виявлено стрімке зростання коефіцієнта тертя вже при питомому навантаженні вище 2 МПа. Як і у випадку тертя, в середовищі оливи I-20 реалізується явище схоплювання поверхонь тертя. При цьому відриваються фрагменти хромового покриття, які переносяться на поверхню бабіту і втілюються в неї. Це викликає катастрофічне зношування такої пари тертя.

УДК:633.853.32

ЕФЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ НА АТП

А.О. Головатий, ст. гр. АТ 17М,

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Сучасна концепція логістики розглядається як ефективний мотиваційний підхід до управління автотранспортним підприємством (АТП). Вона приймається за основу економічної стратегії підприємства і логістика використовується як знаряддя в конкурентній боротьбі та розглядається як управлінська логіка для реалізації планування, розміщення і контролю над матеріальними, фінансовими і трудовими ресурсами. В умовах переходу до ринкової економіки застосування логістичної концепції в управлінні підприємством є ефективним при сприятливих економічних, юридичних і політичних умовах. Зазначимо, що багато положень логістики, які не називалися у минулому логістичними, було розглянуто в роботах вітчизняних учених.

Інтерес до проблем логістики останнім часом неупинно зростає. Про це свідчать зростання числа публікацій з питань логістичної концепції.

Класифікацію логістичних систем в межах АТП можна здійснити за функціональними, галузевими та ресурсними ознаками.

За функціональною ознакою розрізняють наступні логістичні системи: закупівельна, виробнича, розподільна, транспортна, складська.

За галузевою ознакою виділяють логістичні системи: виробнича, комерційна, фінансова.

За ресурсною ознакою логістичні системи поділяють на: матеріальну, інформаційну, фінансову, кадрову.

Логістичні системи (ЛС) так само як і економічні поділяються на макро та мікрологістику, кожна з яких має свої функції, призначення, відповідну структуру та поділ. Макрологістика – система управління матеріальними потоками промислових підприємств, торговельних та транспортних організацій, розташованих в різних регіонах країни та в різних країнах.

Мікрологістична система – система управління матеріальними потоками промислових підприємств, торговельних і транспортних організацією, розташованих в різних регіонах або різних країнах.

Мікрологістичні системи є підсистемами, структурними складовими макрологістичних систем. До них відносяться різні виробничі, торговельні та транспортні підприємства. Мікрологістичні системи – це клас внутрішньовиробничих ЛС, до складу яких входять технологічно пов'язані виробництва, об'єднання єдиною інфраструктурою. Межі ЛС визначаються циклом виробництва. Спочатку купуються засоби виробництва. У вигляді матеріального потоку вони надходять в ЛС, складаються, обробляються, знову зберігаються і потім йдуть з неї в споживання в обмін на фінансові ресурси. В рамках макрологістичного зв'язку між окремими мікрологістичними системами також функціонують підсистеми. Однак основа їх взаємодії безтоварна.

Виявлено, що логістична концепція методології управління АТП включає в себе наступні основні положення:

- методи і моделі прогнозування та планування обсягів матеріальних потоків, величини матеріальних запасів розглядаються в єдиному комплексі з методами оцінки розвитку основного і додаткового виробництва транспортних послуг;

- матеріальне забезпечення і моделювання надійності роботи рухомого складу, який бере участь в даному виробництві, необхідно представляти як єдиний процес, покликаний забезпечити отримання достовірної оцінки можливостей АТП щодо створення конкурентоспроможної продукції (послуг);

- моделювання перевізного процесу враховує організацію і режиму роботи відповідних постачальників і споживачів матеріальних ресурсів, що дозволить забезпечити умови для досягнення мети логістики доставки вантажів "точно в термін";

- максимально застосовуються стохастичні методи і моделі в розробці та підготовці управлінських рішень;

- комплексно використовуються методи і моделі прогнозування при оцінці можливостей АТП по виробництву конкурентоспроможних транспортних послуг;

- оцінка собівартості транспортних послуг здійснюється з урахуванням рівня надійності використовуваного рухомого складу.

Для підвищення ефективності функціонування АТП як логістичної системи необхідно:

- використовувати окремі розрізнені методи для вартісної оцінки виробництва транспортних послуг та відповідного матеріального забезпечення;
- застосовувати різні, не пов'язані між собою методи для визначення суми матеріальних витрат в собівартості транспортної продукції та отримання вартості оцінки величини матеріальних потоків, необхідних для створення цієї ж продукції;
- широко застосовувати детерміновані методи і моделі для оцінки показників постачання, виробництва і збуту;
- використовувати методики оцінки показників перевізного процесу, що не враховують організацію роботи клієнтів;
- застосовувати детермінований метод для визначення показників роботи технічної служби (додаткового виробництва), який не враховує стохастичний характер роботи рухомого складу і т.д.

Таким чином, проведені дослідження дали можливість зробити наступні висновки:

- аналіз логістичного підходу у функціонуванні АТП дає можливість зробити класифікацію різних типів логістик в межах АТП;
- встановлено взаємозв'язки різних видів логістик, логістичних систем на АТП, що дає можливість його функціонування;
- сформульовані основні методологічні принципи логістичного підходу до діяльності і управління АТП;
- розглянуто АТП як мікрологістичну систему з відповідними функціями і потоками;
- з'ясовано основні методи логістичних підходів управління АТП, які дозволяють підвищувати ефективність його функціонування.

УДК 621.891

***ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ – ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНІ ПРОЦЕСИ В КОНТАКТНІЙ ЗОНІ
ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТА
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.***

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,

О.В. Вербицький, асп.,

С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,

Останні 15...20 років характеризуються інтенсивним пошуком шляхів підвищення зносостійкості деталей та механізмів машин на основі керування характеристиками та властивостями їх матеріалів і матеріалів робочих(технологічних) середовищ. Трибофізичний підхід при розв'язанні проблеми підвищення зносостійкості і надійності є вимогою часу, оскільки конструкторська думка в техніці випереджає науку про тертя та зношування матеріалів деталей та їх спряжень.

Посилення режимів експлуатації машин, збільшення потужностей, навантажень, швидкостей, температур приводить до скорочення термінів їх служби через низьку зносостійкість матеріалів деталей та низьку якість робочих (технологічних) середовищ.

Часто намагаються підвищити зносостійкість однієї деталі і рідше - спряжень деталей або агрегату, чи машини в цілому. Це свідчить про недостатню універсальність, загальнонаукову і прикладну значущість; та невідображеність трибофізичного підходу в проблемі підвищення зносостійкості та надійності автотранспортної та сільськогосподарської техніки.

Зносостійкість одних і тих конструкційних матеріалів спряжень деталей автомобілів, тракторів, комбайнів і сільськогосподарських машин визначалось неодноразово, але зазначена проблема залишається остаточно невирішеною.

На сьогодні відсутні трибофізичні методи оцінки зносостійкості спряжень деталей з різними видами зношування, що ускладнює співставність отриманої інформації. З експериментальних досліджень відомо, що зносостійкість сталей оцінюють за їх твердістю. Але також виявлено, що одному значенню твердості матеріалу деталей можуть відповідати декілька значень інших фізико-механічних характеристик. Аналіз даних у цьому напрямку дав змогу з'ясувати відмінність зносостійкості сталей різного хімічного складу і однакової твердості, але загальноприйняті критерії зносостійкості сталей і сплавів на сьогодні відсутні, їх науковий пошук триває.

Визначено, що зносостійкість навіть для однієї і тієї ж сталі є величиною змінною; вона є комплексною характеристикою, має яскраво виражену міцнісну основу і завжди залежить від співвідношення фізико-механічних властивостей матеріалів деталей трибоспряження та властивостей середовищ в якому вони працюють. Це відноситься і до коефіцієнта тертя. Чисельні значення зносу, зносостійкості, інтенсивності зношування, коефіцієнта тертя будь-якого конструкційного матеріалу не є константою. Тому потрібно розглядати зносостійкість матеріалу не однієї деталі а їх спряження та враховувати характер контактування деталей.

В трибофізичних аспектах проблеми підвищення надійності та зносостійкості машин і механізмів головним є створення нових, більш зносостійких матеріалів і зміцнюючих та модифікуючих технологій, з урахуванням умов функціонування деталей та їх спряжень, а також режимів тертя.

Експериментальні дані накопичені за останні роки, дозволяють доповнити відомі уявлення про природу і види процесів тертя та зношування та запропонувати трибофізичний підхід. Залежно від фізики процесу зношування доцільно виділити їх класи: механічне, механо-хімічне, фізико-хімічне. В них слід розрізняти зношування при терті ковзання, терті коченні, при ударі у робочому (технологічному) середовищі (грунту, оливі). Залежно від умов взаємодії поверхонь тертя необхідно розрізняти абразивне зношування, зношування при взаємодії металевих поверхонь без дії абразиву, зношування при терті із змащувальним матеріалом і зношування при терті без змащувального матеріалу. Такий укрупнений розподіл припускає існування часткових різновидів зношування, які виходять за межі єдиної класифікації.

Невизначена роль трибології та фізики в матеріалознавстві стримувало розвиток методології фундаментальних досліджень в частині методології дослідження основних закономірностей механізму тертя та зношування і виявлення критеріїв оцінки створення зносостійких конструкційних матеріалів деталей трибоспряджень систем і агрегатів машин.

При проектуванні трибоспряджень деталей машин і механізмів трибологічні вимоги часто взагалі не враховуються, що негативно впливає на якість робочих поверхонь та їх довговічність. Перш за все прагнуть виключити їх деформацію та руйнування, а потім шукають способи підвищення зносостійкості.

Зносостійкість матеріалів деталей трибоспряджень, що працюють в умовах механічного зношування є величиною змінною, що залежить від співвідношення властивостей їх матеріалів та матеріалів робочих (технологічних) середовищ.

Тертя саме по собі викликає розігрівання спряжених поверхонь і знеміцнення початкових структур матеріалів деталей. Відбувається додатковий перерозподіл фізико-механічних характеристик, зрештою знижується статична міцність і опір утомленості: зменшення твердості негативно впливає на початкову зносостійкість. Оцінка зносостійкості матеріалів деталей є багатофакторним завданням, яке не слід спрощувати при зростаючих вимогах підвищення ресурсу машин і механізмів.

Матеріали зони тертя та робочих технологічних середовищ потребують створення наукових основ трибофізичного матеріалознавства з підвищенням зносостійкості робочих поверхонь деталей та їх спряджень, причому для кожного виду зношування необхідно науково-обґрунтувати, вибрати або створювати свої матеріали, методи їх зміцнення та модифікування. Рішення розглянутих проблем немислимо без систематизації і узагальнення накопиченої трибологічної інформації.

УДК 620.66.08:539.62

МЕЗОМЕХАНІКА – СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ТЕОРІЇ ЗНОШУВАННЯ

І.В. Жилова, асп.,
В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,
С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук

Одним з найбільш поширених і в той же час найбільш складних видів руйнування робочих поверхонь деталей при експлуатації є зношування їх матеріалів. З трибології відомо, що локальне руйнування в зоні фрикційного контакту деталей спряження машин розвивається в сильно нерівноважних умовах, з підвищенням температури, схоплюванням, окисленням та з реалізацією багатьох інших процесів. В той час при розробці матеріалів трибоспряжень деталей систем і агрегатів використовують критерії міцності і зносостійкості, які пов'язані з механікою локального руйнування і утворенням вільних частинок зносу.

Виявлено, що при дослідженні процесів тертя та зношування найбільш ефективними методами є методи фізичної мезомеханіки, які розглядають поверхневий шар деталі, як багаторівневу самоузгоджену систему. Такий підхід до проблем тертя та зношування є особливо перспективним, оскільки для підвищення зносостійкості матеріал деталей піддаються поверхневому зміцненню або нанесенню на їх робочі поверхні високоміцних покриттів. Традиційна механіка описує матеріал поверхневого шару деталей на макромасштабному рівні, не враховуючи його внутрішньої структури. Фізика пластичності і міцності твердих тіл враховує внутрішню структуру матеріалу, але описати поведінку ансамблів дислокацій в ньому на мікромасштабному рівні математично неможливо.

Для пояснення поведінки неоднорідного матеріалу поверхневого шару деталей під навантаженням доцільним є використання методів фізичної мезомеханіки матеріалів. При цьому вводиться в розгляд проміжний масштабний рівень – мезоскопічний. Методи мезомеханіки дозволяють не лише здолати математичні труднощі опису системи частинок зносу, але і розкрити принципово нові механізми поведінки навантаженої деталі у трибоспряженні. В основі фізичної мезомеханіки матеріалів лежить опис руху на мезорівні тривимірних структурних елементів або мезооб'ємів.

Відповідно до уявлень мезомеханіки, незалежно від умов тертя і конкретних механізмів зношування, базова модель процесів, що відбуваються у поверхневих шарах деталей, завжди має бути єдиною. Вона повинна відображати зародження, еволюцію і механізм відриву дискретних частинок зносу від поверхні тертя у контактній локальній області. Моделі фізичної мезомеханіки враховують виникнення в навантаженому матеріалі деталі локальних концентраторів напружень, пов'язаних з ними миттєвих напружень та вихровий характер руху мезооб'ємів. Останнє супроводжується виникненням на першій стадії локальних несучільностей і мікротріщин, а завершується розвитком магістральної тріщини і руйнуванням матеріалу деталі. Ця схема в фізичній мезомеханіці покладена в основі формування і відриву будь-яких дискретних частинок зносу від зони тертя. Звісно, специфіку конкретних умов тертя при побудові тієї або іншої моделі в мезомеханіці необхідно враховувати.

Процеси на мікрорівні враховуються, як акомодатійні на основі континуальної теорії дислокацій. Усереднювання руху кінцевого числа мезооб'ємів дозволяє отримати макроопис робочої поверхні деталі, що деформується, з врахуванням складної внутрішньої структури поверхневого шару. Ілюстрацією такої ієрархічної системи може бути самоузгоджене переміщення об'єктів, яке аналізується на різних масштабних рівнях: рух локальних областей (мікрорівень), рух робочих поверхонь (мезорівень), рух всіх об'єктів (макрорівень).

У основі методології фізичної мезомеханіки матеріалів поверхневого шару деталей лежать синергетичні уявлення. Будь-які пластичні зсуви у навантаженому поверхневому шарі матеріалу деталі розглядаються, як втрата зсувної стійкості матеріалу в локальних областях концентраторів напружень.

Найменшу зсувну стійкість в матеріалі деталей має їх вільна поверхня. Первинні зсуви пружнопластичності в структурно-однорідному конденсованому середовищі поверхневого шару деталей завжди розвиваються в поверхневих шарах навантаженого матеріалу. Саме тому в реальних матеріалах немає різко вираженої межі текучості. Втомне руйнування при циклічному навантаженні нижче умовної межі текучості, починається з

розвитку процесів пластичного плину в поверхневих шарах, які фактично навантажені вище за їх межу текучості. Змінюючи стан поверхневого шару деталі, можна істотно змінювати межу текучості його матеріалу, опір деформації, пластичність матеріалу втомну міцність та зносостійкість в трибоспряженнях.

Аналіз результатів досліджень процесу зношування, показує, що процеси деформації поверхневих шарів при терті розвиваються на мезомасштабному рівні. Ці дослідження підтверджують висловлене припущення Рігні Д.А. про те, що висока міра деформації, пов'язана з масопереносом на поверхні, обумовлена ротаційним характером деформації з відносним розворотом фрагментів структури переважно довкола осі, перпендикулярної напрямку тертя і паралельної поверхні ковзання.

На основі уявлень фізичної мезомеханіки, можливе розроблення ряду зміцнюючих технологій нових поколінь, які забезпечують високу стійкість матеріалів до зношування як в абразивному середовищі, так і в трибоспряженнях деталей з робочими, технологічними, в т.ч. і мастильному середовищі. При цьому досягається необхідна зносостійкість і довговічність у поєднанні з високою конструкційною і втомною міцністю.

При проведенні комплексних досліджень визначено структурний стан, фазовий склад і властивості модифікованих поверхневих шарів зразків і деталей з градієнтними структурами. Виявлено вплив градієнтних структур, сформованих в результаті високоенергетичних дій, на процеси утворення ієрархічних фрактальних структур в приповерхневих шарах на мікро-, мезо- і макромасштабних рівнях в умовах зовнішніх статичних і динамічних навантажень. Отримані результати дозволяють обґрунтувати можливість застосування фізичної мезомеханіки до опису процесів деградації робочої поверхні спряжень деталей при їх контактній взаємодії, які мають місце при терті ковзання і кочення, абразивному зношуванні і високотемпературній ерозії. Спираючись на експериментальні і теоретичні дослідження, які проводилися в межах фізичної мезомеханіки, запропоновано нові технологічні вирішення створення перспективних матеріалів і покриттів для деталей спряжень систем і агрегатів МСГТ і АТТ, що працюють в складно напружених умовах експлуатації.

Список літератури

1. Панин В.Е., Витязь П.А. Физическая мезомеханика разрушения и износа на поверхностях трения твердых тел // Физ.мезомех.-2002.-Т.5.-№1.- С. 5-13.
2. Ригни Д.А. Физические аспекты трения и изнашивания // Трибология, исследования и приложения: опыт США и стран СНГ. - М.: Машиностроение, 1993. - С. 52-66.
3. Панин В.Е. Синергетические принципы физической мезомеханики// Физ. мезомех. - 2000. - Т. 3. - № 6. - С. 5-36.
4. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах [Текст]: [монографія] / Аулін В. В. - Кіровоград: Лисенко В. Ф. [вид.], 2014. - 369 с.
5. Антони К.-Х. Термодинамика процесса трения и лагранжев формализм: вклад в мезоскопический подход в теории пластичности // Физ. мезомех. - 2001. - Т. 4. - № 4. - С. 33-46.
6. Дмитриев А.И., Зольников К.П., Псахье С.Г., Гольдин С.В., Ляхов Н.З., Фомин В.М., Панин В.Е. Физическая мезомеханика фрагментации и массопереноса при высокоэнергетическом контактном взаимодействии // Физ. мезомех. - 2001. - Т. 4. - № 6. -С. 57-66.
7. Панин В.Е. Поверхностные слои нагруженных твердых тел как мезоскопический структурный уровень деформации // Физ. мезо- мех. - 2001. - Т. 4. - № 3. - С. 5-22.

УДК 531.43

ВИЯВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ З ЙОГО ТЕМПЕРАТУРОЮ ДЕБАЯ

**В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,
В.М. Лисенко, ас.**

Відомо, що на трибохімічні характеристики поверхонь тертя трибоспряжень деталей (коефіцієнт тертя, інтенсивність зношування, температури в зоні тертя) впливають різноманітні фізико-хімічні фактори. При дослідженні матеріалів в зоні тертя представляється важливим встановлення кореляції коефіцієнта тертя з фундаментальними показниками фізики твердого тіла. Одним з таких показників є характеристична температура Дебая. З цим показником зв'язані такі параметри матеріалів деталей, як густина, температура плавлення і кипіння, ентальпія плавлення і випаровування, теплоємність, енергія зв'язку хімічних елементів, коефіцієнт лінійного теплового розширення, стискуваність, об'ємний модуль пружності, параметр кристалічної ґратки, робота виходу електронів, енергія Фермі та ін.

В даній роботі з точки зору фізики твердого тіла, на основі теоретичних досліджень, проаналізовано зв'язок коефіцієнта тертя з температурою Дебая матеріалу деталі (металів). Розглянуті однотипні *d*-елементи (залізо, нікель, мідь, срібло) і *p*-елементи (алюміній, свинець, вісмут, олово). Ці хімічні елементи відносяться до різних періодів системи Менделєєва.

Виявлено, що зі зростанням температури Дебая коефіцієнт тертя для *d*-елементів спадає, а для *p*-елементів зростає, що слід враховувати при теоретичній оцінці коефіцієнта тертя, як чистих матеріалів, так і їх композиції. Коефіцієнт кореляції при дослідженні матеріалів *d*-елементів становить 0,95, а при *p*-елементів – дорівнює 0,90.

Відомо, що коефіцієнт тертя ковзання за своїм фізичним змістом має складові:

$$f_{mp} = f_{mpa} + f_{mp\delta},$$

де f_{mpa} – адгезійна складова;

$f_{mp\delta}$ – деформаційна складова.

Міцність адгезійного зв'язку описується з рівнянням:

$$\tau = \tau_0 + \beta p,$$

де p – тиск, що приходить на фрикційний контакт;

τ_0 , β – параметри зв'язані з властивостями матеріалу приповерхневого шару.

В роботі на основі зсуву адгезійного зв'язку спряжень матеріалів деталей при терті по сталі ШХ-15 отримано залежність параметру τ_0 від температури Дебая для ряду *d*-металів, яка є прямопропорційна. Прямопропорційний зв'язок спостерігається і для міцності адгезійного зв'язку ряду *p*-металів.

Показано, що температура Дебая металевого елемента, як складна хвильова структура, є носієм інформації. В якості важливого фундаментального показника твердого тіла, тісно зв'язаного з коефіцієнтом тертя, запропоновано температуру Дебая, що дає можливість теоретично оцінити рівень коефіцієнта тертя, а також розрахувати його для композиційного матеріалу. В роботі розглянуто вплив температури Дебая і на інші триботехнічні характеристики матеріалів деталей.

УДК 621.9

3-D ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.Ю. Мірний, ст. гр. МЗ-16МН,

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,

О.В. Кузик, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Вироби, вироблені з допомогою технологій 3D-(друку), успішно застосовуються в різних галузях промисловості, таких як автомобілебудування, авіабудування, лиття або ковальсько-штампувальне виробництво. Скорочення виробничого циклу виготовлення технологічного оснащення сприяє підвищенню продуктивності технологічних процесів і зниження витрат на інструментальне виробництво.

Одним з видів 3D технологій лазерного відновлення деталей машини є метод прямої пошарової побудови в процесі сплаву дрібнодисперсних частинок металевого порошку лазером безпосередньо по CAD-моделі.

В процесі 3D-(друку) технологій лазерного відновлення, матеріал в необхідній кількості подається локально в область плавлення утворену на поверхні заготовки при впливі на неї лазерного випромінювання. Завдяки способу прямої подачі порошку, технологія має ряд унікальних переваг. Технологія тривимірного друку відрізняється гнучкістю застосування. Існує 2 основних способи застосування технології: метод простої побудови, що дозволяє виготовляти об'ємні металеві деталі «з нуля» та метод гібридної побудови.

З метою економії металевого порошку і часу на виготовлення виробу, незалежно від його розмірів і складності, доцільно застосовувати технологію для нарощування металеві структури на поверхні деталі виготовленої традиційними методами, такими як механічна обробка, лиття, кування, і т.д. В даному випадку не має значення наявність у підкладки криволінійних поверхонь, метод дозволяє будувати на підкладці структури з різних сплавів, створюючи біметалічні вироби, тобто спостерігається процес відновлення.

Однією з переваги технології 3D-(друку) лазерного відновлення є можливість використання безліч металевих порошоків, комерційно доступних на ринку; виробництво деталей з композитних матеріалів, використовуючи дві або декілька систем подачі різномірних порошоків; нанесення жароміцних і зносостійких покриттів будь-якої товщини; виготовлення багатошарових металевих структур; ремонт і відновлення штампового або іншого технологічного оснащення; модифікація металевих деталей та ін..

Зазначимо, що використання такої технології дозволяє повністю розплавляти металеві порошки в процесі побудови без технологічних відходів, забезпечує швидке охолодження області розплаву і низьку ймовірність утворення газових пір забезпечуючи отримання виробів з щільністю близькою до 100% і впорядкованої мікроструктури. Механічні властивості металевих виробів, виготовлених за допомогою 3D-(друку) лазерного відновлення часто вищі, ніж у деталей, отриманих традиційними способами обробки металів.

Машина інтуїтивно добудовує відсутні конструктивні елементи деталі в процесі відновлення пошкоджених ділянок поверхні будь-якої складності без допомоги 3D CAD / CAM.

Характерним є те, що технологія прямої пошарової побудови не пред'являє жорстких вимог до металевих порошків, що дозволяє знизити витрати на 3D-друк.

Технологія тривимірного друку дозволяє організувати виробництво деталей, в конструкції яких передбачені складні внутрішні елементи, таких як прес-форми для лиття пластиків зі складною системою внутрішніх каналів охолодження, що забезпечує рівномірний розподіл температури на поверхні робочих частин прес-форм, підвищуючи якість пластикових виробів. Відсутність підтримок при побудові внутрішніх каналів виключає необхідність складних операцій видалення матеріалу підтримок. Крім того, технологія DMT дозволяє не тільки виготовляти нові прес-форми, а й переробляти або відновлювати наявну оснащення.

Для виготовлення каналів охолодження прес-форм виробничому процесі використовують мідні трубки, які певним чином розташовуються у внутрішніх порожнинах оснащення, далі внутрішні порожнечі заварюються.

Технологія модульного сплаву полягає в виготовленні єдиної монолітної деталі з декількох простих в процесі 3D друку. Даний метод добре зарекомендував себе в масовому виробництві.

Зазначимо, що виготовлення мультиметалевих деталей, що складені з двох або більше різних металів, реалізується за допомогою укомплектованих 2 або 3 систем подачі, кожна з яких може подавати певний тип порошку. Багатшарова металева деталь, має відмінні характеристики, оскільки 3D технології дозволяють будувати металеві структури з різних матеріалів на будь-яких підкладках в необхідних кількостях в потрібному місці, що є однією з відмінних рис 3D технології.

Застосування технології у виробництві мультиметалевих деталей має наступні переваги:

- зниження собівартості кінцевого продукту завдяки зниженню витрати спеціальних дорогих металів, завдаючи їх в необхідних кількостях там, де необхідні їх функціональні властивості;

- поліпшення характеристик продукції за рахунок комбінації металів. Монолітна металева деталь може бути виготовлена за допомогою двох різних видів металевих порошків: порошку з міді або мідного сплаву для формування підкладки з високою теплопровідністю і порошку з інструментальної сталі для побудови структури робочої частини з високою зносостійкістю.

Якісні ремонт і відновлення пошкоджених металевих виробів - одна з найсильніших сторін 3D технології. Ремонт пошкоджених ділянок деталей забезпечує повне відновлення робочих характеристик і функціональних параметрів виробу в цілому. Технологія може також використовуватися для зворотного проектування в процесі відновлення пошкодженої деталі з наступними 3D скануванням і порівнянням 3D сканування з вихідними CAD-моделлями.

Функція системи автоматичного інтуїтивного відтворення поверхні заготовки полегшує відновлення об'ємних структур з криволінійною поверхнею, що не мають вихідних

CAD / CAM даних завдяки автоматичному інтуїтивного моделювання пошкодженої частини деталі в тривимірному просторі в режимі реального часу. Відновлення і технології ремонту за допомогою 3D технологій стають більш популярними серед традиційних галузей промисловості.

Модифікація металевих виробів за допомогою 3D технології може бути використана для формування нових або модифікації застарілих конструктивних елементів металевого виробу. Процес полягає в зіставленні поточних і оновлених CAD даних виробу методом зворотного проектування, одночасно можна видаляти застарілі елементи і вибудовувати нові структури. Дана особливість може застосовуватися в НДДКР, особливо при ітерації конструкції великогабаритних виробів.

Дослідження показали, що структури, побудовані на 3D принтерах, мають кращі фізико-механічними властивостями, в порівнянні з аналогічними показниками продукції, виготовленої за традиційними технологіями обробки металів.

Одна з основних завдань металургії - виробництво продукції з конкретними фізико-хімічними і механічними властивостями. Технологія 3D дає можливість здійснювати сплав металевих порошків різних типів одночасно. Кількість порошку точно дозується в певному співвідношенні і подається в область сплаву в необхідній кількості за допомогою окремих декількох незалежних форсунок, причому повне сплавлення лазером гарантовано. Таким чином, технологія DMT дозволяє виготовляти деталі з різних матеріалів, які неможливо змішувати в традиційному технологічному процесі, тим самим, отримувати нові матеріали з поліпшеними характеристиками.

Якість відновлення деталей за вказаною технологією таке, що його не можна досягти на звичайному металообробне підприємстві. У той же час необхідно використовувати високоякісні і, отже, дорогі присадочні матеріали, що дуже дорого в промислових масштабах.

Якщо не враховувати дорожнечу процесу, то він цілком придатний не тільки для відновлення початкових геометричних форм виробу, а й для виробництва окремих деталей з нуля, з конкретними заданими механічними властивостями. Це дозволить виконувати виробництво деталей з різнорідних матеріалів, використовуючи надміцний присадний матеріал в тих частинах виробу, де воно піддається найбільшому зносу.

Технологія 3D-друку металу дає можливість у створенні деталей найрізноманітніших геометричних форм, так як тут відсутні проблеми, характерні для литих і суцільнозварних конструкцій.

Більшість сплавів, які використовуються для друку мають високу жароміцність і корозійну стійкість, а також висока питома межа міцності. Через високої межі міцності, навіть наявність незначної пористості отриманого металу деталі практично ніяк не впливає на міцність останнього.

Проведені лабораторні дослідження межі міцності (випробування на розтягнення) і дослідження мікроструктури деталей, отриманих способом 3D-друку металу дали позитивний результат.

**УПРАВЛІННЯ РЕСУРСОМ ШИН АВТОБУСІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ
ПОСТІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЗАЛИШКОВОЇ ВИСОТИ ПРОТЕКТОРА**

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,

В.В. Сандул, ст. гр. АТ-17М,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Однією з головних стратегій розвитку автомобілебудування є підвищення вимог до безпеки руху засобів транспорту з використанням досягнень вітчизняної і світової науки. Для її реалізації під час експлуатації рухомого складу необхідно проводити обслуговування, нормувати і прогнозувати їхній ресурс. Це дає можливість підвищити ефективність експлуатації і зменшити собівартість технічного обслуговування.

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

Передчасне зношування шин як керованих, так і некерованих коліс може відбуватися при зниженому або підвищеному тиску повітря в них, деформації дисків коліс, розробці отворів у дисках під шпильки кріплення через погане затягування гайок, порушенні балансування коліс або регулювання підшипників маточин коліс, несправності амортизаторів, втраті пружності ресорами.

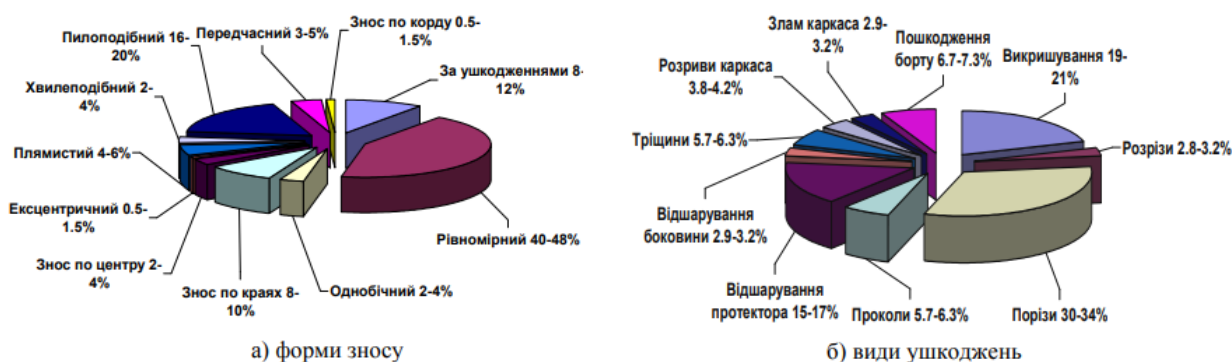


Рисунок 1 – Розподіли шин по формам та видам зносу

Результати оцінки статистичних характеристик напрацювання на відмову шин наведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Статистична характеристика напрацювання на відмову шин

Позначення марки шин	\bar{l} , тис. км	$\bar{\sigma}$, тис. км	\bar{L} , тис. км	Щільність розподілу
Rosava 12,00R20	67,33	11,45	64,0	$f(l) = 0,03 \exp\left(-\frac{(l-67,33)^2}{262,31}\right)$
ДШЗ 12,00R20	27,45	8,41	30,0	$f(l) = 0,047 \exp\left(-\frac{(l-27,45)^2}{141,46}\right)$
КАМА ID-304 Y-4	56,49	5,56	50,0	$f(l) = 0,07 \exp\left(-\frac{(l-56,49)^2}{61,75}\right)$
Michelin XDY-3	213,9	8,5	234,0	$f(l) = 0,05 \exp\left(-\frac{(l-213,9)^2}{146,64}\right)$
Rosava 9,00R20	59,98	3,99	60,0	$f(l) = 0,1e\left[p\left(-\frac{(l-59,98)^2}{31,84}\right)\right]$
ДШЗ 10,00R20	37,89	6,04	30,0	$f(l) = 0,066 \exp\left(-\frac{(l-37,89)^2}{73,09}\right)$
Michelin XZY-2	116,34	6,04	164,0	$f(l) = 0,066 \exp\left(-\frac{(l-116,34)^2}{72,91}\right)$

Статистичні й експериментальні дослідження дозволили встановити залежність зносу від напрацювання: $-0,0003 * L^2 * 0,0744 * L + 17$

Експериментально встановлені регресійні залежності (табл. 2), які характеризують зношування шин з абсолютною похибкою до 10% (адекватність оцінювали за допомогою критеріїв згоди Фішера, Стюдента). Ці залежності визначаються для кожної шини, уточнюються після проведення вимірювань і дозволяють прогнозувати досягнення зони критичного зношування. Етап критичного зносу характеризується підвищеною середньою інтенсивністю зношування, нестабільністю цієї величини.

Таблиця 2 - Регресійні залежності зношування шин при контролі залишкової висоти рисунка протектора автобусів

Марка шини	Функція зносу шин
Протягом періоду експлуатації	
Goodyear RHD	$h_n = 0,0234 \cdot L_{uw}^2 - 0,4181 \cdot L_{uw} + 21,07$
Michelin XZY-2	$h_n = -0,0002 \cdot L_{uw}^2 - 0,0844 \cdot L_{uw} + 16,54$
Зона критичного зносу	
Michelin XZY-2	$h_n = -0,0039 \cdot L_{uw}^2 + 0,6193 \cdot L_{uw} - 17,048$
Michelin XDY-3	$h_n = -0,0009 \cdot L_{uw}^2 + 0,2393 \cdot L_{uw} - 6,4641$

Для складання рівнянь руху автобуса необхідно врахувати, що виступи на траєкторії постійної швидкості руху автобуса змодельовані як нерівності дорожнього покриття, представлені функцією часу (при заданій швидкості збурюють динаміку руху в часі); підресорені маси змодельовані як лінійний елемент. Розрахункова схема являє собою динамічну модель, що складається з двох мас елементів: перша – маса вісі у зборі; друга – маса (спорядженого автобуса з пасажирями), де індекс S позначає підресорювання керованого колеса, R – керованого колеса; m_s – маса конструкції із колеса, підшипника, вісі та жорстко поєднаних з цими частинами деталей механізму демпфування. Якщо враховувати максимально відкриту позицію підресорювання покришки R0 з і керованого колеса S 0 z , то диференційні рівняння мають вигляд:

$$m_S \ddot{z}_{Si} = -m_S g + c_R (z_{R0} - z_{Si} + h_i) - d_R (\dot{z}_{Si} - \dot{h}_i) + c_S (-z_{S0} - z_{Si} + z_i) + d_S (\dot{z}_i - \dot{z}_{Si})$$

$$m_i \ddot{z}_i = -m_i g + c_S (z_{S0} - z_i + z_{Si}) - d_S (\dot{z}_i - \dot{z}_{Si}),$$

де m_S – маса вісі у зборі, кг;

m_i – маса (спорядженого автобуса), кг.;

g – прискорення вільного падання, м/с²;

c_R – жорсткість керованого колеса, кН/м.;

c_S – жорсткість підресорювання керованого колеса, кН/м.;

z_{S0} – підресорювання керованого колеса, мм.;

z_{R0} – підресорювання покриття, мм.;

h_i – нерівності поверхні, мм.;

d_R – демпфування керованого колеса, Нс/м.;

d_S – демпфування підресорювання керованого колеса, Нс/м.

Було впроваджено комплекс засобів для призначення нормативного ресурсу шин.

Перша складова комплексу – призначення нормативного ресурсу шин за системою коригуючих коефіцієнтів, що пропонує розраховувати ресурс шин.

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

- а) обґрунтування попередньої вибірки даних (повної або зрізаної);
- б) визначення закону розподілу ресурсу шин;
- в) розрахунок ресурсних характеристик шин;
- г) встановлення нормативного ресурсу шин на рівні заданого відсотка

безвідмовної роботи, який залежить від його розсіювання, що характеризується коефіцієнтом варіації.

Третя складова комплексу управління ресурсом шин – прогнозування за даними постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора та визначення інтенсивності зношування. дані з вимірювання вносяться в картки обліку шин, прогноз їх фактичного ресурсу уточнюється після кожного вимірювання, оскільки інтенсивність зношування постійно змінюється в процесі експлуатації. Середня залишкова висота рисунка протектора розраховується як для кожної шини, так і для керованих і ведучих та при здвоєних шинах окремо. Отже, нормативний ресурс шин призначається декількома засобами залежно від рівня виробничих процесів на автопідприємстві.

Висновки

В результаті виконаної роботи отримані наступні основні результати:

- аналіз експлуатації шин автобусів показав актуальність досліджень, тому що їх фактичний ресурс суттєво відрізняється від нормативного, оскільки інтенсивність зношування протектора на 90% залежить від умов експлуатації. Визначено, що при розрахунку ресурсу шин недостатньо враховуються фактичні експлуатаційні чинники через недосконалість розрахункових методик і системи ТО елементів ходової частини автобусів;

- проаналізовано основні експлуатаційні чинники, що впливають на ресурс шин.

Узагальнений підхід забезпечує ефективне використання ресурсу шин автобусів;

- визначено інтенсивність зношування шин автобусів: при припрацюванні – на перших 1,5-2,0 тис. км. становить до 1,0 мм/1000 км.; до 10,0 тис. км. – 0,15-0,2 мм/1000 км.; на етапі сталого зношування – 0,08- 0,1 мм/1000 км.; в зоні критичного зносу – 0,08-0,2 мм/1000 км. (для шин керованих коліс) і 0,04-0,25 мм/1000 км. (для шин ведучих коліс);

- запропоновано методику дослідження фактичного ресурсу шин з урахуванням контролю процесу зношування протектора. Експериментальним дослідженням процесу зношування встановлено, що більше 40% шин зношуються рівномірно під час експлуатації, 20% – мають однобічний або пилкоподібний знос. Встановлено зв'язок форми зносу шин із несправностями елементів ходової частини автобусів;

- удосконалено методику визначення нормативного ресурсу шин на підставі системи коригуючих коефіцієнтів, яка враховує: режим роботи колеса; режим швидкісного навантаження; відхилення від нормативного внутрішнього тиску в шині; використання пасажиромісткості.

Список літератури

1. Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту України /Міністерство транспорту України. – К., 1994. – 36 с.
- 2.Ревенко Д. В. Оценка срока службы автомобильных деталей /Д. В. Ревенко, А. О. Харченко // Вісник СевНТУ. Сер. Машиноприладобудування та транспорт: зб. наук. пр. – Севастополь, 2010. – Вип. 107. – С.189.
- 3.Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
4. Работа автомобильной шины / под ред. В. И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.
5. Кравченко А. П. К анализу методов оценки надежности автомобильных шин при устойчивом движении легкового автомобиля / А. П. Кравченко, О. П. Сакно // Конструювання, виробництво, та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомчий наук.-техн. зб. – Вип. 40. – Ч. 1. – Кіровоград: КНТУ,2010. – С. 240 – 243.
6. Сакно О.П. Аналіз системи управління технічним станом рухомого складу на підставі інформації зносу протектора шин / Кравченко О.П., Сакно О.П., Захаров С.В. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту [Науково-виробничий збірник]. – Горлівка : ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2011. – №1 (12). – С. 52–58.

**СИСТЕМНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТРИБОТЕХНОЛОГІЙ ПРИПРАЦЮВАННЯ І
ВІДНОВЛЕННЯ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ***Д.В. Тарнавський*, ст. гр. АТ-15*В.В. Аулін*, проф., д-р техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Безперервне підвищення навантажувально-швидкісних режимів роботи систем і агрегатів засобів транспорту(ЗТ) потребують подальшого удосконалення їх конструкцій і методів технічного обслуговування і ремонту.

