

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ. INCREASE OF MACHINE AND EQUIPMENT RELIABILITY



April 17-19, 2019
с. Кропивницький

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



ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

1^а Міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

17-19 квітня 2019 року
м. Кропивницький

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



INCREASE OF MACHINE AND EQUIPMENT RELIABILITY

1st International scientific and practical conference

CONFERENCE MATERIALS

April 17-19, 2019

c. Kropyvnytskyi

ББК 34.41:39.3
УДК 62-192:656.02

Матеріали 1^{ої} Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 17-19 квітня 2019 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – 297 с.

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

Друкується згідно листа Міністерства освіти і науки України, Державної наукової установи "Інститут модернізації змісту освіти" від 16.01.2019 року №22.1/10-123 “Про Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2019 році” та наказу ректора Центральноукраїнського національного технічного університету від 14.03.2019 року №16-04.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

1^{ої} Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability:

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:

Афтанділянц Є. Г. – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри ТКМіМ НУБіП України;

Барановський В. М. – д-р. техн. наук, проф., професор кафедри ТіОЗВ ТНТУ ім. І. Пулюя;

Бєлоєв Х. – ректор аграрного університету в Русе (Республіка Болгарія);

Белоцерковський М.А. – д-р. техн. наук, проф., професор кафедри технології машинобудування БНТУ (Білорусь);

Біліченко В.В. – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ;

Борак К. В. – канд. техн. наук, заступник директора з навчальної роботи ЖАТК;

Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель фільтрейшен технолоджи Україна»;

Великодний Д.О. – канд. техн. наук, Автотранспортний коледж КНУ;

Войтов В.А. – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри транспортних технологій і логістики, ХНТУСГ ім. П. Василенка;

Войтюк В. Д. – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М. П. Момотенка НУБіП України;

Герук С. М. – канд. техн. наук, доц., завідувач кафедри агроінженерії ЖАТК;

Горбачов П.Ф. – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри транспортних систем та логістики ХНАДУ;

Григор Н.В. – керівник МОВ ЦНТУ;

Дзюра В.О. – канд. техн. наук, доц., начальник НДЧ ТНТУ ім. І. Пулюя;

Диха О.В. – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства ХНУ;

Дмитрик В.В. – д-р. техн. наук, проф., НТУ (ХПІ);

Жорнік В.І. – д-р. техн. наук, проф., ДНЗ "Об'єднаний інститут машинобудування НАН Білорусі" (Білорусь);

Захарчук О.В. – д-р. економ. наук, проф., завідувач відділу ринку матеріально-технічних ресурсів ННЦ «ІАЕ» НААН;

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

Ковалишин С.Й. – канд. техн. наук, доц., декан факультету механіки та енергетики ЛНАУ;

Кравчук В.І. – д-р. техн. наук, проф., директор ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого», член-кореспондент НААН;

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

Кузьмінський Р. Д. – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри експлуатації та технічного сервісу машин ім. О. Д. Семковича ЛНАУ;

Ловейкін В. С. – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;

Лузан С.О. – д-р техн. наук, проф., ХНТУСГ ім. П. Василенка;

Лукач В. С. – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;

Ляшук О.Л. – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри автомобілів ТНТУ ім. І.Пулюя;

Магопець С.О. – канд. техн. наук, доц., кафедра експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;

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

Науменко О. А. – канд. техн. наук., проф., завідувач кафедри технічних систем та технологій тваринництва ім. Б. П. Шабельника ХНТУСГ ім. П. Василенка;

Новицький А. В. – канд. техн. наук, доц., кафедри надійності техніки НУБіП України;

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

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

Підгурський М.І. – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри технології та обладнання зварювального виробництва ТНТУ ім. І. Пулюя;

Полянський П. М. – в.о. завідувача кафедри загально-технічних дисциплін МНАУ;

Пушка О.С. – канд. техн. наук., доц., декан інженерно-технологічного факультету Уманського національного університету садівництва;

Роговський І.Л. – канд. техн. наук, с.н.с., директор НДІ техніки і технологій НУБіП України;

Савуляк В.І. – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості ВНТУ;

Савченко В.М. – канд. техн. наук., доц., завідувач кафедри машиновикористання та сервісу ТС ЖНАЕУ;

Свірень М.О. – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ;

Сідашенко О. І. – канд. техн. наук., проф., завідувач кафедри технологічних систем ремонтного виробництва ХНТУСГ ім. П. Василенка;

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

Толстушко М. М. – канд. техн. наук., доц., кафедри галузевого машинобудування ЛДТУ;

Хабутдінов Р.А. – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри транспортних технологій НТУ;

Черновол М.І. – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри експлуатації та ремонту машин, ректор ЦНТУ;

Шлапак Л.С. – д-р тех. наук, проф., завідувач кафедри зварювання конструкцій та відновлення деталей машин ІФНТУНГ;

Яцун В.В. – канд. техн. наук, доц., декан факультету проектування та експлуатації машин ЦНТУ.

ФІЗИЧНІ ТА МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

УДК.621.893

СИНЕРГЕТИЧНЕ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ І АГРЕГАТИВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
С.В. Лисенко, *канд. техн. наук, доц.*,

І.В. Жилова, *асп.*,

О.В. Вербицький, *асп.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Знос робочих поверхонь трибоспряжень деталей – одна з основних причин зниження ресурсу систем і агрегатів транспортних машин. Підвищення надійності і зниження експлуатаційних витрат транспортних машин є нагальною проблемою, загальною для всіх областей техніки. Для ефективного її вирішення необхідно мати інформацію про показники надійності і знати закономірності їх зміни при терті та зношуванні спряжених деталей.

Більшість методів керування зношуванням робочих поверхонь деталей та їх спряжень суттєво впливають на протікання в поверхневих шарах матеріалу фізико-хімічних процесів. Нові триботехнічні методи, які могли б забезпечити надійну роботу деталей машин, слід шукати в реалізації процесів самоорганізації поверхонь тертя деталей та мастильних середовищ, тобто в синергетиці підвищення надійності. При реалізації самоорганізації спостерігається ефект практичної безносності вузлів трибоспряжень деталей за рахунок стабілізації їх технічного стану, яка полягає у відновленні деталей і мастильних середовищ в процесі зношування з використанням для цього необхідних матеріалів, потоків енергії та розроблених триботехнологій припрацювання та відновлення.

Основними напрямками підвищення надійності трибосистем є: вдосконалення конструкції; підвищення зносостійкості елементів, трибоспряжень, реалізацією процесів і станів самоорганізації; використання вискоефективних олив, змащувально-охолоджуючих рідин; поліпшення умов експлуатації та ін. Інтерес викликає вирішення проблеми збільшення ресурсу використання спеціальних композиційних олив, які в процесі припрацювання дають можливість реалізувати різні форми самоорганізації поверхонь тертя і мастильного середовища.

В роботі з синергетичної точки зору обґрунтовано і експериментально підтверджено умови спостереження самоорганізації, її різноманітність форм, розглянуто фізико-механічні і трибологічні властивості та дано трибофізичні основи самоорганізації та підстави для розробки триботехнологій припрацювання і відновлення різного типу і виду спряжень деталей.

Відомо, що недостатню надійність техніки можна компенсувати її ремонтом і технічним обслуговуванням, в наслідок чого витрачають значні кошти, сума яких часто перевищує вартість нової машини. Однак рівень надійності відремонтованої техніки, як правило, нижче нової. Тому для вирішення цих проблем необхідний системний підхід до вивчення трибологічних явищ і ефектів та використання їх при створенні нових технологій відновлення поверхонь тертя.

Застосування синергетичного підходу дозволяє побудувати модель трибоспряження з іншим характером зношування, яким при необхідності можна керувати, зменшуючи, збільшуючи або стабілізуючи розміри зони тертя. При цьому перш за все необхідно мати повну і достовірну інформацію про стан трибоспряжень деталей, систем і агрегатів

транспортних машин з метою вибору правильною і своєчасного впливу на систему ззовні потоком енергії або речовини, тобто необхідно застосовувати трибомоніторинг, коли зворотна дія може бути здійснена в ручному, напівавтоматичному або автоматичному режимі і стан трибоспряжень деталей може контролюватися процесором, який керує зносним станом та швидкістю відновлення окремих трибосполучень деталей.