Для цього при виготовленні і ремонті спряжень деталей використовуються припрацювальні та відновлювані речовини. Реалізацією технологій припрацювання шліфуванням м'якими абразивами, пластичною деформацією робочих поверхонь деталей, підбором режимів тертя і тривалості припрацювання намагаються вирівняти епіюру навантаження на трибоспряження деталей, сформувані їх оптимальну шорсткість і мінімальний припрацювальний знос. В технологіях припрацювання і відновлення використовують обкаточні оливи ОМД-8, ОМД-14, ОМ-2 з металоорганічними поверхнево-активними речовинами(ПАР) і з'єднаннями з S, Cl, P, металоплакуючу оливу ОМП-2В, солей жирних кислот, м'яких металів, склад FN 475 – синтетичних безабразивних речовин. Для припрацювання використовуються порошки каоліну, гідроксидів і органічних з'єднань алюмінію, високодисперсних алмазів, з'єднання хрому і кремнію. При цьому додають різноманітні присадки до палива, до повітря і до моторної і трансмісійної оливи враховується поєднання з присадками до базової оливи.

В експлуатації використовують профілактичні препарати, що швидко модифікують поверхні тертя деталей спряжень на невелику глибину (патент РФ №2015379), покривають їх мультимолекулярним ворсом, полімерними плівками, плівками вуглецевими та алмазоподібними (патент РФ №2178803) або аморфною вуглецеводневою, структурованими наноалмазами, комплексними плівками з металами і вуглеводневими з'єднаннями і мінералами (патент РФ №2351640), утворюючими з металом галогеніди (фториди, хлориди, йодіди)

У випадках, коли спряження деталей напрацювали до своїх граничних значень в доремонтному і міжремонтному періодах використовуються триботехнології відновлення із застосуванням ремонтно-відновлювальних складів речовин. При цьому в експлуатації на поверхнях тертя деталей утворюються антифрикційні, протизносні плівки тривалої дії.

Добавки, які подають в базову оливу осаджуються на робочих поверхнях деталей спряжень завдяки фізичній та хімічній адсорбціям, трибopolімеризації, електролітичного осадження, активації іонно-обмінних процесів, що відбуваються між спряженими поверхнями деталей і мастильним середовищем, в яке додають присадки або добавки, що володіють здатністю утворювати органічні плівки на поверхнях тертя.

В обкаточних триботехнологіях, крім традиційних мінералів, особливо ефективні нанокерамічні припрацювальні препарати Вальтера Вагнера.

Слід зазначити, що окремі приклади триботехнологій не роз'язують цілісного завдання підвищення ресурсу і працездатності машин безпосередньо в експлуатації. Необхідна регламентація комплексного застосування прийомів триботехніки на всіх етапах життєвого циклу машин, що визначаються виготовленням вузлів і агрегатів, закінченням експлуатаційної обкатки, настанням номінальних, а пізніше – граничних значень їх ресурсних параметрів. Для цього в технічну експлуатацію машин необхідно через науково-технічну документацію додатково включити триботехнології експлуатаційної обкатки,

профілактики зношування, ремонтно-відновлювальний, а після ремонту – триботехнологію обкаточно-профілактичну з використанням відповідних матеріалів.

На етапі експлуатаційної обкатки використовуються трибопрепарати м'якої дії, що модифікують поверхні деталей і створюють на них мультимолекулярну структуру Ленгмюра. Препарати м'якої дії це: "Енергія 3000", ER, Micro X3, епілам КАМП та ін.

Після експлуатаційної обкатки та закінчення гарантованого строку експлуатації, коли встановлюється номінальні значення ресурсних параметрів вузлів і агрегатів, однократно або декілька разів використовуються профілактичні трибопрепарати більш тривалої дії, на 20...50 тис.км. пробігу автомобілів, 1000...2000 мото-годин тракторів. До них відносяться: композиція АРВК від ИМАШ РАН і ТОВ "Венчур-Н", що містить трибополімерутворюючий мономер ЕФ-357 та порошок серпентину $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$.

При обкатці відремонтованих агрегатів ефективні комплексні притиральні склади, що включають м'які абразиви для шліфування шорсткості і зниження концентрації тиску в спряженнях і препаратах "WAGNER" високодисперсні мінерали, ПАР, що пластифікують поверхні за ефектом П.А. Ребіндера, знеміцнюючі поверхні і полегшують притирання. При цьому доцільне використання обкаточної оливи ОКМ з комплексним припрацювальним складом. Таким чином, зазначене вище свідчить, що до використання триботехнологій припрацювання та відновлення слід підходити системно, з урахуванням етапів життєвого циклу засобів транспорту, та технічного стану їх вузлів і агре

УДК 656.13

АНАЛІЗ НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

В.В. Аулін, ст. гр. АТ-16МЗ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Аналіз наукової літератури з напрямів розв'язання проблеми надійності свідчить, що практично не розроблено теорії забезпечення надійності транспортних систем при їх функціонуванні. Разом з тим велика частина організаційно-технологічних рішень, що здійснюються на практиці, по зниженню кількості збоїв функціонування транспортних систем базується на методах вирішення проблем безпеки дорожнього руху, технічної експлуатації автомобілів, ситуаційного управління перевезеннями, теорії надійності технічних систем, ризик-менеджменту, управління ланцюгами перевезень і ін.

Теорія забезпечення надійності вантажних та пасажирських перевезень на автомобільному транспорті як наукового напрямку вимагає використання порівняльного методу і корелювання її основних положень з положеннями теорії надійності технічних систем. Перш за все це застосування теоретико-ймовірнісних методів розрахунку міцності механічних систем з використанням статистичних методів надійності технічних об'єктів. Доведено, що через випадковість властивостей матеріалів і зовнішніх навантажень розрахунки елементів конструкцій машин і механізмів на міцність мають статистичний характер.

Надійність технічних систем характеризується числом фіксованих відмов. Визначення показників надійності технічних систем в перших дослідженнях вітчизняних, а також зарубіжних авторів, ґрунтується на інтенсивностях відмов їх елементів. Необхідність врахування впливу факторів навколишнього середовища на надійність експлуатації транспортної техніки послужило розвитку фізичної теорії надійності. Проводилися дослідження закономірностей виникнення відмов або граничних станів технічних об'єктів (транспортних засобів) при експлуатації і зберіганні під впливом сукупності зовнішніх і внутрішніх факторів.

При використанні системи аналогій в підходах до забезпечення надійності технічних і транспортних систем для вирішення завдань забезпечення надійності автомобільних перевезень, необхідно враховувати наступне: виникнення відмов в роботі транспортної системи не можна розглядати як масову подію, а тому використання закону великих чисел для статистичного тлумачення ймовірності відмов при цьому є недоречним; практично завжди відсутня представницька вибірка початкових даних, внаслідок чого використання стохастичних моделей аналізу надійності перевезень пов'язано з некоректною екстраполяцією емпіричних розподілів, що значно знижує достовірність розрахунків; внаслідок невизначеності початкової інформації нехтують рядом чинників надійності перевезень, що обумовлює умовний характер розрахункових схем.

Надійність роботи автомобільного транспорту тісно пов'язана з поняттям ймовірності успішного виконання замовлення на вантажні або пасажирські перевезення. Протилежним по значенню поняттям буде ймовірність відмови у виконання замовлення. І вантажні, і пасажирські автомобільні перевезення неможливо здійснювати без певної частки ризику. Завдяки діям менеджерів, спрямованим на попередження збоїв в роботі транспортної системи, в більшості випадків відмінні між собою нестандартні рішення, що посилює ризик. Відповідно при здійсненні перевезень доводиться враховувати ризик, вчитися прогнозувати і оцінювати допустимі його межі.

Практика показує, що рівень ризику залежить від величини одержуваного результату. В той час слід зазначити, що ризиком можна управляти. Управління ризиком припускає використання різних методів прогнозування настання ризикової події і вживання заходів до зниження її ймовірності. Методичний підхід такого напрямку є об'єктом вивчення ризик-менеджменту. Автори ряду робіт розкривають сутність системи управління ризиком, досліджують структуру і процедуру організації цієї системи, пропонують стратегію, прийоми, методи зниження ризику, питання страхування від ризику. Приводиться класифікація ризиків, характеризуються методи усунення негативних наслідків від неякісного надання послуг, наведено аналіз ризиків в соціально-економічних системах.

Одним з сучасних наукових напрямів вирішення проблеми забезпечення надійності процесів перевезень автомобільним транспортом є дослідження надійності їх ланцюгів. В роботах даного напрямку приводиться ряд класифікацій, у т.ч. методів розрахунку надійності ланцюга постачань, відмов в роботі транспортно-логістичних систем, чинників забезпечення та підвищення надійності. Пропонується математичний апарат опису процесів перевезень товарів, визначення оптимального рівня надійності елементів ланцюга постачань, основою якого є оптимізація сумарних експлуатаційних витрат і втрат через відхилення при доставці продукції. Для пошуку резервних каналів перевезень, розробки системи чинників, що визначають надійність

транспортної системи використовують певний методичний інструментарій. Результати згаданих досліджень з успіхом можна використовувати для пошуку резервів виробничих ресурсів, задіяних в доставці. Застосовуваний для опису ланцюгів процесів перевезень товарів від постачальника до споживача математичний апарат, зокрема функції алгебри логіки, структурні схеми, графи станів, дерева відмов, рівняння алгебри є універсальним і підходить для аналізу надійності перевезень на автомобільному транспорті.

Успішне виконання заявки на перевезення без порушення її тимчасових, якісних і кількісних параметрів ускладнене в умовах незадовільної організації і низького рівня безпеки дорожнього руху. В зв'язку з цим теорію надійності транспортних систем методологічно доцільно пов'язати з теорією транспортних потоків, системою їх організації і основами безпечного управління транспортним засобом. В даний час сформульовані основи теорії транспортних потоків, запропоновані рівні зручності руху автомобілів в транспортному потоці і способи їх визначення, розроблені методики розрахунку оптимального завантаження автомобільних доріг, способи обстеження і діагностики пропускної спроможності вулиць і автодоріг, а також методи оцінки водія по критерію надійності. Методична база зазначених робіт використовується для розрахунку раціональних схем транспортування об'єкту перевезення по автодорожній мережі з урахуванням фактичного її завантаження в реальному часі, пошуку резервних каналів перевезень, принципу нарахування виплат страховок у разі настання відмови.

В даний час напрямом організації і безпеки дорожнього руху, що активно розвивається, є розробка інтелектуальних систем забезпечення безпеки руху, а також розвиток навігаційно-інформаційних систем по управлінню і моніторингу транспортних засобів (ТЗ) на базі глобальних навігаційних супутникових систем та інформаційних технологій. Інтелектуальні системи забезпечення безпеки руху призначені для проведення аналізу руху ТЗ на основі технологій аналізу відеозображення. Вони застосовуються з метою реєстрації, ідентифікації і забезпечення безпеки автомобілів на навантажувально-розвантажувальних операціях транспортного процесу, автовокзалах, автомобільних стоянках, зупинних пунктах та інших елементах транспортно-технологічної схеми перевезень вантажів і пасажирів. Крім того, ці системи можна використовувати для контролю транспортних потоків. До функціональних можливостей інтелектуальних систем на транспорті слід віднести контроль швидкісного режиму, оцінку і аналіз обстановки на дорогах та маршрутній мережі. Одночасно з розвитком інтелектуальних систем забезпечення безпеки руху в даний час інтенсивно використовуються навігаційно-інформаційні системи на базі глобальних навігаційних супутникових систем. Поширення набула глобальна супутникова система GPS (Global Positioning System). Слід зазначити, що всі сучасні приймачі цієї системи розраховані на подвійне застосування GPS і ГЛОНАСС.

При вирішенні проблеми забезпечення надійності транспортної системи розглядають закономірності функціонування її такої системи, як "Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище" (ВАДС). Вихід параметрів системи ВАДС за допустимі межі приводить до відмови ТЗ, і, як наслідок, до відмови всієї системи. В дослідженнях надійності системи ВАДС особливо виділяється одна з її властивостей - безпека, оцінювана характеристиками особливих подій - дорожньо-транспортних подій (ДТП).

Забезпечення високої надійності перевезень автомобільним транспортом вимагає розробки методології досліджень системи ВАДС, що стосуються методів та методик оцінки і аналізу надійності водія, які базуються на роботах по інженерній психології на автомобільному транспорті. Основною умовою забезпечення надійності водія є відповідність його кваліфікації, досвіду роботи і інших професійних характеристик вимогам, встановленим для пасажирських та вантажних перевезень. Оцінка надійності водія ґрунтується на понятті похибки, тобто відхилення від встановлених параметрів транспортного процесу з вини водія. Використання новітніх методик оцінки і аналізу надійності водія при формуванні структури транспортного процесу і виборі його учасників, підвищить достовірність визначення надійності до надання транспортної послуги.

Одним з визначальних чинників забезпечення надійності автомобільних перевезень є технічний стан парку рухомого складу. Схід автомобілів з лінії складає перелік причин відхилень параметрів заявки, що часто зустрічаються, на доставку від встановлених замовником значень. У зв'язку з цим при забезпеченні надійності автомобільних перевезень логічним є використання методичного апарату технічної експлуатації автомобілів.

Вирішення задач технічної експлуатації автомобілів здійснюється використанням принципу системності. В якості прикладу можна навести формування системи забезпечення працездатності рухомого складу, системи постачання ремонтів запасними частинами і матеріалами, планово-запобіжну систему технічного обслуговування, систему нормативів технічної експлуатації автопарку та ін. З дослідженням даного наукового напрямку на увагу заслуговують роботи, в яких закладені основи і розвинуто методологію технічної експлуатації автомобільного рухомого складу. Аналіз наукової літератури свідчить, що достатньо досліджено наступне:

- основні показники надійності автотранспортних засобів та методи їх оцінки за результатами експлуатаційних випробувань, сформовано термінологію, дано класифікацію відмов, запропоновано методики прогнозування показників надійності автотранспортних засобів;

- причини зміни технічного стану автомобілів, необхідність організації підготовки нового рухомого складу до експлуатації, організація системи попередньої експлуатаційної підготовки автомобілів;

- методи експлуатації автомобілів в різних умовах, вплив змінного характеру умов експлуатації автомобілів на ефективність транспортного процесу, сутність і роль адаптивної пристосованості автомобіля до змінних умов експлуатації, закономірності формування ефективності експлуатації автомобіля на прикладі техніко-економічних показників і показників надійності його функціонування (паливна економічність, довговічність основних систем і агрегатів та ін.);

- методи забезпечення екологічної безпеки, основи фізико-хімічних процесів, що відбуваються при взаємодії об'єктів транспорту і промисловості на оточуюче середовище, показано механізм дії на оточуюче середовище об'єктів транспорту у відповідності до етапів життєвого циклу.

Проведений аналіз досліджень дозволив встановити, що в даний час ще не повністю розв'язана проблема забезпечення надійності транспортних систем, остаточно не сформовано систему знань про її стан та еволюцію зміни. Рішення по зниженню збоїв в роботі транспортної системи на практиці базуються, в основному, на знаннях окремих наукових напрямів: безпеки дорожнього руху, технічної експлуатації автомобілів, ситуаційного управління автомобільними перевезеннями, основ теорії надійності технічних систем, ризик-менеджментом, управління пасажирськими та вантажними перевезеннями.

УДК 631.372

ВПЛИВ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ НА НАДІЙНІСТЬ ГІДРОПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

В.Л. Куликівський, канд. техн. наук

Житомирський національний агроєкологічний університет

Застосування гідроприводу має ряд переваг перед іншими приводами сільськогосподарської техніки: малі габарити і вага; можливість плавного регулювання швидкості підйому (опускання) платформи, робочих органів мобільних машин; зниження навантаження на робоче обладнання в цілому; зниження важкості та підвищення безпеки праці операторів [1, 2]. Однак, як показує практика, зростання числа гідрофікованої техніки має і негативну сторону – небезпека збільшення числа нещасних випадків, пов'язаних з рядом конструктивних недоліків гідроприводу сільськогосподарської транспортної та мобільної техніки. Відмови елементів гідравлічного приводу складають майже половину від загального числа відмов технічних систем сільськогосподарських машин (рис. 1).

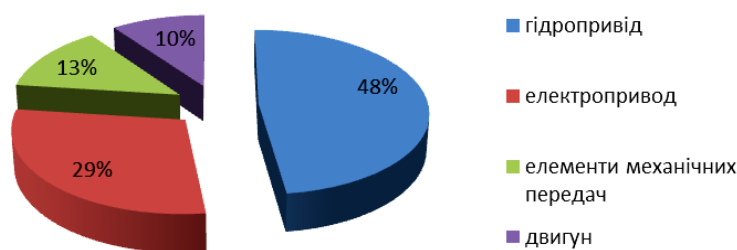


Рисунок 1 – Розподіл відмов у системах сільськогосподарських гідрофікованих машин

Проблема безпеки експлуатації сільськогосподарської техніки з гідроприводом полягає в несанкціонованому (аварійному), мимовільному опусканні (падінні) платформи, елементів робочого устаткування мобільних машин через порушення герметичності рухомих з'єднань. Найбільш часто гідравлічний привід виходить з ладу через розрив рукавів високого тиску і дефектів ущільнень (рис. 2).

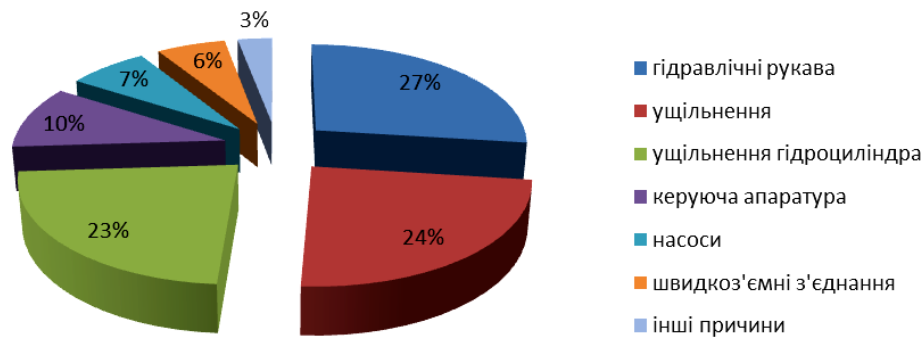


Рисунок 2 – Розподіл несправностей і відмов в гідравлічному приводі гідрофікованих машин

Порушення герметичності гідроприводу, поряд з іншими причинами, є наслідком виготовлення машин без урахування експлуатаційних режимів на етапі проектування, відсутності надійних методів розрахунку.

Дослідження показують, що основними режимами експлуатації гідроприводів сільськогосподарської техніки та мобільних машин – середній і важкий.

Гідроприводи сільськогосподарських гідрофікованих машин повинні задовольняти наступні технологічні вимоги, обумовлені специфікою роботи самоскидних платформ і робочих органів: забезпечувати швидкість виходу ланок гідронасоса в межах наведеної потужності; здійснювати захист гідронасосів від виникаючих перевантажень робочого обладнання; створювати обмеження швидкості вихідних ланок; забезпечувати зручність керування гідроприводом.

Задоволення зазначених вимог досягається правильним підбором гідронасоса і конструкцій виконавчого механізму. Найбільша ефективність застосування потужності гідроприводу досягається при мінімальних втратах. Ефективність використання гідроприводу має відповідати наступним критеріям: раціонального використання потужності гідроприводу та коефіцієнту корисної дії гідравлічного приводу.

В даний час проходить вдосконалення гідравлічних систем сільськогосподарської транспортної техніки шляхом переходу на гідравлічне обладнання високого тиску, збільшення загальної кількості агрегатів в гідравлічному приводі, збільшенням числа зв'язків між агрегатами. Застосування нових технологій у створенні агрегатів гідравлічного приводу дозволяють збільшити якість виготовлення спряжених деталей, що ставить високі вимоги до якості робочої рідини, до наявності в ній сторонніх домішок продуктів зносу деталей і пилу. Гідравлічні приводи стали більш чутливі до впливу чинників навколишнього середовища, наявності транспортно-технологічних вібрацій.

Перераховані фактори вимагають розробки і впровадження інженерних та організаційно-технічних заходів для забезпечення надійності і працездатності гідроприводів.

Висока надійність гідравлічних приводів машин досягається наявністю наступних факторів представлених на рис. 3.



Рисунок 3 – Виробничі фактори, що впливають на надійність гідравлічних приводів сільськогосподарської техніки

В даний час для забезпечення надійності гідроприводів гідрофікованих машин необхідно виділити наступні напрямки:

1. Розвиток математичних методів дослідження на основі теорії надійності, математичного моделювання технічних пристроїв.
2. Дослідження та розробка технічних пристроїв, що підвищують надійність і безпеку гідроприводів при проектуванні та виготовленні.

Список літератури

1. Исаев А.П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П. Исаев. – М.: Агропромиздат, 2007. – 400 с.
2. Гідропривід сільськогосподарської техніки: Навчальне видання / О.М. Погорілець, М.С. Волянський, В.Д. Войтюк, С.І. Пастушенко; За ред. О.М. Погорільця. – К.: Вища освіта, 2004. – 368 с.

УДК 531.43:621.891

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І НАДІЙНОСТІ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ТРИБОТЕХНОЛОГІЯМИ

С.В. Лисенко, ст. гр. АТ-16МЗ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Серед різних типів триботехнологій на увагу заслуговують металоплакуючі триботехнології. При їх застосуванні на поверхнях тертя деталей трибоспряжень систем і агрегатів засобів транспорту (ЗТ) на різних стадіях їх життєвого циклу (при виготовленні, ремонті, обкатці і експлуатації) може бути сформована металовмісна захисна плівка з пластичного металу, яка надійно запобігає різні за матеріалом і формою деталі від різного виду зношування, в т.ч. водневого і корозійного. Ці триботехнології дозволяють формування спряжених поверхонь деталей з високими антифрикційними властивостями і реально зменшити величину їх зносу.

На різних стадіях життєвого циклу можна використати різні методи та способи реалізації триботехнологій формування металоплакуючої плівки:

- при виготовленні і ремонті шляхом фрикційної обробки (натирання) у спеціальних металовмісних середовищах, підібраних для матеріалів спряжених деталей;
- в період обкатування трибоспряжень в спеціально розроблених і виготовлених металовмісних обкаточних середовищах;
- під час експлуатації трибоспряжень деталей при мащенні їх металовмісними мастильними і мастильно-охолоджуючими рідинами.

Таким чином, триботехнології на основі металоплакуючих матеріалів можна поділити на технологічні та експлуатаційні.

Технологічні триботехнології реалізуються під час ремонту або технічного обслуговуванню безпосередньо безабразивною обробкою поверхні спряжених деталей попередньо розробленого ЗТ. Протизносні властивості поверхонь зростають в результаті формування на них в присутності металоплакуючих середовищ тонких металевих плівок, що захищають основний матеріал деталі від інтенсивного зношування. Зазначені триботехнології не дозволяють відновлювати працездатність деталей трибоспряжень систем і агрегатів, фізичний знос у яких досяг граничного значення, але дає можливість подовжити термін їх служби. Вибір методів формування металоплакуючих плівок визначається технічним станом обладнання, поставленими завданнями і умовами конкретного виробництва.

Експлуатаційні триботехнології дозволяють формувати поверхні тертя з високими протизносними властивостями в процесі експлуатації ЗТ. Підвищення зносостійкості трибоспряжень деталей систем і агрегатів в ЗТ під час експлуатації базується на використанні в них металоплакуючих мастильних матеріалів, обкаточних середовищ, гідравлічних рідин, моторних і трансмісійних олів і мастильно-охолоджуючих рідин.

Технологічні методи триботехнологій рекомендується застосовувати при середньому та капітальному ремонті, зв'язаному з розбиранням і заміною зношених трибоспряжень і деталей.

Експлуатаційні методи триботехнологій рекомендується застосовувати для підвищення строку служби малозношувальних або нових систем і агрегатів.

Ефективність застосування даної триботехнології тим вища, чим раніше трибоспряження деталей систем і агрегатів буде переведено на роботу в режимі металоплакування.

Визначено, що найкращий результат при цьому досягається при комплексному застосуванні технологічних і експлуатаційних методів триботехнологій металоплакування, що дозволяє збільшити тривалість міжремонтного циклу від 2 до 5, а в окремих випадках – до 10 разів.

Виявлено, що металоплакуючі триботехнології особливо ефективні для важконавантажених трибоспряжень деталей, при обмежувчій подачі мастильного матеріалу до поверхонь тертя і у випадках, коли прискорене зношування приводить до втрат експлуатаційних характеристик ЗТ.

Показано, що в режимі металоплакування, який характеризується утворенням на поверхнях тертя захисних металовмісних плівок, що запобігає безпосередній контакт матеріалів спряжених деталей, можлива зміна матеріалів деталей трибоспряжень, що дорого коштують на більш дешеві. При цьому, леговані сталі з яких виготовлені деталі автомобілів, можуть

бути замінені звичайними конструкційними сталлями або високоміцним чавуном, а антифрикційні матеріали – на сплави з мінімальним вмістом легуючих елементів.

Дослідження показали, що металоплакуючі триботехнології можна з успіхом використати:

- в зубчастих передачах і черв'ячних парах різних механізмів;
- в опорах кочення і ковзання валів;
- в гідронасосах, гідромоторах, гідроциліндрах та іншій гідравлічній апаратурі;
- золотникових і плунжерних парах паливної апаратури;
- в трибоспряженнях двигунів внутрішнього тертя;
- в ущільнюючих пристроях та ін.

Дослідженнями доведено, що застосування таких триботехнологій дозволяє зменшити знос трибоспряжень деталей не менш як в 1,5...2,0 рази, знизити втрати на тертя до 30 %, скоротити більш як вдвічі час обкатування, зменшити рівень шуму на 10...15 дБ.

УДК 621.8

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ШКИВОВ КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ПОМОЩЬЮ УПРОЧНЕНИЯ ИХ РОЛИКАМИ

Зарванский И.В., соискатель высшего образования гр. М1/1 магистр

Бутаков Б.И., д.т.н., проф., Марченко Д.Д., к.т.н., доц.

Николаевский национальный аграрный университет

Наиболее ответственными узлами механизмов являются клиноременные передачи. В настоящее время проблема повышения долговечности клиноременных передач оборудования, работающего в условиях большой запыленности остается весьма острой. В значительной степени эту проблему можно решить за счет повышения качества рабочих поверхностей клиноременных шкивов.

Большая глубина впадины профиля шкива при незначительной ширине впадины создает трудности при чистовом нарезании ее по всей глубине профиля. Низкая виброустойчивость системы станок–резец–деталь не позволяет получить требуемую шероховатость поверхности, соответствующую $R_a = 0,16...1,25$ мкм (ГОСТ 2789 – 73). Чаще всего достигается шероховатость $R_z = 10...40$ мкм. Для получения требуемой шероховатости конусной поверхности шкивы подвергаются поверхностному пластическому деформированию с помощью обкатывания роликами.

С целью обеспечения интенсивной деформации металла поверхностного слоя при сравнительно небольших усилиях обкатывания (5 – 6 кН), допустимых на средних металлорежущих станках, применен способ обкатывания огибанием коническим консольным роликом.

Кинематика известного способа обкатывания детали роликом заключается во вращении ролика вокруг своей оси и в поступательной подаче его вдоль профиля обкатываемой поверхности из положения 1 в положение 1' (рис. 1, а). При переменной кривизне профиля детали по мере подачи ролика изменяется приведенная кривизна в точке контакта: $1/R_{np} = 1/R_d + 1/r_p$, а это приводит к снижению качества обкатанной поверхности, так как нарушается условие оптимизации усилия обкатывания. Радиус кривизны ролика r_p при известном способе обкатывания должен быть заведомо меньше наименьшего радиуса вогнутого участка профиля детали, что ограничивает допустимую подачу и снижает тем самым производительность процесса. Способ обкатывания огибанием заключается в том, что точка контакта ролика (рис. 1, б) с деталью по мере его перехода в положение 1' перемещается по детали в процессе взаимного огибания их профилей. Обкатывание, таким образом, происходит как в плоскости качения – поперечного сечения ролика, – так и в плоскости подачи его осевого сечения. Профиль ролика при обкатывании огибанием [1] может иметь в общем случае переменную кривизну, согласованную с кривизной детали так, что в каждой точке обеспечиваются оптимальные условия их контакта. В частности, при этом способе может обеспечиваться одинаковая приведенная кривизна профилей ($R_{np} = \text{const}$), что позволяет использовать постоянное рабочее усилие, достаточно большие подачи и гарантирует при этом качество поверхности и высокую производительность процесса. Кроме того, обкатывание огибанием позволяет более равномерно загрузить рабочую поверхность роликов за счет постепенного смещения точки их контакта с деталью вдоль профиля осевого сечения, причем смещение обеспечивается и при обкатывании деталей с прямолинейной образующей, например профиль впадины шкива клиноременной передачи.

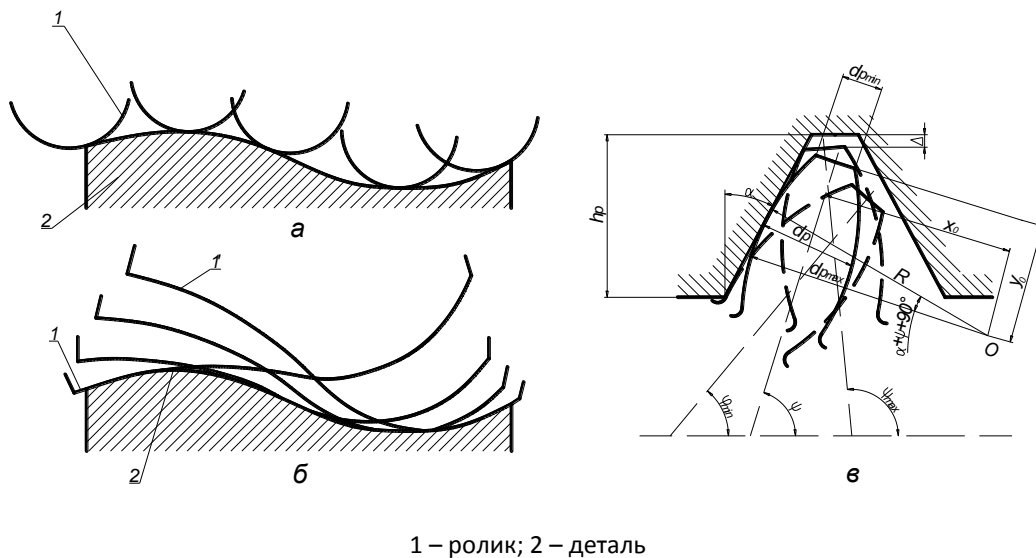


Рисунок 1 - Схемы обкатывания деталей роликами с подачами продольной (а) и огибанием (б), а также схема расчета приведенного диаметра ролика и угла огибания (в)

Значение этого факта особенно велико для увеличения стойкости роликов малого диаметра. Схема обкатывания огибанием конической поверхности концевым роликом показана на рис. 1, в. Ролик подается поворотом его оси в плоскости осевого сечения детали. Форму ролика – радиус кривизны профиля, положение оси и торца ролика (x_0, y_0) относительно центра кривизны O – определяют исходя из режима обкатывания, прочности и

размещения ролика во впадине обкатываемой резьбы. Угол огибания, необходимый для деформации кольцевого витка по всей высоте его образующей в случае огибания без проскальзывания [1], составляет

$$\varphi = \frac{h_p - \Delta - 2[r_p \sin(\alpha + \psi_{\max}) - x_o] \cos \psi_{\max}}{r_p \cos \alpha},$$

где Δ – гарантированный зазор между роликом и деталью; ψ_{\max} – конечный угол контакта ролика с деталью:

$$\psi_{\max} = \pi - [\alpha + \arccos(y_o / r_p)]. \quad (1)$$

В процессе огибания изменяется диаметр ролика, контактирующий с витком. Его величина определяется в связи с координатным углом ψ :

$$d_p = 2[r_p \sin(\alpha + \psi) - x_o] \quad (2)$$

и достигает максимума при $\psi = 90^\circ - \alpha$; $d_{p\max} = 2(r_p - x_o)$. Радиус кривизны ролика в сечении, проведенном нормально к образующей витка, учитывают при определении усилия обкатывания, полагая расчетный диаметр ролика

$$d_p = 2[r_p - x_o / \sin(\psi + \alpha)]. \quad (3)$$

Устройство для обкатывания рабочих поверхностей клиноременных шкивов приведено на рис. 2 [2].

Консольный ролик 1 установлен в подшипник рычага 2, поворачивающегося на оси 3 относительно корпуса 4. Нижний конец рычага 2 с помощью зубчатого зацепления соединен с сектором 5, к которому с помощью шлицевого валика присоединен кулачок 6, крайнее положение последнего определяется упорными винтами 7. С одним из концов сектор 5 шарнирно связан с поршнем 8, установленным в расточке цилиндра 9. Усилие на поршне 8 создается пружиной 10 и регулируется гайкой 11. В теле поршня 8 имеются клапан 12 и калибровочное отверстие 13, площадь сечения которого регулируется запорным штоком 14. Устройство устанавливают в резцедержатель токарного станка.

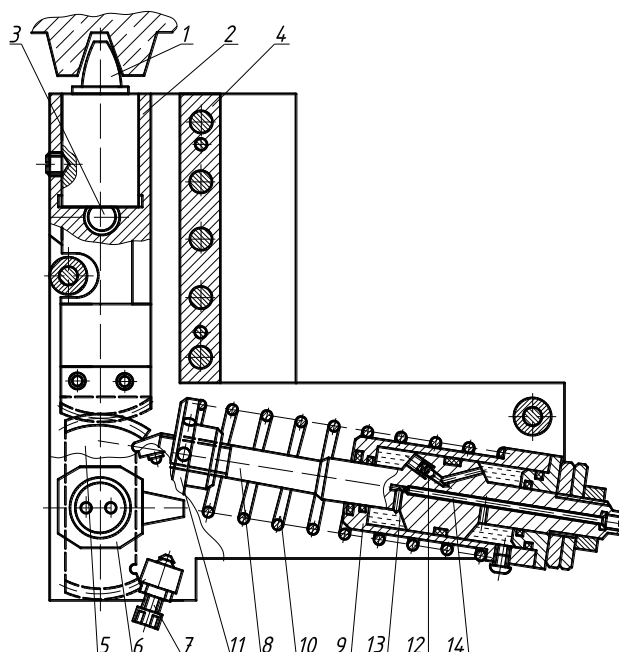


Рисунок 2 - Устройство для обкатывания роликами клиноременных шкивов

Устройство работает следующим образом.

Ролик 1 подводится к обкатываемой поверхности детали и поджимается к ней под действием пружины 10 через поршень 8, сектор 5 и рычаг 2. При вращении детали корпусу 4 устройства вместе с суппортом станка задается движение подачи вдоль оси детали справа налево при обкатывании правой стороны ручья, и слева направо – при обкатывании левой стороны. За счет поворота рычага 2 образующая ролика 1 огибает профиль обкатываемой детали, осуществляется подача обкатывания. При повороте рычага 2, сектор 5, который находится в зацеплении с рычагом 2, вращается и, постепенно сжимая пружину 10, перемещает поршень 8 относительно цилиндра 9. Жидкость, залитая в цилиндр 9, переливается через клапан 12 справа налево и позволяет рычагу 2 свободно отклоняться в процессе обкатывания, а при отводе ролика 1 от детали предотвращает быстрое возвращение рычага 2 в исходное положение. Рычаг 2 медленно поворачивается по мере перетекания жидкости из левой полости в правую через калибровочное отверстие 13.

Для обкатывания левой стороны профиля ручья поршень 8 перебрасывается в нижнюю выемку сектору 4.

Таким образом, предлагаемая технология и устройство, уменьшит шероховатость, повысит точность и осуществит интенсивную пластическую деформацию металла поверхностного слоя боковых стенок ручьев на шкивах, что повысит их износостойкость и долговечность ремней клиноременных передач.

Список литературы

1. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев. – Киев: Наук. думка, 1995. – 256 с.

2. Патент України на корисну модель UA 65181, МПК В24В 39/04 (2006.01) Пристрій для обкатування роликми бокових поверхонь шківів клиноремених передач / Б.І. Бутаков, Д.Д. Марченко, В.В. Мамарін – Опубліковано 25.11.2011, Бюл. №22.

УДК 656.025

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ПОСТАЧАНЬ З УРАХУВАННЯМ
ВАРІАТИВНОСТІ ЧАСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА СКЛАДІ
ОДЕРЖУВАЧА**

В. Є. Хов'якова, ст. гр. ЛОГІС-2015-1

О. В. Россолов, доц., канд. техн. наук

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

В даний час як виробники товарів, так і учасники процесу розподілу продукції, вимагають поряд зі скороченням витрат, підвищення комплектності транспортного обслуговування, забезпечення надійності, швидкості доставки і схоронності своїх товарів у процесі їхнього переміщення. Одним з шляхів вирішення цього питання є побудова мультимодальних систем доставки вантажів, які дозволяють скоротити витрати на просування матеріального потоку за рахунок поєднання магістральних видів транспорту (залізничний чи морський) та підвізний (автомобільний).

Вперше концепція загальних витрат або повної вартості була введена Говардом Льюїсом, Джеймсом Каллітоном і Джейком Стілом. Схема цих авторів показує залежність загальних витрат від витрат на окремі логістичні операції. Автори описують, як зменшивши вартість однієї операції можна призвести до зниження загальних витрат на просування продукції. Один з методів вирішення даної задачі пропонує Миротин Л. Б. При виборі оптимальної кількості складів в якості залежних змінних розглядаються наступні види витрат: транспортні витрати; витрати на утримання запасів; витрати, пов'язані з експлуатацією складського господарства; витрати, пов'язані з управлінням складською системою. Схожі підходи до вирішення питання, щодо кількості складів у ланцюзі постачань розглядали наступні автори: Д. Бауерсокс, Д. Клосс, Л. Б. Миротин, Б. А. Анікін, В. М. Курганів та інші. Однак при однаковому підході до визначення оптимальної кількості складів на підставі мінімальних загальних витрат на доставку продукції, математична постановка визначення складових загальних витрат мають відмінності у кожного з перерахованих авторів.

На основі цього на першому етапі пропонується формалізувати тривалість часу доставки не залежно від виду системи перевезення (унімодална чи мультимодальна).

$$T_{\text{досг}} = \sum_{i=1}^s t_{pi} + \sum_{j=1}^d t_{h/pj} + \sum_{r=1}^f t_{vbr} + \sum_{z=1}^k t_{npz} + \sum_{b=1}^w t_{mb}, \quad (1)$$

де t_{pi} – час руху на i -й ділянці маршруту доставки, дїб; s – кїлькїсть дїлянок (вїдїв транспорту) пїд час доставки вантажу вїд вїдправника до одержувача, од.; $t_{н/р}$ – тривалїсть одного циклу навантаження-розвантаження транспортного засобу, дїб; d – кїлькїсть циклїв навантаження-розвантаження, що виконуютьсї пїд час доставки вантажу зї складу вїдправника до складу одержувача, од.; $t_{вр}$ – час вїдпочинку водїїв пїд час доставки автомобїльним транспортом, дїб; r – кїлькїсть зупинок для вїдпочинку водїя, од.; $t_{нрз}$ – час незапланованого простою транспортних засобїв, дїб; k – кїлькїсть непродуктивних простоїв пїд час доставки вантажу вїд складу вїдправника до складу одержувача, од.; t_{mb} – час проходження кордону (пограничний контроль), дїб; b – кїлькїсть пограничних контролїв, що виконуютьсї пїд час доставки вїд складу вїдправника до складу одержувача, од.