Врахувати при цьому слід процеси, що відбуваються в поверхневих шарах матеріалів деталей, а при наявності композиційної оливи – дисоціацію, рекомбінацію та іонізацію їх складових, спрямовання іонів металу на частини робочих поверхонь, що зношуються, тобто реалізується їх регенерація в процесах вибіркового переносу. Інформацію про стан трибоспряжень деталей одержують в процесі трибодіагностики за допомогою датчиків, сигнали з яких використовують для управління кількістю енергії й речовини необхідних для роботи трибоспряжень деталей, зміни умов їх функціонування та визначення кількості речовини, що подається на їх вхід.

В даній роботі з синергетичної точки зору розглянуто процеси, що обумовлюють прояв реалізації самоорганізації на прикладі композиційної оливи з присадкою гліцерату міді та сполуками зі структурою шпінелей з накладанням електричного, магнітного та електромагнітного полів, при нанесенні композиційних покриттів та лазерних технологій модифікування робочих поверхонь.

Оскільки створення трибоспряжень деталей систем і агрегатів з керованим ресурсом з математичної точки зору є типовим завданням теорії оптимального керування, то необхідно забезпечити найоптимальніше значення певного критерію, що характеризує ефективність керування при заданих обмеженнях. Такими обмеженнями можуть бути один або декілька параметрів, що визначають режим роботи різних типів і видів трибоспряжень деталей, наприклад температура в зоні тертя, граничні зазори, швидкість зношування та ін.

Визначено, що реалізація процесів і станів самоорганізації дозволяє на декілька порядків зменшити інтенсивність зношування трибоспряжень, а отже суттєво підвищити їх надійність. Самоорганізація при реалізації триботехнологій припрацювання і відновлення спряжень деталей супроводжується еволюційними процесами – утворенням антифрикційної металевої плівки на поверхнях тертя. Головним в цьому випадку є характер самоорганізуючого тертя, який обумовлений обміном трибоспряжень деталей із зовнішнім середовищем енергією і речовиною, а також колективною поведінкою іонів металу та органічних сполук, з яких формується захисна плівка або покриття. При цьому характерним є те, що нанесена плівка або покриття перебувають в особливому стані, властивому тільки процесу тертя. Тертя не може їх знищити, оскільки воно їх відтворює. Тому теоретичне обґрунтування цієї форми самоорганізації базуються на синергетиці.

Список літератури

1. Аулін В.В. Деякі закономірності зношування елементів трибосистеми "РОГМ-грунт / В.В. Аулін, А.А. Тихий / Зб. тез матеріалів міжнар. наук. практ. конф. «Ольвійський форум - 2012» Секція «Трибологія, енерго- та ресурсозбереження», 6-10 червня 2012, Ялта., т. 12. – С.57-59.
2. Аулін В.В. Стан самоорганізації середовища ґрунту та закономірності зносу робочих органів ґрунтообробних машин / В.В. Аулін // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2013. – №1 – С.114-119.
3. Аулін В.В. Узагальнені ознаки здатності матеріалів трибоелементів і робочих середовищ до реалізації процесів самоорганізації / В.В. Аулін / Зб. тез матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. "Трибологія, енерго- та ресурсозбереження", яка проводилась в рамках "Ольвійського форуму - 2013", 7-8 червня 2013, Миколаїв-Ялта: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. – С.19-21.
4. Aulin V. Research of the tense state of soil and workings organs of tillage machines and their influence on hauling resistance / V. Aulin, A. Warouma, A. Tyhyi // Global Journal of Soil Science Research Vol. 1, No. 1, July 2013, PP: 01-11.
5. Аулін В.В. Забезпечення самоорганізації форми деталей з різальними елементами при їх виготовленні / В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, А.А. Тихий // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2013. – №3 – С.104-108.
6. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: монографія // В.В. Аулін. – Кіровоград: Вид. Лисенко В.Ф., 2014. - 370 с.

**РОЛЬ ФЛУКТУАЦІЙ ОСНОВНИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ВЕЛИЧИН В
ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ І
АГРЕГАТИВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
С.В. Лисенко, *канд. техн. наук, доц.*,
О.В. Кузик, *канд. техн. наук, доц.*,
М.С. Наполов, *студ.*,
М.І. Комісаренко, *студ.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Розглянемо питання оцінки середніх квадратів флуктуацій основних термодинамічних величин, що відносяться до локальної області контактів поверхневого шару спряжень матеріалів деталей. Зауважимо, що при низьких температурах умова виділення локальної області може виявитися слабкішою, ніж умова, що забезпечує передбачувану відсутність квантових флуктуацій. В цьому випадку мінімальні допустимі розміри локальної області контактів визначатимуться саме останньою умовою. Щоб уникнути непорозумінь слід підкреслити, що питання про ступінь істотності квантових флуктуацій не має ніякого відношення до питання про вплив квантових ефектів на термодинамічні величини (рівняння стану) матеріалу поверхневого шару деталей. При цьому флуктуації можуть бути класичними, і в той же час рівняння стану поверхневого шару може визначатися квантово-механічними виразами.

Для таких величин, як енергія, об'єм та інші, що мають разом з термодинамічним і чисто механічний зміст, поняття флуктуації само собою очевидно. Воно має потребу, проте, в уточненні для таких величин, як ентропія і температура, визначення яких неминуче пов'язане з розглядом протікання процесів тертя та зношування в матеріалах. Нехай $S(\bar{W}, \bar{V})$ є рівноважною функцією ентропії як функції середніх енергії \bar{W} і об'ємів \bar{V} . Під флуктуацією ентропії будемо розуміти зміну функції $S(\bar{W}, \bar{V})$, що розглядається формально як функція відхилення від точних (флуктуюючих) значень енергії і об'єму.

Оскільки ймовірність P_ϕ флуктуації пропорційна $\exp S_n$, де S_n – повна ентропія замкнутого трибоспряження деталей, маємо:

$$P_\phi \sim \exp \Delta S_n, \quad (1)$$

де ΔS_n – зміна ентропії при флуктуації: $\Delta S_n = -A_{\min} / T_0$, де A_{\min} – мінімальна робота, необхідна для того, щоб зворотним чином здійснити задану зміну термодинамічних величин локальної області поверхневого шару матеріалу деталей. Звідки маємо:

$$P_\phi \sim \exp \left(-\frac{A_{\min}}{T_0} \right). \quad (2)$$

Співвідношення для A_{\min} має вигляд:

$$A_{\min} = \Delta W - \bar{T} \Delta S + \bar{p} \Delta V, \quad (3)$$

де ΔW , ΔS , ΔV – зміни енергії, ентропії і об'єму даного локального об'єму трибоспряжень деталей при флуктуації, а \bar{T} і \bar{p} – температура і тиск, тобто рівноважні середні значення температури і тиску трибоспряжень деталей, тобто будемо мати:

$$P_\phi \sim \exp \left(-\frac{\Delta W - \bar{T} \Delta S + \bar{p} \Delta V}{\bar{T}} \right). \quad (4)$$

Відмітимо, що у такому вигляді цю формулу можна застосувати до будь-яких флуктуацій – як малих, так і значних. Під значними будемо розуміти флуктуації, при яких,

наприклад, ΔW порівняно з енергією найменшої локальної області контакту матеріалів деталей, але, звичайно, як і раніше мало в порівнянні з енергією трибоспряження деталей в цілому. У застосуванні до малих флуктуацій (4) розклад ΔW в ряд, набуває вигляду:

$$\Delta W - \bar{T}\Delta S + \bar{p}\Delta V = \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial S^2} (\Delta S)^2 + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial S \partial V} \Delta S \Delta V + \frac{\partial^2 W}{\partial V^2} (\Delta V)^2 \right]. \quad (5)$$

Останній вираз можна дещо трансформувати:

$$\frac{1}{2} \left[\Delta S \Delta \left(\frac{\partial W}{\partial S} \right)_v + \Delta V \Delta \left(\frac{\partial W}{\partial V} \right)_s \right] = \frac{1}{2} (\Delta S \Delta T - \Delta p \Delta V). \quad (6)$$

Звідки імовірність (4) флуктуацій пропорційна виразу:

$$P_\phi \sim \exp \frac{\Delta p \Delta V - \Delta T \Delta S}{2\bar{T}}. \quad (7)$$

З цього спільного виразу можна знайти флуктуації різних термодинамічних величин. Оскільки зміни ентропії і тиску дорівнюють:

$$\Delta S = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_v \Delta T + \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T \Delta V = \frac{C_v}{T} \Delta T + \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_T \Delta V; \quad (8)$$

$$\Delta p = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v \Delta T + \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_T \Delta V, \quad (9)$$

то підставляючи (8) і (9) у вираз (7), отримуємо:

$$P_\phi \sim \exp \left[-\frac{C_v}{2T^2} (\Delta T)^2 + \frac{1}{2T} \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_T (\Delta V)^2 \right]. \quad (10)$$

Оскільки цей вираз містить два множники, залежних тільки від ΔT або ΔV , то флуктуації температури і об'єму статистично є незалежними:

$$\overline{\Delta T \Delta V} = 0. \quad (11)$$

Порівнюючи по черзі кожен з цих двох множників із спільною формулою розподілу Гауса, знайдемо вирази для середніх квадратів флуктуацій температури і об'єму:

$$\overline{(\Delta T)^2} = \frac{kT^2}{C_v}; \quad (12)$$

$$\overline{(\Delta V)^2} = -T \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T. \quad (13)$$

Позитивність цих величин забезпечується термодинамічними нерівностями $C_v > 0$ і $(\partial p / \partial V)_T < 0$.