Сумарнї витрати на доставку в свою чергу будуть визначатисї за наступною формулою

$$V_{\text{дост}} = V_{\text{тр}}^{\text{м}} + V_{\text{тр}}^{\text{п(в)}} + V_{\text{н/р}}, \quad (2)$$

де $V_{\text{дост}}$ – витрати на доставку вантажу, грн.; $V_{\text{тр}}^{\text{м}}$ – витрати на транспортування маїстральним транспортом, грн.; $V_{\text{тр}}^{\text{п(в)}}$ – витрати на пїдвїз-вївїз вантажу вїд рїгїонального складу, грн.; $V_{\text{н/р}}$ – витрати на виконання вантажно -розвантажувальних робїт, грн.

У якостї експериментального об'єкту дослїдження обрано ТОВ «Інтерпайп НїКО ТЬЮБ». Поточна система постачань передбачає використання залїзничного транспорту. В зв'язку з цим оцїнка наслїдкїв функцїонування системи буде виконуватисї за вище наведеними моделями з урахуванням часу простою. В загальному виглядї аналітична модель буде наступною:

$$V_{\text{заг}}^{\text{зал}} = \frac{Q_{\text{пост}}}{q_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{с}}} \cdot V_{\text{транс}}^{\text{зал}} + V_{\text{прост}} \cdot (\xi' \cdot \sigma + \mu), \quad (3)$$

де $Q_{\text{пост}}$ – обсяг постачань за перїод, що розглядаєтьсї, т; $q_{\text{в}}$ – вантажнїсть вагону, т; $\gamma_{\text{с}}$ – коефїцієнт статичного використання вантажнїсть вагону (приймаєтьсї по класу вантажу, що перевозитьсї); $V_{\text{транс}}^{\text{зал}}$ – витрати на транспортування вантажу одним вагоном, грн; $V_{\text{прост}}$ – витрати за простїй одного вагону на станцїї, грн/год; ξ' – випадкова величина, отримана на основї рївнорївно розподїлених величин; σ – середньоквадратичне вїдхилення тривалостї простою вагону, год.; μ – математичне очїкування тривалостї простою вагону, год.

План експерименту має наступний вигляд

Таблиця 1. Розкодований план повного двох факторного екстремального експерименту

Номер серії дослідів	Факторні ознаки		Функція відгуку, y
	Відстань доставки, км	Обсяг замовлення, т	
1	2310	130	\bar{y}_1
2	3680	130	\bar{y}_2
4	2310	260	\bar{y}_3
5	3680	260	\bar{y}_4

Дослідження тривалості простою вагонів в очікуванні обслуговування дозволили зробити висновок, про можливість опису даного процесу за нормальним законом (рис. 1).

Результати експерименту щодо функціонування системи доставки в міжнародному сполученні наведено в табл. 2.

Таблиця 2. – Результати експерименту

Показник	Серія дослідів			
	1	2	3	4
Середнє значення витрат на доставку, грн	21550,53	32430,39	42250,78	64557,15
Середньоквадратичне відхилення витрат на доставку, грн	948,25	831,28	1358,93	1743,3
Похибка, грн.	1077,53	1621,52	2112,54	3227,86
Потрібна кількість дослідів, од	3	1	2	1

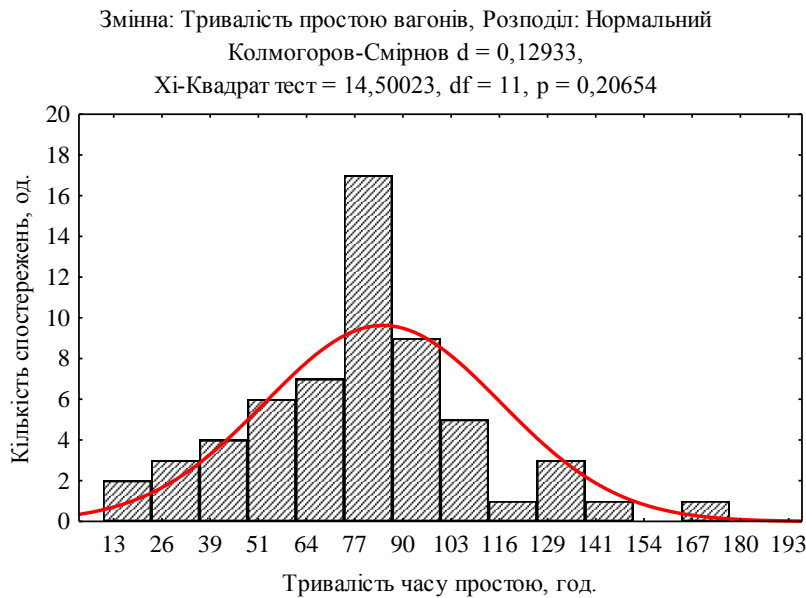


Рис. 1. Гістограма розподілу тривалості часу простою вагонів в очікуванні обслуговування

Таким чином визначено, що варіативність часу обслуговування транспортних засобів суттєво впливає на результати та надійність функціонування системи постачання в міжнародному сполученні. При цьому доцільніше застосовувати мультимодальну системи доставки, що дозволяє мінімізувати негативний вплив простоїв транспортних засобів на надійність системи постачання.

УДК 621.8

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТОРСИОНОВ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ

Шолтоян Д.М., соискатель высшего образования гр. М1/2 магистр

Бутаков Б.И., д.т.н., проф., **Марченко Д.Д.**, к.т.н., доц.

Николаевский государственный аграрный университет

Рабочее усилие при обкатывании валов ограничено не только возможностями станка, но также и жесткостью детали. По мере увеличения длины вала возрастает опасность недопустимого прогиба его под действием радиальной силы.

На рис. 1 приведена номограмма допускаемых сил при обкатывании валов в центрах одним роликом. Если отношение длины валов к диаметру равно или более 10, предусмотрена установка люнетов. Но люнеты сокращают технологические возможности обработки,

увеличивают вспомогательное время. Более рационально для обкатывания длинных валов применение многороликовых устройств охватывающего типа.

Характерным примером обработки валов малой жесткости является обкатывание шеек трансмиссионных валов ролгангов прокатных станов. Эти валы имеют длину 6 – 8 м при диаметре – 130 мм.

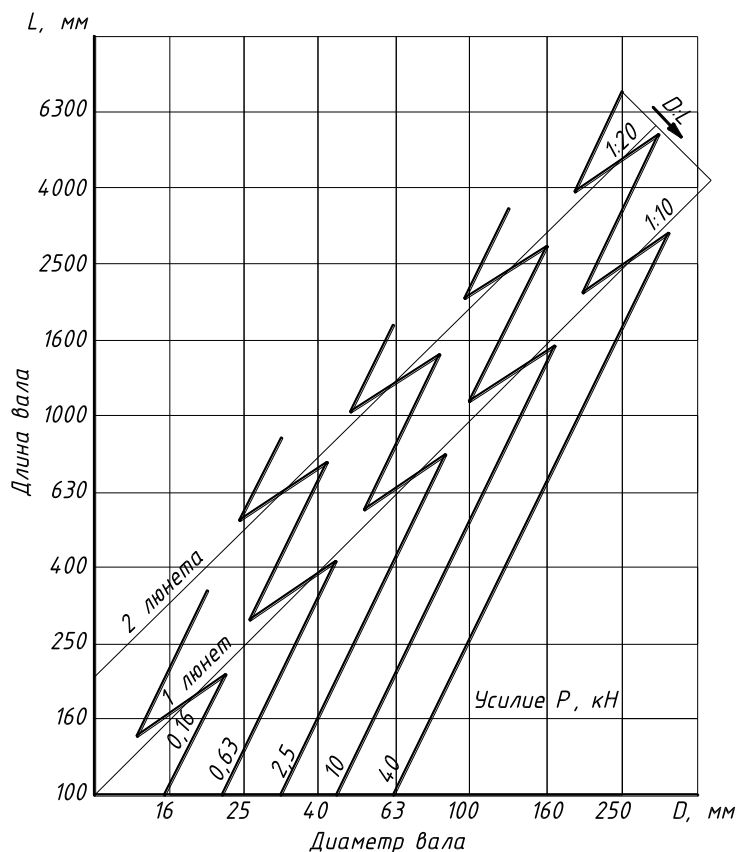


Рисунок 1 - Допускаемые усилия обкатывания длинных валов одним роликом

На рис. 2 показано приспособление для обкатывания трансмиссионных валов. Разъемная обойма 2 с роликами 1 располагается в вилке 3, которая устанавливается в резцедержателе станка [1].

Вилка жестко крепит обойму в направлении оси вала и предоставляет ей свободу установки в радиальной плоскости. Благодаря этому при биении вала обойма плавает в вилке, не передавая поперечную нагрузку на суппорт станка. Необходимое усилие обкатывания создается и регулируется гайкой 4, сжимающей пружину 5.

Обкатывание повышает производительность чистовой обработки валов на токарных станках в 2 – 4 раза в зависимости от размеров вала.

При использовании пневматических или гидравлических устройств обкатывание может выполняться при постоянном рабочем усилии.

Обкатывание галтелей с подачей ролика вдоль оси вала выполняется при упрочнении торсионов исчезающих упоров прокатных станов.

Торсионные валы представляют собой нежесткие детали диаметром 115 или 140 мм и длиной соответственно 2 или 3,8 м. Цилиндрическое тело торсиона сопрягается с утолщенными головками галтелями радиусом 300 мм. Галтели таких размеров не создают в торсионных валах сколько-нибудь опасной концентрации напряжений, но технологически именно обкатывание таких криволинейных участков наиболее сложно.

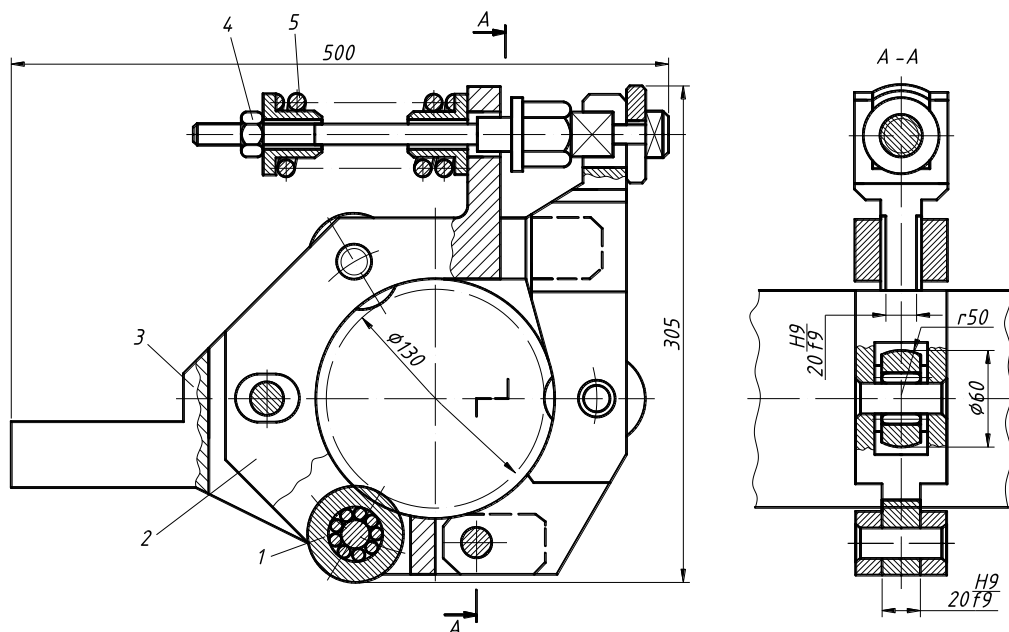


Рисунок 2 - Приспособление для обкатывания длинных валов малой жесткости

Для обкатывания торсионов разработано специальное трехроликовое пневматическое приспособление (см. рис. 3).

Пневматические цилиндры 6 этого приспособления с диаметром поршней 200 мм установлены на общей плите 4. Рабочие ролики 7 вращаются на игольчатых радиальных и упорных шариковых подшипниках. Штоки поршней располагаются в чугунных направляющих втулках и предохраняются от поворота вокруг своей оси планками 5.

Приспособление устанавливается на поперечных салазках суппорта токарного станка. Во время обкатывания по мере продольной подачи суппорта поршни сходятся или расходятся в зависимости от диаметра обкатываемого сечения, а ролики прижимаются к поверхности вала с постоянным усилием. Давление воздуха в цилиндрах регулируется редукционным клапаном 1 и контролируется по манометру 2. Цилиндры включаются в сеть краном 3.

Торсионные валы изготавливаются из стали 45ХНМФА и имеют после термической обработки твердость HRC 40 – 48. Ввиду высокой твердости материала обкатываемых деталей ролики для обкатывания интенсивно изнашиваются. Несмотря на их высокую твердость HRC 62 – 64 одним комплектом роликов можно обкатать лишь пять валов, после чего ролики рекомендуется перешлифовывать для восстановления исходного профильного радиуса, обеспечивающего эффективную деформацию поверхностного слоя.

Режим обкатывания торсионных валов: профильный радиус роликов 10 мм; рабочее усилие 15 кН, подача 0,36 мм/об, скорость 30 м/мин.

Во время термической обработки, предшествующей обкатыванию, некоторые торсионы получают значительную поводку, допускаемую техническими условиями чертежа. В результате поводки биение поверхности валов при установке в центрах достигает 6 – 8 мм. Для обкатывания валов с таким биением на токарном станке удаляется винт поперечной подачи суппорта. После этого приспособление вместе с верхней плотвиной суппорта можно свободно установить на поперечных направляющих; во время обкатывания оно плавает в поперечном направлении, центрируясь по детали.

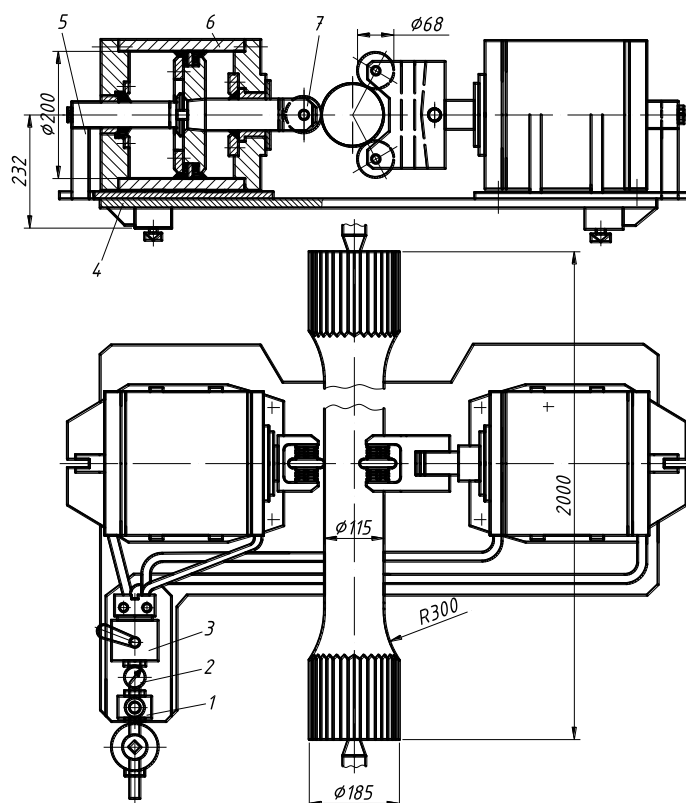


Рисунок 3 - Приспособление для обкатывания торсионов исчезающих упоров прокатных станков

Для обкатывания торсионов после установки вала в центрах ролики продольным перемещением суппорта подводят к началу одной из головок и устанавливают на расстоянии 5 – 8 мм от края шлиц. Включается механизм продольной подачи суппорта. Редукционным клапаном давление воздуха, контролируемое по манометру, снижают до 200 кПа и поворотом крана воздух подают в цилиндры. Ролики входят в контакт с деталью; их можно сводить только при включенном механизме подачи суппорта, в противном случае суппорт сдвинется от скольжения роликов по галтели вала.

Поверхность вала смазывают машинным маслом и включают шпиндель станка. По мере подачи приспособления в течение первых 20 – 30 оборотов детали давление в цилиндрах плавно повышают с помощью редукционного клапана до 500 кПа.

По окончании прохода при выходе роликов на галтель у второй головки торсиона давление вновь снижают до 200 кПа, а затем переключением воздуха в передние полости цилиндров разводят поршни и обкатанный вал можно снять.

Следующий вал обкатывают с подачей в противоположном направлении. Это не только удобно, так как не приходится перегонять суппорт в исходное положение, но и полезно для более равномерного износа роликов.

Торсионные валы поступают на операцию обкатывания после пескоструйной очистки поверхности от окалины. Шероховатость их поверхности по R_a 5 – 10 мкм. После обкатывания шероховатость поверхности составляет R_a 0,63 – 1,25 мкм. Однако на поверхности, как правило, бывает заметна волнистость, возникающая из-за больших углов вдавливания роликов.

Обкатывание торсионных валов – широко распространенная в машиностроении упрочняющая операция, в результате которой предел выносливости таких валов, работающих на кручение, повышается на 40 – 80% [2].

Представляется логичным, что с увеличением диаметра вала должна возрастать эффективная толщина наклепанного слоя.

Важен факт одинакового относительного упрочнения, несмотря на явное проявление масштабного эффекта, заключающегося в снижении предела выносливости по мере увеличения диаметра образцов. Можно полагать, что и при дальнейшем увеличении диаметра обкатываемых валов может быть достигнута та же степень упрочнения при соответствующих режимах обкатывания.

Высокая эффективность обкатывания сохраняется в довольно широком диапазоне рабочих усилий. Кроме того, с ростом диаметров упрочняемых валов нет необходимости пропорционально увеличивать размеры роликов.

Увеличение относительной кривизны ролика в осевом и радиальном сечениях позволяет повысить степень наклепа поверхностного слоя и тем самым компенсировать до некоторой степени относительное уменьшение рабочего усилия.

Учитывая, что при упрочнении крупных деталей интерес представляет именно область относительно малых усилий, следует считать увеличение кривизны ролика важным резервом повышения эффективности обкатывания.

В работе [3] было показано, что в тех случаях, когда разрушение гладких образцов начинается с поверхности, толщина наклепанного слоя может не оказывать решающего влияния на эффективность обкатывания.

Детали с конструктивными концентраторами напряжений разрушаются, как правило, с поверхности. Для таких деталей степень наклепа имеет особенно большое значение.

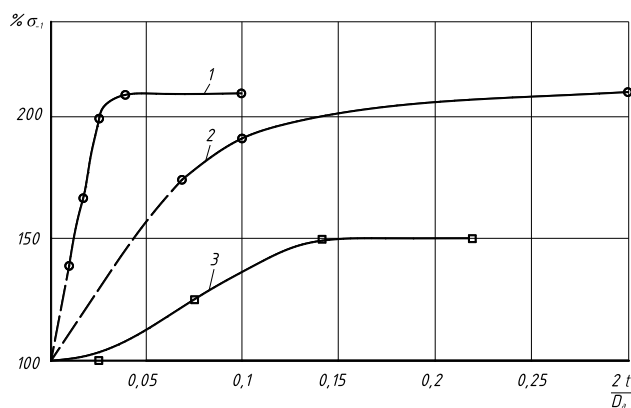
На рис. 4 приведены графики зависимости эффекта обкатывания подступичных частей валов от относительной толщины наклепанного слоя, построенные по данным трех различных работ. Графики показывают, что при высокой степени наклепа высокая

эффективность упрочнения достигается при относительно малой толщине наклепанного слоя (кривые 1 и 2).

Как видно из данных рис. 4 эффект повышения предела выносливости стабилизируется при $2t/D_0 \geq 0,1$. Глубину наклепа t можно рассчитать по формуле С.Г. Хейфеца [4] $t = \sqrt{P/2\sigma_T}$, где P – усилие обкатывания; σ_T – предел текучести обкатываемого металла.

Сравнительно малая эффективность в опытах Н.П. Зобнина [6] (кривая 3) объясняется уменьшенной степенью деформации из-за большого (75 мм) радиуса кривизны ролика (ролик сферической формы).

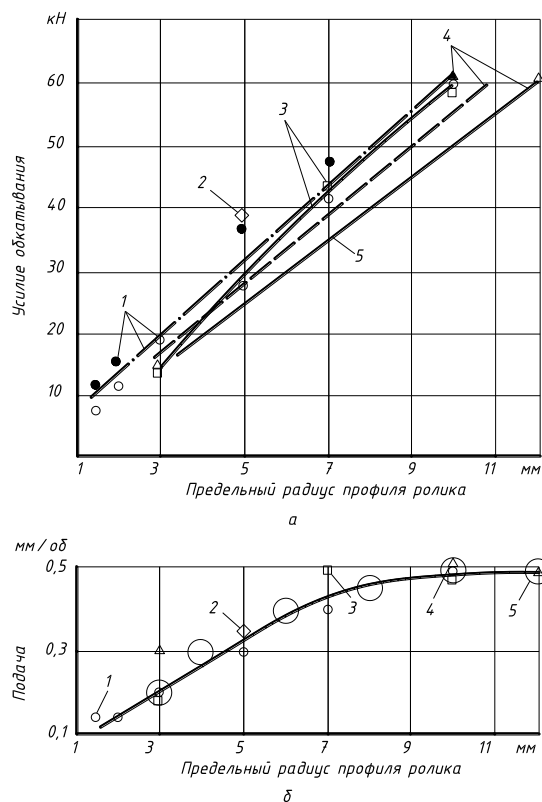
Однако повышение степени наклепа за счет уменьшения радиуса профиля имеет предел, ниже которого поверхность детали разрушается.



1 – А.М. Усова [5], 2 – О.О. Куликова [3], 3 – Н.П. Зобнина [6]

Рисунок 4 - Повышение предела выносливости в зависимости от относительной толщины наклепанного слоя по данным

О.О. Куликов [3] ввел понятие предельно допустимого радиуса ($r_{пред}$) и предложил характеризовать профильный радиус ролика отношением к предельному радиусу $r:r_{пред}$. Он показал, что с приближением этого отношения к единице предел выносливости образцов с напрессованными втулками растёт.



1 – 34ХН1М, 2 – 18ХНВА, 3 – 35ХНВ, 4 – 50, 5 – рекомендуемые значения

Рисунок 5 - Зависимость предельного радиуса профиля ролика от усилия обкатывания (а) и подачи от профильного радиуса ролика (б) для сталей

На рис. 5, а приведены графики зависимости предельного радиуса профиля ролика от усилия обкатывания валов диаметром от 200 до 500 мм, изготовленных из разных сталей. Для построения этих графиков валы обкатывались роликами с различными профильными радиусами, причем применялись подачи, составляющие 0,1 ширины контактной канавки. Точки, помеченные залитыми значками, соответствуют режиму, вызвавшему разрушение металла, светлыми квадратиками – предельному режиму, незалитыми – режиму, близкому к предельному.

Учитывая близость полученных значений предельных радиусов для различных сталей, можно заменить на рис. 5, а частные зависимости 1 – 4 обобщенной зависимостью 5. Рекомендуемые согласно этой зависимости профильные радиусы при усилиях обкатывания от 10 до 60 кН приведены в табл. 1. Эти профильные радиусы превышают предельные значения на 20 – 60%, что предохраняет обкатываемую поверхность от разрушения при колебаниях свойств материала или подачи.

Подачи, при которых получены указанные значения профильных радиусов, приведены на рис. 5, б. Этот график показывает, что подача практически не зависит от свойств обрабатываемого материала. Объясняется это тем, что, несмотря на различие в ширине контактных канавок, расчетные подачи, составляющие 0,1 этой величины, различаются сотыми долями миллиметра. Так как при обкатывании всегда приходится округлять расчетную величину подачи до ближайшего значения, имеющегося на станке,

представляется возможным задать подачу величинами, однозначно связанными с усилием и профильным радиусом ролика.

По данным ЦНИИТМАШа [2] с увеличением подачи обкатывания существенно снижается поверхностная твердость металла, особенно при больших степенях наклепа. Учитывая, что рост поверхностной твердости способствует увеличению упрочняющего эффекта обкатывания при относительно небольших усилиях, рекомендуется применять подачи не больше 0,1 – 0,12 ширины следа ролика на обкатываемой поверхности.

Таблица 1 - Профильный радиус ролика и подачи в зависимости от рабочего усилия обкатывания

Усилие обкатывания, кН	Профильный радиус ролика, мм	Подача, мм/об
10	3	0,2
20	4	0,3
30	6	0,4
40	8	0,45
50	10	0,5
60	12	0,5

Данных о влиянии скорости обкатывания на упрочняющий эффект очень мало. И.В. Кудрявцев [7] проверял влияние скорости на гладких образцах диаметром 18 мм. Он показал, что увеличение скорости до 35 м/мин не влияет на предел выносливости, по крайней мере для негрубых образцов. В случае обкатывания крупных образцов, когда требуется значительная глубина наклепа и возможен разогрев поверхности, следует выбирать пониженную скорость.

Скорость обкатывания при упрочнении крупных деталей ограничивается величиной 50 – 80 м/мин.

По данным работы [8] количество проходов не оказывает существенного влияния на усталостную прочность обкатанных образцов. Несмотря на заметный рост поверхностной твердости с увеличением количества проходов до 10, предел выносливости образцов с охватывающими втулками остается таким же, как после первого прохода. Эти данные получены на образцах, у которых толщина наклепанного слоя составляла 0,14 радиуса, а степень наклепа достигала 30%. Возможно, что при других условиях рост поверхностной твердости мог бы оказаться полезным, но в случае применения роликов с малым профильным радиусом и при малых подачах увеличение проходов свыше одного надо считать нецелесообразным.

Рекомендуемые режимы упрочняющего обкатывания предполагают последующую механическую обработку деталей для получения необходимой точности и требуемого класса шероховатости поверхности. Упрочняющий эффект при этом снижается незначительно, если удаляется относительно малая часть наклепанного слоя [8].

Список литературы

1. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. – М. : Машиностроение, 1975. – 160 с.
2. Кудрявцев И.В. Внутренние напряжения как резерв прочности в машиностроении / И.В. Кудрявцев. – М.: Машгиз, 1951. – 278 с.
3. Куликов О.О. Исследование связи между увеличением предела выносливости и характеристиками наклепанного слоя гладких валов при обкатке их роликами / О.О. Куликов // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1955. – кн. 74. – С. 15–21.
4. Хейфец С.Г. Влияние абсолютных размеров на усталостную прочность при поверхностном упрочнении стали / С.Г. Хейфец // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1951. – кн. 43. – С. 9–13.
5. Попов Г.П. Исследование усталостной прочности стали / Г.П. Попов, А.М. Усов. – М. : Трансжелдориздат, 1958. – С. 22–26.
6. Зобнин Н.П. Механическая обработка деталей колесных пар / Н.П. Зобнин. – М. : Трансжелдориздат, 1956. – С. 24–29.
7. Кудрявцев И.В. Повышение прочности стальных деталей обкаткой роликами / И.В. Кудрявцев. – М. : ИТЭИН, – 1948. – С. 41–47.
8. Кудрявцев И.В. Поверхностный наклеп как средство повышения усталостной прочности валов с неподвижными посадками / Кудрявцев И.В., Савина Н.М. // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1957. – кн. 85. – С. 14–16.

УДК 621.791

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЗАСЫПНОГО АППАРАТА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

***Э.А.Синдецкий, ст. группы ТиОН-15, А.Г. Белик, к.т.н., доцент,
Приазовский государственный технический университет,
г. Мариуполь***

Для наплавки быстроизнашивающихся частей деталей машин и инструментов, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания в сочетании с умеренными ударами и нагревом до 1000°С используется сплав сормайт. Для наплавки сормайтом выпускаются электроды марок типа сормайт №1 и №2 (маркировка электродов соответственно имеют марки ЦС-1 и ЦС-2). По химическому составу и микроструктуре наплавленный слой сормайт относится к белым высоколегированным чугунам. Материал сормайта №2 отличается от сормайта №1 более высокой вязкостью, прочностью и способностью поддаваться термической обработке. Твердость наплавленного слоя сормайтом №1 – HRC 48-54, сормайтом №2 после термической обработки – HRC 56-60. Наплавка этими электродными материалами целесообразна для проведения ремонтно-восстановительных работ небольшого объема.

Повышение производительности наплавочных работ можно достигнуть использованием в качестве электродных материалов порошковых проволок и порошковых лент с получением в наплавленном слое сплава сормайт, которыми можно наплавлять открытой дугой и под слоем флюса.

Для деталей металлургического оборудования таких как конус и чаша доменной печи, система клапанов засыпного аппарата доменной печи (клапаны разных диаметров), каждый из клапанов состоит из седла и тарели, изготовленных из стали 35Л, можно использовать механизированную электродугую наплавку порошковыми электродными материалами.

Наибольшую производительность процесса наплавки показывают порошковые ленточные электроды. Наплавку можно осуществлять на стандартном оборудовании с измененной огневой частью, приспособленной для подачи ленты. Режимы наплавки: сварочный ток – 600-700 А; напряжение 32-35 В; вылет 60 мм; скорость наплавки 14 м/ч.

УДК 621.791

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА СИСТЕМЫ Fe-Cr-Mn-Ni-N

**А.М. Зусин, к.т.н., ст. преподаватель, А.А. Демьяненко, М.Р. Узун, студенты группы
ТуОН-16,
Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь**

Для разработки экономнолегированных наплавочных материалов была выбрана система легирования Fe-Cr-Mn-Ni-N. Никель, содержащийся в рассматриваемой системе легирования подразумевает снижение его количества в составе наплавленного металла с целью сокращения затрат. Преимущество данной системы легирования показывает хорошие результаты в условиях абразивного, ударно-абразивного и сухого воздействия. В литературе известно мало данных о зависимости твердости и износостойкости наплавленного металла от химического состава. За основу были выбраны следующие легирующие элементы: хром, никель, азот.

Для проведения регрессионного анализа, были выбраны уровни и интервалы их варьирования, а именно: процентное содержание легирующих элементов в наплавленном металле. Кодированные и натуральные значения факторов были связаны следующими соотношениями:

$$X_1 = \frac{Cr, \% - 19,0}{2,5}; \quad X_2 = \frac{Ni, \% - 3,0}{3,0}; \quad X_3 = \frac{N, \% - 0,15}{0,05}$$

Из полученных экспериментальных данных рассчитаны регрессионные зависимости твердости и износостойкости от химического состава наплавленного металла.

Износостойкость и твердость наплавленного металла исследовалась при различных составах порошковой проволоки. Так же производился расчет влияния отпуска при 650°C.

Уравнение регрессии получено в следующем общем виде:

$$Y_i = \beta_0 X_{1i} + \beta_1 X_{1i}^2 + \beta_3 X_{2i} X_{3i} + \varepsilon_i$$

где β_0 — сдвиг, β_1 — коэффициент линейного эффекта, β_2 — коэффициент квадратичного эффекта, ε_i — случайная ошибка переменной Y в i -ом наблюдении.

Полученная квадратичная модель дает возможность прогнозировать влияние каждого из легирующих элементов на твердость и износостойкость. Рассмотрим влияние каждого из выбранных легирующих элементов Cr, Ni, N. На основании полученных данных можно сделать вывод, что построенная квадратичная математическая модель в полной мере описывает твердость и износостойкость наплавленного металла, полностью соответствует результатам, полученным после испытаний на износостойкость, это подтверждает ее адекватность.

УДК 621.791

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ШИХТЫ ПОРОШКОВОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ НАПЛАВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОРШНЕЙ

В.Я. Зусин, д.т.н., проф., М.С. Гусак, студент гр. ТуОН-17-М.,

*Приазовский государственный технический университет,
г. Мариуполь*

Для наплавки жаропрочных алюминиевых сплавов используется шихта имеющая состав (% вес): кремний- 11-13; никель- 6,5-6,8; хром- 2-3; ферросилиций- 4-5; ферромарганец- 3-4; ферротитан- 2-3; ферроцирконат калия-3.

При использовании порошковой проволоки появляются дополнительные источники газов, поступающих в сварочную ванну.

Это поверхность частиц порошкового наполнителя, материал из которого он изготовлены, а также несплошности между частицами шихты порошковой проволоки, в которых могут содержаться газообразующие вещества.

Для снижения количества водорода увеличивался размер частиц шихты порошковой проволоки. С увеличением коэффициента заполнения порошковой проволоки происходит перераспределение объема несплошностей по сечению наплавленного слоя.

Для шихты из механической смеси порошков содержание кремния в шихте оказывает решающее влияние на её сыпучесть. В связи с этим исследовалось влияние гранулометрического состава металлического кремния, для чего произвели рассев этого компонента на фракции: менее 0,1мм; 0,1-0,15мм; 0,15-0,25мм; 0,25-0,60мм.

Опыты показали, что наилучшей сыпучестью обладает шихта с размером гранул от 0,15 до 0,25мм.

В случае использования комплексной лигатуры результаты имеют другой вид. Испытания показали, что лучшими свойствами сыпучести обладает шихта с гранулометрическим составом 0,25-0,60мм из дробленой комплексной лигатуры, которая обеспечивает более стабильный состав наплавленного металла.

ОДНОСТОРОННЯЯ ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ СВАРКА ТРУБ ДЛЯ ГАЗО- И НЕФТЕПРОВОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

С.В. Щетинин, *д.т.н., проф.*, **В.И. Щетинина** *д.т.н., проф.*, **П.В. Никитенко**, *аспирант*,
А.В. Коваль, *аспирант*, **Елсаед Халед**, *аспирант*,
Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

Односторонняя высокоскоростная сварка труб для газо- и нефтепроводных магистралей ограничена трудностью удержания жидкого металла сварочной ванны от вытекания. Поэтому, повышение качества и ударной вязкости сварных соединений является важной научно-технической проблемой.

При односторонней сварке на флюсовой подушке на жидкий металл сварочной ванны действуют направленные вниз давление дуги P_d , давление электродного металла $P_э$, магнитное давление $P_{эм}$, гидродинамическое давление жидкого металла $P_г$, давление флюса $P_ф$ и направленные вверх поверхностное натяжение $P_{пн}$ и давление флюсовой подушки $P_{фп}$. Для качественного формирования швов при односторонней сварке на флюсовой подушке необходимо обеспечить равновесие сил:

$$P_d + P_э + P_{эм} + P_г + P_ф = P_{пн} + P_{фп}.$$

Равновесие сил, действующих на жидкий металл сварочной ванны, обеспечивается за счет снижения направленных вниз сил давления дуги, давления электродного металла, магнитного давления, гидродинамического давления, давления флюса и увеличения направленных вверх сил поверхностного натяжения и флюсовой подушки.

Наиболее эффективным способом снижения давления сварочной дуги является односторонняя высокоскоростная сварка составным электродом, состоящим из проволоки и U-образной ленты, прямолинейные участки которой располагаются впереди проволоки по направлению сварки. При сварке составным электродом дуга движется по развитой поверхности электрода в продольном и поперечном направлениях, что обеспечивает увеличение площади, по которой движется дуга, и снижение давления сварочной дуги.

Одним из факторов, улучшающим формирование обратного валика, является высокоскоростная сварка, при которой пропорционально скорости возрастает скорость кристаллизации жидкого металла сварочной ванны и предотвращается вытекание жидкого металла из ванны.

Одновременно при высокоскоростной сварке за счет увеличения скорости кристаллизации, зерна не успевают вырасти, обеспечивается измельчение микроструктуры и повышение ударной вязкости сварных соединений в 2 – 2,5 раза.

Односторонняя высокоскоростная сварка составным электродом производится под стекловидным флюсом мелкой грануляции, что обеспечивает погружение дуги в основной металл и увеличение глубины проплавления за счет большой плотности флюса 1,3–1,6Г/см³. Это позволяет снизить величину сварочного тока и давление сварочной дуги, которое является результатом пинч-эффекта, т.е. сжатия под действием собственного магнитного поля.

Стекловидный флюс мелкой грануляции используется и во флюсовой подушке, что предотвращает вытекание жидкого металла из сварочной ванны за счет плотного поджатия флюса и обеспечивает качественное формирование обратного валика на флюсовой подушке.

Односторонняя высокоскоростная сварка труб для газо- и нефтепроводных магистралей обеспечивает качественное формирование швов на флюсовой подушке

независимо от зазора в стыке и повышение ударной вязкости сварных соединений в 2 – 2,5 раза.

УДК 621.791

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ НАПЛАВКА НА НИЗКОЙ ПОГОННОЙ ЭНЕРГИИ БАНДАЖИРОВАННЫХ ОПОРНЫХ ВАЛКОВ СТАНА 3000

***С. В. Щетинин, д.т.н., проф., В.И. Щетинина, д.т.н., проф., А.В. Коваль, аспирант,
П.В. Никитенко, аспирант,***

Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

Бандажированный опорный валок предотвращает прогиб рабочих чугунных валков, работает при высоких удельных давлениях, изготавливается из оси и надетого с натягом бандажа, из высокоуглеродистой стали 90ХФ, склонной к образованию трещин. Поэтому, повышение трещиностойкости является важной научно-технической проблемой.

В процессе изготовления бандажированного опорного вала с натягом в бандаже возникают собственные напряжения, которые резко ограничивают сварочные напряжения. При наплавке бандажированных опорных валков на высокой погонной энергии бандаж поломался.

Эффективным способом повышения трещиностойкости является высокоскоростная наплавка на низкой погонной энергии, которая обеспечивает снижение сварочных напряжений и измельчение микроструктуры.

Измельчение микроструктуры наплавленного металла и околошовной зоны при высокоскоростной наплавке является следствием повышения скорости нагрева и охлаждения и увеличения количества центров кристаллизации, которые, располагаясь перед фронтом растущих столбчатых кристаллитов, подавляют их дальнейший рост. В результате увеличения скорости нагрева зерна аустенита не успевают вырасти и устойчивость аустенита снижается. При охлаждении распад неустойчивого мелкозернистого аустенита происходит в верхнем субкритическом интервале температур с образованием сорбита и перлита, что предотвращает образование трещин.

Как установлено, при высокоскоростной наплавке на низкой погонной энергии в результате снижения тепловложения уменьшаются микроискажения кристаллической решетки, микронапряжения, плотность дислокаций и сварочные напряжения, что обеспечивает повышение трещиностойкости. Минимальные микроискажения кристаллической решетки обеспечиваются при наплавке с высокой скоростью и минимальным тепловложением вследствие снижения тепловложения и возникновения вакансий Шоттки.

Исследования величины микроискажений кристаллической решетки производили методом рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре ДРОН–3.

При электродуговой наплавке под действием теплового возбуждения в наплавленном металле возникают вакансии, так как энергия активации возникновения вакансий меньше энергии образования межузельных атомов. В зоне возникновения вакансий нарушается статическое равновесие сил межатомного взаимодействия, что приводит к смещению соседних атомов из их равновесных положений и микроискажениям кристаллической решетки.

Повышение трещиностойкости подтверждено при высокоскоростной наплавке бандажированных опорных валков на низкой погонной энергии, когда бандаж не поломался.

Разработанный процесс высокоскоростной наплавки на низкой погонной энергии обеспечивает уменьшение микроскажений кристаллической решетки, микронапряжений, плотности дислокаций, сварочных напряжений, измельчение микроструктуры, отсутствие поломок бандажей и повышение трещиностойкости бандажированных опорных валков стана 3000.

УДК 656

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ В М.ХАРКОВІ

М.Г. Романов, ст.гр. 55ОПУТм,

А.С. Козенок, к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка*

Щоденне зростання обсягів виробництва швидкопсувної харчової продукції, що потребує дотримання відповідних умов транспортування і мінімальних термінів доставки, призводить до щільної конкуренції як між виробниками даної продукції, так і між перевізниками. Оскільки конкурентоспроможним може бути лише якісний і вчасно доставлений продукт, процес доставки має повністю відповідати таким логістичним концепціям, як «точно в термін» (just-in-time) і «від дверей до дверей». Конкуренція видів транспорту, а саме залізничного і автомобільного, полягає у їхніх перевагах – великих обсягах доставок при відносній дешевизні на залізничному транспорті, і маневреності на автомобільному. Проте, зважаючи на такий важливий показник, як відстань транспортування, не завжди вигідним для вантажовідправника є доставка швидкопсувного вантажу виключно одним із видів транспорту. Розгалужена мережа залізниці здатна перевезти швидкопсувний вантаж у більшість населених пунктів Харківщини та за її межі, проте для доставки вантажу безпосередньо у торговельну мережу, на дрібні підприємства в яких відсутні під'їзні колії, необхідним є залучення маневрового автотранспорту. В цьому випадку, автомобільний і залізничний транспорт виступають не конкурентами, а партнерами, що вигідно кожній ланці логістичного ланцюга «виробництво – транспортування – споживання». Тому, на сучасному етапі розвитку національної транспортної системи, дуже важливо дослідити теперішній стан перевезень швидкопсувних вантажів автомобільним і залізничним транспортом враховуючи відстані транспортування вантажів, що в подальшому сприятиме розробці заходів для підвищення ефективності їх взаємодії під час транспортування швидкопсувних вантажів.