Вважаючи p і S незалежними змінними у виразі (7), маємо:

$$\Delta V = \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_s \Delta p + \left(\frac{\partial V}{\partial S} \right)_p \Delta S; \quad (14)$$

$$\Delta T = \left(\frac{\partial T}{\partial S} \right)_p \Delta S + \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_s \Delta p = \frac{T}{C_v} \Delta S + \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_s \Delta p. \quad (15)$$

Але згідно виразу $dW = TdS + Vdp$, маємо:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial S} \right)_p = \frac{\partial^2 W}{\partial p \partial S} = \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_s. \quad (16)$$

Підставивши (16) в (14), отримуємо:

$$\Delta V = \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_s \Delta p + \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_s \Delta S. \quad (17)$$

Враховуючи (17) і (15) в (7), маємо:

$$P_\phi \sim \exp \left[\frac{1}{2T} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_S (\Delta p)^2 - \frac{1}{2C_p} (\Delta S)^2 \right]. \quad (18)$$

Аналогічно до виразу (10), у цьому виразі також можливо виділити множники, залежні від Δp і ΔS . Отже при цьому флуктуації ентропії і тиску статистично незалежні.

Статистична незалежність пар термодинамічних величин T , V і S , p в трибоспряженнях деталей є очевидною з наступних міркувань: якщо відповідно позначити $x_1 = \Delta S$ і $x_2 = \Delta p$, то їм будуть відповідати вирази: $X_1 = \Delta S / S$, $X_2 = -\Delta p / p$. і $x_i X_k = 0$ при $i \neq k$. Аналогічно до співвідношення (11), маємо:

$$\overline{\Delta S \Delta p} = 0. \quad (19)$$

Середні квадрати флуктуацій ентропії і тиску відповідно становлять:

$$\overline{(\Delta S)^2} = C_p; \quad (20)$$

$$\overline{(\Delta p)^2} = -T \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_S. \quad (21)$$

З отриманих виразів видно, що середні квадрати флуктуацій адитивних термодинамічних величин – об'єму і ентропії – пропорційні розмірам локальних областей поверхневих шарів матеріалів трибоспряження деталей. Відповідно середня квадратична флуктуація цих величин пропорційна квадратному кореню з об'єму, а відносна флуктуація – обернено пропорційна цьому кореню. Для таких величин, як температура і тиск, обернено пропорційні кореню з об'єму вже самі їх середні квадратичні флуктуації.

Оскільки (13) визначає флуктуацію об'ємів поверхневих шарів матеріалів спряжень деталей, що містить певне число N_κ локальних областей контактів, то поділивши обидві його частини на N^2 , знаходимо флуктуацію об'єму, що приходить на одну локальну область:

$$\overline{[\Delta(V / N_\kappa)]^2} = -T / N_\kappa^2 (\partial V / \partial p)_T. \quad (22)$$

Зазначимо, що ця величина, не залежить від розгляду флуктуації в постійному об'ємі або для постійного числа локальних областей контактів. Тому з виразу (22) можна знайти флуктуацію числа локальних областей контактів, що знаходяться в певному виділеному в об'ємі поверхневого шару матеріалу деталі:

$$\Delta(V / N_\kappa) = V \Delta(1 / N_\kappa) = -(V / N_\kappa^2) \Delta N_\kappa. \quad (23)$$

Підставляючи вираз (23) у (22), отримуємо:

$$\overline{(\Delta N_\kappa)^2} = -(T N_\kappa^2 / V^2) (\partial V / \partial p)_T. \quad (24)$$

Для деяких обчислень зручно представити цей вираз в іншому вигляді. Оскільки похідна $(\partial V / \partial p)_T$, узятя при постійному N_κ , то маємо:

$$-(N_\kappa^2 / V^2) (\partial V / \partial p)_{T, N_\kappa} = N_\kappa [(\partial / \partial p)(N_\kappa / V)]_{T, N_\kappa}. \quad (25)$$

Але число локальних областей контактів N_κ , як функція від p , T , V , в силу міркування адитивності повинне мати вигляд $N_\kappa = V f(p, T)$. Іншими словами, N_κ / V є функцією від p і T , а тому не зовсім важливо, чи проводиться диференціювання N_κ / V при постійному N_κ або V :

$$N_\kappa [(\partial N_\kappa / \partial p)(N_\kappa / V)]_{T, N_\kappa} = (N_\kappa / V) (\partial N_\kappa / \partial p)_{T, V} = (\partial N_\kappa / \partial p)_{T, V} (\partial p / \partial \mu)_{T, V} = (\partial N_\kappa / \partial \mu)_{T, V}, \quad (26)$$

При цьому була використана рівність $N_\kappa / V = (\partial p / \partial \mu)_{T, V}$, що випливає з рівняння $V dp = S dT + N_\kappa d\mu$, де μ – хімічний потенціал. Рівність (26) можна легко отримати і безпосередньо з розподілу Гіббса. Згідно визначенню середніх значень, маємо:

$$\bar{N}_\kappa = e^{\Omega/T} \sum_N N_\kappa \exp(\mu N_\kappa / T) \sum_n \exp(-W_n N / T). \quad (27)$$

Продиференціювавши вираз (27) по μ (при постійних V і T), отримаємо:

$$\frac{\partial \bar{N}_\kappa}{\partial \mu} = \frac{1}{T} \exp(\Omega/T) \sum_{N_\kappa} \left(N_\kappa^2 + N_\kappa \frac{\partial \Omega}{\partial \mu} \right) \exp(\mu N_\kappa / T) \sum_{N_\kappa} \exp(-W_{nN_\kappa/T}) = \frac{1}{T} \left(N_\kappa^2 + \bar{N}_\kappa \frac{\partial \Omega}{\partial \mu} \right). \quad (28)$$

Оскільки $\partial\Omega/\partial\mu = -\bar{N}_\kappa$, то з рівності (28), маємо:

$$\frac{\partial\bar{N}_\kappa}{\partial\mu} = \frac{1}{T} \left(\overline{N_\kappa^2} - \bar{N}_\kappa^2 \right) = \frac{1}{T} \overline{(\Delta N_\kappa)^2}. \quad (29)$$

Виходячи з розподілу Гіббса, можна отримати вирази і для флуктуацій інших термодинамічних величин:

$$\overline{(\Delta N_\kappa)^2} = T \left(\partial N_\kappa / \partial \mu \right)_{T,V}. \quad (30)$$

Разом з розглянутими термодинамічними величинами, що характеризують процеси в трибоспряженні деталей має імпульс P свого макроскопічного руху відносно середовища, або спряжених матеріалів деталей. В стані рівноваги ніякого макроскопічного руху немає, тобто $P=0$, але він може з'явитися в результаті флуктуацій. Визначимо імовірність таких флуктуацій. Мінімальна робота A_{\min} в цьому випадку дорівнює просто кінетичній енергії матеріалів деталей:

$$A_{\min} = \frac{P_1^2}{2m_1} = \frac{m_1 v_p^2}{2}, \quad (31)$$

де m_1 – маса деталі 1, $v_p = p_{TE} / m_{TE}$ – швидкість макроскопічного руху. Таким чином, для шуканої ймовірності, маємо:

$$P_\phi \sim \exp \left(- \frac{m_1 v_p^2}{2T_\kappa} \right). \quad (32)$$

Відзначимо, що флуктуації швидкості статистично незалежні від флуктуацій термодинамічних величин. Середній квадрат флуктуації кожній з декартових компонент швидкості рівний:

$$\overline{(\Delta v_{px})^2} = \frac{T_\kappa}{m_1}. \quad (33)$$

Виявлено, що теоретично середні квадрати класичних флуктуацій таких величин, як енергія, об'єм, тиск, швидкість та ін., набувають нульового значення при абсолютному нулі температури. Це є спільною властивістю всіх термодинамічних величин, що мають також і чисто механічний зміст.

Вираз (33) для флуктуацій температури можна тлумачити ще і з іншої точки зору. Відомо, що поняття температури може бути введено безпосередньо через розподіл Гіббса. При цьому температура розглядається як параметр, що визначає цей розподіл. У застосуванні до ізольованих трибоспряжень матеріалів деталей розподіл Гіббса повністю описує їх статистичні властивості з тією лише неточністю, що він дає малі, але відмінні від нуля флуктуації повної енергії поверхневих шарів матеріалів деталей, яких насправді не повинно бути. Навпаки, якщо вважати енергію за даною величиною, то не можна приписувати матеріалу цілком певну температуру, і треба вважати, що остання зазнає флуктуацій, що визначаються виразом (12), в якому C_v буде теплоємністю матеріалу поверхневого шару матеріалу. Ця величина, очевидно, характеризує точність, з якою може бути дане визначення температури матеріалу ізольованих трибоспряжень деталей.

Список літератури

1. Аулін В.В. Матеріалознавчий підхід до аналізу відмов ресурсовизначальних деталей двигунів мобільної с/г техніки / В.В. Аулін, О.В. Кузик / Матеріали ІХ-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с/г техніки, вип. 1. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 216-219.
2. Аулін В.В. Нерівноважні фазові перетворення матеріалів в умовах лазерної обробки та їх вплив на триботехнічні характеристики / В.В. Аулін, О.В. Кузик / Зб. тез матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. "Трибологія, енерго- та ресурсозбереження" яка проводилась в рамках "Ольвійського форуму - 2014", 4-7 червня 2014, Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2014.-С.46-48.
3. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: монографія / В.В. Аулін. – Кіровоград: Вид. Лисенко В.Ф., 2014. - 370 с.

**ДО ФІЗИЧНОЇ ПРИРОДИ ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ У
ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ**

В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф.,
А.Є. Чернай, асп.,
А.П. Лукашук, асп.,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Згідно закону збереження енергії зміна в часі загальної енергії поверхневого шару матеріалу деталей, що складається із внутрішньої і кінетичної енергії. Вона повинна бути рівна роботі сил, що діють в об'ємі маси A_m і на її поверхні A_n :

$$\frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{V(t)} \rho_0 \left(w_m + \frac{1}{2} v_0^2 \right) dv = \frac{d(A_m + A_n)}{dt}, \quad (1)$$

де W – загальна енергія; w_m – питома енергія на одиницю маси, $dw_m = c_v dt$; v_0 – швидкість руху деталі; ρ_0 – густина матеріалу деталі.

Розкладемо інтеграл у виразі (1) на інтеграли за об'ємом і поверхнею:

$$\frac{dW}{dt} = \int_V \frac{\partial \left\{ \rho_0 \left(w_m + \frac{1}{2} v_0^2 \right) \right\}}{\partial t} dv + \int_S \rho_0 \left(w_m + \frac{1}{2} v_0^2 \right) v_0 ds = \frac{d(A_m + A_n)}{dt}. \quad (2)$$

З фізичної точки зору зміст останнього виразу наступний: інтеграл за об'ємом описує зміну енергії всередині об'єму поверхневого шару, а інтеграл по поверхні – потік енергії через поверхню об'єму поверхневого шару деталі.

Якщо знехтувати усіма силами взаємодії мас і тертям, а також виключити теплопровідність і теплообмін, то рівняння (2) перетвориться:

$$A_n = - \int_S \rho_0 (v_0) dS. \quad (3)$$

Застосовуючи до рівняння (3) закон Гаусса, маємо:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left\{ \rho_0 \left(w_m + \frac{1}{2} v_0^2 \right) \right\} + dv_0 \left[\rho_0 v_0 \left(w_m + \frac{1}{2} v_0^2 + \frac{N_n}{\rho_0} \right) \right] = 0. \quad (4)$$

Якщо ввести питому ентропію s , що визначається за рівнянням:

$$ds = \frac{1}{T} \left[dw_m + N_n d \left(\frac{1}{\rho_0} \right) \right], \quad (5)$$

то рівняння (3) можна перетворити до вигляду:

$$\frac{ds}{dt} = 0. \quad (6)$$

При врахуванні тертя і теплопровідності в правій частині рівняння (4) з'являться доданки, що враховують дисипацію енергії, внаслідок чого рівняння (6) ускладнюється.

Більш того, у цьому випадку рух частинок зносу буде супроводжуватися зміною ентропії. Якщо відмовитися від вимог безперервності, диференційованості, то в розглянутій системі можуть виникати стрибки зміцнення, пов'язані зі збільшенням ентропії.

Відмітимо, що рівняння стану і закони збереження маси, імпульсу, енергії дозволяють записати шість рівнянь, достатніх для визначення швидкості, тиску, щільності і температури в потоці. В деяких часткових випадках враховуються також граничні і початкові умови.

Список літератури

1. Аулін В.В. Динамічне матеріалознавство зон тертя деталей сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, О.В. Кузик / Вісник ЖНАЕУ: науково-теоретичний збірник. – випуск № 2 (45), т.4, ч.ІІ – 2014. – С. 102-110.
2. Аулін В.В. Фізичні аспекти взаємодії в системі "РОГМ-грунт" / В.В. Аулін, А.А. Тихий, В.А. Войтов / Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 45, ч. I. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.132-142.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ВУЗЛІВ ДЕТАЛЕЙ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

УДК 620.178

УДОСКОНАЛЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ПОКРИТЬ НА ГІДРОАБРАЗИВНЕ ЗНОШУВАННЯ

М.Й. Бурда, канд. техн. наук, доц.,
О.А. Грунт, маг.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Значна кількість деталей технологічних та транспортних машин працюють в умовах взаємодії з гідроабразивним потоком [1, 2]. Правильність вибору матеріалів, зміцнюючих технологій та покриттів таких деталей підтверджується експериментальними дослідженнями, які проводяться на відповідних установках [3].

Найчастіше у таких установках реалізується метод Штауффера [2], який передбачає колове переміщення циліндричних зразків у абразивній суспензії. Основний недолік таких установок – нерівномірність зносу, через неоднаковість умов обтікання потоком суспензії циліндричних зразків.

Авторами проведена модернізація установки, що дозволило усунути цей недолік та розширити можливості за рахунок збільшення діапазону зміни швидкості взаємодії гідроабразивного потоку із робочою поверхнею зразка.

На рисунку 1 представлена схема цієї модернізованої установки. Вона складається із зварної рами 1, на вертикальній стійці якої закріплено асинхронний електродвигун 2 потужністю 4 кВт і частотою обертання 1000 хв^{-1} . За допомогою клинопасової передачі 3 обертання електродвигуна 2 передається на привідний вал, який встановлений на підшипниках кочення в опорному вузлі 4 (частота обертання валу 4 - $n \text{ хв}^{-1}$).

Сам опорний вузол закріплюється болтами на фланці випробувальної камери 5. На привідному валу закріплено ротор 6 в якому виконано чотири радіальних пази. Випробувані зразки 7 закріплені на шпильках у цих радіальних пазах. Це дозволяє плавно змінювати радіус R_i встановлення зразків 7 відносно осі обертання, що у поєднанні із зміною діаметрів D_1 і D_2 шківів клинопасової передачі 3 забезпечує зміну лінійної швидкості взаємодії робочих поверхонь зразків 7 із гідроабразивним середовищем 8 (табл. 1).

Таблиця 1 – Швидкісні режими роботи установки для дослідження матеріалів на гідроабразивне зношування.

№ режиму	D_1 , мм	D_2 , мм	n , хв^{-1}	R_i , мм	v , м/с
1	240	160	750	50	3,9
2	160	160	1000	50	5,2
3	240	160	750	100	7,8
4	160	160	1000	100	10,4
5	160	80	2000	100	20,8

Модернізація установки полягає також у використанні зразків прямокутної форми (рис.2). При цьому зразки 7 (рис.1) встановлюються на роторі 6 таким чином, що пара робочих поверхонь (a і b або v і z) зорієнтована під кутом 45° до напрямку руху у гідроабразивному середовищі 8. Тобто кут атаки рівний 45° . Це забезпечує його постійність a , отже, і рівномірність зносу по всій площі поверхні. Форма зношуваних поверхонь не

змінюється, що стабілізує умови випробувань і, як наслідок – підвищується точність отриманих результатів.