Для підвищення ефективності взаємодії автомобільного і залізничного транспорту в перевезенні швидкопсувних вантажів необхідним є:

- дослідження сучасного стану перевезень швидкопсувних вантажів в Харкові;
- аналіз обсягів виробництва і споживання харчової продукції в Харкові;
- дослідження тенденцій щодо подальших експортно-імпортних взаємовідносин Харкова з країнами Європи, в якому буде залучений вітчизняний транспортний потенціал;
- аналіз відстані транспортування швидкопсувних вантажів автомобільним і залізничним транспортом.

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА УТОЧНЕНИЕМ
РАСЧЕТА НАГРУЗКИ НА ЕГО ПОДШИПНИКИ**

Ю.В. Кулешков, проф., д-р техн. наук

М.И. Черновол, проф., д-р техн. наук

Т.В. Руденко, доц. канд. техн. наук,

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Нами была предложена новая математическая модель процесса подачи РЖ НШ, которая дает возможность объяснить многие особенности рабочего процесса подачи РЖ в НШ и является теоретической основой дальнейшего совершенствования НШ, в частности разработки математической модели оптимизации параметров зубчатого зацепления (ЗЗ) НШ [1-3].

Опираясь на полученные результаты теоретических исследований, было установлено, что перспективным направлением повышения удельного рабочего объема (РОН) НШ является уменьшение влияния на подачу отрицательной ее составляющей [1-3].

На основе полученных результатов теоретических исследований была предложена методика расчета ЗЗ НШ, обеспечивающего максимальное значение удельного рабочего объема насоса (РОН) для заданных условий проектирования.

Но от увеличения удельного РОН существенный экономический эффект получить не удастся.

Поэтому на стадии перехода от науки к внедрению результатов исследований в производство нами предлагается адаптация конструкции экспериментального НШ с увеличенным удельным рабочим объемом к условиям производства.

В мировой практике с целью повышения эффективности организации производства все типоразмеры производимых насосов разбивают на типоразмерные ряды. В Украине используют следующие типоразмерные ряды: 1, 2, (2,5), 3, 4 и 5. Каждый типоразмерный ряд отличается своим типом ЗЗ. Наиболее массово производимыми насосами являются насосы 3-го типоразмерного ряда с РОН $V_0 = 20...50 \text{ см}^3$, а среди них выделяется насос с РОН $V_0 = 32 \text{ см}^3$. Переход от одного типоразмера к другому внутри типоразмерного ряда осуществляют изменением ширины венца шестерни - b .

Как отмечено выше в процессе оптимизации ЗЗ качающего узла был получен НШ, у которого РОН составляет $V_0 = 36,33 \text{ см}^3$. Для приведения РОН экспериментального НШ к стандартному значению $V_0 = 32 \text{ см}^3$ следует уменьшать ширину шестерни. Уменьшение ширины шестерен приводит к снижению нагрузки на подшипники скольжения, что создает объективные предпосылки для уменьшения их длины, а значит и высоты всего насоса, т.е. уменьшения габаритов и металлоемкости НШ.

Известно, что подшипники являются важнейшими элементами, которые отвечают за технический ресурс НШ. Нагрузку на подшипники НШ по упрощенной формуле определяют в соответствии со следующей эмпирической зависимостью [4, 5]:

$$F = K p b D_e, \quad (1)$$

где p - давление, развиваемое насосом, Па;

b - ширина шестерни, м;

D_e - наружный диаметр шестерен, м;

$K = 0,75...0,85$ - коэффициент пропорциональности.

Существуют и иные оценки коэффициента пропорциональности $K = 0,65...1,15$.

Однако, в литературе отсутствуют сведения о принципах выбора этого коэффициента, чем и объясняется такой большой разброс его значений. При этом в соответствии с формулой (1) для всех 33 независимо от их параметров дается одна и та же оценка влияния степени перекрытия шестерен на нагрузку: $K = 0,85$ [4, 5].

Возникает вопрос, почему коэффициент пропорциональности не равен единице $K = 1,0$? Предполагается, что часть площади шестерни, на которую воздействуют гидравлические силы, закрывается от их воздействия сопрягаемой шестерней, иными словами определяется КПЗЗ НШ.

Было предложено определять нагрузку на шестерню в соответствии с зависимостью:

$$F = \frac{p b G}{2} = p b \frac{A + D_e}{2}, \quad (2)$$

где A - межцентровое расстояние, мм;

G - длина большей оси НШ, мм;

D_e - наружный диаметр шестерен, мм;

b - ширина шестерен, мм.

При этом степень влияния КПЗЗ будет учитываться автоматически для каждого рассматриваемого 33.

Рассчитав нагрузку на шестерни насоса НШ-32УК по зависимостям (1) и (2) соответственно, получим:

$$F_1 = 0,85 \cdot 16 \cdot 22 \cdot 55 = 16\,456 \text{ Н};$$

$$F_2 = 16 \cdot 22 \frac{45 + 55}{2} = 17\,600 \text{ Н}.$$

Как видим, из приведенных расчетов предлагаемая зависимость (2) дает несколько завышенную оценку (на 6,5 %) нагрузки, что предупреждает недооценку нагружения шестерен и способствует повышению ресурса шестеренного насоса.

Из вышеизложенного следует предположение о том, что приводя РОН экспериментального НШ с $K_{V_0} = 36,33 \text{ см}^3$ до $K_{V_0} = 32 \text{ см}^3$ путем уменьшения ширины шестерни с 22 мм до 19 мм возможно ожидать уменьшения нагрузки на цапфы шестерен, что даст возможность уменьшить их длину. Давление на цапфы шестерен было предложено определять в соответствии с зависимостью:

$$p_y = \frac{p b (A + D_e)}{4 d_y L_y}, \quad (3)$$

где d_y - диаметр цапф, м;

L_y - длина одной цапфы, м.

Результаты расчетов параметров насоса представлены в таблицы. Анализируя полученные данные видим, что при приведении РОН экспериментального насоса до уровня серийного путем уменьшения ширины шестерни до 19 мм, нагрузка на шестерни, а соответственно и на цапфы шестерен уменьшается на 13 %. Это дает возможность

пропорционально уменьшить длину цапф шестерен.

Таблица - Основные технические характеристики адаптированного экспериментального НШ 32 – 3 с увеличенным удельным рабочим объемом в сравнении с серийным насосом

Наименования технического параметра	Технические параметры	
	серийного насоса	экспериментального насоса
1. Марка шестеренного насоса	НШ-32-3 УК	НШ-32-3 УУРОН
2. Диаметр шестерен D_e , мм	55,0	56,0
3. Диаметр цапф d_z , мм	25	25
4. Длина большей оси $G = A + D_e$, мм	100	101
5. КИОВШ K_q (%%)	0,300 (100%)	0,3323 (111%)
6. Рабочий объем насоса Q , см ³	31,7	31,7
7. Ширина шестерни b , мм	22,0	19,0
8. Номинальное давление, МПа	16,0	16,0
8. Длина цапф суммарная 27 x 2, мм	54	54
9. Нагрузка на шестерни, Н	17600	15352
10. Давление на цапфы шестерен, МПа	13,04	11,37
11. Длина цапф после корректировки, суммарная, мм	54	47
12. Давление на цапфы шестерен после корректировки, МПа	13,04	13,07

Уменьшение суммарной длины цапф с 54 мм до 47 мм (табл.) позволяет выровнять давление на цапфы шестерен до уровня давления в серийном насосе. Таким образом, благодаря меньшим габаритам предлагаемого ЗЗ удалось уменьшить высоту шестерен на 10 мм, а это значит, что высоту каждой втулки можно сократить на 3,5 мм, а высоту корпуса на 10 мм. Из этого следует, что предлагаемое ЗЗ позволяет снизить материалоемкость, энергоемкость и себестоимость изготовления НШ за счет уменьшения его габаритных размеров и размеров его элементов не менее чем на 10 %.

Расчетный годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых изменений в конструкцию НШ составляет около 50 грн. На один насос. Экономический эффект получается за счет снижения затрат на материалы и на изготовление НШ.

Выводы:

1. Адаптация конструктивных параметров экспериментального НШ -32 -3 УУРОН к существующему типоразмерному ряду позволила привести его РОН в соответствие с техническими требованиями, что дало возможность снизить металлоемкость насоса на 10%, за счет чего и был получен экономический эффект в производстве.

2. Уточнение методики расчета подшипников скольжения позволит повысить ресурс шестеренного насоса на 6,5 %.

3. Ожидаемый экономический эффект от внедрения предлагаемой конструкции НШ -32 -3 составляет около 50 грн в расчете на один насос.

Список литературы

1. Черновол М.І., Кулешков Ю.В. Основні напрями вдосконалення шестеренних насосів сільськогосподарської техніки Вісник аграрної науки, серпень 2008 № 8 – с. 52 - 54.
2. Кулешков Ю.В., Руденко Т.В. Осин Р.А., Повышение удельной подачи шестеренного насоса. MOTROL Motorization and Power Industry in Agriculture/ Volume 11A/ Simferopol – Lublin 2009. S.193 – 206.
3. Черновол М.І., Кулешков Ю.В. Оптимізація зубчастого зачеплення шестеренного насоса типу НШ у напрямі підвищення його питомого об'єму. Вісник аграрної науки, травень 2011 № 5 – с. 42 – 45.
4. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. Основные параметры и их расчет/ Юдин Е.М. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1964. – 236 с.
5. Чиняев И.А. Роторные насосы: [справочное пособие] / Чиняев И.А. – Л.: Машиностроение, 1969. – 216 с.

УДК 621.791.927.5

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ НАНОКОМПОНЕНТУ В ЗВАРЮВАЛЬНУ ВАННУ

І.С. Новіков, ст. гр. ЗП-71мп

Д.В. Степанов, канд. техн. наук, ст. викл.

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

Дослідження вказаної тематики проводились на кафедрі інженерії поверхні, зварювального факультету, КПІ ім. Ігоря Сікорського.

На сьогоднішній день на заводах та ремонтних депо найчастіше пошкодження відновлюють звичайними дешевими зварювальними матеріалами (наприклад дротами Св-08, Св-08Г2С, Нп-30ХГСА). Існують матеріали, які значно підвищують строк служби подібних деталей, але через високу вартість українські підприємства їх використовують мало.

При виборі матеріалу для наплавлення дуже важливу роль відіграє структурний фактор. Однак, як вже зазначалось, матеріал з кращими властивостями є більш дорогими. Одним із способів керування структурою є використання модифікаторів.

Особливість модифікаторів – це значний вплив на структуру матеріалу при введенні незначної його кількості (соті долі відсотка). Залежно від типу частинок, їх морфології, розміру та способу введення в матеріал шва або покриття можна одержувати композиційні матеріали із заданими властивостями. Як відомо, існують три види модифікаторів:

1 роду – змінюють енергетичні характеристики при зародженні нової фази

2 роду – являються зародками нової фази

3 роду – знижують температуру металу і прискорюють кристалізацію

За останні роки значного розвитку набули наноматеріали і нанотехнології, особливістю яких є застосування матеріалів нанорозмірного діапазону (до 100 нм). Досвід

використання яких відомий у великій металургії, порошковій металургії, литті тощо. Дослідження впливу наноконпонентів на властивості наплавленого та напиленого матеріалу проводяться в ІЕЗ ім. Є.О. Патона та на кафедрі інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського.

В публікаціях вказаної тематики описувались способи введення наноконпонентів за допомогою спеченої лігатури, суміші нанопорошку з алкідною ґрунтовкою та під шаром флюсу. Проте названі способи вводу мають певні недоліки, як то потреба попередньої механічно обробки (для спеченої лігатури), вплив ґрунтовки на формування наплавленого валику та підвищення вірогідності пороутворення, складність закріплення нанопорошку на поверхні перед наплавленням. Відповідно, актуальним є пошук інших, більш практичних та технологічних способів введення наноконпонентів до зварювальної ванни.

При проведенні дослідів застосовували порошок аеросилу (SiO_2) фракцією 5-40 нм, який на відміну від інших нанопорошків виробляється промислово і відрізняється низькою вартістю.

Нанопорошок вводили до зварювальної ванни за наступними схемами:

1 – в суміші з флюсом. Попередньо вирахувавши витрати флюсу та нанопорошку на одиницю довжини шва (довжину ванни) було здійснено їх перемішування в планетарному млині в потрібних пропорціях;

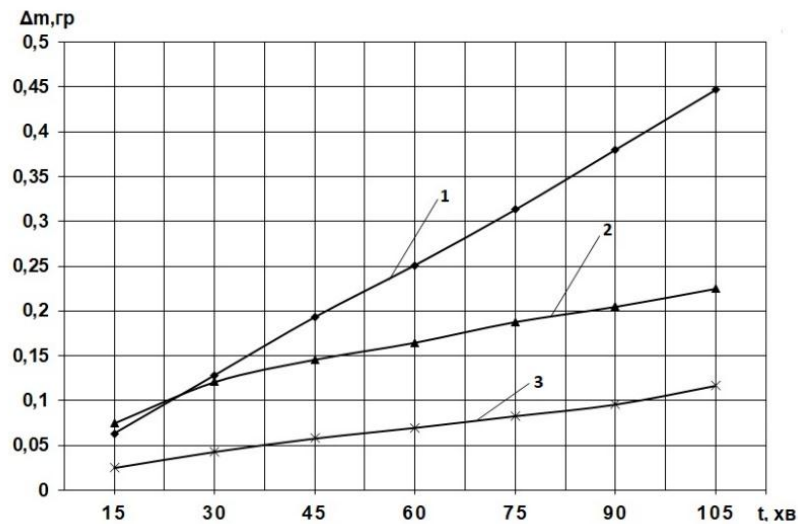
2 – за допомогою ємностей, які наповнювали нанопорошком, розмішаним у спирті і який розпилювали на поверхню пластини за розмірами відповідно до ширини валика. До наплавлення спирт випаровувався, залишаючи на поверхні смугу нанопорошку, вздовж якої відбувалося наплавлення. Для такої схеми застосовували ризографи чи спрей-балончики;

3 – нанопорошки разом з крупками парафіну закладали у ємність, підігрівали, розмішували і після охолодження отримували наче свічку, якою також наносили смугу парафіну з нанопорошками на поверхню пластини.

Після наплавлення було проведено випробування на зносостійкість наплавленого металу. Випробування проводились на машині тертя СМЦ-2. Результати показали позитивний вплив на такі властивості наплавленого металу, як зносостійкість, мікротвердість, структурний фактор.

При наплавленні дротом Св-08Г2С на сталь 09Г2С у вихідному стані формується ферито – перлітна структура. При введенні нанопорошку оксиду кремнію у суміші з флюсом та за спрей – технологією утворюються перліто - феритні структури з підвищеною твердістю.

При змішуванні нанопорошку масовою часткою 0.3% із флюсом (Рис 1, крива 2) помітне підвищення зносостійкості в 2 рази, а при введенні SiO_2 в суміші з спиртом за спрей технологією (Рис 1, крива 3) зносостійкість збільшується майже в 4 рази. Аналіз даних вимірювання мікротвердості вказує на збільшення значень твердості металу при введенні до зварювальної ванни нанопорошку SiO_2 . Так, якщо у вихідному стані середнє значення мікротвердості становить 14 ГПа, то у решті випадків вона більше – 16 ГПа та 21 ГПа відповідно.



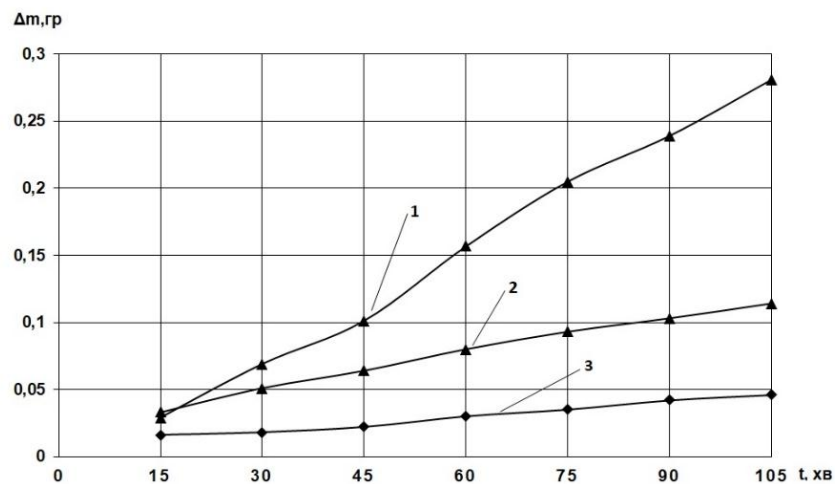
1 – вихідний стан, 2 – суміш флюсу, 3 – спрей-технологія

Рисунок 1 – Результати дослідження на зносостійкість наплавленого металу із введенням нанопорошку.

При наплавленні дротом Нп-30ХГСА на сталь 09Г2С у вихідному стані формується ферито – перлітна структура, цементитні виділення достатньо укрупнені. При введенні нанопорошку оксиду кремнію у суміші з парафіном у ферито-перлітній матриці помітно збільшується кількість дрібних цементитних виділень, що позитивно впливає на зносостійкість.

Аналіз даних вимірювання мікротвердості вказує на збільшення значень твердості металу при введенні до зварювальної ванни нанопорошку SiO₂. Так, якщо у вихідному стані середнє значення мікротвердості становить 21 ГПа, то у решті випадків залежно від вмісту діоксиду кремнію у суміші з парафіном мікротвердість міняє значення. Особливо помітно збільшення твердості при введенні нанооксидів до зварювальної ванни у суміші з парафіном (C_nH_{2n+2}+0,16 SiO₂), при якій мікротвердість становить 25 ГПа.

Випробування зносостійкості при введенні до зварювальної ванни нанопорошків закріплених парафіном (Рис 2) показали, що втрати маси металу що містить нанокомпоненти менші, порівняно з металом без них. Загалом, зносостійкість може збільшитись до 6 разів (Рис 2, крива 3).



1 – вихідний стан, 2 – 0,077% SiO₂, 3 – 0,15% SiO₂

Рисунок 2 – Результати дослідження на зносостійкість наплавленого металу із введенням нанопорошку парафіном

Дослідно підтверджено позитивний вплив наноконпонентів введених у зварювальну ванну на структурні зміни, та, відповідно мікротвердість і зносостійкість наплавленого металу. Зафіксовано суттєве підвищення зносостійкості при введенні нанопорошку у поєднанні з парафіном (підвищення до 6 разів), деяке підвищення при введенні зі спиртом (в 3 рази) та при введенні з флюсом (в 2 рази).

Список літератури

1. Зенкин Н. А. Повышение эксплуатационных характеристик композиционных материалов путем оптимизации упрочняющих технологий: монография / Н.А. Зенкин, В.И. Копылов. - К.: Глав. спец. ред. лит. языками нац. меньшинств Украины, 2002. - 272 с.
2. Рябцев И. А. Механизованная электродуговая наплавка деталей металлургического оборудования / И.А. Рябцев, И.А. Кондратьев. - К.: Экотехнология, 1999. - 62 с.
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. Головки В.В. Влияние титансодержащих инокулянтов на структуру и свойства металла швов высокопрочных низколегированных сталей / Головки В.В., Степанюк С.Н., Ермоленко Д.Ю. // Автоматическая сварка –2015– №2 –С.16-20.
6. Кузнецов В.Д. Износостойкая наплавка с вводом в сварочную ванну нанопорошков / В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов // Автоматическая сварка - 2015 №5-6. - С. 52-56.
7. Кузнецов В.Д. Вплив наноксиду кремнію та вуглевісного матеріалу на зносостійкість наплавленого металу / В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов, В.М. Пашенко, В.В. Перемітько // Науково-технічний журнал Проблеми тертя та зношування. Київ НАУ 2015 №3 (68); с. 31-38.

УДК 621.717;631.3

ОБГРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ КОНСТРУКЦІЙ ЗНІМАЧІВ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ

В.Є. Чухрай, проф., к.т.н,

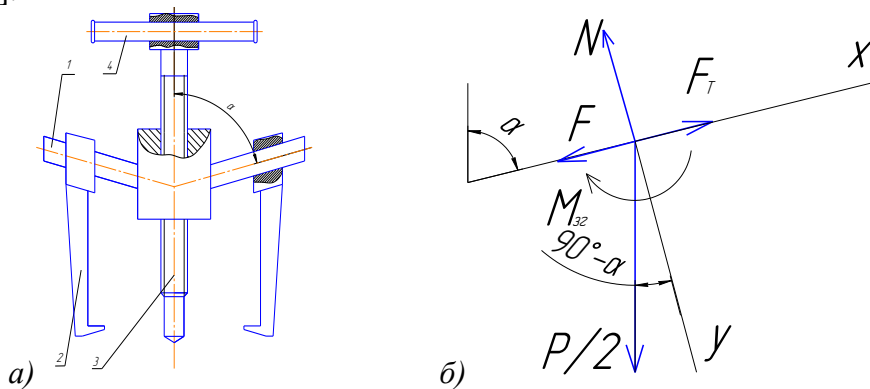
В.І. Рус, ст. викладач

Львівський національний аграрний університет

Суть проблеми полягає в тому, що під час розбирання деталей з'єднаних з натягом не завжди є доцільним використовувати універсальні знімачі у зв'язку з особливостями їх конструкції та особливостями вузлів машин які розбираються. Зокрема, це стосується процесів демонтажу деталей з глухих отворів, деталей встановлених на значній відстані від торців валів, демонтажу тонкостінних деталей та деталей до яких обмежений радіальний доступ та доступ з торця захопленої лапами поверхні. Тому в багатьох конкретних випадках виникає незручність або неможливість використання серійних знімачів відомих конструкцій так як це може привести до пошкодження або руйнування деталей, а також може бути причиною травмування виконавців робіт [2;3].

Проведені дослідження і власні наші розробки показали, що в кожному конкретному випадку може бути ефективним використання знімачів відповідного принципу дії та конструкції [2;3]. Наприклад, однією з проблем, що виникають під час розбирання пресових з'єднань є самовільне зіскакування лап з захопленої ними деталі. Для усунення цього

недоліку знімачі оснащують додатковими елементами, які в свою чергу ускладнюють їх конструкцію та збільшують вагу, а також створюють певні незручності використання. Конструкція розробленого нами знімача поданого на рис. 1 дозволяє забезпечити надійну фіксацію лап на деталі за рахунок того, що плечі траверси розміщені під заданим кутом до осі гвинта [1, 4].



a – загальний вигляд; б – схема сил в парі плече траверси – захоплювач
1 – траверса; 2 – захоплювачі; 3 – силовий гвинт; 4 – важіль. F_T – сила тертя; F – сила під дією якої захоплювач рухається до осі траверси; M_{s2} – згинаючий момент, який діє на плече траверси; N – нормальна реакції траверси від сили $P/2$; $P/2$ – зусилля розтягу в захоплювачі; α – кут між віссю силового гвинта і плечем траверси ($\alpha=75^0$)

Рисунок 1 – Знімач для демонтажу деталей встановлених з натягом на валу

Оптимізація процесів заміни підшипників передбачає вирішення таких завдань як: аналіз типорозмірів та класифікацію підшипників машин за їх конструктивними і геометричними ознаками, аналіз зони доступності до підшипників; обґрунтування геометричних параметрів знімачів на підставі аналізу конструкції і розмірів деталей підшипникових вузлів і параметрів натягу в з'єднаннях підшипників з деталями вузлів; проведення розрахунків допустимих зусиль і напружень в деталях підшипникових вузлів під час їх розбирання.

Для розбирання підшипникових вузлів з обмеженим доступом і створення максимальної площі контакту між торцем кілець підшипників і лапами знімача пропонуються конструкції знімачів з циліндричними формами лап (рис. 2, рис. 3) [5, 6].

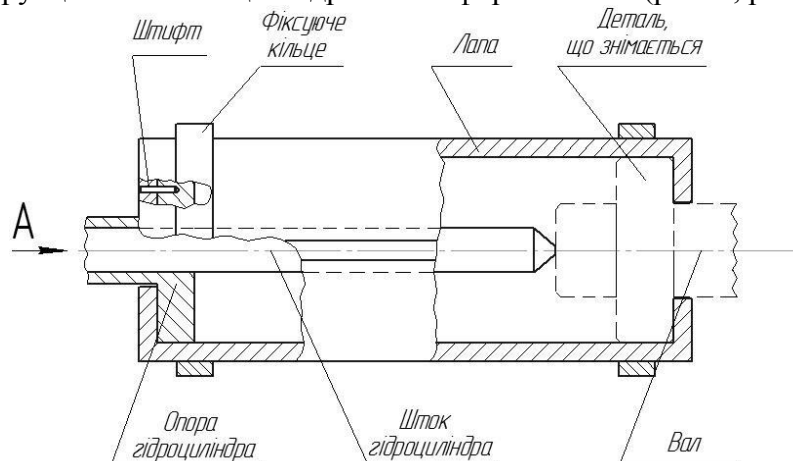


Рис. 2 Знімач з циліндричними лапами фіксованими жорсткими кільцями

На рис. 3 показано конструкцію знімача з “коливними” лапами циліндричної форми. Даний знімач складається з двох лап, опори та гідроциліндра, двох стяжних еластичних кілець. Лапи знімача фіксуються на опорі гідроциліндра еластичними кільцями які легко встановлюються в положення розведеного стану (рис. 3а) або захопленого стану (рис. 3б).

Кільця можна знімати зовсім для захоплення деталі у важко доступних місцях для почергового встановлення лап.

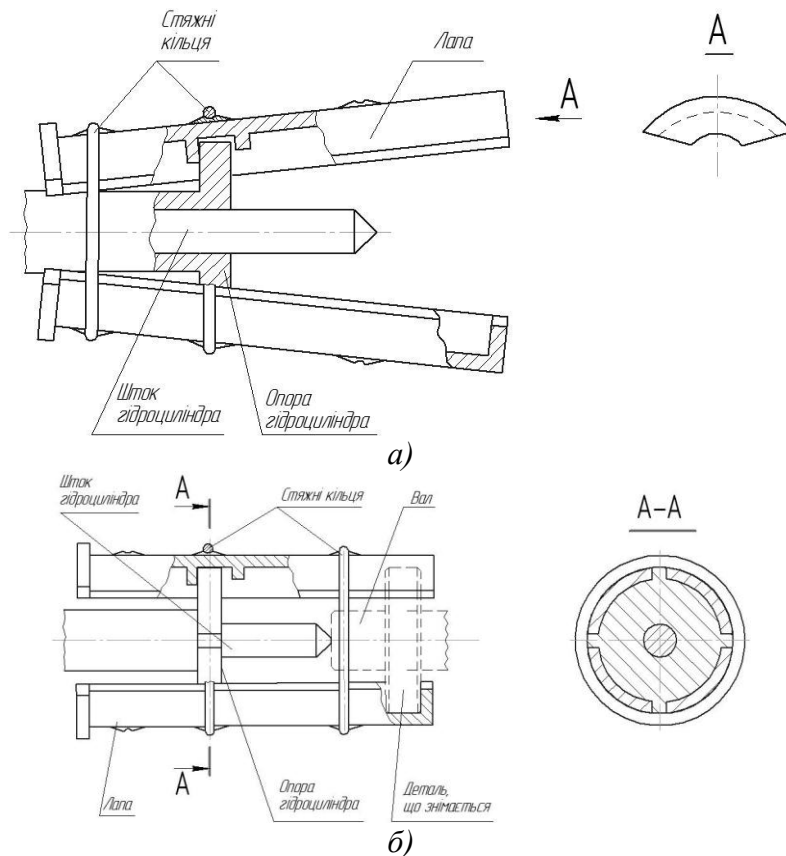


Рис. 3. Знімач підшипників з коливними легкоз'ємними лапами циліндричної форми.

Універсальний знімач підшипників вузлів машин і обладнання розроблений нами для демонтажу підшипників з отворів (рис. 4) і з валів (рис. 5) складається з опори 1 в якій розміщений силовий гвинт 2 вкручений в траверсу 3, в пазах якої розміщені лапи 4.

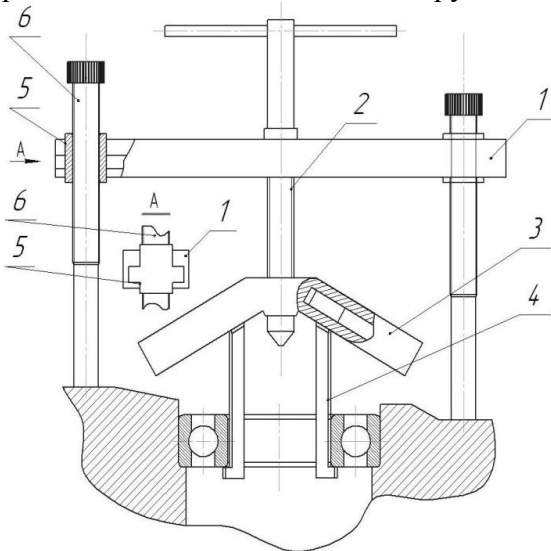


Рис. 4. Схема демонтажу підшипника з отвору знімачем з самозатискними лапами циліндричної форми

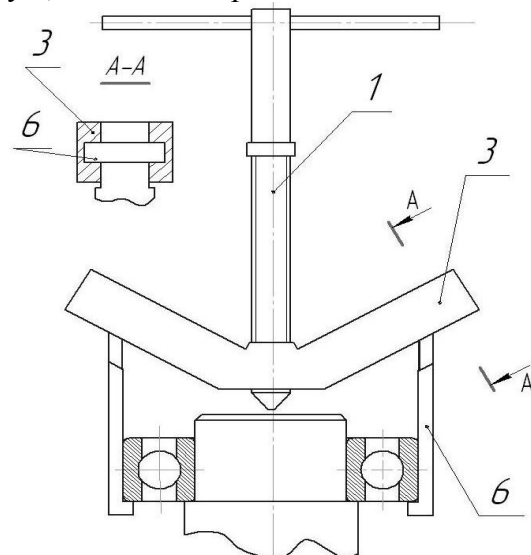


Рис. 5. Схема демонтажу підшипника з валу знімачем з самозатискними лапами циліндричної форми

На рис. 5 показано схему знімання підшипника з вала. В даному випадку опора 1, повзуни 5 і стояки 6 не використовуються, а знімач працює аналогічно знімачу показаному на рис. 1.

Проведені дослідження вказують на те, що конструкції знімачів з циліндричною формою лап за умови використання матеріалів з високими показниками допустимих контактних напружень, напружень на згин і зріз дадуть змогу використовувати не більше двох типорозмірів знімачів для демонтажу всього параметричного ряду підшипників тракторів і автомобілів найбільш поширених марок, використовуваних в агропромисловому комплексі.

Бібліографічний список

1. Патент України на корисну модель №36873, МПК В25В 27/02 / В. Є. Чухрай, В. І. Рис (Україна).- № UA 200806992; Заявл. 20.05.2008; Опубл. 10.11.2008, Бюл. № 21.- 2 с.
2. Чухрай В., Обґрунтування параметрів обладнання для заміни підшипників вантажних автомобілів /Чухрай В.Є., Рис В.І. // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту : Агроінженерні дослідження. – 2003. - № 7. – С. 236-246.
3. Чухрай В., Рис В. Аналіз обладнання для розбирання підшипникових вузлів // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 2004. - №8. - С. 348-357.
4. Чухрай В. Є. Знімач для демонтажу деталей, встановлених з натягом на вал / Чухрай В. Є., Рис В. І. // Вчені ЛНАУ – виробництво: Каталог наук. розробок / За ред.. В. В. Снітинського, Г. В. Черевка. – Випуск 8. – Львів: ЛНАУ, 2008. – С. 146-147.
5. Чухрай В. Є. Знімач циліндричних деталей з коливними лапами. /Чухрай В. Є, Юхимчук О. В. // Вчені Львівського національного аграрного університету виробництво: каталог інноваційних розробок / за заг. ред. В.В Снітинського, В. І Лопушняка та інш – Вип. 12. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2012. – С.60.
6. Чухрай В. Є. Знімач циліндричних деталей із максимальним контактом робочої поверхні лап з деталлю / Чухрай В. Є, Юхимчук О. В // Вчені Львівського національного аграрного університету виробництво: каталог інноваційних розробок / за заг. ред. В.В Снітинського, В. І Лопушняка та інш. – Вип. 12. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2012. – С.61

УДК631.56:631.363.1.004:621.63

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ УДАРНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

*М.І. Денисенко, кандидат технічних наук
О.С. Дев'ятко, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів
і природокористування України (м. Київ)*

В технології приготування кормів основними машинами для подрібнення кормів є подрібнювачі ударної дії – молоткові дробарки (типу ДЗ – 3, ДБ-5, ДМ, БМКА-1, БМКА-1,5, КДУ-2,0, ІРТ-80, ІРТ-165, ДПА, ДМА та інші). На сьогодні молоткові дробарки використовуються в 90% усіх технологічних ліній і широко розповсюджені завдяки простій конструкції, надійності в експлуатації та зручності технічного обслуговування.

Робочі органи різноманітних машин і обладнання тваринницьких ферм – це деталі тертя, які за своєю кількістю в декілька разів переважають пари тертя. Втрати маси металу в результаті їх зношування технологічними матеріалами великі і досягають від 10 до 50% їх маси, а інколи і більше, тоді як втрати маси металу при зношуванні спряжених деталей тертя в умовах мащення коливається в проміжку 0,1-1,0%.

Метою даної роботи є підвищення ресурсу ударних робочих органів машин для приготування кормів та зниження норм витрат запасних частин.

Зношування ударних робочих органів є неминучим процесом, але в деяких випадках швидкість їх спрацювання є надмірно високою.

Для підвищення зносостійкості і ресурсу молотків кормодробарок були використані матеріали і технологічні методи, запропоновані науково-дослідними установами НАН України: лазерна обробка, нанесення порошкових матеріалів точковим зміцненням і мікроплазмою, індукційне наплавлення псевдосплавів і евтектичних покриттів а також використанням модульних пластин із композиційного порошкового матеріалу КХЖ-70, КХНФ-15.

Підвищити ресурс ударних робочих органів можливо: а) удосконалення конструкцій робочих органів або окремих вузлів подрібнювача; б) використанням зносостійких покриттів для виготовлення або армування поверхонь тертя робочих органів; в) використанням зносостійких сплавів з одночасним вдосконаленням конструкції кормодробарки.

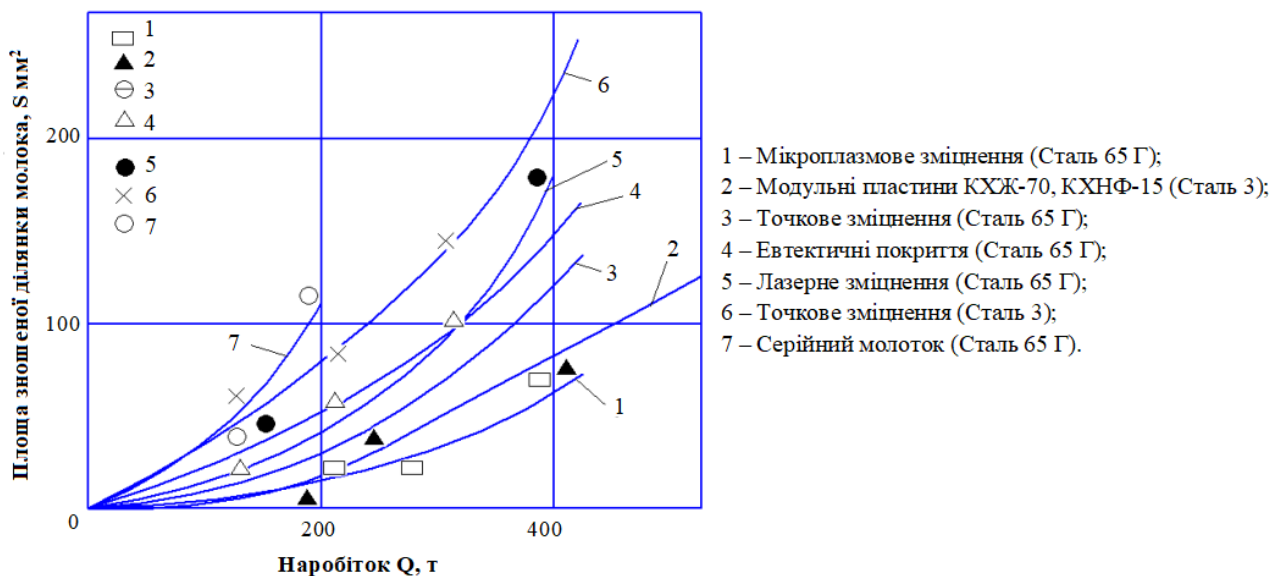


Рис. 1. Динаміка зношування молотків кормодробарок

В господарствах Київської, Житомирської областей, республіки Білорусь і Латвії на кормодробарках ДБ-5, ДКМ-5,0; КДУ-2,0; УМК-Ф-2 проведено виробничі випробування молотків зміцнених різними методами. Виготовлення молотків із композиційних матеріалів методом гарячого штампування поруватих заготовок здійснювали на ПАТ «Новоград-Волинськсільмаш» і на Броварському заводі порошкової металургії.

Аналіз динаміки зношування молотків дозволяє оцінити зносостійкість використаних конструкційних матеріалів і технологічних методів зміцнення (рис.1.)

Задовільні результати по зносостійкості молотків одержано при зміцненні робочих граней точковим наплавленням, порошковим дротом ПП-АН170, та зміцнення евтектичним покриттям №1. При точковому зміцненні виникають мікротріщини та шлакові пори, що негативно позначається на надійності відновлення робочих органів. В той же час при точковому зміцненні спостерігається гальмування зносу поверхні молотка, в результаті чого утворюється складний зубчастий профіль, що забезпечує подальші умови взаємодії молотка з подрібнюваною зерною сумішшю. Після наробітку в 450 тон на одну грань молотка з точковим зміцненням, кормодробарка може далі функціонувати, забезпечуючи подрібнення зерна, відповідно зоотехнічним вимогам (рис.1, крива 6). Запропоновано спосіб одержання зносостійких евтектичних покриттів з необхідною структурою та заданими експлуатаційними властивостями (рис.1, крива 4). Але більш перспективними є композиційні, шарові матеріали, що виготовляються методами порошкової металургії.

Такими матеріалами є сплави на основі карбїду хрому і титану з залізною зв'язкою. Матеріалом основи молотка, тобто його несучої частини є вуглецева сталь, що синтезується із суміші залізного порошку з графітом.

Випробування показали, що виготовлення деталей з шаровою, робочою частиною забезпечує ефект самозагострювання на рахунок регулюючої зносостійкості робочих граней та серцевини. Експлуатаційні дослідження молотків кормодробарок ДБ-5, ДКМ-5, УМК-Ф-2 показали, що їх довговічність в порівнянні з серійними збільшується більше ніж в 4-5 рази, а наробіток на 1 робочу грань досягає 980-1050 тон подрібненого продукту.

ВИСНОВКИ

1. Результати виробничих випробовувань показали підвищення довговічності та подовження ресурсу молотків кормодробарок в порівнянні з серійними із сталі 65Г в 3,5 рази при виготовленні об'ємних молотків методом гарячого штампування пористих заготовок, в 2 рази – евтектичними покриттями системи Fe-Mn-C-B, в 1,96 рази – при точковому зміцненні порошковим дротом ПП-АН170, в 4-5 разів – при армуванні поверхонь модульними пластинами із композиційних матеріалів типу КХНФ-15, КХЖ-70. Експериментальні молотки є стійкими до перевантажень та ударів, відповідають зоотехнічним вимогам подрібнення кормів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко А.И., Денисенко Н.И., Сизененко А.В. Графоалитический метод износа молотков рабочих органов //Исследование и конструирование машин для животноводства и кормопроизводства: Сб.науч.трудов.Вып.12/ ВНИживмаш. - К.,1987.