Вибір кута атаки у 45° обумовлений тим, що саме при такому куті атаки спостерігається максимальне зношування поверхні зразків [4]. Це дозволяє скоротити час випробувань.

Ще однією перевагою розробленої установки є те, що вибрана форма зразка дозволяє його повторне використання. Досягається це тим, що зразок встановлюється таким чином, що на першому етапі випробувань його робочими (тобто такими, що зношуються) поверхнями є поверхні *a* і *b*. На наступному етапі випробувань зразок після зважування повертається таким чином, щоб його робочими поверхнями стали поверхні *в* і *г*. Така процедура дозволяє скоротити необхідну кількість зразків, спростити і пришвидшити процес випробувань.

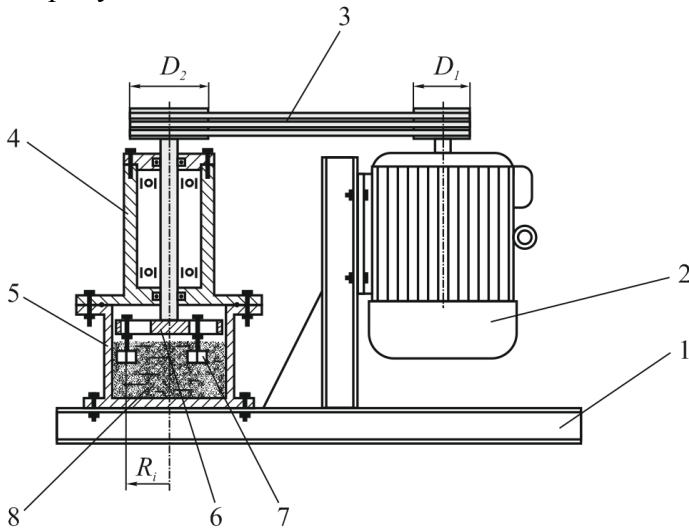


Рисунок 1 - Схема установки для дослідження гідроабразивного зношування (позначення в тексті)

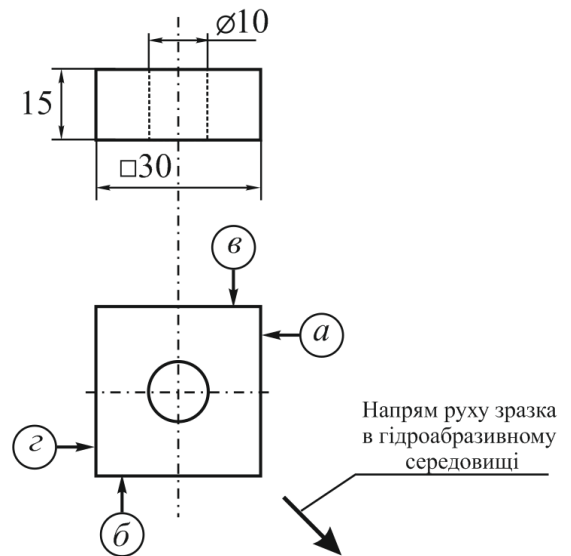


Рисунок 2 - Зразок для випробування матеріалів та покриттів на гідроабразивне зношування

Список літератури

1. Урванцев Л.А. Эрозия и защита металлов. – М.: Машиностроение, 1966. – с. 235.
2. Козырев С.П. Гидроабразивный износ металлов при кавитации. – М.: Машиностроение, 1971. – 239
3. Карасик И.И. Методы триботехнических испытаний в национальных стандартах стран мира. Под ред. проф. В.С. Киршенбаума. – М.: Центр «Наука и техника», 1993. – 325 с.
4. Тененбаум М.М. Сопrotивление абразивному изнашиванию. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.

ЗМІЦНЕННЯ КОРПУСНОЇ ЧАСТИНИ ПОРОДОРУЙНІВНОГО ІНСТРУМЕНТУ ЕЛЕКТРОДУГОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ ЗНОСОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ

О.О. Іванов, асп.

Д.Л. Луцак, канд. техн. наук, доц.,

П.М. Присяжнюк, канд. техн. наук, доц.,

Л.Д. Луцак, канд. техн. наук, доц.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Породоруйнівний інструмент працює у важких умовах, що характеризуються високими локальними температурами та питомими навантаженнями в зоні контакту з породою. При цьому в найбільш несприятливих випадках може проходити перерозподіл всієї реакції вибою на окремі ділянки робочої поверхні інструменту. Високотемпературне розігрівання поверхні, що виникає в середовищі промивальної рідини, призводить до термічної втоми матеріалу. Висока твердість та абразивність гірських порід, а також значні динамічні навантаження в комплексі з вказаними чинниками викликають інтенсивне абразивне зношування породоруйнівного інструменту.

Із загального комплексу бурового обладнання та інструменту найбільш інтенсивному абразивному зношуванню піддаються бурові шарошкові долота, особливо їх оснащення (зубці шарошок). При цьому переважаючим є механізм ударно-абразивного зношування, що призводить до різкого зменшення механічної швидкості буріння [1].

Важливі функції з формування та калібрування бокових стінок вибою, центрування інструменту під час роботи виконує корпусна частина долота в поєднанні з тильними поверхнями шарошок і дашками лап. Механізм зношування вказаних поверхонь характеризується переважаючим впливом абразивного зношування. У випадку використання доліт типу ОК-ПГВ з повітряним продуванням додатково проявляється вплив газоабразивного зношування.

Одним із перспективних напрямків захисту корпусної частини породоруйнівного інструменту з одночасним зниженням рівня використання дефіцитних вольфрамівмісних сплавів є використання нового класу безвольфрамових композиційних матеріалів, які наносяться методом електродугового наплавлення [2].

Авторами проведені комплексні лабораторні дослідження структури та абразивної зносостійкості покриттів системи легування *Ti-Cr-B-C* наплавлених порошковими електродами марки ЕП-ТБ-2-40 виробництва ТОВ МНВЦ «Епсілон ЛТД» (м. Івано-Франківськ), які реалізують процес самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВС). Електрод містить металеву оболонку, в якій знаходиться порошкова суміш, що здатна до екзотермічної реакції СВС. Ініціювання СВС відбувається під дією електричної дуги, після чого в порошковій суміші, що знаходиться в електроді, за рахунок теплопередачі, утворюється хвиля горіння, де відбувається синтез тугоплавких зносостійких сполук [3]. При цьому синтезовані сполуки характеризуються високою чистотою, а сам процес синтезу відбувається зі швидкістю, співмірною зі швидкістю горіння електрода.

Проведені дослідження показали, що наплавлений шар характеризується зносостійкістю в умовах абразивного зношування на рівні сплавів на основі *WC* і *W₂C* (ТМ «Реліт ТЗ»), а також високою твердістю (~ 65 HRC). Крім того, вартість електродів значно нижче їх вольфрамівмісних аналогів.

Мікроструктура досліджуваного покриття (рис. 1), наплавленого електродами марки ЕП-ТБ-2-40, містить фази, що відрізняються кольором та формою, а, відповідно – щільністю і твердістю. Кубічна фаза (спектр 1) являє собою зерна карбобориду хрому, що рівномірно

розподілений в евтектичній матриці. Темна фаза (спектр 2) являє собою зерна TiC , які виступають в ролі модифікаторів для утворення карбобориду хрому. Таким чином, досліджувані зносостійкі покриття на основі тугоплавких сполук титану і хрому представляють собою тверді сплави і є перспективними для легування хімічними елементами, такими як Nb і V , для надання додаткових властивостей, зокрема підвищеної стійкості до динамічних навантажень.

Нанесення зазначеного зносостійкого покриття на робочі поверхні здійснюється шляхом ручного електродугового наплавлення. Оптимальна висота наплавленого шару при цьому становить 1,5-2 мм. Наплавлення проводять з використанням спеціалізованого маніпулятора, який дозволяє почергово встановлювати площину зміцнювальної ділянки в горизонтальне положення, що викликано підвищеною рідкоплинністю використовуваних наплавлювальних матеріалів.

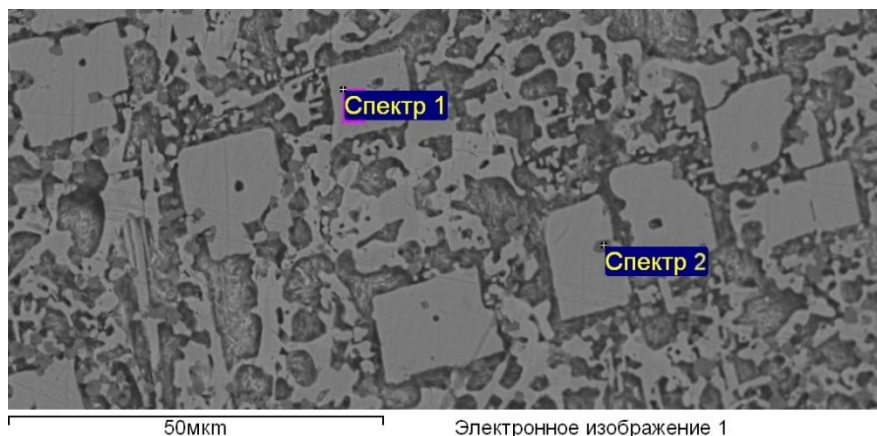


Рисунок 1 – Мікроструктура досліджуваного наплавленого покриття та результати МРСА (табл. 1)

Таблиця 1 – Результати спектрального аналізу досліджуваного наплавленого покриття.

Спектр	хімічний елемент, % мас.					
	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Ti</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
1	9,35	8,85	0	13,61	67,32	0,88
2	0	12,01	68,92	1,88	17,20	0

Промислові випробування доліт типу ОК-ПГВ з наплавленими дашками лап електродами марки ЕП-ТБ-2-40 проводилися в умовах Полтавського ГЗК і Південного ГЗК. Для порівняння використовувалися долота наплавлені твердим сплавом «Реліт ТЗ» (серійне виконання). Результати випробувань показали, що ресурс роботи дашків лап зміцнених даними електродами відповідає ресурсу серійних. При цьому забезпечується значно нижча вартість як самих безвольфрамових наплавлювальних матеріалів, так і витрат на проведення технологічного процесу їх нанесення.

Список літератури

1. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Шрейбер Г.К. Ударно-абразивный износ буровых долот. – М.: Недра, 1975. –167 с.
2. Пилипченко О.В. Наплавлення матеріалами СВС-класу. / О.В. Пилипченко // Метали. Технології і обладнання, – 2009. – №23-24. – С. 15-18.
3. Луцак Д. Л. Застосування самопоширюваного високотемпературного синтезу в технологіях нанесення зносостійких / Д. Л. Луцак, Я. А. Криль, О. В. Пилипченко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2015. – № 2(55). – С. 43-50.

DETERMINATION OF OPTIMAL DESIGN FLUX-CORED STRIP FOR SURFACING WEAR-RESISTANT ALLOY

E. Syndetskyi, *stud.*,
A. Belik, *c. e. s.* , *docent*,
Priazovsky State Technical University

Increase in wear-resistance and service life of machines is an important task in production. One of the effective directions of its decisions is restoration of details of machines, the tool and increase in their durability electric-arc surfacing. The largest productivity at the mechanized electric-arc surfacing up is shown by flux-cored strip electrode materials and provide increase in operational characteristics of details of machine and designs.

For the purpose of receiving the quality surfaced metal and reduction of an expense of a metal shell it is necessary to define an optimum form of a flux-cored strip.

The main technological characteristics of the flux-cored strip electrodes is the coefficient of filling.

Therefore researches of dependence of thickness of the core of a flux-cored strip on coefficient of filling and thickness of a cover were conducted that allowed to gain a better understanding about influence of various parameters of a flux-cored strip on coefficient, fillings which influences melting indicators.

Also indicators of melting of a flux-cored strip are influenced by composition of the core, introduction of thermite impurity, metal additives, particle size distribution of components of the core, extent of the general sinking of a cover and the core at production of a powder tape. Considering a great influence of various factors on indicators of melting of a flux-cored strip were conducted researches on determination of dependences of coefficients of fusion, surfacing and losses from coefficient of filling, cover thickness, composition of components of the core, extent of compression, a shell construction.

It is possible to determine the optimum sizes of a flux-cored strip by these calculations. The optimum sizes of a flux-cored strip and a design of the giving mechanism allow to receive the surfaced metal with necessary welding and technological properties. And shorten the time of production of a powder tape and the equipment for it due to automation of calculations, using electronic computer.

FRETTING-CORROSION OF SUPPORTING ROLLS MILL 3000

S.V. Schetin, *prof., Dr. tech. sciences,*
V.I. Schetin, *prof., Dr. tech. Sciences,*
P.V. Nikitenko, *graduate student,*
O.V. Koval, *graduate student,*
E. Khaled, *graduate student,*
Priazovsky State Technical University

Support rolls, which prevent breakage of cast-iron work rolls, are operated under high specific pressures, which leads to plastic deformation, atoms approaching the interatomic distance, welding of contacting surfaces and fretting corrosion, which reduces the fatigue strength of the metal; is an important scientific and technical problem.

Fretting corrosion (fret - corroded) [1] is a special type of destruction that occurs on loaded metal surfaces when they are reversible relative microscopic. Using metal structural, electron microscopic and X-ray structural analyzes, it has been established that severe plastic deformation occurs during fretting corrosion [1], seizure, abrasive failure, fatigue processes accompanied by oxidation and corrosion [1]. Due to material redevelopment in the surface layers, fatigue phenomena develop, accompanied by the formation of microcracks, since fretting corrosion and fatigue have one and the same cause of occurrence [2]. Various mechanisms and molecular theory of fretting corrosion have been proposed to explain fretting corrosion [3, 4]. For metals, the crystal structure is characteristic, therefore molecular theory is less likely. It is believed [5] that oxygen enhances fretting corrosion due to the formation of oxides acting as an abrasive. There is a theory [6, 7], according to which fretting corrosion is a consequence of the small amplitude of the relative slip of the contacting surfaces. Despite a significant amount of work, the mechanism of fretting corrosion has not been studied enough.

The most likely electromagnetic nature of fretting corrosion, which consists in the following. . In the process of rolling, under the action of high specific pressures, when plasticity reaches the yield point, plastic deformation and convergence of atoms to the interatomic distance of 10^{-10} m occurs. Under the action of micro displacements, atoms of the contacting surfaces are displaced relative to each other, as a result of which the atoms of the contacting surfaces revolve around the nucleus of the electrons of the contacting surfaces become the same . The magnetic fields created by microcurrents of opposite directions are mutually destroyed, and the induction between the atoms of the contacting surfaces becomes zero [8–11]. According to the minimum energy law, conductors with currents of the same direction move in the direction of a smaller magnetic field and interatomic binding forces of attraction arise, the nature of which is electromagnetic.

Fretting corrosion of the mill support roll 3000 is a welding process. Under the action of high specific pressures exceeding the yield point, plastic deformation occurs, oxide films are removed, and atoms approach the interatomic distance. As a result of the micro-movements of the contacting surfaces of the support roll and the axle bushings, due to the play in the key area, the layers of atoms are displaced and the same currents of the electrons rotating around the core microcurrents are displaced. The magnetic fields created by microcurrents of opposite directions are mutually destroyed, and the induction becomes zero. Microcurrents move in the direction of a smaller magnetic field, as a result of which interatomic bond forces arise, welding and fretting corrosion occur, the nature of which is electromagnetic.

Effective is the use of quantum processes of atoms electromagnetic interaction to prevent fretting corrosion due to the magnetization of the support roll and sleeve axle contacting surfaces

with the opposite direction of the magnetic field lines and the creation of electromagnetic forces and magnetic repulsion, which act on the interatomic distance.

The preliminary magnetization of the contacting surfaces with the magnetic field lines opposite direction creates electromagnetic forces and magnetic repulsion pressure, which act at the atomic level. With the approach of the contacting surfaces atoms, under the action of high specific pressures in the rolling process, the electromagnetic forces and the repulsion magnetic pressure increase, which prevents fretting corrosion.