УДК 656.13

АНАЛІЗ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА ЛУЦЬК

І. Хом'як ст. гр. ТТм-51

І. Мурований к.т.н., доц.,

Луцький Національний Технічний Університет

При проведенні дослідження аналізу ефективності функціонування пасажирської маршрутної мережі міста Луцьк, було отримано бажані результати відповідно до поставленої мети.

Отже, метою даного дослідження є кількісна оцінка існуючого варіанту пасажирської маршрутної системи міста Луцька. В ході виконання даної роботи були вирішені п'ять основних завдань: проаналізовано сучасний стан мережі маршрутів ГТ; проведено вибіркоче обстеження пасажиропотоків на існуючій ММ міста; розроблено методику визначення потреб населення міста у послугах ГТ та розраховано МПК; розроблено комп'ютерну модель ММ міста Луцька в програмному середовищі VISUM; проведено кількісну оцінку ефективності функціонування існуючого варіанту ММ.

Станом на листопад 2017 року в місті Луцьку пасажирська ММ складається з 44 маршрутів, у тому числі: 14 – тролейбусних та 30 – автобусних. На ринку міських пасажирських перевезень у м. Луцьку працює 9 підприємств транспорту різних форм власності.

Слід відзначити, що завдання виконувалось паралельно з іншими. В результаті вирішення якого була створена комп'ютерна модель ММ ГТ в програмі VISUM. В ході її створення були виконані наступні роботи:

- ✓ на першому етапі була завантажена детальна карта міста Луцька,
- ✓ яка дозволила точно змодельювати такі елементи ВДМ, як перехрестя і вулиці.

У розробленій моделі перехрестя представлені вузлами, а вулиці – відрізками. Слід відзначити, що моделювалася тільки та частина ВДМ, яка використовується ГТ;

- ✓ також в модель були внесені зупинки маршрутів ГТ;
- ✓ та введені траси всіх маршрутів. У моделі вони представлені трасами в прямому і зворотному напрямках. Для кожного маршруту було введено розклад руху транспортних засобів;

для якісного представлення попиту на пересування мешканців міста ГТ та дослідження розподілу пасажиропотоків на території міста виділено 30 ТР.

- ✓ для якісного представлення попиту на пересування мешканців міста ГТ та дослідження розподілу пасажиропотоків на території міста виділено 30 ТР.

Загальна характеристика транспортної моделі представлена в таблиці. Розроблена модель дозволила вирішити перше завдання роботи, а саме провести аналіз поточного стану ММ ГТ.

Для проведення такого аналізу був використаний ряд показників, які розділені на показники доступності ММ міста, показник її розвиненості та експлуатаційні характеристики маршрутів.

Розрахунки показали, що середня довжина перегону ММ складає 336 м, яка є меншою за нормативні значення 400-600 м. Цей факт свідчить про достатньо високу доступність ММ в місті Луцьку для користувачів, але це призводить до збільшення загального часу на пересування пасажирів.

Отримане для системи ГТ Луцька значення маршрутного коефіцієнту 4,13 свідчить про зразковий рівень розвитку ММ і вказує на доцільність поглибленого аналізу ступеню дублювання маршрутів, оскільки даний показник показує скільки маршрутів в середньому проходить по кожній ділянці мережі.

Щільність ММ, розрахована як відношення загальної довжини транспортної мережі, по якій проходять маршрути ГТ, до селітебної площі міста, склала $4,23 \text{ км/км}^2$, що свідчить про високий рівень її розвиненості.

Даний показник дозволив визначити середню дальність підходу до зупинки, яка склала 87 м, що вказує на виконання нормативів з пішохідної доступності ГТ.

Таким чином, з огляду на значення щільності ММ та середньої відстані підходу пасажирів до ЗП можна стверджувати, що існуюча ММ м. Луцька забезпечує виконання державних нормативів України з пішохідної доступності маршрутного транспорту.

Показником, що дозволяє оцінити експлуатаційні характеристики ММ, є коефіцієнт непрямолінійності, який характеризує ступінь відхилення трас маршрутів від прямої лінії.

Слід відзначити ступінь варіації отриманих даних, а саме: середнє значення коефіцієнту непрямолінійності складає 2,14, мінімальне – 1,13, максимальне – досягає 7,15. Результати розрахунків свідчать про те, що особливої уваги потребують маршрути, значення коефіцієнтів непрямолінійності на яких близькі до 2 і більше, окрім колових маршрутів.

Отримане середнє значення коефіцієнту непрямолінійності по маршрутах та коефіцієнт непрямолінійності ММ в цілому характеризують мережу ГТ м. Луцька як помірно непрямолінійну.

За результатами аналізу ММ ГТ можна зробити висновок про те, що вона є дуже розвиненою і забезпечує виконання нормативів з пішохідної доступності ГТ. Поряд з цим, проведений аналіз дублювання вказав на наявність маршрутів зі значним і практично повним збігом трас, що разом із окремими випадками суттєвої непрямолінійності маршрутів вказує на доцільність внесення змін до ММ міста.

Розроблена транспортна модель ГТ дозволила розрахувати поточні показники ефективності транспортного обслуговування населення міста ГТ. Результати оцінювання ефективності функціонування існуючого варіанту ММ свідчать про достатньо ефективну організацію роботи ГТ в місті Луцьку, але середні витрати часу пасажирів на здійснення пересування (31 хв.) ГТ перевищують нормативи для об'єктів такого масштабу.

УДК 656.339

ВЗАЄМОДІЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ

І. Лук'янюк, ст. гр. ТТм-51

І. Мурований к.т.н., доц.,

Луцький національний технічний університет

Автомобільний транспорт, вид транспорту, що здійснює перевезення вантажів і пасажирів по безрейкових шляхах. Основні сфери застосування автомобільного транспорту - розвезення і підвезення вантажів до магістральних видів транспорту, перевезення промислових і сільськогосподарських вантажів на короткі відстані, внутрішньоміські перевезення, перевезення вантажів для торгівлі і будівництва, можливість доставки вантажів

«від дверей до дверей». На дальні відстані автомобільний транспорт перевозить швидкопсувні, особливо цінні, що потребують швидкої доставки, незручні для перевантаження іншими видами транспорту вантажі. Нині без автомобільного транспорту неможлива діяльність жодної галузі господарства.

Важливим є те, що транспортне сполучення у напрямку Україна-Польща дозволяє забезпечити не тільки взаємні зв'язки уже названих, але й інших держав Європи, зокрема, через найкоротший шлях сполучення між промислово розвиненими та постсоціалістичними країнами Європи та СНД (Польща, Німеччина, Чехія, Бельгія, Голландія, Франція, Люксембург, Україна, Росія, Казахстан, держави Закавказзя і Середньої Азії).

Але, як свідчить попередній аналіз, існуючі в цих регіонах транспортні (зокрема, залізничні) комунікації, побудовані для забезпечення зв'язків лише між Україною і Польщею, розвинені недостатньо та спрямовані на обслуговування застарілої структури вантажопотоків (в основному, масових навалочних вантажів). Це вже спричинило реальну переорієнтацію зовнішньоторговельних вантажів України, країн "близького зарубіжжя" (Росія, Казахстан, держави Середньої Азії) та їх основних європейських торгових партнерів на транспортну мережу Республіки Білорусь (Брестський залізничний вузол), в першу чергу, при перевезенні експортно-імпортних, тарно-штучних вантажів, контейнерів, машин і устаткування. Так, у 1993-1994 роках до 50% всіх зовнішньоторговельних вантажопотоків, що були між країнами Європи та СНД, спрямовувалися через транспортну мережу Білорусі.

Результати аналізу існуючих вантажопотоків та транспортної інфраструктури дають змогу зробити висновок про доцільність створення на базі Ковельського транспортного вузла інтермодального транспортно-складського комплексу (проект "Інтерпорт-Ковель"). Головна мета проекту "Інтерпорт-Ковель" полягає у створенні максимально сприятливих умов для активізації зовнішньоторговельного обміну шляхом надання транспортно-складських послуг на рівні сучасних світових та європейських стандартів.

У відповідності до основної мети, комплекс передбачає:

- сприяння активізації експортно-імпортних операцій в Україні;
- коригування сталих зовнішньоторговельних товаропотоків інших країн Європи та Азії, їх переорієнтація на транзит через територію України (за допомогою економічних та організаційних стимулів);
- інтеграцію в єдину європейську транзитну систему та європейську мережу "Європлатформс":
- покращення технологічних та економічних характеристик використання наявного ресурсного потенціалу (матеріально-технічна база транспорту, виробнича інфраструктура, робоча сила);
- активізацію підприємницької діяльності та нормалізацію соціально-економічної ситуації в регіоні (м. Ковель, Волинська область).

Проект виходить з поєднання двох видів транспорту – залізничного та автомобільного, основних як для української системи комунікацій загалом, так і для забезпечення її зовнішньоекономічних відносин. Він передбачає використання наявних вузької та широкої залізничних колій, мережі автомобільних доріг та законсервованих потужностей ст. Вербка. Відповідно до цього, основними функціями терміналу мають бути:

- вантажні перевезення, в тому числі – експорт, імпорт, транзит;
- багатопрофільне обслуговування вантажів та транспортних засобів;
- складування, обробка, збереження вантажів;
- торгівельне обслуговування.

Всі технологічні рішення побудовані таким чином, щоб забезпечити гнучкість та універсальність виробничої системи. високий рівень автоматизації та використання комп'ютерної техніки, прогресивних технологій.

Аналіз дає змогу виявити основні країни відправлення (надходження), способи транспортування та форми (види) вантажів, зокрема:

- товари, матеріали та продукти мають надходити з країн Західної, Центральної Європи

та країн СНД.

- за характером походження товари, матеріали та вантажі відносяться до: сільськогосподарських продуктів, сировини, нафтопродуктів, машин, обладнання, електроніки, товарів широкого вжитку і т. д.

- форми товарів та матеріалів, які надходять та відправляються, – диверсифіковані: контейнери, європіддони, ящики, картонні коробки, мішки, цистерни, бочки, інші різновиди тари.

- засоби транспортування – залізничний (європейська – 1435 мм, широка колія – 1524 мм) та автомобільний транспорт. Загальна схема побудови та реалізації проекту Інтерпорту складається з шести основних фаз: попереднє вивчення, планування, проектування, розміщення контрактів, будівництво та комплектація, виробнича експлуатація. Кожна фаза характеризується об'єктом, формальним (конструктивним) рішенням, комплексом необхідних дій, терміном здійснення та календарною прив'язкою до поточного часу.

УДК 621.793.7

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ ШЛЯХОМ МОДИФІКУВАННЯ ЇХ КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ, СИНТЕЗОВАНИМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ СВС-ПРОЦЕСУ

А.С. Лузан, аспірантка

Ю.Р. Михєєв, магістр

О.І. Сідашенко, проф., канд. техн. наук

*Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка*

Використання СВС-процесу для синтезування композиційних матеріалів вигідно відрізняється від інших відомих способів тим, що не вимагає великих витрат, складного і дорогого обладнання. Крім того СВС дозволяє отримати багатокомпонентні продукти в одну стадію навіть в системах матеріалів, що значно відрізняються за властивостями.

Основні етапи типової технологічної схеми процесу отримання СВС-порошків: підготовка порошкової шихти, синтез, розмелювання і розсівання по фракціям. При необхідності застосовують механічну активацію реакційної суміші в атриторі. Дана операція дозволяє зробити спільне подрібнення вихідних порошків і сформувати композиційні частинки з рівномірним розподілом вихідних реагентів за обсягом, а також знижує тепловтрати при синтезі, підвищує активність системи і гомогенність продукту горіння. Синтез в системах з низьким тепловмістом здійснюють із застосуванням попереднього підігріву в печі.

Найбільш популярними є композиції на основі карбиду титану. Це пов'язано з високим екзотермічним ефектом реакції створення карбиду титану з елементів (1), що забезпечує широкий вибір матеріалу зв'язки [1]:



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

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.

Ще одним класом перспективних матеріалів є композиційні порошки типу «інтерметалід-оксид» на основі алюмінідів нікелю, заліза і титану, що забезпечують значне зменшення маси за рахунок невисокої щільності алюмінідів в порівнянні з традиційно використовуваними сплавами при збереженні високих механічних та корозійних властивостей композицій [2]. Ці композиції можуть бути отримані двома способами: 1 – синтезом інтерметалевих з'єднань з елементів в присутності дисперсних частинок оксидів і 2 – формуванням необхідних композицій з використанням алюмінотермічних реакцій. Обидва способи мають обмеження, обумовлені невисоким по 1-му способу або навпаки, занадто високим за 2-м способом тепловмістом реакційних систем. Використання попередньої механічної активації дозволяє активувати процес синтезу в низькоекзотермічних системах і формувати однорідну тонкозернисту структуру композицій з рівномірним розподілом оксидних частинок в обсязі матеріалу.

Найбільшою зносостійкістю володіють тверді сплави на основі карбідів, одним з яких є карбід титану (TiC), який характеризується високими значеннями твердості, теплостійкості, малими значеннями коефіцієнта тертя по більшості металів і сплавів і порівняно низькою вартістю, що дозволяє його розглядати як один з найперспективніших матеріалів для створення зносостійких покриттів. Крім цього, висока твердість і зносостійкість карбіду титану забезпечують відмінні механічні властивості композицій на його основі. В якості металевих зв'язок використовують залізо, нікель, кобальт, алюміній, мідь і сплави на їх основі [3].

Для приготування композиційного матеріалу з метою синтезування карбіду титану використовували порошки титану марки ВТ1-0 і вуглецю марки ПМ-15. А також для збільшення теплового ефекту і зносостійкості оксид заліза Fe₂O₃, В, алюмінієвий порошок (пудра) ПАП-1 ГОСТ 5494-95 і терморегулюючий порошок алюмініду нікелю ПТ-НА-01. Функцію металеві зв'язки (матричного матеріалу) виконував самофлюсуючий наплавочний порошок марки ПГ-10Н-01.

Наплавочну суміш отримували за такою технологією:

- змішування і механоактивація суміші порошків Ti, C, Fe₂O₃, Al, В, ПТ-НА-01;
- самопоширюючийся високотемпературний синтез композиту;
- дроблення і механоактивація отриманого композиту, додавання його в заданих кількостях (10-20%) в матричний матеріал і спільна механоактивація отриманої суміші.



а



б



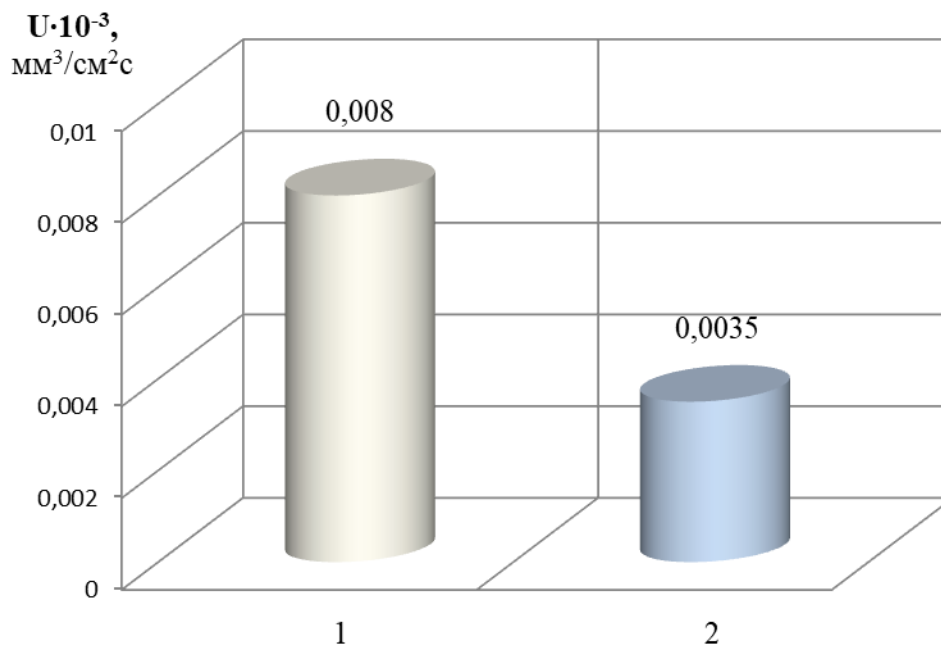
В

Г

а – сформована циліндрична заготовка з КМ; б – СВС-процес;
в – КМ після СВС-процесу; г – остиглий КМ (спек)

Рисунок 1 – СВС-процес формування композиційного матеріалу (КМ)
(Ti+C+Fe₂O₃+Al+V+ПТ-НА-01)

Результати триботехнічних випробувань наплавлених матеріалів показали явні переваги покриттів, наплавлених порошком марки ПГ-10Н-01 модифікованим композиційним матеріалом (Ti+C+Fe₂O₃+Al+V+ПТ-НА-01) в кількості 20% (рис. 2).



1 – покриття ПГ-10Н-01 – сталь 45 HRC 50; 2 – покриття з ПГ-10Н-01 +
20% композиційного матеріалу (Ti+C+Fe₂O₃+Al+V+ПТ-НА-01) –
сталь 45 HRC 50

Рисунок 2 – Інтенсивність зношування в процесі нормального тертя
в середовищі індустриального мастила пар

З рис. 2 видно, що інтенсивність зношування покриття, наплавленого з ПГ-10Н-01 + 20% композиційного матеріалу (Ti+C+Fe₂O₃+Al+V+ПТ-НА-01), отриманого по СВС технології, в 2,3 рази менше, ніж покриття ПГ-10Н-01.

Список літератури

1. Рогачев А.С. Горение для синтеза материалов: введение в структурную макрокинетику / А.С. Рогачев, А.С. Мукасян. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 400 с.
2. 50 лет порошковой металлургии Беларуси. История, достижения, перспективы / ред. кол.: А.Ф. Ильющенко, Е.Е. Петюшик, В.В. Савич. – Минск, 2010. – 632 с.
3. 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.

**ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ**

С.А. Лузан, проф., д-р техн. наук

В.О. Івлєв, магістр

*Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка*

При измельчении порошковых смесей параллельно протекают процессы разрушения частиц и образование путем сварки композиционный материал. На разных стадиях обработки превалирует один из них. В общем случае при пластической деформации плотность дефектов кристаллического строения непрерывно растет. При достижении критического значения в результате взаимодействия силовых полей дислокаций в локальных объемах кристаллов возникают субмикронные трещины, по которым и происходит деструкция частиц. Параллельно с разрушением частиц, в результате адгезии, протекают процессы агломерации и грануляции. Адгезия частиц обусловлена в основном Ван-дер-Ваальсовыми и электростатическими силами и получает свое развитие, прежде всего, в местах контакта свежих поверхностей [1]. При ударном воздействии размалывающих тел в этих местах агломерированной композиции происходит холодная сварка, сопровождающаяся диффузионными процессами.

Для тонкого измельчения применяют шаровые, вибрационные, струйные мельницы и атриторы. Шаровые мельницы представляют собой цилиндрический барабан, закрытый с торцов, внутри которого помещаются шары и обрабатываемый материал. Процесс измельчения и дробления частиц порошков совершается в результате взаимного столкновения шаров, а перемешивание – под действием перекатывания шаров и их соударении при вращении барабана мельницы. Коэффициент неоднородности смеси после смешения в шаровой мельнице составляет $\approx 4\%$, кривая распределения частиц по размерам широкая и $r_{\min} = 1-10$ мкм. Эффективность процессов помола и перемешивания определяются: частотой вращения барабана, размерами мелющих тел (шаров) и материалом, из которого они изготовлены, а также количественным соотношением шаров и перерабатываемой смеси. Диаметр шаров d выбирается в зависимости от диаметра барабана. Загрузка мельницы – заполнение шихтой и шарами объема барабана – характеризуется коэффициентом заполнения $K_{\text{зап.}}$, который для шаровых мельниц составляет 40-45%. Оптимальные количества измельчаемого материала M , мелющих тел $Ш$ (шаров) и жидкой фракции B должны удовлетворять соотношению $M:Ш:B = 1:8:1$.

Размер загрузки шарами определяется тем, что необходимо устранить условия, при которых может возникнуть трение скольжения между шарами и стенкой барабана, и работой мельницы в режиме трения качения. Число оборотов шаровой мельницы обычно не превышает 100 об/мин и ограничено числом $n_{\text{крит.}} = 42,3 D$ об/мин. При достижении $n_{\text{крит.}}$ находящиеся внутри барабана шары под действием центробежного ускорения начинают вращаться вместе с барабаном. Оптимальный режим скорости вращения соответствует $0,8n_{\text{крит.}}$.

Преимущество шаровых мельниц: простота устройства, удобства в эксплуатации, высокая однородность получаемых смесей. Недостатками являются большая продолжительность процесса, затрудненность получения тонкого измельчения, недостаточное использование объема барабана (40-45%), неоднородность размеров частиц размолотого материала.

Метод механоактивационной обработки в высокоэнергетических мельницах предоставляет широкие возможности для синтеза композиционных порошков. Во многих

случаях фазовый состав и микроструктура синтезируемых композитов являются уникальными, так как они не могут быть получены другими методами синтеза.

При механическом воздействии в твердом теле возникают внутренние напряжения, происходит образование и накопление дефектов кристаллического строения. При высокоэнергетической обработке в шаровой мельнице под действием ударов шаров происходит деформация частиц и перемешивание компонентов. В результате этих процессов создаются условия для протекания химических реакций непосредственно в барабанах мельниц или при последующих термически активированных процессах.

На первых этапах механической обработки из исходных смесей порошков образуются так называемые «слоистые композиты». Образование слоистых композитов на начальных этапах механической обработки не зависит от пластических свойств компонентов [2].

Продуктами механической обработки обычно являются порошки с размером частиц от нескольких микрометров до нескольких десятков микрометров. При определенных режимах обработки порошки формируют измельченную структуру и состоят из наноразмерных зерен.

Нанокпозиционные порошки имеют значительные преимущества перед наноразмерными порошками, которые вследствие большой удельной поверхности часто содержат значительную долю оксидных фаз.

Размер частиц и строение порошковых агрегатов изменяется со временем [2]. В зависимости от цели, с которой проводится механическая обработка, процесс может быть остановлен на любой стадии. Увеличение размера частиц связано с преобладанием холодной сварки над разрушением. При большом содержании пластичного компонента холодная сварка частиц может приводить к существенному увеличению размера агрегатов – до макроразмеров (1 мм и более). Такой процесс получил название в литературе «in situ консолидация» [3].

Многочисленные работы по СВС в механически активированных системах показывают, что механическая активация шихты влияет на ее структурное состояние и тем самым оказывает влияние на фазо- и структурообразование при СВС [4, 5]. Продукты СВС, проведенного в механически активированной смеси порошков, имеют более равномерную и мелкозернистую структуру по сравнению с продуктами, получаемыми из смеси реагентов, в которой частицы исходных порошков сохраняют свою морфологию, а перемешивание происходит только на уровне размера исходных частиц и не сопровождается их деформацией.

Механическая обработка исходных порошков позволяет осуществлять реакции с более высокими степенями превращения при СВС по сравнению с неактивированными смесями и тем самым регулировать фазовый состав продукта.

Посредством изменения структурного состояния порошка или смеси порошков механическая активация влияет и на их поведение при компактировании [6].

За последние годы было опубликовано большое количество статей [7, 8] посвященных модифицированию металла шва и наплавленного металла наноразмерными тугоплавкими частицами при реализации сварочных процессов.

Всеми авторами отмечается положительное воздействие модификатора на эксплуатационные свойства и размер зерна наплавленного металла. Так были опробованы различные способы сварки и наплавки с введением наноразмерных модификаторов при реализации таких процессов как: ручная дуговая сварка и наплавка плавящимися покрытыми электродами, механизированная сварка под слоем флюса, лазерная сварка, плазменно-порошковая наплавка и др.

В работах отмечается измельчение зерна металла швов и наплавленных покрытий в результате модифицирования наноразмерным карбидом вольфрама. Иногда микротвердость металла шва и наплавленных покрытий, выполненных при введении наноразмерных тугоплавких частиц, меньше по сравнению со швом и наплавками, выполненными без модификатора. Показано, что увеличивается доля равноосных зерен на поверхности шва, оси

дендритов изогнуты вблизи центра шва. Результаты исследований химической неоднородности показывают, что модифицирование снижает неравномерность распределения легирующих элементов по сечению шва.

Имеются сведения по применению оксидов в качестве модификаторов. Оксиды – самые дешевые тугоплавкие материалы, а наноразмерный Al_2O_3 – один из самых распространенных наноразмерных материалов [9].

Для выполнения работ по наплавке износостойкого покрытия предлагается следующий алгоритм технологии наплавки защитных покрытий, модифицированных износостойкими композиционными материалами, полученными с применением СВС-процесса (рис. 1).

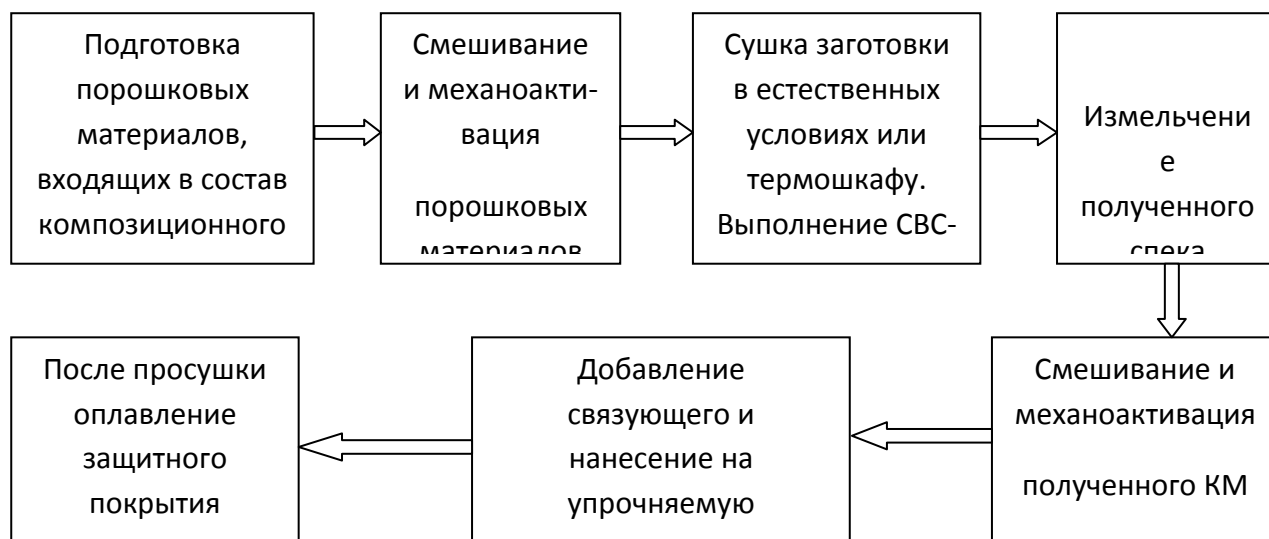


Рисунок 1 – Алгоритм технологии наплавки защитных покрытий, модифицированных износостойкими композиционными материалами, полученными с применением СВС-процесса

Из анализа алгоритма технологии наплавки (рис. 1) видно, что механическая обработка материалов, применяемых для получения модифицированной наплавочной смеси, в шаровых мельницах проводится в два этапа: 1 – механоактивация порошковых материалов, используемых для получения композиционного материала с применением СВС-процесса, 2 – механоактивация наплавочной смеси материалов – матричного материала с добавлением композиционного материала.

Список літератури

1. Красулин Е.А. Дислокации как активные центры в топохимических реакциях / Е.А.Красулин // Теоретическая и экспериментальная химия – 1967. – Т.3, №1. – С.58-62.
2. Suryanarayana, C. Mechanical alloying and milling / C. Suryanarayana // Progress Mater. Sci. – 2001. – V.46. – P.1–184.
3. Zhang, D. L. Consolidation of a Cu-2.5 vol.% Al_2O_3 powder using high energy mechanical milling / D. L. Zhang, S. Raynova, C. C. Koch, R. O. Scattergood, K. M. Youssef // Mater. Sci. Eng. A – 2005. – V.410-411. – P.375–380.
4. Ляхов, Н. З. Влияние механоактивации на процессы фазо- и структурообразования при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе / Н. З. Ляхов, Т. Л. Талако. Т. Ф. Григорьева. – Новосибирск: Параллель, 2008. – 168 с.
5. 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.

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ФАЗАХ
ВІДЦЕНТРОВОЛИТИХ ВАЛКІВ З ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ**

*Скобло Т.С., Автухов А.К. к.т.н., проф.
Харківський національний технічний
університет сільського
господарства імені Петра Василенка*

Методом мікрорентгеноспектрального локального аналізу з'ясовано, що незалежно від того, чи формуються окремі включення цементиту або він входить до складу ледебуриту концентрація компонентів неоднорідна навіть при відцентровому методі виготовлення прокатних валків. Так, коливання вуглецю становлять 20,1%, ванадію – 42%, марганцю – 48% і нікелю – 21%. Причому, такі коливання у вмісті компонентів характерні як для одного зерна (різних його зон), так і – різних. Це відповідає і підтверджується даними результатів виміру мікротвердості і математичним описом характеру неоднорідних деформаційних областей навколо відбитків індентора.

Встановлено, що вміст вуглецю в ледебуриті стабільне (спектри 4-8) і становлять 25,03-25,85%, у цементиті (спектри 1-3) змінюється навіть в одному зерні і досягають 22,47-24,70%. Кремній не розчиняється в карбідній фазі. Виявлена нерівномірність розчинності ванадію в карбідній фазі (від 0 до 0,40%).

Більш рівномірно хром розподілений у зонах цементиту (3,12-3,47%), менш в – ледебуриті (2,21-3,50%). Марганець у ледебуриті і цементиті, в основному, розподілений досить рівномірно (0,61- 0,87%), хоча виявлено одна зона в ледебуриті, де цей компонент відсутній. Нікель до 3,0% загального його вмісту в сплаві розчиняється в карбідній фазі, причому однорідно в рамках одного зерна цементиту (1,0 – 1,07%) і менш однорідно у границь зерен ледебуриту (0,98 – 1,25%).

Що стосується металевої матриці, то навіть в одному зерні (спектри 9 і 10) концентрація компонентів змінюється ще більш істотним образом. Так, вміст вуглецю змінюється від 18,97% до 19,31%; марганцю від 0 до 0,44%, хрому від 0,67 до 0,77%; кремнію від 0,95 до 1,28%; нікелю від 3,7 до 4,11%, ванадію в матриці не виявлено, однак у ній є окремі оксиди, що містять 4,66% кисню.

Підводячи підсумок проведеного аналізу (див. рис. 3.13 і табл.3.7), виявлено розподіл компонентів сплаву в карбідній фазі чавуну. Показана неоднорідність розподілу в різних типах карбідів основних і легуючих компонентів – вуглецю, хрому, марганцю, ванадію, нікелю і кремнію. Неоднорідність розподілу компонентів характерна як для одного зерна, так і – різних. Кремній у карбідній фазі не розчиняється.

У металевій матриці – мартенситі найбільша неоднорідність також характерна і для зерна. Максимальна ліквіація виявлена для нікелю, марганцю, кремнію й вуглецю

**РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ
КОРПУСНИХ
ДЕТАЛЕЙ З СІРОГО ЧАВУНУ**

*Сайчук О.В., к.т.н., доцент.
Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Ефективність роботи сучасної техніки машинобудування не можлива без забезпечення стабільно високого рівня її виробництва. Крім того, в останні роки суттєво зросла вартість енергоресурсів та витрати при виробництві відливок з чавунів. Відомо, що якість відливок з чавуну суттєво залежить від вихідної шихти, її спадкоємності, засмічення шкідливими домішками, неметалевими включеннями, зміною хімічного складу.

Важливий внесок в досягнення необхідної структури металу відливок та їх якості мають технологічні процеси відливання, модифікування та умови кристалізування. Найбільш важливим при виробництві є деталі, які відливаються в різнотовщинну форму або мають неоднорідний розмір в окремих зонах, що призводить до накопичення напружень та формування дефектів (неслітин, порожнин, тріщин). Відомо, що заварка дефектів у відливах з сірого чавуну частіше за все буває малоефективною. Тому робота, яка спрямована на пошук нових, ефективних енергозберігаючих технологій виробництва різнотовщинних корпусних деталей з чавунів з формуванням найбільш однорідної структури та відновленням їх пошкоджуваності з розробкою параметрів неруйнівного контролю якості, може бути віднесена до важливих та актуальних.

Метою дослідження є теоретичне та експериментальне обґрунтування інноваційної технології відновлення деталей з чавуну, що використовуються у машинобудуванні.

Статистичний аналіз якості корпусних деталей з сірого чавуну сільськогосподарської техніки, згідно якого проводили виміри H_c , дозволив виявити, що рівень цієї характеристики на поверхні має різні показники, які змінюються від 4,3 - 8,0 А/см, а на внутрішній вони досягають 5,0 - 9,4 А/см, що свідчить про формування дефектів частіше в цій зоні. Металографічними та мікрорентгеноспектральними дослідженнями встановлені зони з порушеннями якості металу (тріщини, пори, локальні напруження, структурні відхилення, ліквідаційні явища з формуванням неметалевих включень) де показники H_c підвищуються та досягають 7,8-11,3 А/см.

Поява скупчень неметалевих включень є результатом неякісної підготовки форми при її використанні.

Розроблено новий підхід до оцінки структуроутворення при відновленні корпусних деталей з сірого чавуну на основі виявлення в них дефектів та структури оптико-математичним методом у поєднанні з неруйнівним методом за показниками H_c . Аналізували структуроутворення по всій мікрофотографії та в різних локальних зонах: наплавлення, перехідної та основи.

Промислові дослідження корпусних деталей сільськогосподарської техніки з товщиною стінок 30-55 мм підтвердили результати теоретичних та експериментальних досліджень та показали, що при якісному модифікуванні SiMn або FeSi чавунів СЧ-15, СЧ-18, СЧ-20, забезпечується частка пластинчастого графіту на рівні 5-7% та H_c не перевищує 5-7 А/см. При відхиленнях в структурі графіту < 5 % рівень H_c підвищується в 1,3-1,6 разів та в структурі металевої матриці з'являється структурно вільний цементит і частка фериту зменшується.

Відновлення дефектів заплавленням з використанням дотоційної шихти від утилізації боєприпасів, яка складається з нано- та мікроалмазів, міді, заліза та невеликої долі графіту підтвердило ефективність такої модифікуючої домішки при дозованому її введенні у рідкий розчин.

Нове технологічне рішення, які доведені до промислового використання захищені 6 патентами України (з яких 2 патенти впроваджені у виробництво).

Економічна ефективність від впровадження розробок на ВАТ «ХТЗ» в об'ємі 348 корпусів з сірого чавуну з підвищеними експлуатаційними властивостями при відновленні складає 746,999 тис. грн. на рік.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ У МІСТАХ

О. В. Бородаєвський, студ.,
Є.В. Нагорний, проф., д-р техн. наук
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Сьогодні важко уявити сектор міського пасажирського транспорту в розвинених країнах без об'єднаних транспортних підприємств (ОТП). Мережа міських транспортних послуг, що надаються через ОТП, є частиною іміджу громадського транспорту. В останні роки в ЄС активно створюються нові ОТП. Одним з найбільш актуальних питань в умовах підвищення якості та зручності транспортного обслуговування є розробка моделі формування єдиного тарифу на перевезення пасажирів з використанням ОТП в містах.

Розглядаючи концепцію розвитку ОТП в містах в першу чергу можна виділити проблему визначення та розрахунку доцільного тарифу для транспортного обслуговування пасажирів двома та більше видами транспорту. Для того, щоб ОТП використовувалось якомога частіше, більш якісніше та надійніше, воно не повинне втратити свої головні переваги: швидкість, комфорт, доступність. Саме в цьому полягає суть проблеми розрахунку доцільного та оптимального тарифу для обслуговування пасажирів в містах. У літературних джерелах пропонуються методики визначення єдиного тарифу методом зонального розподілу міста і встановлення зонального тарифу та методом хеджування та компаундингу.

1. Модель формування єдиного тарифу з використанням тарифних зон

Головний аспект встановлення будь-якого нового тарифу в рамках об'єднання це визначення його базової структури. Оскільки в рамках об'єднання, як правило, не можна застосовувати ціноутворення на основі тільки кілометражу або маршруту, при встановленні тарифів вся територія об'єднання розбивається на окремі ділянки, або зони. У даному випадку діє метод пропорційного використання зон, дохід на вкриту тарифну зону відводиться транспортному підприємству, яка вчинила перевезення цього пасажирів. Якщо були задіяні два (або більше) перевізника в одній тарифній зоні (наприклад, пасажир пересів), то дохід цієї зони поділяється в рівних частках між цими транспортними підприємствами.

Дохід для транспортних підприємств розраховується наступним чином

$$I = T_{\text{зон}} \cdot \frac{m}{n}, \quad (1.1)$$

де: I - дохід для транспортного підприємства, грн; $T_{\text{зон}}$ - зональний тариф, грн.; m - кількість пересічених зон пасажиром на одному виді транспорту одного підприємства, од; n - усього кількість пересічених пасажиром зон, од.

Існує розподіл по зонах, відповідно до провізної здатності (кількості скоєних пасажиро-кілометрів). У такому випадку дохід для транспортних підприємств визначається

$$I = T_{\text{зон}} \cdot \frac{m}{n} + T_{\text{зон}} \cdot \frac{m'}{n} \cdot \frac{L_{\text{тр}}}{L_{\text{заг}}}, \quad (1.2)$$

де m' - кількість пересічених зон пасажиром на другому виді транспорту другого підприємства, од; $L_{\text{тр}}$ - довжина їздки пасажирів на одному виді транспорту одного підприємства, км; $L_{\text{заг}}$ - загальна довжина їздки.

Також існує метод пропорційних доходів, загальний отриманий дохід розділяється відповідно до індивідуальних тарифах по кожному причетному ділянці поїздки. В такому

випадку розрахунки по методу пропорційного доходу для транспортних підприємств мають наступний вигляд

$$RE = \frac{T_n}{T_n + T_m} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

$$M = \frac{T_m}{T_n + T_m} \cdot 100\%, \quad (1.4)$$

де RE та M - частка доходу підприємств, що здійснювали перевезення, %; T_n - зональний тариф при перетині пасажиром n тарифних зон, грн.; T_m - зональний тариф при перетині пасажиром m тарифних зон, грн.;

Далі розподілення доходів відбувається таким чином

$$I_{RE} = \frac{RE \cdot T_n}{100}, \quad (1.5)$$

$$I_M = \frac{M \cdot T_n}{100},$$

(1.6)

де I_{RE} та I_M - дохід першого та другого підприємства, що здійснювали перевезення пасажирів, грн.; T_n - зональний тариф при перетині пасажиром n тарифних зон, грн..

2. Модель формування єдиного тарифу методами хеджування та компаундингу

Дослідження свідчать, що встановлення тарифу на пасажирські перевезення нижче мінімального рівня не забезпечить ОТП необхідними доходами для здійснення його діяльності. Відповідно, встановлення тарифу на пасажирські перевезення вище максимального рівня, може призвести до зниження попиту на його послуги.

Тому єдиний тариф ОТП повинен знаходитись в діапазоні, котрий представлений у вигляді наступної залежності

$$T_{\text{ОТП}}^{\text{Нм}} \leq T_{\text{ОТП}}^{\text{Доп}} \leq T_{\text{ОТП}}^{\text{Вм}} \quad (2.1)$$

де $T_{\text{ОТП}}^{\text{Нм}}$ - нижня межа тарифу на послуги ОТП, грн/пас; $T_{\text{ОТП}}^{\text{Доп}}$ - допустиме значення тарифу на послуги ОТП, грн/пас; $T_{\text{ОТП}}^{\text{Вм}}$ - верхня межа тарифу на послуги ОТП, грн/пас.