Literature list

1. Golego N.L., Alyabyev A.Ya., Shevel V.V. Fretting - corrosion of metals. - K.: Technique, 1974. - 272 p.
2. Evans Yu.R. Corrosion and oxidation of metals. - M.: Mashinostroenie, 1962. - 277s.
3. Campbell W.E. The current status of fretting corrosion. - ASTM.: Spec. Techn. Public. Symposium on Fretting Corrosion, 3, 1953. - 144c.
4. Tomlinson G.A., Thorpe, H.J. Annealing of the fretting corrosion of the closely fitting surfaces. - Proc. Inst. Mech. Eng. 141, 1939. - 323 c.
5. Wright K.G.R. Investigation of contact corrosion. - Applied mechanics and mechanical engineering, 1954. - №6. - C.11 - 15.
6. Feng I - Ming. A new theory of metal transfer and wear. - // Lubrication Eng, 34, 1954. - 235 p.
7. Feng I - Ming., Rightmire B.G. The mechanism of fretting // Lubrication Eng. June 9 - 1953. - C.134-158.
8. White R.M. Quantum theory of magnetism. - M.: Mir, 1972. - 306s.
9. Zilberman G.E. Electricity and magnetism. - M.: Science, 1970. - 383c.
10. Bessonov L.A. Theoretical foundations of electrical engineering. Electromagnetic field. - M.: Gardariki, 2001. - 317 p.
11. Abramovich G.P. Applied gas dynamics. - M.: Science, 1969. - 824s.

СТРУКТУРНЕ ПРИСТОСУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЗОВНІШНЬОМУ ТЕРТІ ЯК ПРОЦЕС САМООРГАНІЗАЦІЇ ТРИБОСИСТЕМ

М.І. Денисенко, канд. техн. наук, доц.,
ВП НУБіП України «Немішаєвський агротехнічний коледж»

Причиною виходу з ладу надмірної кількості деталей машин є знос їх тертьових поверхонь. Під час роботи деталей і робочих органів сільськогосподарських машин, середовище зони тертя, газове або рідкісне, неминуче містить абразивні частки, тому внаслідок абразивного зношування виходить з ладу 75 – 80% деталей машин, а від поламок 20 – 25%. Основи сучасних уявлень про тертя були закладені такими видатними вченими, як І.В.Крагельський, Ф.Боуден і Д.Тейбор, котрі значно розширили знання про тертя, сформулювавши молекулярно-механічну і адгезійно-деформаційну теорію тертя.

Наступним етапом розвитку науки про тертя стало усвідомлення ведучої ролі поверхневих шарів матеріалу. І.В.Крагельським введено таке фундаментальне визначення як «третє тіло». В рамках цієї концепції стверджується, що визначальний вплив на процеси тертя і зношування чинять модифіковані поверхневі шари, що утворюються при контакті та формуються з них в результаті хімічних, механічних, теплових та інших процесів.

Сучасний стан науки про контактну взаємодію поверхонь тертя наведено у роботах Боудена Ф.П., Тейбора Д, Буше Н.А., Гаркунова Д.Н., Демкина Н.Б., Кашеєва В.Н., Костецького Б.І., Крагельського І.В., Розенберга Ю.А., Чичинадзе А.В., Солдатенкова І.А., Шевеля В.В., Паніна В.Є., Білого В.А. Першими дослідниками в царині досліджень зносу були монографії М.М.Хруцова, Д.В.Конвісарова, А.К.Зайцева, а також четвертий том «Фізика твердого тіла» В.Д.Кузнецова. У подальшому дослідниками Є.А.Чудаков, Б.Д.Грозін, Д.А.Драйгор, а також в Україні – Б.І.Костецький і Н.Л.Голего планомірно проводили дослідження природи зношування.

Енергетична теорія зносу сформульована Флайшером і отримала подальший розвиток у працях його колег. Втомна теорія зносу отримала широке розповсюдження серед вчених різних країн. Суттєвий внесок у її розвиток Розеану. У працях японських вчених Y.Fukuda, K.Endo, H.Togata і O.Takamia приведені суттєві дослідження на користь втомної природи зношування. Наступним етапом у вивченні властивостей тонкого поверхневого шару стало відкриття Д.Н.Гаркуновим і І.В.Крагельським ефекту вибірного переносу. Суть його полягає в тому, що завдяки вибірному корозійному розчиненню окремих складових сплавів вдається настільки підвищити дефектність структури кристалічної решітки тонкого поверхневого шару, що він може бути подібним рідині.

Питаннями впливу мастила на процеси тертя та зношування займалися Б.І.Костецький, Л.І.Куксенова, Є.Д.Браун, С.В.Венцель, В.Н.Виноградов, М.Ф.Дмитриченко, Л.П.Клименко, Р.Г.Мнацаканов, В.А.Войтов та інші дослідники. Дослідження абразивного зношування присвячено велику кількість наукових робіт як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, Величезний внесок у вивченні процесів абразивного зношування здійснили вчені М.М.Хруцов, І.В.Крагельський, В.Н.Кашеєв, В.Н.Виноградов, Б.І.Костецький, М.М.Тененбаум, И.Р.Клейс, Л.І.Погодаєв, Ф.П.Боуден, М.М.Бриков та інші.

Зовнішнє тертя є процес перетворення зовнішньої механічної енергії в енергію внутрішню. Закономірності цього перетворення визначаються властивостями і структурою трибоматеріалів, характером впливу і станом зовнішнього середовища. Фундаментальне рішення задач трибології можливе завдяки досягненням теоретичної фізики в царині самоорганізації і утворенням упорядкованих дисипативних структур (ДС) у живій і неживій природі. Для пояснення процесів поверхневого руйнування використана теорія недосконалоостей кристалічної будови.

На основі матеріалознавчого аналізу процесів поверхневого руйнування великої кількості деталей конкретних машин була запропонована класифікація видів зношування, у якій вперше виділені головні ведучі процеси, що визначають умови тертя [1]. Б.І.Костецьким і Л.І.Бершадським була розроблена теорія «структурно-енергетичного пристосування» матеріалів при терті. Структурно-енергетична теорія, що розвивається в останні роки базується на сучасних досягненнях фізики в царині природи самоорганізації матеріалів з врахуванням особливостей структурно-енергетичного пристосування матеріалів при терті.

Самоорганізація структур найбільш розповсюджена при роботі машин різноманітного призначення в режимі граничного тертя. Самоорганізація в цьому режимі, названа структурним пристосуванням (СП), проявляється в утворенні захисних вторинних структур (ВС), які екранують основний матеріал деталей від безпосереднього контакту, схоплювання та інтенсивного руйнування. Вторинні структури, що мають фрикційні і міцнісні властивості, представляють тонко-плівковий об'єкт ($h_{bc} = 20 \dots 80$ нм), характеристики котрого визначають механізми формування сил тертя і зношування.[2, с.10].

Внутрішній механізм структурного пристосування представляє собою процеси структурно-термічної активації матеріалів поверхневих шарів і фізико-хімічного пасивування. Кінетика структурного пристосування складається з ритмів активації і пасивації (періодичного утворення і руйнування вторинних структур). Сутність відкритого явища полягає в тому, що для всіх матеріалів і умов середовища існує певний діапазон навантажень і швидкостей переміщення, що забезпечує протікання нормального механохімічного зношування [3, с.62].

Аналіз даних, отриманих за допомогою різних методів досліджень, дозволяє також припустити, видалені частинки зношування мають розмірність від атомно-молекулярного рівня до розмірів, порівняних з шорсткістю робочої поверхні деталі на відповідній стадії зношування. Об'єктами руйнування поверхневого шару є як вихідна структура, яка дід час роботи зазнає певних змін, так і вторинні структури, утворені в результаті масообміну і взаємодії поверхні тертя та активних компонентів зовнішнього середовища. Утворення шару вторинних структур у більшості випадків чинить позитивний вплив на зносостійкість деталей. Явище структурного пристосування обумовлене доцільністю перебудови вихідної структури поверхневих шарів матеріалів у стійку форму, термодинамічна найбільш вигідну для даних умов навантаження.

В результаті взаємодії активованих поверхневих шарів металу з активними елементами середовища – пасиваторами (киснем, сіркою, фосфором, хлором, азотом ті інш.) утворюються нові однофазні або гетеро фазні тонко плівкові об'єкти, що отримали назву вторинних структур [4, с.73]. Утворення вторинних структур (ВС) є необхідною умовою для реалізації явища структурного пристосування матеріалів при терті. Граничні можливості довготривалої міцності і безвідмовності матеріалів у трибо системах формуються у стані їх пристосування формуванню дисипативна вигідної структури, що має достатньо широкий ступінь стійкості.

Зношування деталей тертя треба розглядати, як сумарний результат одночасного протікання елементарних актів руйнування та змін властивостей матеріалу, природо котрих різноманітна. Це визначає різні види зношування, що може утворюватися на одній і тій же контактній ділянці улюбий заданий момент часу. Але для кожної (конкретної) пари тертя і вибраному режиму навантаження утворюється ведучий (домінуючий) вид зношування, що визначає інтенсивність зношування деталей тертя.