Відповідно до досліджень єдиний тариф повинен бути визначений з урахуванням економічного ефекту від реалізації діяльності ОТП, витрат на експлуатацію транспортних засобів, часу переміщення пасажирів, коефіцієнту компаундингу та хеджування.

Єдиний тариф ОТП, $T_{\text{ОТП}}$, на перевезення одного пасажирів складе

$$T_{\text{ОТП}} = \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R Z_{mr} \cdot (1 + PL) + k_{\text{ел}} \cdot [y + \sum_{r=1}^R Z_1 \cdot \alpha^{t_1} - y + \sum_{r=1}^R Z_2 \cdot \alpha^{t_2}] \quad (2.2)$$

де Z_{mr} - питомі витрати на перевезення одного пасажирів m -м видом ТЗ на r -му маршруті, грн/пас; PL - показник рентабельності; $k_{\text{ел}}$ - коефіцієнт еластичності тарифу, який змінюється залежно від кон'юнктури ринку; ΔP - додатковий економічний ефект від реалізації діяльності ОТП, грн. Z_1 - питомі витрати пасажирів на реалізацію послуги одного транспортного підприємства, грн/пас.; Z_2 - питомі витрати пасажирів на реалізацію послуги другого транспортного підприємства, грн/пас.; y - середня вартість часу переміщення пасажирів на маршруті, грн/год; α - коефіцієнт компаундингу; t_1 - час переміщення пасажирів одним видом транспорту, хв; t_2 - час переміщення пасажирів другим видом транспорту, хв.

У даному випадку, під компаундингом мається на увазі сума коштів, що заощадить пасажир, користуючись новою послугою на ринку міських пасажирських перевезень.

Коефіцієнт компаундинга, у даному випадку, може бути описаний наступним чином

$$\alpha = f \cdot T_{\text{ОТП}}^{\text{роз}} \cdot C_n, \quad (2.3)$$

де $T_{\text{ОТП}}^{\text{роз}}$ - розрахунковий тариф ОТП, грн.; C_n - кошти, які заощадить пасажир за період n , грн.

З метою подальшого дослідження необхідним є визначення кількості коштів C_u та C_ξ , котрі заощадить пасажир при користуванні послугами ОТП.

$$C_u = T_{\text{ОТП}}^{\text{Нм}} - T_{\text{ОТП}}, \quad (2.4)$$

$$C_\xi = T_{\text{ОТП}}^{\text{Вм}} - T_{\text{ОТП}}, \quad (2.5)$$

де $T_{\text{ОТП}}^{\text{Вм}}$ та $T_{\text{ОТП}}^{\text{Нм}}$ верхня та нижня межа тарифу на послуги ОТП, грн/пас; $T_{\text{ОТП}}$ - єдиний тариф ОТП на перевезення одного пасажир, грн./пас.

Відповідно до досліджень, для визначення коефіцієнту компаундингу, спочатку необхідно визначити коефіцієнти u та ξ , що характеризують зміну тарифу на транспортні послуги

$$u = \frac{T_{\text{ОТП}}^{\text{Вм}}}{T_{\text{ОТП}}}, \quad (2.6)$$

$$\xi = \frac{T_{\text{ОТП}}^{\text{Нм}}}{T_{\text{ОТП}}}. \quad (2.7)$$

З урахуванням цих залежностей, коефіцієнт компаундинга складе

$$\alpha = u - \xi, \quad (2.8)$$

де α - коефіцієнт компаундинга; u та ξ - коефіцієнти, що характеризують зміну тарифу на транспортні послуги.

Коефіцієнт хеджування, $S_{\text{хедж}}$, показує, яку кількість переміщень пасажир може здійснити в межах тарифу ОТП.

$$S_{\text{хедж}} = \frac{u \cdot C_\xi - \xi \cdot C_u}{N}, \quad (2.9)$$

де N - кількість пересадок, що може здійснити пасажир в межах тарифу ОТП.

Кількість пересадок N , що може здійснити пасажир в межах тарифу ОТП, становить

$$N = \frac{C_u - C_\xi}{T_{\text{ОТП}}^{\text{роз}} \cdot \alpha}, \quad (2.10)$$

Виходячи з вищезазначеного, раціональний тариф ОТП складає

$$T_{\text{ОТП}}^{\text{рац}} = S_{\text{пас}} \left(T_{\text{ОТП}} + \frac{S_{\text{хедж}}}{N} \right), \quad (2.11)$$

де $S_{\text{пас}}$ - собівартість перевезення одного пасажера, грн/пас; $T_{\text{ОТП}}$ - єдиний тариф ОТП на перевезення одного пасажера, грн./пас.; $S_{\text{хедж}}$ - коефіцієнт хеджування, що показує, яку кількість переміщень пасажир може здійснити в межах тарифу ОТП;

Особливість пропонуваного методик формування єдиного тарифу полягає в підвищенні привабливості міського пасажирського транспорту, з метою розвантаження транспортних потоків в містах.

Список літератури

1. Нагорний Є.В.. Комерційна робота на автомобільному транспорті / Є.В. Нагорний, Н16 Н.Ю. Шраменко: підручник - Харків: ХНАДУ, 2010. - 324 с.
2. Мосьпан В.М. Удосконалення функціонування пасажирського транспорту в містах за рахунок об'єднання транспортних підприємств загального користування/ Є.В. Нагорний, В.М. Мосьпан // Автомобільний транспорт : результати власних досліджень - ХНАДУ.
3. Електронний ресурс: Транспортні об'єднання SUTP.

УДК 656

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ВЗАЄМОДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ТЕРМІНАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ДРІБНОПАРТІЙНИХ ВАНТАЖІВ

Я. Р. Богомол, студ.,
Т.В. Волкова, доц., канд. техн. наук
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Проблему взаємодії різних видів транспорту необхідно розглядати, як частину глобальної проблеми логістичного ланцюжка руху вантажів від виробника до споживача. При цьому повинні враховуватися фактори, що визначають переваги кожного виду транспорту – як явні за технологією доставки вантажу, так і пов'язані з особливістю вантажу. У цьому випадку особливо важливим є досягнення оптимального співвідношення витрат на реалізацію ефективної технології взаємодії видів транспорту та якості наданого обслуговування. Очевидно, що вантажовласника цікавлять мінімальні терміни доставки, максимальна схоронність вантажу, зручність приймання вантажу до перевезення, можливість достовірного інформаційного забезпечення. Тому формування раціональної технології функціонування терміналу за участю декількох видів транспорту має також базуватися на запитах і потребах вантажовласника.

Технологічна область взаємодії видів транспорту складається в: організації комплексної системи експлуатації різних видів транспорту; розробці узгоджених контактних графіків роботи беруть участь видів транспорту, вантажовідправників і вантажоодержувачів; складанні взаємопов'язаних зручних розкладів прибуття і відправлення різних видів транспорту; організації єдиних технологічних процесів роботи в великих вузлах та інтермодальних перевезень на лініях [1].

Організаційна область (управлінська та інформаційна сфери) включає в себе: розробку єдиної узгодженої системи управління транспортно-дорожнім комплексом країни на макрорівні і в регіонах; підготовку нормативних документів по організації перевізного процесу при змішаних повідомленнях з урахуванням безпеки перевезень та екології; організацію перевезень з єдиним диспетчерським центром; оперативне інформування та регулювання подачі рухомого складу до місць навантаження, вивантаження і перевалки вантажів в транспортних вузлах; організацію продажу єдиних квитків для пасажирів декількох видів транспорту і узгодження транспортно-експедиційного обслуговування клієнтури при змішаних перевезеннях.

Планування експерименту - комплекс заходів, направлених на ефективну постановку дослідів. Основна мета планування експерименту досягнення максимальної точності вимірювань при мінімальній кількості проведених дослідів і збереженні статистичної достовірності результатів [2].

При розрахунках витрат на терміналі були використані реальні дані функціонування ТОВ «Складські технології»: клас вантажу 1, час на розвантаження вантажу з вагону 0,05 год., час на навантаження вантажу на автомобіль 0,47 год., час на розвантаження вантажу з автомобіля 0,47 год., вартість подачі вагона з вантажем на склад 50 грн./т., вартість оформлення й перевірки вантажу 2 грн./т·год., вартість розвантаження вантажу з вагону на склад 3 грн./т·год., вартість переробки вантажу на складі 2 грн./т·год., вартість формування партії відправлення 1 грн./т·год., вартість подачі автомобіля під навантаження 10 грн./км., вартість на навантаження вантажу 3 грн./т·год., вартість на розвантаження вантажу у вантажоодержувача 3,6 грн./т·год.

Загальна кількість дослідів для повного факторного експерименту з n змінюваними факторами кожний з яких встановлюється на q рівнях буде

$$N = q^n . \quad (1)$$

Найбільше розповсюдження отримали плани експериментів типу 2^n .

Були встановлені 3 фактори, які впливають на ефективність перевезення, а саме: об'єм вантажу автомобіля ($q_{авто}$), об'єм вантажу вагону (Q), відстань до вантажоодержувача ($L_{ВО}$).

Для розробки плану експерименту потрібно визначити мінімальні та максимальні значення, для отриманих параметрів розподілення. Для об'єму вантажу автомобіля, що розподіляється за нормальним законом, мінімальне значення дорівнює 5 т та максимальне значення дорівнює 15 т, для об'єму вантажу вагону, , що розподіляється за нормальним законом, мінімальне значення дорівнює 45 т та максимальне значення дорівнює 120 т, для відстані до вантажоодержувача, , що розподіляється за нормальним законом, мінімальне значення дорівнює 5 км та максимальне значення дорівнює 30 км.

Підставляючи ці вхідні дані у модель, розраховуємо витрати на функціонування термінальних систем доставки дрібнопартійних вантажів.

Розраховано витрати на функціонування термінальних систем доставки дрібнопартійних вантажів у міжміському сполученні. Результати розрахунків по всім серіям наведено у таблиці 1

Таблиця 1 – Результати проведення розрахунків

Серія дослідів	Витрати на доставку, грн.
1	2842,36
2	7170,54
3	7113,27
4	2899,63
5	3592,36
6	7920,54
7	7863,27
8	3649,63

Для аналізу впливу параметрів потоку на критерій ефективності необхідно зробити регресійний аналіз, а також побудувати регресійну модель.

При вивченні імовірнісних залежностей використовується один із найбільш поширених методів опрацювання даних - метод регресійного аналізу. Він складається з визначення загального вигляду рівняння регресії, побудові статистичних оцінок невідомих параметрів, що входять у рівняння регресії, і перевірки статистичних гіпотез про регресію.

Для побудови моделі була використана програма Microsoft Excel в якій є вбудована програма для розрахунку регресії.

Аналіз отриманих результатів:

- міра визначеності « R -квадрат» дорівнює 1, що говорить про те що побудовані моделі пояснюють всі змінність відповідних параметрів;

- «множинний R », який виражає ступінь залежності незалежних змінних X та залежної змінної Y , показує значення 1;

- «рівень значимості F », який повинен бути менше 0,05, дорівнює $1,06218 \cdot 10^{-63}$, що відповідає умовам;

- оцінка коефіцієнтів регресії:

1) коефіцієнти: $a_0=84,7$, $a_1=5,9$, $a_2=57,5$, $a_3=30$;

2) стандартна помилка повинна бути менше значень: для всіх коефіцієнтів вона менше відповідних значень;

3) за значенням « t -статистика» перевіряється попадання значення в інтервал: $(-\infty; t_{кр})U(t_{кр}; +\infty)$, значення $t_{кр}$ визначається за допомогою MS Excel: $t_{кр} = \text{СТБЮДРАСПРОБР}(0,05; n-k-1)$, де n – кількість серій дослідів, k – кількість параметрів, за значенням цього показника $t_{кр}=2,77$ значення « t -статистика» a_0, a_1, a_2, a_3 , попадають в інтервал: $(-\infty; 2,77)U(2,77; +\infty)$;

4) « P - значення» повинна бути менше 0,05 – для всіх коефіцієнтів вона менше відповідних значень;

5) значимими показниками являються ті, в яких інтервал між нижніми та верхніми 95% не проходить через нуль: для всіх коефіцієнтів результати не проходять через нуль.

На підставі цих даних можемо записати регресійну модель.

Регресійна модель для визначення загальних витрат на доставку

$$B_{\Sigma 1} = 84,7 + 5,9 \cdot q_{авто} + 57,5 \cdot Q + 30 \cdot L_{BO}. \quad (2)$$

По отриманим регресійним моделям необхідно провести розрахунки. Для цього потрібно взяти вхідні дані при максимальному та мінімальному значенні параметрів вхідного потоку замовлень.

Результати розрахунків критерію ефективності представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунків критерію ефективності

Серія дослідів	Витрати на доставку, грн
1	2851,7
2	7223,2
3	7164,2
4	2910,7
5	3601,7
6	7973,2
7	7914,2
8	3660,7

Визначено економічну ефективність отриманої моделі шляхом порівняння витрат при максимальних значень параметрів зі всіма можливими серіями значень параметрів.

Економічний ефект при порівнянні максимальних значень параметрів та мінімальних значень параметрів

$$E_i = B_{\Sigma}^{\max} - B_{\Sigma}^{\min}, \quad (3)$$

де B_{Σ}^{\max} – витрати на доставку при максимальних значень параметрів, грн;

B_{Σ}^{\min} – витрати на доставку при мінімальних значень параметрів, грн.

Розрахунок порівняльного економічного ефекту для всіх серій наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Порівняльний економічний ефект за серіями дослідів

Серія дослідів	Порівняльний економічний ефект, грн.
1	5121,5

2	750
3	809
4	5062,5
5	4371,5
6	0
7	59
8	4312,5

Результати визначення порівняльного ефекту показали, що найменше значення отримали при мінімальному об'єму вантажу автомобіля, мінімальному об'єму вантажу вагону, мінімальній відстані до вантажоодержувача. А найбільший порівняльний ефект отримали при мінімальному об'єму вантажу автомобіля (5 т), максимальному об'єму вантажу вагону (45 т), максимальній відстані до вантажоодержувача (30 км).

Список літератури

1. Миротин Л.Б. Транспортная логистика / Под общ. ред. Леонида Борисовича Миротина — К. : Москва: Издательство «Экзамен», 2005. – 512 с.
2. Мигаль В.Д., Волков В.П. Теорія і методи наукової творчості: Навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2007. – 233с.

УДК:633.853.32

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

А.О. Гриценко, *ст. гр. Т 41-16Т 3,*
Н.В. Потаман, *доц., канд. техн. наук*
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Об'єкт дослідження міжнародних перевезень є процес перевезення пасажирів у міжнародному сполученні автомобільним транспортом. Для сучасного стану економіки України характерним є підвищення ролі транспорту, який забезпечує життєдіяльність населення, функціонування і розвиток економіки держави, збереження її обороноздатності, можливість досягнення інтеграційних цілей країни. Транспортний комплекс є важливою складовою у структурі економіки України. Ефективне функціонування державної транспортної системи та включення її у європейську й світову транспортні мережі сприяють вирішенню найважливіших завдань сьогодення та дозволяє збільшити обсяги міжнародних перевезень. Оптимальні управлінські рішення та постійний контроль мають забезпечити ефективність функціонування підприємств транспортної галузі, які займаються міжнародними пасажирськими перевезеннями.

Нині, питання міжнародних перевезень пасажирів – одні з найскладніших у міжнародному комерційному праві, що потребує втручання держави для вирішення конфлікту інтересів між перевізниками та пасажирами, аби система транспорту працювала оптимально і слугувала інтересам обох сторін.

Важливим напрямком державного регулювання транспортного забезпечення зовнішньоекономічної діяльності є дотримання Україною валютно-тарифної політики на світовому транспортному ринку. Створені автотранспортні підприємства різних форм власності здійснюють пасажирські автоперевезення до 43 країн світу і деякі з них мають угоди із зарубіжними країнами про зворотні послуги, що сприяє розширенню ринку автотранспортних послуг України.

Отже, на сучасному етапі одним з невідкладних завдань є забезпечення науково-технічного розвитку транспортної галузі України.

Методологічними дослідженнями ефективного функціонування системи міжнародних перевезень пасажирів займалися такі вчені, як І.Я. Аксенов, А.О. Аррак, С.П. , [1] Артемьев, А.В. Базилюк, М.Н. Бідняк, А.І. Воркут, Т.А. Воркут, В.П., Гудкова, Л.Г. Зайончик., В.Ф. Іваненко, Н.Ю. Іванова, В.В., Квитко, В.І. Котелянець, К.Т. Кривенко, П.Р. Левковець, Р.Ф. Романенко, О.С. Смірнов, Д.Л. Товкун, І.Н. Шапко, В.Г. Шинкаренко та інші [1].

Тому натеper актуальним завданням системи надання послуг з міжнародних перевезень пасажирів автомобільним транспортом є підвищення ефективності функціонування за рахунок подальшої оптимізації її структури, широкого застосування сучасних організаційних форм і технологій, зменшення витрат.

Вивчення вітчизняного і зарубіжного досвіду роботи транспортних підприємств, а також аналіз реальної ситуації у сфері пасажирських перевезень у міжнародному сполученні виявили необхідність більш детального аналізу на прикладі іноземних країн.

Забезпечення обсягів міжнародних перевезень пасажирів при високій якості транспортного обслуговування вимагає від автотранспортників пошуку та використання нових більш ефективних форм та методів управління виробничими процесами [2].

Основні засоби розвитку системи міжнародного пасажирського транспорту:

1. Засоби системи дорожніх відносин між всіма суб'єктами ринку транспортних послуг, забезпечення балансу взаємних вимог і зобов'язань за принципом замовник – виконавець;

2. Засоби сучасних форм фінансування транспортного комплексу, зокрема, засоби, іпотеки, лізингу, франчайзингу;

3. Засоби податків і інших пільг для інвестування в модернізацію і реконструкцію автомобільного транспорту;

4. Засоби практики державних та недержавних джерел інвестування розвитку галузі;

Реалізація наведених напрямків дозволить забезпечити належний рівень транспортного обслуговування країни [3].

Основні задачі, які стоять перед автоперевізниками в ринкових умовах функціонування транспортних підприємств, полягає у подальшому нарощуванні обсягів міжнародних перевезень пасажирів; розширенні ризику збуту послуг; укріпленні виробничо-технічної бази, поліпшення якості перевезень, ремонту та технічного обслуговування РС; удосконалення форм та методів управління та ін.

Розв'язання цих та інших задач потребує оновлення парку РС, зміни його структури, поліпшення якості функціонування АТП, за рахунок широкого впровадження економіко-математичних методів, стратегій, моделей, алгоритмів та засобів інформатики та обчислювальної техніки на підставі реалізації принципів самоокупності та самофінансування [4].

Одним із основних моментів при створенні системи управління АТП є аналіз задач, які повинні вирішуватись у рамках створеної системи та формування вимог, які пред'являються до математичних моделей та критеріїв.

Комплексна система міжнародних пасажирських перевезень на міжнародних автобусних маршрутах розглядається як сукупність проектних рішень, економічних засобів, методів організації і управління перевезеннями, що може забезпечувати заданий рівень обслуговування з доставкою пасажирів від «дверей до дверей» у визначений час при мінімальних витратах [5].

Центральною ланкою системного підходу вирішення даної проблеми є поняття система. Під системою будемо розуміти сукупність елементів, взаємозв'язаних між собою, що виконують визначені функції для досягнення поставленої мети .

Більшість відкритих систем, незалежно від їх складності і фізичного походження, в тому числі системам міжнародних перевезень пасажирів, в процесі розвитку властива не лінійність поведінки на окремих ділянках.

Слабкою ланкою відкритих системи часто є людина, поведінку якої важко передбачити і важко формалізувати. Мало знати закономірності розвитку відповідних систем, прогнозувати події, створювати механізми попередження появи кризових явищ. Необхідно, щоб це було усвідомлене людьми і ними затребуване, а потім враховане у варіантах відповідних рішень.

Основна мета створення загального механізму – окреслити коло проблем, що входять у поняття «керування розвитком» [6].

Список літератури

1. Аксенов И.М. Основы маркетинга услуг в сфере пассажирских перевозок. – К.: КМУГА, 1999. – 185 с.
2. Аксенов И.М. Услуги на рынке пассажирских перевозок // Магістраль. - 1995. - №10. - С. 13-20.
3. Аррак А.О. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок. - Таллин: ЭЭСТИ раамат, 1982. - 198 с.
4. Левковець П.Р., Маруніч В.С. Міжнародні перевезення і транспортне право. Навчальний посібник. – 2-ге видання, виправлення та доповнення. – К.: Арістей, 2004. – 280с.
5. Інтернет ресурс <http://nadoest.com/vstup-rozdil-1>
6. Інтернет ресурс <http://diplomukr.com.ua/upload/20704.doc>

УДК:633.853.32

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАМОВНИКІВ РУХОМИМ СКЛАДОМ ВАНТАЖНОГО АТП

А. О. Шевченко, ст. гр. Т-41-14

**Ю. О. Бекетов, проф., декан ФТС, канд. еконн. наук, академік ТАУ
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків**

Якість займає ключову позицію економічної та соціальної стратегії розвинених країн, а її рівень є надійним індикатором загального стану економіки.

Основне завдання транспорту – своєчасне, якісне та цілковите задоволення потреб економіки та населення у перевезенні, підвищення економічної ефективності його роботи.

Рішення проблеми ефективного розподілу товарів і підвищення рівня якості обслуговування споживачів транспортних послуг у ринкових умовах тісно пов'язане з проблемою якості послуг. Тільки високий рівень якості обслуговування може забезпечити надійний ринок збуту для послуг підприємств транспорту.

За Міжнародним стандартом ISO 9001 під якістю розуміють «здатність сукупності характеристик, реалізованих і властивих продукту, системі або процесу, виконувати вимоги» [1].

Якість транспортних послуг – це сукупність характеристик транспортного обслуговування, що обумовлюють його здатність задовольняти потреби споживачів шляхом належного і ефективного виконання транспортних послуг, а також відповідати встановленим стандартам і нормативам, умовам договору або вимогам, що зазвичай пред'являються до транспортного обслуговування [2].

Практичний аспект актуальності полягає в тому, що якість – один з важливих показників конкурентоспроможності автотранспортних підприємств. А в реальному житті за відсутності відповідного контролю за якістю надання транспортних послуг в процесі

перевезень вантажів часто мають місце порушення процесу перевезень вантажів і виникають такі проблеми, як зриви поставок вантажів за часом, невиконання плану перевезень вантажів, випадки втрати, розкрадання, псування вантажу, недотримання строків доставки вантажу.

Окрім якості до показників конкурентоспроможності входить ціна, термін доставки, продуктивність, гарантії, сервісне обслуговування та ряд інших складових, проте за результатами опитувань якість займає 70 % «вагомості» всіх показників конкурентоспроможності.

Теоретичним аспектом актуальності є те, що в спеціальній науковій галузевій літературі цьому питанню оцінки і управління якістю перевезень вантажів не приділялася необхідна увага.

Першими вченими, які звернули свою увагу на цю проблему були Малишев А.І. [3], Минько Е. В., Кричевський М. Л. [4]. Подальше відображення даного питання знайшлося в роботі Горева А. Е. [5].

Для визначення резервів підвищення рівня якості транспортних послуг необхідно використовувати сучасні аналітичні методи. Одним з таких методів є функціонально-вартісний аналіз (ФВА), за допомогою якого визначаються одночасно як резерви підвищення ефективності роботи АТП, так і якість надання транспортних послуг по кожному із замовників транспорту. Розглянемо етапи та порядок практичного застосування цього сучасного методу дослідження резервів.

Алгоритм практичного використання ФВА складається з таких основних етапів [7].

Етап 1. Виділення основних груп замовників транспорту та їх ранжування.

Змістом робіт цього етапу є виділення в умовах АТП основних груп клієнтури за рівнем обсягу виконання транспортних робіт.

Вихідними даними, необхідними для виконання робіт на цьому етапі аналізу, має бути зібрана економічна інформація, що відображає діяльність АТП за окремими клієнтами, які обслуговуються.

Аналіз даних дозволяє виділити три основні групи замовників транспорту, що обслуговуються рухомих складом АТП (методом “ABC”). Відповідно до принципу виділення ведучої ланки, об’єктами подальшого вивчення мають виступати об’єкти, виділені в групах А і В як найбільш важливі. Їх вважають основною клієнтурою, що обслуговується.

В нашому випадку до груп А і В ввійшли 12 замовників, що складають 84,9 % від загального обсягу перевезень.

Етап 2. Аналіз виробничих витрат і ефективності роботи АТП при обслуговування кожного замовника.

Виявляють витрати і розраховують показники ефективності використання рухомого складу при транспортному обслуговуванні кожного з основних замовників. Мета такого аналізу – одержання достовірної інформації про рівень рентабельності послуг, що надаються АТП.

Етап 3. Аналіз функціональності виконання транспортних послуг (робіт).

Одне з найважливіших завдань АТП – своєчасне, повне і якісне транспортне обслуговування клієнтури. Тому метою цього етапу ФВА є визначення рівня функціональності (якості) виконання робіт і послуг по кожному із замовників транспорту, що сформували групи А і В.

Коефіцієнт функціональності розраховуються за формулою

$$K_{\phi_i} = 1 - \frac{Ш_{\text{сан}_i} + 3ДП_i + Н_{B_i}}{D_{\text{пер}_i}} \rightarrow 1$$

де $Ш_{\text{сан}_i}$ – сума штрафних санкцій, виставлених клієнтурою АТП за невчасність перевезення вантажу, тис. грн. ;

$Z_{ДТП i}$ – збитки вантажовідправників у зв'язку з ДТП, допущеним із вини водіїв АТП, тис. грн. ;

$N_{в i}$ – сума недостач, втрат і розкрадань вантажів у процесі їхнього транспортування, тис. Грн.

Етап 4. Вибір об'єктів інноваційної діяльності.

За допомогою кореляційної таблиці вся основна договірна клієнтура АТП поділяється на чотири області. Остання група підприємств (область IV) – замовники автотранспорту, які і є об'єктами інноваційної діяльності, де спостерігається низький рівень як ефективності транспортного процесу, так і якості надання транспортних послуг; по кожному з підприємств необхідно запропонувати заходи щодо підвищення ефективності використання рухомого складу і росту якості транспортного обслуговування.

Список літератури:

1. Системи управління якістю. Вимоги : ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT). – [Чинний від 2016-07-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2016. – 22 с. (Національний стандарт України).
2. Кучерук Г. Ю. Якість транспортних послуг: управління, розвиток та ефективність. Монографія / Г. Ю. Кучерук. – К. : ДЕДУТ, 2011. – 208 с.
3. Малышев А. И. Экономика автомобильного транспорта. Учебник для вузов / А. И. Малышев. – М. : Транспорт, 1983. – 336 с.
4. Минько Э. В. Качество и конкурентоспособность / Э. В. Минько. – П. : СПб, 2004. – 268 с.
5. Горев А. Э. Грузовые автомобильные перевозки. Учебное пособие для ВУЗов, 2-е издание / А. Э. Горев. – М. : Академия, 2004. – 288с.
6. Застончик Л. Г. Міжнародні перевезення вантажів автомобільним транспортом: навч. посіб. / Застончик Л. Г., Кулаєв Ю. Ф., Ковзень Н. О. – К., 2009. – 224 с.
7. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сучасні проблеми теорії і практики управління транспортними підприємствами» для студ. спец. 8.100400 / Уклад. : Ю. О. Бекетов, Н. В. Попова, Т. В. Столяр, О. М. Шептура. – Х. : ХНАДУ, 2007. – 72 с.

УДК 656

НАДІЙНІСТЬ ДІЯЛЬНОСТІ ВОДІЯ В СИСТЕМІ «ВОДИЙ – АВТОМОБІЛЬ – СЕРЕДОВИЩЕ РУХУ»

***Прасоленко О.В., канд. техн. наук, доцент
Рєпін Д.С., студент***

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова (м. Харків)*

Діяльність водія характеризується наступними факторами:

1. Великий обсяг інформації, її обробка та її безперервний синтез;
2. Хронічний дефіцит часу для прийняття рішення;
3. Великий рівень відповідальності за прийняті рішення.

Складність діяльності водія полягає в невизначеності інформації яка надходить до нього, яку потрібно постійно обробляти й приймати рішення в дуже короткий проміжок часу. Крім того на водія впливають різні несприятливі фактори: відпрацьовані гази, температурний режим, шум, вібрації і т.д. Усе це приводить до втоми – сукупності психофізіологічних змін стану людини, які ведуть до тимчасового зниження ефективності і надійності діяльності.

В процесі керування автомобілем водій враховує різні фактори дорожньої обстановки: дорожні знаки, розмітка, світлофори, параметри перехрестя, наявність пішоходів і інших учасників дорожнього руху. Все це змушує водія вибирати раціональні режими руху. Режими руху показують поведінку водія на дорозі. Режими руху водія проявляються в його діях – розгін, гальмування. На режими руху впливають такі фактори як марка й потужність

автомобіля, тип темпераменту водія (наприклад холерики їдуть завжди швидше інших учасників дорожнього руху) і критерії вибору швидкості руху. Вибір швидкості обумовлюється різними мотивами, якими керується водій при зміні режиму руху (мотив вигоди, мотив безпеки, мотив свободи дії). Мотиви залежать від потреб. Одні водії вибирають більш високі швидкості пересування з метою економії часу, інші водії керуються економією палива, тим самим вибираючи мінімальні прискорення, затримки й швидкість руху. Третій тип водіїв обирає такі режими руху, які мінімально стомлюють і забезпечують максимальний рівень безпеки пересування. Третьюму типу водіїв також характерні такі особливості як гальмування заздалегідь у перешкод, знаків світлофорів і вибір максимальної дистанції. Отже мотиви дій водія можна розглядати як форму надійності.

Найбільш простий метод вимірювання сили мотиву за величиною деформації еталонного зв'язку. В якості еталонного можна прийняти зв'язок між фактичною і заданою швидкістю руху [1]. У нормі фактична швидкість руху (V_{ϕ}) дорівнює заданій (V_3):

$$V_{\phi} - V_3 = 0. \quad (1)$$

При дії сили мотиву безпеки руху, фактична швидкість може виявитися менше заданої. Тоді, негативне відхилення фактичної швидкості від заданої дає кількісну оцінку сили мотиву безпеки руху, км/год:

$$F_1 = \Delta V_- = V_{\phi} - V_3. \quad (2)$$

Мотив свободи дії спонукає водія перевищувати задану швидкість. Тоді:

$$F_2 = \Delta V_+ = V_{\phi} - V_3. \quad (3)$$

Дослідження мотиваційної діяльності водія було виконано на вулиці з двома смугами руху в одному напрямі. Під час експериментальних заїздів водію давали завдання утримувати швидкість руху по спідометру 50 км/год. Результати замірів представлено на рис. 1–2.

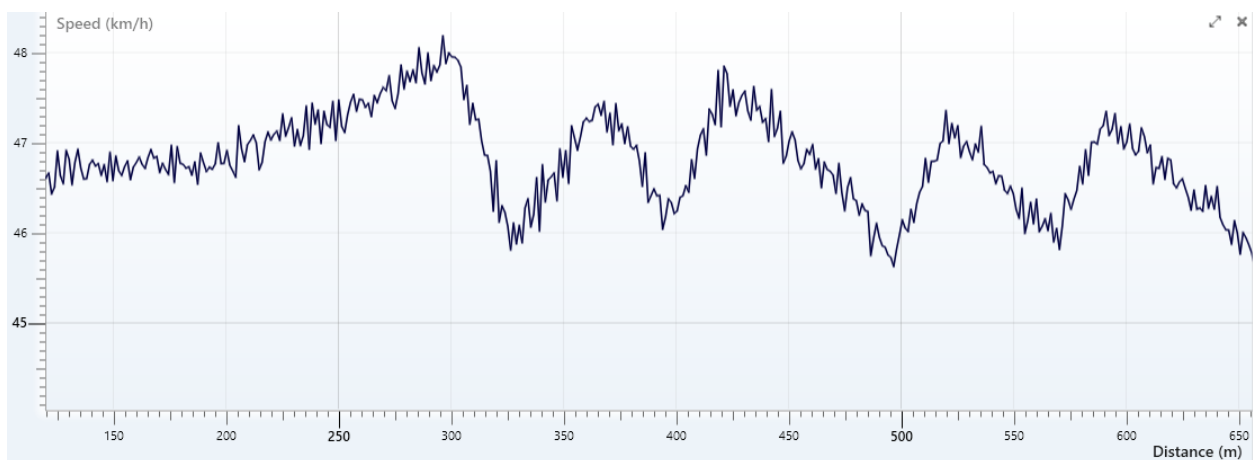


Рис. 1 Фрагмент експериментального заміру швидкості руху за приладом «Vbox» [2]

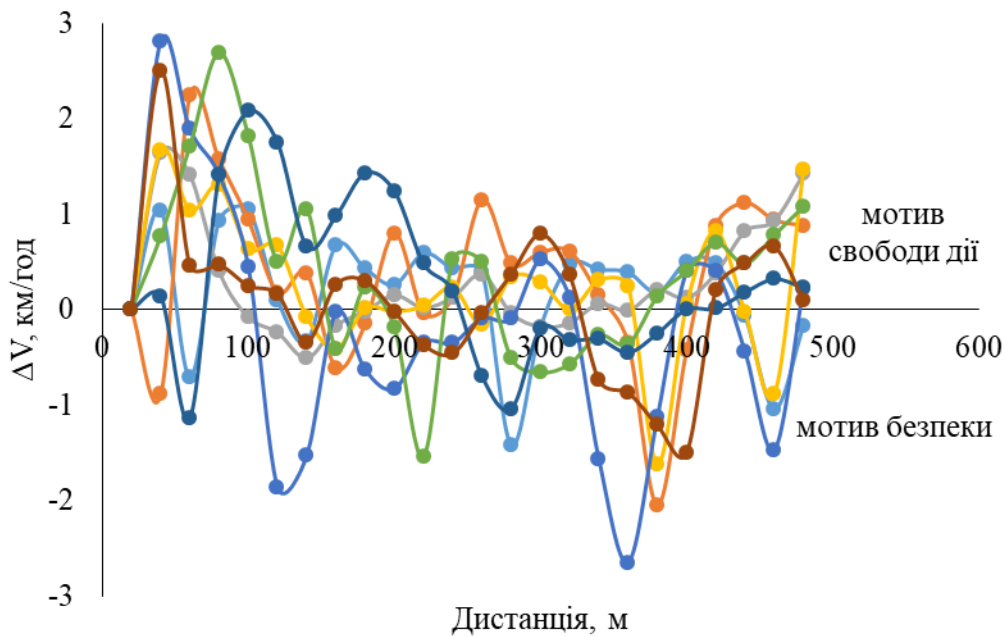


Рис. 2. Зміна мотивів дій водія відносно дистанції при спробі утримання швидкості

Отже діяльність водія залежить від потреб, які він реалізує в процесі керування автомобілем. Потреби формують мотиви дій, які водій відображає в зміні режимів руху на дорозі. Надійність діяльності водія залежить від сили мотивів, які свдомо та підсвідомо формуються в процесі керування автомобілем.

Список використаних джерел

1. Гаврилов Э. В. Теоретические основы проектирования и организации условий дорожного движения с учетом закономерностей поведения водителей [Текст]: дис. ... докт. техн. наук / Э. В. Гаврилов. – К. : КАДИ, 1992. – 300 с.
2. VBOXMOTORSPORT [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.vboxmotorsport.co.uk>

УДК 631.31: 539.62

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

В.І. Дворук

д.т.н., проф. Національний авіаційний університет м. Київ

К.В. Борак

к.т.н. Житомирський агротехнічний коледж

У розвинутих країнах витрати, зумовлені тільки наслідками абразивного зношування, становлять від 1 до 4 % національного продукту [1]. Дослідження механізму абразивного зношування присвячена велика кількість робіт. У лабораторних і експлуатаційних умовах досліджено природу абразивного зношування та вплив багатьох факторів на механізм абразивного зношування, але багато у цьому процесі залишається невиясненим. У агропромисловому комплексі найбільше абразивному зношуванню піддаються робочі органи ґрунтообробних та посівних машин, які взаємодіють із ґрунтовим середовищем.

Ґрунтообробні та посівні машини займають одне із провідних місць у структурі машинно-тракторного парку сучасних аграрних підприємств. Втрата працездатного стану під

час проведення польових робіт може суттєво вплинути на урожайність сільськогосподарських культур. Відповідно пошук шляхів підвищення надійності та довговічності ґрунтообробних машин має велике значення для агропромислового комплексу України.

Дана проблема повинна вирішуватися зусиллями конструкторів, технологів, дослідників та працівників аграрних підприємств.

У ґрунтообробних та посівних машинах у більшості випадків лімітуючим довговічність машин елементом є робочий орган (якщо вважати його складовою машини, а не інструментом, як у разі розрахунку рівності машин). Тому суттєво підвищити показники надійності і довговічності ґрунтообробних та посівних машин можливо за рахунок підвищення зносостійкості робочих органів.

У наш час у більшості випадків підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин зводиться до покращення триботехнічних характеристик поверхні (за рахунок вибору матеріалу, способу зміцнення, термообробки) та геометричної форми робочих органів.

На нашу думку, дослідники не приділяють необхідної уваги експлуатаційним способам підвищення зносостійкості робочих органів, а саме: організація зберігання (80...90% часу ґрунтообробні машини знаходяться на зберіганні, де піддаються корозії, що суттєво інтенсифікує процес зношування поверхні), оптимізації режимів роботи машин (експлуатація за певної вологості ґрунту з певною швидкістю, у період, коли ґрунт володіє найнижчою абразивною здатністю, що забезпечить мінімальну швидкість зношування), своєчасна очистка від поживних решток (у соку рослин наявні амінокислоти, що здатні викликати процеси на поверхні робочих органів, які інтенсифікують процес зношування), постійний нагляд за робочими органами.

Саме тому необхідно провести дослідження впливу експлуатаційних факторів на підвищення зносостійкості робочих органів та розробити рекомендації, що дозволять підвищити зносостійкість у разі правильних умов експлуатації та правильного вибору технологічних та конструкторських методів підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних та посівних машин для кожної ґрунтово-кліматичної зони України. Проведення даних досліджень можливо за умови розробки сучасних методик визначення триботехнічних характеристик ґрунтового середовища.

Відомо [2], що властивості елементів трибосистеми впливають на її структуру. У випадку, що розглядаються елементи трибосистеми суттєво відрізняються за своїми фізико-хімічними властивостями.

Особливостями трибосистеми «робочий орган-ґрунт» можна вважати:

1) інтенсивному зношуванню підлягає лише один з її елементів, а саме робочий орган;
2) джерелом проміжного середовища є другий елемент трибосистеми – ґрунт за певної вологості;

3) ґрунт, як елемент трибосистеми, неоднорідний за своїм складом і містить у собі ряд компонентів (фізичний пісок, фізична глина, рослинна маса, живі організми, повітря, вода, солі, кислоти). Кожний із цих компонентів чинить вплив на інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин.

4) в окремих випадках дану трибосистему доцільно розділити на дві підсистеми, оскільки механізми зношування ділянок поверхні робочого органу відрізняються (залежно від ступеня закріплення абразиву у ґрунті) [2].

У процесі взаємодії елементи трибосистеми взаємно впливають один на одного. Така взаємодія відбувається лише в динамічному стані трибосистеми «робочий орган – ґрунт», тоді як у статичному стані вона відсутня.

До виходу трибосистеми відносяться такі супутні процеси (z), як наклеп поверхні тертя, старіння, термомеханічні, електричні процеси та ін. [2].

Як видно, найбільшому впливу у трибосистемі піддається елемент 1 (робочий орган ґрунтообробних машин) із боку елементу 2 (ґрунту). Саме тому більшість дослідників, які

досліджували трибоситему «робочий орган – ґрунт» приділяли значно більше уваги характеристиці робочого органу та в меншій мірі вивчали другий елемент трибосистеми.

Значний вклад у дослідженні триботехнічних характеристик ґрунтового середовища здійснили М.М. Северньов [3], В.М. Ткачов [4], М.М. Тененбаум [5] та інші.

На даний час під час математичного моделювання процесу зношування робочих органів посівних та ґрунтообробних машин не враховано один із найсуттєвіших показників абразивної маси – ступінь закріплення абразивних частинок. Для оцінки ступеня закріплення абразивної частинки у ґрунті нами запропоновано використовувати інтегральний показник τ – опір ґрунту здвигу.

Опір ґрунту здвигу складається з зчеплення, обумовленого молекулярними і капілярними силами і сил внутрішнього тертя [6]. Для реальних ґрунтів опір ґрунту зсуву можна визначити за залежністю:

$$\tau = c + \sigma \times f \quad (1)$$

де f – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту; σ – нормальні напруження Па; c – питоме зчеплення Па.

форми абразивних частинок та впливу на форму регулярної взаємодії з поверхнею робочих органів сільськогосподарських машин були взяті проби на наступних глибинах: поверхня ґрунту, 200 мм, 400 мм, 600 мм та 800мм.

Абразивні частинки були виділені з попередніх дослідних зразків за методикою представленою в роботі [6]. Коефіцієнт форми абразивних частинок визначали за формулою запропонованою Д.Б. Бернштейном [7].

Для вимірювання геометричних параметрів абразивної частинки її фотографували за допомогою мікроскопу Leica M80 і визначали геометричні параметри за допомогою програми КОМПАС-3D V16.

Коефіцієнт форми абразивних частинок ґрунту визначали для різних фракцій: 1 фракція – до 0,10 мм; 2 фракція – 0,10...0,25 мм; 3 фракція – 0,25...0,50 мм; 4 фракція – 0,50...0,75 мм; 5 фракція – 0,75...1,00 мм; 6 – фракція більше 1,00 мм.

Обробіток ґрунту в більшості випадків відбувається з наявністю рослинних решток (рис. 8.). Саме тому необхідно провести дослідження впливу рослинних решток на інтенсивність зношування поверхні робочих органів ґрунтообробних машин.

Для дослідження використовували сталь 65Г та сталь 28MnB5. В якості імітації ґрунту використовували кварцовий пісок з рослинними рештками. Для дослідження використовувались наступні рослинні рештки: солома пшениці, жита, ячменю, ріпаку, сої, подрібнене бадилля соняшника і кукурудзи та пророщена пшениця та жито з кореневою системою.

Для випробовування зразків сталі на зносостійкість, урахуваючи необхідність відтворення реальних умов зношування РО ГМ, нами запропоновано удосконалити установку для дослідження матеріалів та покриттів на зносостійкість (патент № 57585 [8]).

У результаті удосконалення даного способу, окрім абразивності дисперсних матеріалів також можливо визначати і коефіцієнт тертя ковзання дисперсного матеріалу по сталі. Коефіцієнт тертя визначали по вольт-амперним характеристикам електричного двигуна вертикально-розточного верстату 2E78П.

Висновки та перспективи. Розроблена методика визначення триботехнічних характеристик ґрунтового середовища дозволить у подальшому врахувати визначенні (за даною методикою) триботехнічні характеристики у разі прогнозування зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин та надати рекомендації з підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин у процесі експлуатації. Урахування визначених триботехнічних характеристик ґрунтового середовища дозволить здійснити вибір технологічних та конструкторських методів підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних для кожної ґрунтово-кліматичної зони України.

Список літератури

1. Tylczak, J.H. Abrasive wear / J.H. Tylczak // ASM Handbook. Materials Park, OH, ASM International. – 1992 (18) – Р. 184-190.
2. Дворук, В.І. Фізико-математичне моделювання трибосистеми «робочий орган-грунт» / В.І. Дворук, К.В. Борах // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2015. – № 3 – С. 78-82.
3. Износ и коррозия сельскохозозяйственных машин / М.М. Севернев, Н.Н. Подлекарев, В.Ш. Сохадзе, В.О. Китиков и др.; за ред. М.М. Севернева. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 333 с.
4. Ткачев, В.Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания / В.Н. Ткачев – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.
5. Тененбаум, М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию / М.М. Тененбаун. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
6. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
7. Берштейн, Д.Б. Макрогеометрия и изнашивающая способность почвенных абразивных частиц / Д.Б. Берштейн, Н.И. Кисетова, Е.М. Соркина, И.Б. Шеко // Трение и знос. – 1992. – Том 13 – №2 – С.333-339.
8. Патент 57585UA, МПК А01В23/00 (2011.03) Установа для дослідження зносостійкості матеріалів та покриттів / Герук С.М., Савченко М.А., Борах К.В. – заявл. 25.06.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. №5, 2011р.

УДК 621.436

ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДНОЇ ІНЖЕКЦІЇ

**Ю.А.Самойлов, ст. гр. АТ-16МН,
В.О. Дубовик, доц. кафедри експлуатації та ремонту машин
Центральноукраїнський національний технічний університет**

Актуальність теми полягає у підвищенні продуктивності і паливної економічності, що визначає ефективність процесів в виробництві. Враховуючи постійне зростання цін на енергоносії і досягнутий на сьогоднішній день рівень механізації виробничих процесів, стає очевидним пріоритетний вплив енергетичних ресурсів не тільки на собівартість виробленої продукції і трудомісткість виробництва, але і в цілому на кінцеві показники розвитку автомобільного господарства.

Метою і завданням є підвищення паливної економічності і екологічної безпеки при експлуатації автомобілів з дизельними двигунами.

В якості найбільш перспективного шляху підвищення паливної економічності і екологічної безпеки роботи дизельних двигунів розглянуто використання води як добавки до основного палива шляхом її інжекції у впускний колектор.

Наукова новизна полягає в наступних положеннях:

- визначені основні параметри розпилювача водної форсунки, раціональна компонентна суміш водопаливної суміші для дизельного двигуна при застосуванні водної інжекції;
- визначені техніко-економічні, енергетичні та екологічні показники використання вантажних автомобілів при застосуванні водної інжекції у впускному колекторі дизельного двигуна.

Теоретичні дослідження підвищення паливної економічності за допомогою водної інжекції.

Дослідження теорій горіння вуглеводневих палив з присутністю води (Б. Льюїс, Г. Ельбі, А. В. Горячкин, В. Р. Ведрученко, К. В. Треліна і інші) показують, що вода надає суттєвий каталітичний вплив як на процес горіння палива, так і на зниження шкідливих викидів з відпрацьованими газами. В результаті аналізу і обробки відомих даних про фізичні

властивості води було встановлено, що в діапазоні температур від 0 до 100 °С (діапазон температур всередині циліндра дизельного двигуна - від 20 до 3500 °С) зміни питомої теплоємності води не перевищують 1% (0,95%).

Результати показали що внаслідок застосування водної інжекції відбулося підвищення ефективної потужності на номінальному режимі - на 19,59%, на режимі максимального крутного моменту - на 20,50%, та при застосуванні водної інжекції з часткою води, що дорівнює 30%, відносна економія дизельного палива досягає 36 г/кВт·год ефективної потужності.

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- Результати показали збільшення ефективної потужності в середньому на 19,38% на номінальному режимі дизельного двигуна при введенні в паливоповітряну суміш 30% води в залежності від циклу подачі дизельного палива.

- Застосування водної інжекції є ефективним способом, що дозволяє підвищити паливну економічність і екологічну безпеку двигунів. При цьому раціональний об'єм води, що подається через інжектор становить 27...32% в залежності від об'єму циклу подачі дизельного палива.

Список літератури:

1. Алексеев, В.П. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Текст] / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др.; Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.:ил.
2. Ведрученко, В.Р. Каталитическое воздействие водной фазы водотопливных эмульсий и мобильные схемы их приготовления [Текст] / В.Р. Ведрученко, М.В. Кокшаров, В.В. Крайнов // Промышленная энергетика. – 1998. – С. 47...49.
3. Впрыск воды в цилиндры двигателя внутреннего сгорания: «Домашние технологии». Патлах В.В. 1993-2007 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.patlah.ru>
4. Гаркушина, С.В. Оценка эффективности использования альтернативных видов моторного топлива на транспорте в регионе [Текст] / С.В. Гаркушина // Вестник ВолГУ. Серия 3. – Волгоград, 2008. – №1(12). – С. 138...141.
5. Горячкин, А.В. Влияние содержания влаги в зоне горения на эмиссию оксидов азота и серы [Текст] / А.В. Горячкин (Национальный университет кораблестроения им. Адмирала Макарова, Херсонский филиал, г. Херсон) // Наукові праці. Випуск 18. Техногенна безпека. – С. 27...37. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/politics/2004/31-18-3.pdf>
6. Гуревич, М.Б. Система впрыска воды в двигатель на новом американском истребителе Р-47, «Сандерболт» [Текст] / М.Б. Гуревич. – М.: Экспресс-информация БНТ НКАП, 1944. – №2 и №7.
7. Дубовкин, Н.Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания [Текст] / Н.Ф. Дубовкин. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 288 с.:ил.
8. История развития впрыска воды за рубежом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sds-max.com.ua/content/19-istoriya-razvitiya-vpryska-vody-zarubezhom>
9. Канило, П.М. Анализ эффективности использования нефтяных и альтернативных топлив в автомобильном транспорте [Текст] / П.М. Канило, К.В. Костенко, Э.А. Почан, В.А. Беседина // Автомобильный транспорт. – М., 2010. – вып. 27. – С. 127...133.
10. Карнаухов, В.Н. Топливная экономичность двигателей внутреннего сгорания [Текст] / В.Н. Карнаухов, И.В. Карнаухова // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 6 (89). – С. 142...147

УДК 629.083.620.172

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИМ ЕЛЕКТРОДУГОВИМ НАПИЛЮВАННЯМ

Є.К.Солових, проф., д-р.техн.наук
С.Є.Катеринич, доц., канд..техн.наук
А.Є.Солових, доц., канд., техн..наук
Р.А.Гонець, магістр

Центральноукраїнський національний технічний університет

Серед найбільш навантажених та швидкозношуваних деталей двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), перебуває і розподільчих вал, який завдяки високій вартості при закупівлі запасних частин в умовах ремонту двигунів об'єктивно потребує розробки доцільних та економічно виправданих способів відновлення їх зношуваних поверхонь. Конкурентним способом відновлення спрацьованих контактних поверхонь валів є технологія газотермічного напилювання покриттів (ГТНП), а саме газополуменеве (ГПН) і електродугове (ЕДН) напилювання, які задовольняють запитам ремонтних підприємств і є одними із низьковартістних процесів [1, 2].

Зауважимо, що при явних перевагах, таких як, універсальність до нанесення матеріалів, та певної стабільності в одержанні різноманітних функціональних і службових властивостей, достатньо великої товщини, простоті і доступності і т.і., цим покриттям притаманні деякі важливі недоліки, а саме – недостатня міцність зчеплення покриття з основою і наявність певної пористості.

Перспективним напрямом підвищення застосовуваності і властивостей такого роду покриттів є використання, саме, електродугового способу напилювання, і його модифікації – високошвидкісного ЕДН, що забезпечує отримання товщини покриттів до 7 мм., простоту технології, незначне тепловкладення (температура деталі порядку 100 – 150⁰С), простоту і певну доступність обладнання, відносно низьку собівартість, нечутливість до габаритів деталей і т.і. Головною ж відмінністю високошвидкісного ЕДН є наявність малогабаритної високоефективної камери згоряння пропано-повітряної суміші, надзвуковий струмінь якої, має швидкість 1500 м/с при температурі 2200 К., що забезпечує зниження окислювання напилюваного металу і вигорання легуючих елементів, суттєве зменшення пористості та підвищення щільності покриттів і т.і. [3, 4]

При незаперечних перевагах згаданої технології перспективним напрямом підвищення функціональних властивостей одержання покриттів є застосування високолегованих композиційних дротяних матеріалів для напилювання, які здатні набувати якнайкращих заданих властивостей ЕДН покриття [3, 4].

Для досліджень в умовах ЕДН, у зв'язку з вищенаведеним був прийнятий спеціальний дріт ФМУ-2 [3, 4]. Порошковий дріт для електродугової металізації використаний з метою підвищення вмісту хрому, який не вигоряє при металізації і в покритті утворює зносостійкі та корозійностійкі карбіди, а також сприяє підвищенню адгезійної міцності покриттів з основою.

Проведені дослідження дозволили визначити раціональні режими високошвидкісного електродугового напилювання композиційних покриттів при забезпеченні суттєвого зниження пористості, підвищенні твердості та інших властивостей, що призводить при відновленні до підвищення довговічності зношуваних поверхонь розподільчих валів ДВЗ в умовах експлуатації.

Список літератури

- 1.Ильющенко А.Ф. Формирование газотермических покрытий /А.Ф.Ильющенко, В.А. Оковитый, С.П. Кундас, Б. Форманек //Мн: Наука і техніка, 2002. – 432 с.
- 2.Харламов Ю.А. Газотермическое напыление покрытий и экологичность производства, эксплуатации и ремонта машин /Ю.А. Харламов //Тяжелое машиностроение. – 2000. - № 2. – С. 3-10.
- 3.Гордеев А.Ф. Материалы для газотермического напыления покрытий /А.Ф. Гордеев //Технология металлургии, 2005. - № 4. – С. 47-55.
- 4.Брусило Ю.В. Восстановление распределительных валов автомобильных двигателей электродуговым напылением /Ю.В. Брусило, Е.К. Солових, С.Е. Катеринич, Р.А. Гонец //Современные вопросы производства и ремонта в промышленности и на транспорте: Матер. 18-й Междунар. наук-техн. семинара, 10-17 февраля, 2018. – г.Брно, Чешская республика: АТМ України. – 2018 - С.20-25.

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ШЕСТЕРЕНЬ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ
КОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ
ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Є.В Магонець, аспірант,

Б.А. Марчук, магістрант гр. ЗВ – 16МН

Ю.В. Кулешков, проф., д-р техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Дослідженнями технічного стану шестерень насосів НШ встановлено, що провідним видом зносу є знос абразивними частинками, які в процесі роботи насоса закріплюються в більш м'яких поверхнях сполучених з шестернями деталей. Традиційно використовувані матеріали для зміцнення поверхонь деталей не повною мірою задовольняють пропонованим до них вимогам, зокрема, по зносостійкості. Для роботи в умовах інтенсивного абразивного зносу, покриття повинні мати високу твердість, порівнянну з твердістю абразиву. Створення таких покриттів є, в ряді випадків, найбільш перспективним, а іноді і єдино можливим засобом, що дозволяє збільшити довговічність машин.

Дослідженнями М.М. Хруцова і М.А. Бабічева встановлено, що для успішного протистояння абразивному зношуванню необхідно досягти твердості зношуваних поверхонь, яку можна порівняти з твердістю абразиву.

Традиційні методи хіміко-термічної обробки себе вичерпали і вже не відповідають збільшеним вимогам до зносостійкості поверхонь деталей сучасних машин. Так зміцнення шестерень, що виготовляються зі сталі 18ХГТ, цементацією дозволяє досягти практично граничної твердості робочих поверхонь шестерень - HRC 58...62. Однак, навіть настільки тверда поверхня шестерень, не є суттєвою перешкодою для інтенсивного абразивного і гідроабразивного зношування їх робочих поверхонь. Виходом із ситуації є використання нових сучасних технологій відновлення і зміцнення деталей машин. Для роботи в умовах інтенсивного абразивного зносу, покриття повинні мати високу твердість, порівнянну з твердістю абразиву. Створення таких покриттів є, в ряді випадків, найбільш перспективним, а іноді і єдино можливим засобом дозволяють збільшити довговічність машин.

Одним з таких напрямків є створення композиційних покриттів, що володіють високим рівнем зносостійкості, міцності, твердості, корозійної стійкості на основі нових технологій, що базуються на методах порошкової металургії, зокрема контактного наварювання зносостійких композиційних порошкових матеріалів (КН ЗКПМ). Технологія передбачає КН в'язкої матриці, яка зміцнена високозносоустійкими компонентами. Металокерамічні матеріали типу карбідів, боридів, нітридів або оксидів, володіючи унікальними властивостями щодо зносостійкості, мають ряд незадовільних якостей, таких як висока крихкість, високий питомий електроопір, незадовільна зварюваність з основою і таке ін.

Застосування таких матеріалів і зміцнення деталей, що працюють при абразивному зношуванні методами КН, дозволяє підвищити зносостійкість в 1,5...8 разів при значному річному економічному ефекті [1].

При КН ЗКПМ в твердій фазі не погіршуються первинні властивості матеріалу деталі і компонентів ЗКПМ, отримані порошкові покриття володіють високими фізико-механічними властивостями, при цьому досягається досить висока міцність зчеплення шару з основним

металом - 150...300 МПа з пористістю не більше 10% [2, 3].

Кіровоградським НТУ була розроблена технологія комплексного відновлення шестерень насосів [4, 5]. Пропонований спосіб відновлення включає в себе: КН ЗКПМ на верхівки зубів; наварку профільної зубчастої пластини до торців шестерні; електролітичне нанесення композиційного металополімерного покриття на основі заліза на цапфи шестерень [4, 5] або контактну наварку на цапфи металевої стрічки.

Служать шестерні, відновлені контактної наварюванням компенсуючого знос матеріалу в 2...3 рази довше, ніж нові. Термін служби відновленого сполучення шестерні - корпус збільшується в 1,5 ... 2 рази.

Висока зносостійкість покриттів, отриманих КН ЗКПМ забезпечується вмістом в їх складі особливо твердих і зносостійких компонентів, таких як, карбіди хрому, карбіди титану, які різко знижують зварюваність і наварюваність цих матеріалів, використання в якості зміцнюючої фази оксидів і керамічних матеріалів, що не зварюються взагалі, різко підвищують електричний опір КН ЗКПМ. Крім того, нанесення покриттів на цементовані поверхні шестерень, що містять досить великий вміст карбідів подібного складу ще більш загострюють проблему.

Незважаючи на величезну кількість публікацій з питання КН ЗКПМ при відновленні і зміцненні деталей машин малодослідженими залишаються питання КН ЗКПМ на леговані поверхні деталей, що відрізняються незадовільною зварюваністю, зокрема на цементовані поверхні деталей.

Одним із шляхів вдосконалення мікроструктури навареного покриття і та зняття напружень в зоні термічного впливу є термоциклічна обробка (ТЦО), яка все частіше використовується, як в машинобудуванні, так і в ремонтному виробництві.

Термоциклічна обробка дозволяє значно підвищити ударну в'язкість, як самого покриття, так і перехідної зони, істотно зменшити негативний термічне вплив, що виникає при КН ЗКПМ, зменшити зернистість, як матриці навареного покриття, так і перехідної зони. Окрім того технологія ТЦО дуже добре вписується в запропоновану технологічну структуру КН ЗКПМ.

Найявне обладнання для контактних методів зварювання, як не можна краще підходить для запропонованого методу КН ЗКПМ з одночасною ТЦО. Дуже висока швидкість нагріву (біліше 50000 К/с), що забезпечується при КН є потужним активатором процесів наварювання, що дозволяє отримати значні переваги в порівнянні з традиційними методами нагрівання та охолодження деталі, як в якісному, так і в економічному аспектах. Високошвидкісний нагрів сприяє зниженню кількості циклів для досягнення необхідних результатів. А тому дослідженням процесу відновлення у зміцнення деталей КН ЗКПМ з одночасною ТЦО безумовно слід приділити належну увагу.

Однією з проблем, яка була виявлена в процесі пошукових експериментальних досліджень, є формування покриття на кінцях (на торцях) зубів шестерень. У зазначеній зоні покриття на вершини зубів шестерень не задовольняє тим критеріям якості, які пред'являються до такого роду покриттів. Це пояснюється незадовільними умовами пресування ЗКПМ в процесі КН.

Відома спроба вирішити цю проблему шляхом попередньої приварки профільних зубчастих пластин на торці шестерень з метою відновлення їх по ширині, причому діаметр вершин зубчастої пластини виконаний під збільшений ремонтний розмір. Після цього виробляли КН ЗКПМ в надії на те, що виступаючі кінці зубчастих пластин допоможуть сформувати покриття на кінцях шестерень [4, 5]. Проте надії не виправдалися через розплавлення виступів приварених пластин в процесі КН ЗКПМ.

Висновки. Одним з перспективних методом відновлення і зміцнення шестерень є спосіб КН ЗКПМ, що дозволяє: забезпечити необхідну наперед задану твердість відновлюваної і зміцнюючої поверхні; формувати технологічними засобами необхідні механічні властивості покриття, що наноситься, зокрема по міцності зчеплення, ударної в'язкості і зносостійкості. Метод дає можливість відновити шестерні під збільшений

ремонтний розмір по діаметру, що дозволяє відремонтувати насос при відновленні його об'ємної подачі і коефіцієнта подачі при мінімальних витратах на відновлення корпусу і насоса в цілому.

Одним з актуальних наукових і практичних завдань є дослідження процесів КН ЗКПМ на леговані поверхні деталей, які володіють незадовільною зварюваністю, зокрема на цементовані поверхні деталей. Одним із шляхів вирішення цього завдання є КН ЗКПМ з одночасним вдосконаленням мікроструктури навареного покриття і зони термічного впливу шляхом термоциклічної обробки покриття.

До виявлених недоліків відновлення шестерень КН ЗКПМ слід віднести відсутність способу управління формуванням наварюваного ЗКПМ на торці шестерень, що вимагає додаткових теоретичних досліджень процесу пресування ЗКПМ перед наварюванням. З вищенаведеного витікають наступні етапи подальшого дослідження КН ЗКПМ на леговані поверхні деталей.

Список джерел науково-технічної інформації

1. Амелин Д.В., Рыморов Е.В. Новые способы восстановления и упрочнения деталей машин электроконтактной наваркой. - М.: "Агропромиздат", 1987. -151 с.

2. Рыморов Е.В. Использование контактных электросварочных машин для сиекания и наварки порошковых материалов. - В кн. Технология и оборудование сварочных и наплавочных работ. Тула, 1976, с. 177 -186.

3. Тарасов Ю.С., Смирягин Г.Ф. Электроконтактное напекание как способ восстановления деталей . В кн. Повышение надежности деталей машин, восстановленных механизированными способами наплавки. Уфа, 1973. с. 132

4. Черновол М.И., Колесник П.К., Наливайко З.Н. Повышение долговечности шестерен гидроприводов сельхозмашин. В кн. Проблемы конструирования и технологии производства сельскохозяйственных машин, Кировоград, 1981, с. 59.

5. А.с. № 1407649 (СССР) Способ восстановления зубчатых колес /Черновол М.И., Петренко В.А., Кулешков Ю.В. и др. Опубликовано в БИ 1988, № 25.

УДК.621.793.74

МІКРОПЛАЗМОВЕ ГАРТУВАННЯ ОБСІЧНИХ КРАЙОК ПРЕС-ФОРМ

Студ. Є.А Захаров., В.В. Порицький, к.т.н., доц. Ю.С.Попіль

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

При виготовленні різного формоутворюючого технологічного оснащення одним з прогресивних процесів є отримання точних заготовок методами пластичної деформації видавлюванням, або іншими методами, які повинні забезпечувати високу якість і значну економію матеріалу та продуктивність.

Для виготовлення об'ємних виробів з поліетилену, поліпропілену, поліхлорвінілу та інших полімерних матеріалів методом екструзії роздуву використовують видувні прес-форми.

Прес-форми, як і штампи є продукцією складною і кошторисним інструментом в який вкладається багато операцій. Внаслідок чого вартість їх надзвичайно висока, враховуючи це основною вимогою є час служби, а основним напрямком на цьому шляху є підвищення стійкості робочих частин штампів. Найбільш поширеним способом підвищення стійкості прес-форм є підвищення функціональних властивостей ріжучих та обсічних крайок.

В технічній літературі представлені роботи по підвищенню зносостійкості при напиленні на вуглецеві сталі покриттів з самофлюсуючих сплавів Ni-Cr-B газополуменим способом, з послідувачим оплавленням мікроплазмовим нагрівом, при цьому зносостійкість збільшується в 3...5 разів, по відношенні з цими гартованими сталями [1].

При виготовленні прес-форм, окремо виготовляються елементи конструкції, як матриці так і пуансону, на яких знаходяться вирубні елементи - обсічні крайки. Для прес-форм в роботі з рідкою пластмасою в режимі робочих температур в діапазоні 100-240 °С доцільно використовувати сталь 40X13. Сталь 40X13 – високолегована, корозійностійка, жароміцна сталь мартенситного класу добре гартується на повітрі

Сталі цього класу мають високу твердість і підвищену міцність. В формі поковки мають твердість 20-30 HRC, в виробі сталь використовується після гартування 1000-1050 °С в маслі з високим відпуском 200-300°С (покращення) і твердістю 36-40 HRC .

Аналіз існуючих методів гартування показав, що кожний з методів має як ряд переваг, так і недоліків. Так для великогабаритних та масивних виробів, де закладене гартування всього виробу, доцільно використовувати різні способи нагрівання , як в електричних печах, СВЧ з послідувачою дією рідини. Але при цьому це досить не економічні способи. Одним з базових напрямів інженерії поверхні є модифікація поверхні шляхом дії концентрованими потоками (безперервними або імпульсними) енергії, до яких належать потоки іонів і електронів, плазмові струмені і імпульси, лазерне випромінювання і інші.

Плазмове гартування перспективне для локального поверхневого зміцнення деталей [2]. При цьому можливо використовувати плазмовий струмінь, дугу, з поверхневим гартуванням, як з оплавленням так і без, при оплавленні спостерігається підвищення твердості металу [3]. Враховуючи, що операція гартування при виготовленні прес-форм є останньою фінішною, то оплавлення поверхні крайок недоцільно.

При мікроплазмовому гартуванні енергетичні характеристики цього методу по щільності енергії в імпульсі наближаються до лазерної обробки. В той же час мікроплазмове гартування поверхні вигідно відрізняється від лазерної технології по простоті устаткування, його габаритам і мірі корисного використання потужності .

Використання того або іншого методу поверхневої обробки деталей машин і інструменту залежить від технологічних вимог, умов роботи, а також економічних чинників.

Мета роботи: дослідити вплив технологічних параметрів мікроплазмового гартування на механічні властивості металу обсічних крайок прес-форм для виготовлення деталей з полімерних матеріалів.

Процес мікроплазмового гартування здійснювався на установці МПУ-4, яка розроблена в ІСЗ ім.Є.О.Патона і призначена для зварювання тонколистового металу товщиною до 2 мм, з використанням стандартного мікроплазмового пальника ОБ-1160А максимальною потужністю до 2 кВт [4]. Змінними елементами пальника були плазмоутворююче сопло від Ø 1,2 мм до Ø 1,8 мм , та діаметр електроду від Ø 0,6 – 1,2 мм, в якості плазмоутворюючого та захисного газу використовувався аргон. Параметрами процесу були швидкість переміщення плазмового пальника відносно виробу, потужність дуги, витрати плазмоутворюючого та захисного газу [5]. До технологічних параметрів, кут нахилу плазмотрону відносно площини обсічних кромek штампу, кут загострення електроду[6] .

Для вибору оптимальних режимів плазмового гартування крайок прес-форм необхідна розробка розрахункових методів оцінки параметрів термічного циклу плазмового нагріву – максимальної температури нагріву та швидкості охолодження.

Для оцінювання зміни характеру розподілення твердості поверхневих гартованих шарів на крайках прес-форм при встановлених технологічних параметрах процесу використовувався прилад ТК-2М з навантаженням на алмазну піраміду 150 кгс., (шкала С)

метод Роквелла. Для вимірювання температури поверхні крайок штампів використовувався інфрачервоний пірометр GEO-FENNEL Firt 800 Rocket контактний термометр для безконтактного вимірювання температури в діапазоні $-35+800$ °С з точністю вимірювання ± 1 °С. Розрахунок швидкості охолодження, показав, що процес відбувається при швидкості 10^4 °С /с, і є достатнім для утворення мартенситних структур.

Висновки:

1. Використання мікроплазмового гартування дає можливість, як ручного так і автоматизованого гарту в локальній площині, досягати гартованих шарів з змінними параметрами в залежності від режимних і технологічних параметрів, не впливаючи на основний метал конструкції.

2. При параметрах процесу гартування швидкості переміщення пальника $W= 95$ мм/хв і потужності $P=1,5$ кВт в структурі верхніх шарів металу відбуваються структурні перетворення, з утворенням голчастого мартенситу, що дає твердість до 50-52 HRC, при зменшенні параметрів $W= 60$ мм/хв і потужності $P=0,6$ кВт утворюється зернистий мартенсит, при цьому твердість поверхневого гартованого шару змінюється в межах 50-52 HRC, яка є оптимальною для технологічного режиму роботи ріжучих крайок прес-форм, так як збільшення твердості приводить до крихкості, підвищення тріщиностійкості та складності механічної фінішної доводки.

Література:

1. Лашенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление. - К.: «Екотехнологія» 2003. -64 с.
2. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. М.,
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов -2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение. 1980. -493 с.
4. Микроплазменная сварка./Б.Е. Патон, В.С. Гвоздецкий, Д.А. Дудко и др. Киев: Наук.думка, 1979-248 с.
5. О.С. Кобяков, Е. Г. Гинзбург Использование микроплазменного нагрева в процессах упрочняющей технологии // Автоматическая сварка 1985, №5. С.65...67.
6. А.М. Попков Влияние притупления и угла заточки неплавящегося электрода на полную мощность и суммарное давление дуги на металл сварочной ванны // Сварочное производство 1990, №2. С.38...39.

Abstract It is presented process of the micro-plasma tempering of cutting off edges of press-forms from steel 40X13, results over of influence of technological parameters are brought on properties of hard-tempered layer.

Ключові слова: мікро-плазмове гартування, ріжуча крайка, прес-форма, плазмовий струмінь, твердість поверхневого шару.

УДК 656:338

МОЖЛИВІ МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, ПІДСИСТЕМ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

Аулін В.В., докт. техн. наук, проф., Голуб Д.В., канд. тех. наук, доц.
Центральноукраїнський національний технічний університет

При використанні операційного моделювання здійснюється розробка рекомендацій для прийняття рішень в ході розв'язання різних варіантів завдань підвищення ефективності та надійності транспортних систем, підсистем та їх елементів. В основу класифікації завдань прийняття рішень можуть бути покладені різні системи ознак. Проте практика досліджень цієї проблеми свідчить, що найбільш загальними і істотними ознаками класифікації є: число осіб (органів), що приймають рішення; вид показників ефективності та надійності; міра визначеності інформації щодо існуючих і можливих проблемних ситуацій, динамічність елементів моделі проблемної ситуації.

Залежно від виду використовуваних показників ефективності і надійності реалізації цільових процесів у транспортних системах і підсистемах, завдання прийняття рішень підрозділяються на завдання із скалярним і векторним показниками ефективності. Спостерігається скалярне і векторне відображення завдань прийняття рішень. За ознакою міри визначеності інформації щодо проблемних ситуацій в транспортних системах прийняття рішень відбувається в умовах визначеності і невизначеності. Завдання прийняття рішень в умовах визначеності (детерміновані завдання) характеризуються наявністю повної і достовірної інформації про проблемні ситуації, цілі, обмеження і наслідки рішень, що приймаються. У цих завданнях відносно кожної стратегії $u \in U$, до проведення детальних досліджень, відомо, що вони незмінно приводить до деяких конкретних результатів.

Для вирішення різних типів завдань запропоновані певні методи, основні з яких приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Методи вирішення основних класів завдань підвищення ефективності транспортної системи

Показники ефективності	
Скалярний	Векторний
Методи математичного програмування	Методи прийняття рішення в умовах визначеності
Методи стохастичного програмування	Методи прийняття рішень в умовах стохастичної невизначеності
Методи матричних ігор	Методи вирішення біматричних ігор з суворим та несуворим суперництвом

Завдання, що не увійшли до таблиці 1, можуть бути вирішені приведеними в ній методами з використанням спеціальних прийомів. З вище сформульованого маємо, що для переходу до досліджень на елементному рівні "склад - властивості" необхідно мати чітке уявлення про критерії реалізації функцій суб'єктами (елементи, підсистеми) транспортної системи в різних структурах при реалізації цільових процесів в узагальнюючих системах (метасистемах) і умовах проведення операцій по підвищенню ефективності та надійності транспортних систем. Детальні дослідження спрямовані на аналіз ефективності підсистем та їх елементів, що входять до складу транспортних систем, і здійснюють реалізацію цільових процесів в узагальненій системі і розглядаються на інших методологічних рівнях.

Завершальною фазою досліджень проблеми підвищення ефективності та надійності складних транспортних систем є прийняття рішення на одному з цих рівнів, з метою досягнення максимальної ефективності керуючих дій. Розроблено підхід, згідно якому рекомендується наступна послідовність завдань, які підлягають розв'язанню:

- постановка завдань детальних досліджень;
- уточнення зовнішнього доповнення за результатами досліджень операцій;
- узгодження і вибір показників і критеріїв оцінки ефективності та надійності систем, підсистем та їх елементів;

- визначення характеристик ефективності та надійності за результатами експериментальних досліджень;
- розв'язання завдань підвищення ефективності та надійності транспортної системи, її підсистем та елементів;
- система прийняття рішень: аналіз результатів проведених досліджень, планування контрольних заходів по впровадженню рішень, що приймаються та затвердження прийнятих рішень.

З приведеної послідовності випливає, що детальний рівень досліджень проблеми підвищення ефективності та надійності транспортних систем припускає аналіз ефективності і надійності їх елементів та підсистем, властивостей, міри задоволення останніх поведінковим принципам різних варіантів структури систем при реалізації цільових процесів.

Приведена інформаційно-логічна схема прийняття рішень, в якій вертикальна декомпозиція носить універсальний характер у тому сенсі, що вона може бути застосована для аналізу сукупності процесів будь-якої міри деталізації до тих пір, поки вона реалізовує цільові процеси. Сама досліджувана транспортна система або її підсистеми фіксуються на операційному рівні, в той час як концептуальний рівень формується для розкриття цілей їх функціонування на основі встановлення загальних тенденцій розвитку за узагальненою системою зі встановленням комплексу умов функціонування і прийняття інформації про елементи і підсистеми транспортної системи і їх можливості з більш нижчого детального рівня. Методи розв'язання завдань на детальному рівні аналогічні розглянутим в ході опису етапів концептуального і операційного моделювання.

Зазначена схема основних етапів дослідження проблеми підвищення ефективності і надійності транспортних систем відображує зміст логічної схеми рішень її завдань. Проблемний аналіз передує дослідженню ефективності рішення цих завдань, являючись необхідним його початковим етапом. Етап прийняття рішень носить більш організаційний характер, ніж дослідницький і є кінцевою стадією. Порядок пунктів усередині кожного етапу залежить від конкретних досліджень і може бути змінений, а частина пунктів - опущена. Крім того, усередині етапів, а також між етапами можлива реалізація циклів, тобто повернення після виконання певних пунктів (етапів) до попередніх пунктів, залежно від отримуваних проміжних результатів.

З формальної точки зору на етапі проблемного аналізу має місце відображення:

$$\alpha_0 \cdot \pi \rightarrow M_1, \quad (1)$$

де M_1 - множина метасистемних описів, визначених на етапі концептуальних досліджень з реалізацією відображення:

$$M_1 \cdot \mu \cdot \nu \cdot \gamma \rightarrow M_2, \quad (2)$$

де M_2 - множина варіантів зовнішнього доповнення з конкретним описом S_0 - системи, у межах якої реалізується досліджувані операції підвищення ефективності та надійності транспортної системи.

Відображення (2) кожній парі "мета – засіб реалізації", її досягнення, ставить у відповідність конкретний метасистемний опис організаційно - технічної області, сукупність засобів реалізації якої здатна раціонально розв'язати виявлену проблему.

Формально операційні дослідження можна представити у вигляді:

$$M_2 \times D \rightarrow U^{opt}, \quad (3)$$

де D - множина варіантів початкових даних завдань вибору раціональних рішень; U^{opt} - множина раціональних рішень при різних варіантах початкових даних.

Етап прийняття рішень реалізує наступне відображення:

$$U^{opt} \times \sigma_c \rightarrow U, \quad (4)$$

де σ_c - множина можливих ситуацій, що склалися до моменту прийняття рішень.

Зазначимо, що реалізація відображень (1) - (4) є формальною схемою дослідження проблеми підвищення ефективності та надійності транспортних систем, що реалізують

цільові процеси в узагальненій системі (метасистемі). При цьому мета організації процесу дослідження максимально наближена до денотати (рис. 1) за допомогою сукупності організаційних, технологічних і технічних заходів в ході експлуатації та ступеню їх використання.

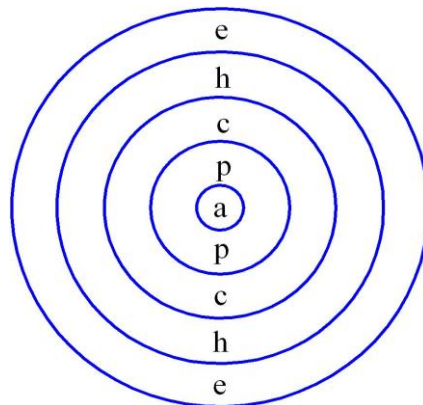


Рисунок 1 – Модель мішені поведінки транспортних систем, що ускладнюється, як сукупності наступних принципів: а – рефлексія; р – перспективна активність; с – вибір рішення; h – гомеостаз; е – матеріально-енергетичний баланс

Можна бачити, що приведена сукупність принципів поведінки транспортних систем ускладнюється у вигляді вкладених кіл. Символічно це означає, що якщо поставити точку усередині кола з написом рефлексії, то ця точка міститиме усередині себе усі інші кола.

У перспективі подібний формальний підхід передбачає автоматизацію системних досліджень проблеми підвищення ефективності та надійності транспортних систем. Практична реалізація такого підходу стримується великою мірою невизначеності відображень (1) - (4). У результаті накопичення системних досліджень цієї проблеми та систематизації різних підходів до метасистемного опису предметної області, міра розмитості (нечіткості) відображень (1) - (4) може бути значно знижена. Це дає підстави до розробки реального шляху вирішення вказаної проблеми і використання відповідного ефективного математичного апарату для побудови відповідних математичних моделей.

УДК 621.791.92

ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ КОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ

Шпилівенко В.І., ст. гр. АІ(ТС)17-СК(3)

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Однією із актуальних проблем сільськогосподарського машинобудівного виробництва є зміцнення та відновлення деталей машин. При створенні технологій зміцнення та відновлення доцільно застосовувати методи нанесення покриттів, які мають незначний вплив на метал основи для запобігання короблення деталі. Із широкого спектру сучасних методів інженерії поверхні цій умові найбільш повно відповідають контактні методи

нанесення покриттів в твердій фазі, зокрема метод контактного наварювання порошків (КНП).

Деталі сільськогосподарських машин піддаються в процесі експлуатації дії статичних, динамічних або циклічних навантажень, тому порошкові матеріали для нанесення покриттів КНП на вказані деталі, повинні володіти міцністю і пластичністю, а в умовах тертя без мащення (або при обмеженому мащенні) – високим опором до схоплювання і помірним коефіцієнтом тертя.

Нанесення покриттів з високолегованих сплавів на деталі широкого призначення різко підвищує їх вартість і, в ряді випадків робить не вигідним відновлення. В ремонтному виробництві за економічними оцінками [1,2] недоцільно використовувати для покриттів порошки дорожчі ніж 6 \$/кг.

Створення нових зносостійких матеріалів на основі недефіцитних компонентів, за допомогою яких сплав зміцнюється, - перспективно і забезпечує підвищену зносостійкість виробів. Як показує практика, застосування порошків заліза і його сплавів може забезпечувати одержання високоякісної продукції набагато нижчої собівартості.

Вартість залізних порошкових сплавів нижче нікелевих в 2...5 раз [3] такі порошки являють собою сталі зміцнені введенням легуючих елементів. Однак, за своїми властивостями такі порошки також значно поступаються нікелевим.

Сплави на основі заліза з підвищеним вмістом бору мають високу зносостійкість, однак їх застосування стримується через ламкість, що знижує стійкість в різних умовах експлуатації [3]. Ці проблеми виникають при використанні традиційних методів об'ємного легування в розплаві, процес структуроутворення частинок з розплаву характеризується нестабільними умовами.

Дифузійне легування в значній мірі дозволяє зменшити ламкість матеріалу внаслідок рівномірного структуроутворення боридних фаз.

Дифузійно-леговані порошки мають ряд переваг [4, 5]:

- гарна пресуємість, так як основою слугує чистий залізний порошок;
- наявність дифузійного зв'язку легуючих елементів з залізним порошком запобігає сегрегації елементів в суміші;
- висока міцність відновлених поверхонь внаслідок високої дифузійної рухомості легуючих елементів;
- висока самофлюсуєча здатність, обумовлена концентрацією флюсуєчих елементів в поверхневому шарі частинок;
- можливість строгого регулювання при виготовленні порошків кількості легуючих елементів, що вводяться, а отже і властивостей покриттів;
- відсутність вигорання легуючих елементів і можливість введення великої кількості останніх.

Експериментально було встановлено, що дифузійне легування сприятливо впливає на наварювання порошків. Так як для наварювання характерне локальне оплавлення частинок, при КНП нагрівання порошку відбувається в місцях найвищого електроопору. Такими зонами для даного типу матеріалу є оболонки частинок порошку. Виділення тепла на оболонках підвищує швидкість дифузії та забезпечує схоплення поверхонь, які дотикаються.

КНП композиційних дифузійнолегованих порошків приводить до утворення легованого покриття з високими фізико-механічними властивостями.

Зважаючи на перелічені переваги даного матеріалу вважаємо за доцільне їх використовувати для контактного наварювання при відновленні та зміцненні деталей сільськогосподарської техніки.

Список літератури

1. Ярошевич В.К. Электроконтактное упрочнение/ Ярошевич В.К., Генкин Я.С., Верещагин В.А. – Минск: Наука и техника, 1982, 256 с.
2. Дорожкин Н.Н. Получение покрытий методом припекания. – Минск: Наука и техника, 1980, - 176 с.
3. Красота М.В. Дослідження впливу параметрів циліндричних електродів на формування покриттів при контактному наварюванні порошків/Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник/ Красота М.В., А.М. Артюхов, І.В. Шепеленко, В.О. Дубовик.// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 40, частина. I - Кіровоград, КНТУ, 2010, с. 179-185
4. Лопата Л.А. Поєднання процесів електроконтактного прип'якання порошків і теплового пластичного деформування/ Лопата Л.А., Красота М.В.//Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. – Київ, НТУ, 2001. – вип. 12, с. 79-86.
5. М.В.Красота. Теоретико-експериментальні дослідження параметрів електроконтактного наварювання порошків/ М.В.Красота, І.М. Соколенко, І.В. Шепеленко.//Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. КДТУ, 2004, Вип. 34, 1 с. 225.

УДК 621.791.92

ПІДВИЩЕННЯ ВТОМЛЕНОЇ МІЦНОСТІ ВАЛІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПРИ ЗНАКОЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Середа В.В., ст. гр. АТ16М

Р.А. Осін, доц., канд. техн. наук

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Підвищення опору деталі руйнуванню при різних видах експлуатаційного навантаження може бути досягнуто технологічними методами об'ємного або поверхневого зміцнення. Об'ємне зміцнення підвищує статичну міцність деталей, у яких робочі напруження розподілені по перетині більш-менш рівномірно. Більшість деталей працює в умовах, при яких експлуатаційне навантаження (тиск, нагрівання, дія навколишнього середовища й т.інш.) сприймається головним чином їх поверхневим шаром.

Тому, зносостійкість, зародження й розвиток втомленої тріщини, виникнення осередків корозії залежить від опору поверхневого шару руйнуванню. Для деталей, руйнування яких починається з поверхні, розроблена велика кількість методів поверхневого зміцнення, заснованих на нанесенні покриттів або зміни стану (модифікації) поверхні.

З літературних джерел [1-4] відомо, що наявність поверхневого наклепанного шару приводить до підвищення втомленої міцності. Позитивну дію поверхневого пластичного деформування (ППД) можливо пояснити "облагороджуванням" мікроструктури поверхневого шару, що після наклепу й рекристалізації стає дуже однорідною, дрібнозернистою, тобто найбільш сприятливою за опором появи втомлених тріщин.

Крім того, завдяки здрібненню зерна й субзерен процес утворення пластичних мікрозрушень ускладнюється і втомлена міцність зростає.

Відомо [2, 3], що міцність металевго зразка, зокрема опір знакозмінним навантаженням, може бути істотно підвищений за рахунок поверхневого наклепу металу (обкатування роликми, дробоструменевою обробкою тощо). Одна із причин цього ефекту (крім створення залишкових стискаючих напруг) - ослаблення дії концентраторів напруг.

Вивчення профілів поверхні показує, що після обкатування роликми вона стає більше гладкою: надрізи стають менш гострими, число їх зменшується. При цьому, зростає довговічність (число циклів до руйнування при змінних навантаженнях) і втомлена міцність. Варто також мати на увазі сильне диспергування структури й збільшення щільності дефектів у поверхневому шарі металу в результаті поверхневої деформації.

Маложорсткі деталі типу валів, осей штанг широко застосовують у автомобільній, транспортній і сільськогосподарській техніці.

Створення нових конструкційних матеріалів з підвищеною міцністю й прагнення до економії металів усе більше приводить до збільшення номенклатури класу маложорстких виробів.

Мала згинна жорсткість стрижневих деталей викликає істотні проблеми при їх обробці й складанні, тому такі деталі звичайно є нетехнологічними. Для зменшення прогинів при механічній обробці доводиться зменшувати частоту обертання заготовки, подачу й глибину різання, що автоматично приводить до зниження продуктивності праці й підвищення тривалості технологічного процесу обробки.

Згинну жорсткість виробів при механічній обробці можна підвищити за рахунок використання технологічних опор у вигляді люнетів або за рахунок використання деформуючого інструмента замкнутого типу. На жаль, ефективних результатів, у цьому напрямку поки не отримане, тому що не усунута основна причина скривлення валів - обертання довгомірної заготовки, і як наслідок, поява віцентрових сил, що спотворюють форму виробу.

Іншим важливим моментом при обробці маложорстких деталей є стан поверхневого шару. З одного боку, він повинен забезпечувати геометричну стабільність при зовнішньому впливі робочого інструмента, а з іншого сторони, поверхневий шар повинен сприймати

пружнопластичний вплив для формування необхідних вимог до якості виробу: глибина зміцнення, ступінь наклепу, шорсткість і залишкові напруги.

Якщо для жорстких деталей такі різнопланові завдання не викликають проблем, то для м'якопружних вони є взаємовиключними. Тому, при виконанні наукових досліджень поставлено завдання по забезпеченню геометричної стабільності стрижневих деталей типу валів і формування необхідної якості поверхневого шару при поверхневому пластичному деформуванні.

Список літератури

1. Горбунов А.В., Горбунов В.Ф. Закономерности деформационного упрочнения поверхностного слоя стали 25 // Вестник ИрГТУ, №6, 2011. – с. 50-52.
2. Горбунов А.В., Горбунов В.Ф. Обоснование глубины упрочнения нежестких валов при поверхностной пластической деформации центробежным обкатником // Вестник ИрГТУ, №9, 2012 г. - с. 29-33.
3. Вулых Н.В., Горбунов А.В. Центробежное обкатывание нежестких валов для достижения минимальной шероховатости и максимальной несущей способности по-верхности // Вестник ИрГТУ, №10, 2012. - с. 34-39.
4. Горбунов А.В., Горбунов В.Ф. Сопротивление пластическому деформированию круглых валов при изгибе с учетом особых свойств поверхностного слоя / Межвуз. сб. научн. тр. под ред. С.А.Зайдеса. – Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2010. – с. 25-38.

УДК 631.3:004.624:621.891

ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ЗА НАЯВНОСТІ У КОНТАКТІ АБРАЗИВНИХ ЧАСТОК

*О.С. Дев'ятко, кандидат технічних наук,
М. І. Денисенко, кандидат технічних наук,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України (м.Київ)
denysenko.o.n@gmail.com*

Абразивне зношування і пошкодження – найбільш розповсюджені, які викликають інтенсивні види руйнування деталей і робочих органів ґрунтообробних, кормозбиральних, садильних, посівних, машин для тваринництва і кормовиробництва.

Абразивність (здатність стирати) ґрунтів і продуктів переробки рослинництва зростає при збільшенні вмісту у них абразивних часток (головним чином кварцевих), зменшення радіусів округлення їх та виступів, підвищення об'ємних розмірів зростання їх закріпленості. Отже, основними процесами для багатьох видів контактної взаємодії при зовнішньому терті є абразивні. Абразивні домішки знаходяться, як в газовому так і в рідкому середовищі, де відбувається тертя деталей машин.

Актуальність абразивної зносостійкості на науковому рівні досить надзвичайна, хоча й недостатньо вивчена. Причини такої ситуації полягають в труднощах прямого спостереження за об'єктами, які досліджуються. Так як тут розглядається не тривіальність схеми напружено деформованого стану і механізм руйнування поверхонь тертя, а саме термодинамічна нерівноважність навантажених об'ємів поверхневих шарів, вплив рідкого та газового середовища. Використання комплексного методу дослідження поверхневих явищ дозволяє вивчити процеси взаємодії абразивних частинок з поверхнею тертя за участю фізико-хімічного впливу робочих середовищ.

Дані про стан поверхні і поверхневих шарів сталі при пошкодженні в результаті дії абразиву представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика стану поверхні і поверхневих шарів сталі при зношуванні та пошкодженні в результаті дії абразиву (за даними Б.І. Костецького)

Критерії оцінки процесу	Форма абразивного зношування	
	I	II
Клас чистоти	7...12	5...10
Глибина зруйнованого шару	До 200 нм	До 0,2 мм
Температура поверхневого шару	До 50°C	До 50°C
Зміна хімічного та фазового складу поверхневого шару	Утворення твердих розчинів, евтектик, окислів	-
Відносна зміна твердості поверхневого шару ($H_{зал}/H_{вих}$)	2...3	1,5
Коефіцієнт збільшення об'єму поверхневого шару	1,05...1,08	1
Напруження в поверхневому шарі	Локальний стиск або розтяг	Стиск
Руйнування поверхневого шару	Крихко-в'язке	В'язко-крихке
Швидкість процесу руйнування	До 0,5мкм /год.	0,5...50мкм /год
Супровідні процеси	-	Низькотемпературне окислення

Як бачимо з таблиці 1 абразивні процеси можуть виникати в широкому діапазоні зовнішнього силового впливу. Утворення таких видів руйнування, як механохімічне (механокорозійне) або механічне залежить від співвідношення твердості металу до твердості абразиву. Якщо воно більше 0,6 то спостерігається механохімічна (механокорозійна) форма абразивного зношування, а коли менше 0,6 то має місце механічна форма – пошкодження.

Кількісні співвідношення між зносостійкістю ϵ і твердістю H (рис. 1.) дозволяють розділити окремі групи матеріалів за міцністю між атомних зв'язків і за видами методів зміцнення (легування, фазовий та механічний наклеп і т. ін.) [4, 5].

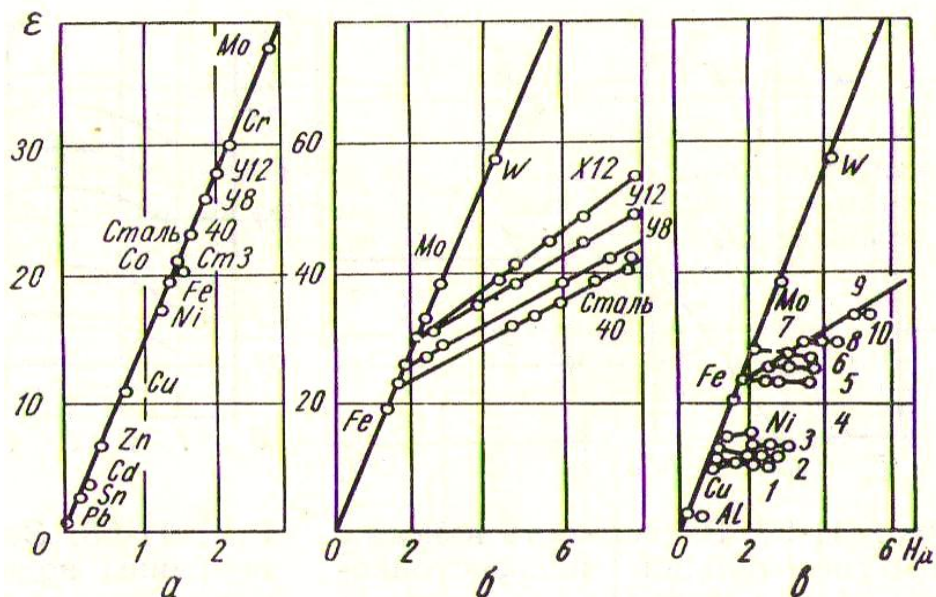


Рис. 1. Відносна зносостійкість ϵ при зношуванні деталей по закріпленим абразивним частинкам в залежності від твердості металів(по М.М. Хрущову)

Для технічно – чистих, відпалених матеріалів (рис. 1, а) отримана залежність $\varepsilon = bH$, де b – константа; H – твердість на вдавлювання алмазної піраміди. Залежність $\varepsilon = f(H)$ для сталей 40, У8, У12, Х12, термічно оброблених на різну твердість (загартування та відпуск при різних температурах) має лінійний характер, а прямі $\varepsilon - H$ не проходять через початок координат (рис. 1, б).

Механічний наклеп не впливає на відносну абразивну зносостійкість. Це показано на рис. 2. в для металів, для алюмінієвої бронзи (5% Al) після відпалу та наклепу, для берилієвої бронзи (2% Be), для аустенітної сталі (0,2% C, 18% Cr, 9% Ni) після наклепу, для сталі 40 після гартування, відпуску при різних температурах і наклепу, для сталі 40 з різним ступенем наклепу після попереднього гартування та відпуску при температурі 600° С, для тієї ж сталі, з відпуском при 450, 300 та 150° С, що відповідає кривим 1...10.

Висновок. За наявності у контакті абразивних часток в залежності від співвідношення твердості матеріалу і абразивних часток зменшення вільної енергії трибосистеми здійснюється шляхом механічної або механо-хімічної (механокорозійної) форми абразивного зношування. В межах механо-хімічних (корозійних) процесів наявність абразивного середовища збільшує величину зносу до одного порядку (при механічній формі абразивного пошкодження до 5-6 порядків). У відповідності з діючими факторами: вхідними параметрами для абразивності є: розміри абразивних часток, концентрація абразиву, геометрія абразивних часток, твердість абразиву. Вихідні параметри – знос, питома робота руйнування, коефіцієнти тертя.

Література

1. Костецкий Б. И. Структурная приспособляемость конструкционных материалов / Б. И. Костецкий, Л. Бершадский. // Технология и организация производства. – 1974. – №4.
2. Костецкий Б. И. Об общей закономерности структурной приспособляемости материалов при трении / Б. И. Костецкий, Л. И. Бершадский. // ДАН УССР, серия А. – 1975. – №5.
3. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах / Б. И. Костецкий. – К: Техніка, 1970. – 396 с.
4. Хрущов М. М. Исследования изнашивания металлов / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. – М: Изд-во АН СССР, 1960. – 264 с.
5. Хрущов М. М. Исследования влияния твёрдости абразивных частиц на изнашивания материалов / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. // М.: Наука, Сб. XX. – В сб.: «Износ и антифрикционные свойства материалов». – 1968.
6. Денисенко М. І. Закономірності механохімічних процесів при абразивному зношуванні машин / М. І. Денисенко. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України Серія "Техніка та енергетика АПК" Частина 1. – 2014. – №196. – С. 230-238.

УДК 621.891

ТЕРМОДИНАМІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ І ЗНОШУВАННЯ ТРИБОСИСТЕМ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*М. І. Денисенко, к. т. н., доцент
О. С. Дев'ятко, к. т. н., ст. викл.
Національний університет біоресурсів і
природокористування України (м. Київ)
denysenko.o.n@gmail.com*

Сучасний етап розвитку техніки характеризується підвищеними вимогами до поверхневої міцності, яка визначає в основному надійність і довговічність машин агропромислового комплексу. На сьогодні розроблені моделі тертя і поверхневого руйнування (зношування) описують тільки механічну сторону процесів і не можуть бути використані для вирішення конкретних прикладних задач.

Дослідженню термодинамічного підходу до процесів тертя і зношування конструкційних матеріалів найбільшу увагу приділяли наступні вчені-дослідники А.Д. Дубінін, Б.І. Костецький, В.С. Попов, В.В. Запорожець, І.І. Новіков, Ю.І. Лінник, Л.І. Бершадський, Ю.К. Машков, В.В. Федоров, Г. Польцер, Г. Пурше, Г. Фляйшер, Ю.Н. Дроздов, І.А. Кравець та інші.

Концепція, яка сформульована Г. Фляйшером полягає в тому, що для відокремлення частинок зношування необхідно, щоб деякий об'єм матеріалу накопичив певний критичний запас внутрішньої енергії.

Фундаментальне вирішення задач триботехніки проходить завдяки досягненню теоретичної фізики в царині самоорганізації та утворенням упорядкованих дисипативних структур (ДС) у живій та неживій природі [1, 2].

Дисипативні структури утворюються за наступних умов:

1. Система термодинамічна відкрита, тобто вона обмінюється енергією і речовиною з середовищем;
2. Динамічні рівняння системи нелінійні;
3. Відхилення від рівноваги перевищують критичні значення;
4. Мікроскопічні процеси відбуваються узгоджено. [2]

Зношування є неминучим результатом тертя, що накладає суттєве обмеження на зростання продуктивності праці, якість продукції та призводить до величезних втрат матеріалів, енергії і засобів. Встановлено, що на ремонт і технічне обслуговування всіх видів машин щорічно витрачається більше коштів, ніж на виготовлення нових машин. Ремонтом обладнання і виготовлення запасних частин зайнято третина верстатного парку країни, на цих роботах працюють близько 1,5 млн. чоловік. На відновлення зношеного обладнання витрачається п'ята частина виплавленого металу металургійних підприємств.

Тертя та зношування створює серйозні утруднення у розвитку нової техніки, що експлуатується в екстремальних умовах. Зовнішнє тертя широко використовується в різних пристроях передачі руху, гальмівних системах машин різного функціонального призначення у технологічних процесах фінішної обробки конструкційних матеріалів і зміцнюючих технологіях.

Суть використання законів класичної термодинаміки до нерівноважних систем полягає у передбаченні про локальну рівновагу всередині дрібних елементів трибосистеми. Уявлення про локальну рівновагу дозволяє досліджувати велику кількість важливих нерівноважних систем до яких можна віднести трибосистеми. При цьому всі рівняння зберігають свою цінність по відношенню до дрібних ділянок, а значить і спільність описаних ними закономірностей. Так рівняння Гібса, що показують залежність внутрішньої енергії U від ентропії S , об'єма V і хімічних потенціалів μ_k компонентів системи, яка складається з різних компонентів, можна записати для малої області в формі:

$$dU = TdS - pdV + \sum \mu_k dC_k, \quad (1)$$

де U , S , V відносяться до малої області (локальні значення);

C_k – концентрації компонентів.

Однак виникають складності при розрахунку локальних значень внутрішньої енергії, ентропії і т.п., так як ці значення змінюються в залежності від координат області та часу. Ці складності виявилось можливо подолати, застосувавши принцип розрахунку з використанням рівняння балансу ентропії для локальної області [3, 4]:

$$\rho \frac{dS}{dt} + \operatorname{div} S = \sigma[S]. \quad (2)$$

Тут права частина рівняння $\sigma[S]$ являє собою швидкість виникнення (виробництва) ентропії всередині ділянки. Перший член лівої частини рівняння $\rho \frac{dS}{dt}$ є швидкість приросту ентропії в даній ділянці, а другий член лівої частини $\operatorname{div} S$ – швидкість відтоку ентропії з даної ділянки. З розглянутого рівняння балансу ентропії слідує принципово важливий висновок про те, що ентропія на відміну від загальної маси та енергії, може виникати в даній ділянці. Причиною її виникнення може бути як фізичні (тертя, релаксація), в так і хімічні процеси. За визначенням Гленсдорфа і Пригожина, класична термодинаміка є по суті, теорія руйнування структур, а виробництво ентропії можливо розглядати як міру швидкості цього руйнування [3, 4].

Висновки

1. Термодинамічні параметри, за яких в заданому матеріалі утворюється той чи інший механізм зношування, визначаються його електронною будовою і структурою.
2. При всіх видах зношування відбувається поглинення енергії зі зовнішнього середовища, обумовлене розвитком недосконалостей кристалічної будови.

Література

1. Костецкий Б. И. Задачи трибологии в машиностроении / Б. И. Костецкий. // Вестник машиностроения. – 1989. – №9. – С. 9–13.
2. Поверхностная прочность материалов при трении / [Б. И. Костецкий, И. Г. Носовский, А. К. Караулов та ін.]. – К: Техніка, 1976. – 292 с.
3. Пригожин И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М: Прогресс, 1986. – 429 с.
4. Пригожин И. Современная термодинамика / И. Пригожин, Д. Кондипуди. – М: Мир, 2002. – 461 с.

УДК 631.3:631.312.021:621.791

ПОЛИЦЯ ПЛУГУ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ

М.І. Денисенко, кандидат технічних наук

О.С.Дев'ятко, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України м.Київ Україна

Відвал (полиця плугу) є одним з найбільш метало ємких і дорого вартісних деталей плугу. Зношування відвалів протікає дуже нерівномірно, а їх працездатність лімітує технічний стан обмеженої кількості кромки і поверхонь тертя. Оранка – одна з найбільш енергоємних робіт у агропромисловому комплексі. Основними знаряддями для оранки є плуги з відвальними робочими органами. Якість роботи плугів залежить в основному від фізичного стану ґрунту, ступеню задерніння поверхні, типу робочих органів і режимів їх роботи.

Зниження енергоємності оранки до 10% досягається після шліфування полиць. Поки що чистота їх поверхні не вище чистоти металопрокату. Для зменшення налипання полиць, а тому й зниження тягового опору плугів рекомендується застосовувати полімерні покриття робочої поверхні, наприклад, фторопластом. Це дозволяє зменшити тяговий опір на 20 –

25%. Для відвалу (полиці) плуга граничний термін придатності визначається зносом його на всю товщину в одному з місць робочої поверхні (частіше всього на грудині відвалу).

Основний знос відвалів корпусів плугів проявляється у протиранні наскрізь їх на грудині і відвальної частини. Вони відновлюються приварюванням вставок на місцях зношування. Термін служби відновленого відвалу складає приблизно 0,5 терміну служби нового.

Одним із ефективних методів підвищення зносостійкості деталей плугів є дугове точкове зварення самозахисним порошковим дротом – плавким електродом типу ПП – АН170 (ПП – АН170М). Діаметр порошкового дроту 2,0 – 3,2 мм, твердість наплавленого металу складає 60 – 65 HRC.

Мета роботи є розробка двошарової полиці плугу і підвищення її ресурсу шляхом дискретного зміцнення. При зміцненні тонколистових матеріалів, до яких відносяться відвали плугів, з ціллю зменшення тепло внесення в основний метал, попередження зварних деформацій і пропалювань кромek доцільно використання ДТЗ – дугового точкового зварення – дискретного зміцнення.

Матеріалами експериментальної полиці є: якісна конструкційна сталь 65Г (товщина 4,0 мм); конструкційна сталь Ст.3 (товщина 10 мм.) Двошаровий пакет сталей полиці плуга з'єднуємо за допомогою дискретного зміцнення (ДТЗ). Крізь сталь 65Г зварюємо порошковим дротом – плавким електродом ПП-АН170М, якщо зі сторони сталі Ст.3, то зварюємо пакет сталей без наскрізного проплавлення використовуючи звичайний порошковий дріт типу Св 08Г2С. (рис.1)

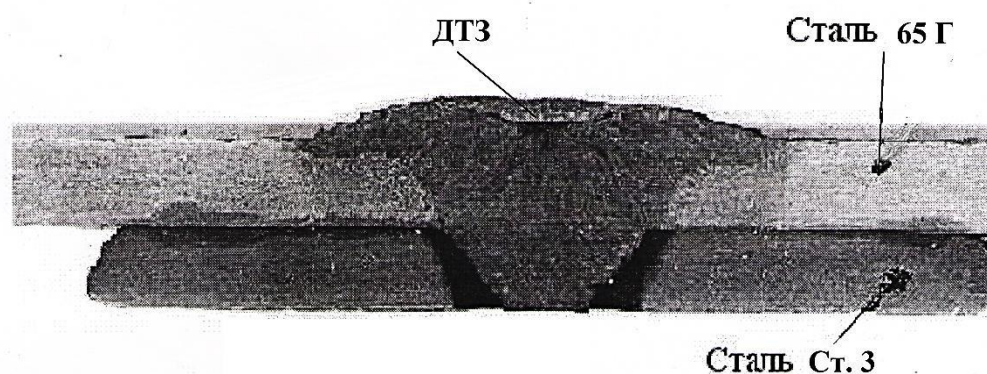


Рис.1 Експериментальна полиця плугу

Незначні збільшення напруги покращує форму точки, глибина проплавлення змінюється на 1,5 – 2 мм. Зварний струм чинить найбільший вплив на формоутворення точки зміцнення: його збільшення визиває зростання глибини проплавлення і діаметру головки точки, а також зменшення висоти наплавлення. Так зі збільшенням зварного струму з 400 до 650 А, діаметр точки зміцнення зростає з 14,5 до 31 мм.

. Геометрична форма зміцнення має вигляд сферичного сектору. Великий вплив на параметри точок дискретного зміцнення чинить швидкість подавання порошкового дроту. Стабільне збурення дуги забезпечується при щільності струму не менше 150 А/мм.² Встановлено, що оптимальна швидкість подавання порошкового дроту знаходиться у проміжку 30 – 70 м/год. В якості критерію оптимальності геометричних дільниць зміцнення відвалів запропонована умова забезпечення рівної інтенсивності зношування всієї робочої поверхні відвалу.

У процесі проведеної роботи була попередньо відпрацьована технологія дискретного зміцнення на дослідних зразках: підібрані режими наплавлення (напруга і сила зварного струму, швидкість зміцнення), а також інші параметри.

Глибина пропалвлення забезпечує надійність нероз'ємного з'єднання пакету сталей. Отримана зносостійкість двошарової експериментальної полиці на 40-50% більше у порівнянні з серійними тришаровими полицями. Корпуса плугів оснащені двошаровими полицями забезпечують меншу потребу у тяговому зусиллі і, відповідно низького спрацювання робочих органів.

Сталь 65Г – робоча поверхня полиці (відвалу), сталь Ст.3 – не робоча поверхня відвалу. На рис.2 показана електронна мікроскопія і хімічний аналіз характерних ділянок дискретного покриття отриманого шляхом дугового точкового зварення порошковим дротом – плавким електродом типу ПП – АН170 (ПП = АН170М). Одним з найважливіших факторів, що визначають опір зносостійких покриттів абразивному зношуванню, являється їх структурний стан, а також властивості, взаємне розташування і характер зв'язків окремих складових мікроструктури. Вплив абразивної маси на деталь в процесі роботи призводить до різноманітних змін поверхневого шару.

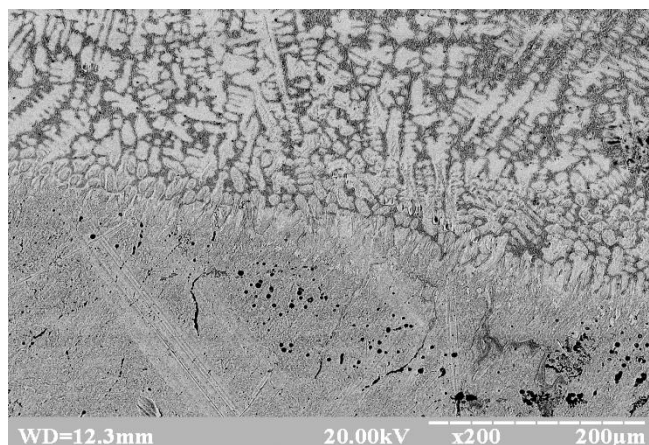


Рис.2. Електронна мікроскопія характерних ділянок точки зміцнення дискретного покриття з ПП – АН170

Мікроструктура основного металу – мартенсит з невеликою кількістю залишкового аустеніту. Твердість основного металу досить висока і складає 585...686Н_ц. В основному металі знаходиться велика кількість рядкових сульфідів. Мікроструктура металу шва (точки зміцнення) складається з карбідів, складної борідної евтектики і мартенситу, Н_ц=946...974. У зоні термічного впливу структура феррито-перліто - бейнітна. Суттєве підвищення твердості спостерігається поблизу лінії сплавлення. На лінії сплавлення не утворюється кристалізаційних прошарків, а спостерігаємо плавний перехід від металу покриття до основного металу.

На лінії сплавлення в деяких місцях спостерігається змішування металу покриття з основним металом. Співвідношення фаз (домішки мартенситу в структурі) може змінюватися в залежності від термічного циклу дугового точкового зварення (дискретного зміцнення). При дискретному зміцненні можуть утворюватися дифузійні прошарки, головним чином, обумовлені перерозподілом вуглецю.

Висновки Теоретична продуктивність агрегату зі експериментальною двошаровою полицею (без врахування часу розворотів) складає – 0,96 га/год, а з використанням серійної

полиці (відвалу) 0,86 га/год. Використання експериментальної двошарової полиці дозволяє зекономити близько 8% пального. Зносостійкість двошарової полиці після дискретного зміцнення на 40-50% більше у порівнянні з серійними елементами.

УДК 667.637.22:631.3

ІННОВАЦІЙНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

*М.І. Денисенко, кандидат технічних наук
О.С. Дев'ятко, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України (м. Київ)*

Великий об'єм сільськогосподарської продукції в Україні виробляється як крупними господарствами і холдингами, так і більш дрібними фермерськими.

У складній економічній ситуації спостерігається стійке зростання фермерських господарств, збільшення площ під зернові та інші агротехнічні культури, що, безперечно сприяє зростанню попиту на робочі органи сільськогосподарських машин. Наприклад, тільки господарства південних областей України щорічно споживають більше 900 тисяч лап культиваторів та сівалок, не враховуючи проблеми по іншим робочим органам.

До робочих органів машин агропромислового комплексу відносяться лапи культиваторів і сівалок, лемеші плугів, диски борін, сегменти ріжучих апаратів косарок, наральники культиваторів та інші. Довговічність більшості деталей (спряжень) і робочих органів машин сільськогосподарської техніки визначають опором їх зношуванню, і головним чином у сполученні зі впливом абразивних часток.

Зношування деталей і робочих органів машин, має, як правило абразивний характер при порівняно високої інтенсивності і призводить до суттєвого змінення їх форми. При цьому особливо проявляється вплив різних конструктивних факторів на зносостійкість та залежність працездатності деталей від зносу. Швидкозношувані деталі складають основну частину ненадійних і недовговічних елементів сільськогосподарських машин.

Тому підвищення їх зносостійкості є по суті основними роботами в царині довговічності машин (питання міцності мають аналогічне значення у забезпеченні безвідмовності машин). Довговічність визначається кількістю запасних частин, що потрібні для забезпечення працездатності машин за весь час їх технічної експлуатації.

Зношування є процесом руйнування поверхневого шару матеріалу при терті. Цей процес призводить до змінення розмірів і форми деталей, погіршенню їх функціональних властивостей, і в підсумку до повної втрати працездатності. Найбільш слабка ланка системи «матеріал – робоче середовище (грунт, продукти рослинництва, гноївка)», що визначають допустимі умови експлуатації і ресурс всієї системи, є поверхня матеріалу, яка визначає високе значення розробки методів і технологій модифікації поверхневих шарів.

Технологічні методи зміцнення і модифікації поверхневих шарів деталей та робочих органів машин, що забезпечують зміну їх механічних і фізико-хімічних властивостей, відіграють важливу роль у підвищенні їх зносостійкості і довговічності. Є приклади, коли відновлені і зміцнені інноваційними методами (електроіскрове легування, детонаційне

напилювання, електроконтактне приварювання, газотермічне нанесення порошків, використання порошкової металургії, електролітичні покриття, кріогенно-магнітний спосіб) деталі машин мають стійкість проти спрацювання та ресурс відновлених поверхонь у кілька разів вищий від ресурсу нових.

За допомогою цих методів можливо вирішити дві принципові задачі підвищення зносостійкості. Перше завдання полягає у розширенні діапазону швидкостей і нормального тиску протікання нормального (окислювального) зношування. [1,2,3]. Використання різноманітних методів поверхневого зміцнення у поєднанні з конструктивними засобами дозволяє створити при роботі пар тертя такі умови, за яких розвивається універсальне явище структурного пристосування матеріалів при терті, яке обумовлює встановлення динамічної рівноваги і саморегулювання процесів активації і пасивування поверхневих шарів. [1,2,3].

Другою принциповою задачею у боротьбі зі зношуванням є зменшення інтенсивності окислювального зношування [3]. Технологічні методи підвищення зносостійкості і довговічності також, як і всі інші, повинні використовуватися з врахуванням моделей зношування, умов їх виникнення, і бути спрямовані на усунування причин, які визивають утворення недопустимих видів зношування, розширення діапазону нормального окислювального зношування і мінімізацію його інтенсивності [3].

Тверді сплави все ширше використовують у якості конструкційного матеріалу і зносостійких покриттів для деталей і робочих органів машин агропромислового комплексу. Наявність у наплавленому шарі карбідів тугоплавких металів (TiC, NbC, VC, WC, MoC) підвищує твердість і зносостійкість поверхневого шару, що у свою чергу збільшує термін служби робочих органів сільськогосподарських машин.

Одним з найбільш перспективних інноваційних методів для зміцнення робочих органів сільськогосподарських машин є використання металокерамічних твердих сплавів (МКТС). Вони мають високу твердість та стійкість до абразивного, механо-корозійного зношування і втоми.

В різних країнах світу вченим вдалося отримати вискоєфективні МКТС, що забезпечують підвищення ресурсу деталей різноманітної техніки, у тому числі і робочих органів машин, в 5...7 разів. Але такі металокерамічні тверді сплави МКТС – надто дорого вартісні матеріали (у середньому не менше 80 доларів США за 1 кг). На сьогодні широке розповсюдження отримали ультра дисперсні конструкційні і функціональні кераміки: оксиди, нітриди, боріди, силіциди та інші з'єднання хімічних елементів з періодичної системи Д.І.Менделєєва.

В якості основного методу отримання зносостійких покриттів використовуються процеси вакуумно-дугового синтезу, що отримали назву у світовій практиці MEVVA (Metal Vapor Vacuum Ars) або КІВ (конденсація з іонним бомбардуванням, країни СНД). Технологія вакуумно-дугового осадження покриттів (КІВ – MEVVA) є найбільш прийнятним для формування покриттів різного функціонального призначення, що відповідає новітнім концепціям градієнтних, метастабільних, багатокомпонентних, багат шарових або супер - решетчатих покриттів.

Використання багат шарових покриттів з нанорозмірними зернами і різною товщиною шарів, тому що такі покриття задовольняють зовсім протилежні вимоги (забезпечення низького тертя, висока зносостійкість, бар'єрні функції дифузії, тепловим потоком у системі різання при дотриманні високої міцності між шаровою адгезії, зниження рівня внутрішніх напружень, збалансованості твердості і в'язкості).

Список літератури

1. Костецкий, Б.И. Надежность и долговечность машин [Текст] / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, Л.И.Бершадский, А.К.Караулов. – «Техніка», 1975. – 408 с.
2. Костецкий, Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении [Текст] / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, А.К.Караулов, Л.И.Бершадский, Н.Б.Костецкая, В.А.Ляшко, М.Ф.Сагач.- Техніка, 1976.296 с.
3. Костецкий, Б.И. Задачи трибологии в машиностроении [Текст] / Б.И.Костецкий. – М.: Вестник машиностроения, 1989.№9. 9-15 с.

УДК 621.793.74

ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЗІ СТВОРЕННЯМ ЕФЕКТУ САМОЗАГОСТРЮВАННЯ

В.А. Маслюк, доктор технічних наук
М.І. Денисенко кандидат технічних наук,
О.С. Дев'ятко, кандидат технічних наук,
*Інститут проблем матеріалознавства
ім. І.М. Францевича НАН України
Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
м. Київ*

Під зносом прийнято розуміти результат зношування, що оцінюється за зменшенням розмірів деталі або за непрямыми ознаками. Існує також думка, що знос – це залишкове змінення розмірів і форми поверхні твердих тіл внаслідок тертя. Тому любий вид зношування зв'язаний насамперед всього з процесами руйнування матеріалу або конкретної деталі.

Знос є дуже складний процес, що залежить від властивостей матеріалу і абразиву, хімічного складу та мікроструктури, режимів термічної обробки, методів зміцнення основи металу і поверхневого шару, а також умов роботи деталі з врахуванням прикладених навантажень, швидкості переміщення і агресивності зовнішнього середовища, температури.

Зношування – це насамперед всього процес взаємодії поверхонь тертя, котрий супроводжується не тільки мікрорізнанням, деформуванням та нагріванням, але й також, зміною механічних властивостей, структури, фазового складу і хімічної активності поверхневих шарів.

У зв'язку зі швидким розвитком техніки і промисловості, неухильно зростає потреба у нових конструкційних матеріалах, зносостійких покриттях, інноваційних методах зміцнення і відновлення деталей машин для захисту поверхонь тертя від зношування і корозії.

На сьогодні велика увага приділяється дослідженню та використанню ефекту самозагострювання для ріжучих і ударних робочих органів машин агропромислового комплексу. Ідея створення самозагострювальних робочих органів і деталей машин, інструментів не нова. Найбільша кількість опублікованих робіт присвячена дослідженню умов самозагострювання лемешів плугів, тому що підвищення терміну їх служби представляє для агропромислового комплексу актуальну задачу.

Сутність явища самозагострювання полягає у такому вибірному зносі неоднорідного за перерізом леза робочого органу, за якого зберігається необхідна форма та його ріжучі

властивості. Одним із перспективних методів отримання ефекту самозагострювання для робочих органів машин є використання шаруватих композиційних матеріалів.

Методи нанесення зносостійких покриттів для отримання ефекту самозагострювання різноманітні: це наплавлення порошковим дротом з флюсовим сердечником, армування поверхні тертя модульними пластинами зі твердого сплаву, детонаційне напилювання, нанесення метало порошкового покриття термічним розпилуванням, і навіть їх комбінування, для того щоби зменшити зношування деталі.

Один із прикладів економічних та ефективних робочих органів сільськогосподарських машин, це відвал (полиця) і леміш плугу фірми КУН (KUNN), що виготовляються з тришарової (триплексної) сталі з неоднаковими властивостями шарів і спеціальною термообробкою, які збільшують термін служби відвалу на 40%, товщина робочого шару якого складає 3,3 мм.

Розробку та виготовлення молотків кормодробарок з композиційних шаруватих матеріалів здійснювали сумісно з вченими інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України. При цьому метою розробки було створення у робочих гранях молотка тришарової структури.

Зовнішні шари молотка виготовлялися з матеріалу КХЖ50, що має високу твердість (84HRA) та зносостійкість. Несуча основа молотка виготовлена з матеріалу КХЖ85 з меншою твердістю та зносостійкістю. Попередні випробування підтвердили, що виготовлення молотків кормодробарок з шаруватою робочою частиною забезпечує утворення ефекту самозагострювання за рахунок регулюючої різниці в зносостійкості робочих граней та серцевини.

Передбачалося, що молотки такої конструкції підвищують ефективність роботи кормодробарок за рахунок утворення увігнутого профілю робочих граней молотка. Суттєвою особливістю порошкових конструкційних матеріалів є їх поруватість, регулюванням якої можливо в широких межах керувати фізико-механічними властивостями виготовлених деталей.

Висновок Виробничі випробування показали, що по зносостійкості і утворенню ефекту самозагострювання молотки кормодробарок виготовлені з шаруватих композиційних матеріалів, у 10-13 разів переважають серійні з загартованої марганцевистої сталі 65Г.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

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

«ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ»

18-20 квітня 2018 року

Тези доповідей надруковано у авторській редакції

Відповідальна за випуск: Ворона Т.В.

Підписано до друку 14.05.2018
Ум друк.арк. 48,9375. Тираж 100 прим

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