Поряд з ведучими видами зношування утворюються супутні види спрацювання. Так, при втомі, яка переважає за своїм якісним і кількісним проявленням, можливе існування абразивного і окислювального видів зношування. Зі зміною режимів навантаження ведучим видом може бути абразивне зношування, а супутніми – окислювальне і втома, схоплювання. Одним із шляхів підвищення надійності і довговічності машин являється оптимальне припрацювання їх деталей. У процесі припрацювання забезпечуються оптимальні склад, мікрогеометрія, структура і фізико-механічні властивості поверхневих шарів. Також треба

зауважити, що хоча припрацювання деталей машин і є необхідною умовою досягнення структурного пристосування, але не кожний режим припрацювання дозволяє досягти ефекту СП. Загальні ознаки структурного пристосування (СП) характеризуються: 1) наявністю нормального (оптимального) процесу тертя та різних видів пошкодження; 2) впливом зовнішніх механічних дій, природи пар тертя, складу і концентрації газових і рідких мастильних середовищ на оптимізацію параметрів нормального тертя; 3) оптимізацією мікрогеометрії. [3, с.63].

Відсутність фундаментального підходу до питання тертя і зношування на сьогодні не дозволяє ефективно використовувати ці можливості, тому пропонуються рекомендації по створенню банку даних трибо технічних показників для вибору конструкційних матеріалів, методів зміцнення, мастильних середовищ та інша інформації. Явище структурного пристосування матеріалів при терті являє собою головний фізичний механізм, впливаючи на котрий, можливо управління процесами тертя і зношування.

Список літератури

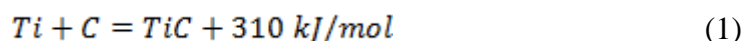
1. Костецкий, Б.И. Структурно-энергетические основы управления трением и изнашиванием [Текст] / Б.И.Костецкий. – К.:Общество «Знание», 1990. – 31 с.
2. Костецкий, Б.И. Задачи трибологии в машиностроении [Текст] /Б.И.Костецкий. – М.: Вестник машиностроения, 1989. №9. – с.9-14.
3. Костецкий, Б.И. Надежность и долговечность машин [Текст] / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский., Л.И.Бершадский, А.К.Караулов. – К.: Техніка, 1975. -408 с.
4. 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. – К.: Техніка

**TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITE COATINGS BASED ON
ALLOY SYSTEM NI-CR-B-SI-MODIFIED MATERIAL CONTAINING
BORIDES OF METALS**

A. S. Luzan, *stud.*,
M. S. Tkachenko, *master*,
O.I. Sidashenko, *professor, phd. techn. sciences*,
Kharkiv national technical University of agriculture named Peter Vasilenko

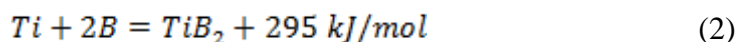
The paper proposes a composite material based on the Ni-Cr-B-Si system powder material modified by a mechanoactivated material obtained using a SHS process.

The most popular are compositions based on titanium carbide. This is due to the high exothermic effect of the reaction of the formation of titanium carbide from the elements (1), which provides a wide choice of binding material [1]:



As a result, the temperature of solid and molten reaction products reaches 2500-3500 K, so the reaction does not depend on external sources of heating and can propagate as a combustion wave, which itself produces energy for its propagation. Despite the high temperature, the transition of any of the components of the mixture into the gas phase is insignificant, and it can be neglected [2].

Upon receipt of the composite material we will synthesize diboride titanium (2).



Titanium powders of VT1-0, boron B, carbon of PM-15 grade were used as initial materials to obtain the composite material for the purpose of synthesis of carbide and titanium diboride. In addition, to increase the thermal effect during the synthesis of carbide and titanium diboride, a thermosetting powder with nickel aluminides PT-NA-01, aluminum powder PAP-1 GOST 5494-95 and Fe₂O₃ iron oxide is introduced into the mechanical mixture. The fractional composition of all initial powder components was in the range (63...100) μm. The ratio of the components in the mixture was equimolar, so that as a result of further SHS reaction the synthesis of carbide and titanium diboride, iron carbide of stoichiometric composition took place.

Comparative tests on the wear of the deposited samples were carried out on a friction machine of the MI type according to the "disc-block" scheme in the medium of industrial oil of the I-20 brand. Tests on the abrasive wear of the examined materials in terms of the friction of the fixed abrasive particles was evaluated in accordance with GOST 17367-71.

Self-propagating high-temperature synthesis (SHS-process) of the modifying composite material (MM) was performed on cylindrical samples under conditions of frontal synthesis. The ignition of the reacting composition was carried out by an electric arc (Fig. 1, 2).

After receiving the composite material in the form of heat (Fig. 2, b) its crushing was carried out, the matrix material PG-10N-01 was added in an amount of 90% and mechanoactivation treatment was carried out (Fig. 3).

The microstructure of the deposited coatings is a matrix material – alloy PG-10N-01, in which solid inclusions are uniformly distributed (Fig. 4).

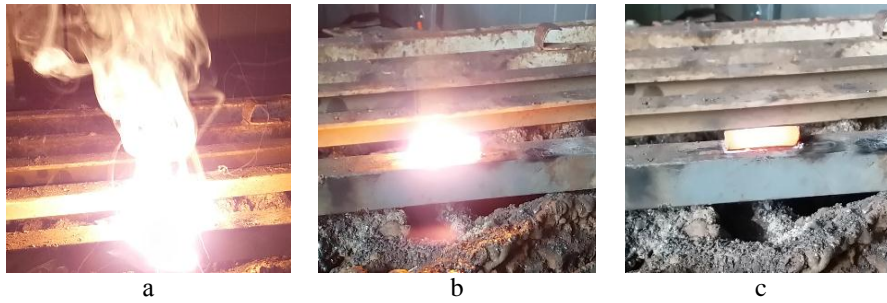


Figure 1 – SHS-process of formation of microns from Ti+B+C+Fe₂O₃+Al components, stages:
a-initial; b-maximum combustion; c-completing



Figure 2 – MM after: a – formation; b – SHS-process

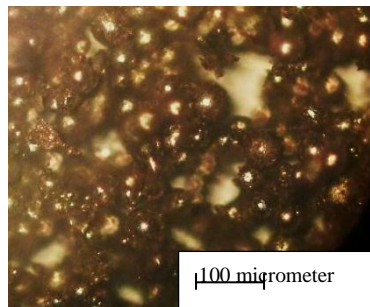


Figure 3 – Composite material 10% MM + 90% PG-10N-01

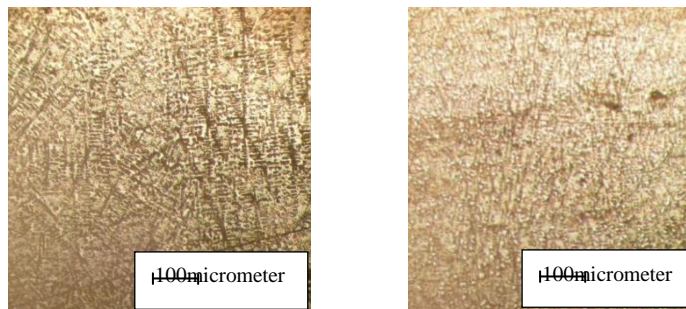


Figure 4 – Microstructure of the deposited coatings, $\times 100$: a – PG-10N-01; b – 10% MK + 90% PG-10N-01

The results of the study of the microhardness of the deposited coatings of composite materials of the composition {10% MM + 90% PG-10N-01} confirm that the deposited layer contains solid inclusions. So the microhardness of the deposited coatings containing 10% MM, exceeds the microhardness of the deposited coating PG-10N-01, equal to 520 HV, and is 740 HV, respectively Rockwell hardness is 34, 40 HRC.

The measurement of coercive force in the weld rolls to steel 20, made using structuroscopy KRM-TS-K2M under industry standard SOU 29.32.4-37-532: 2006, showed that when deposition of the powder PG-10N-01, its value was $H_c = 4.9$ A/cm, and the overlaying composite material containing 10% microns, $H_c = 5.1$ to 5.8 A/cm. the Increase of the coercive force also confirms the presence in the structure of composite material of non-metallic solid components.

As shown by the results of x-ray phase analysis of these shares is titanium diboride (TiB₂),

nickel borides (Ni_3B) and others (Fig. 5).

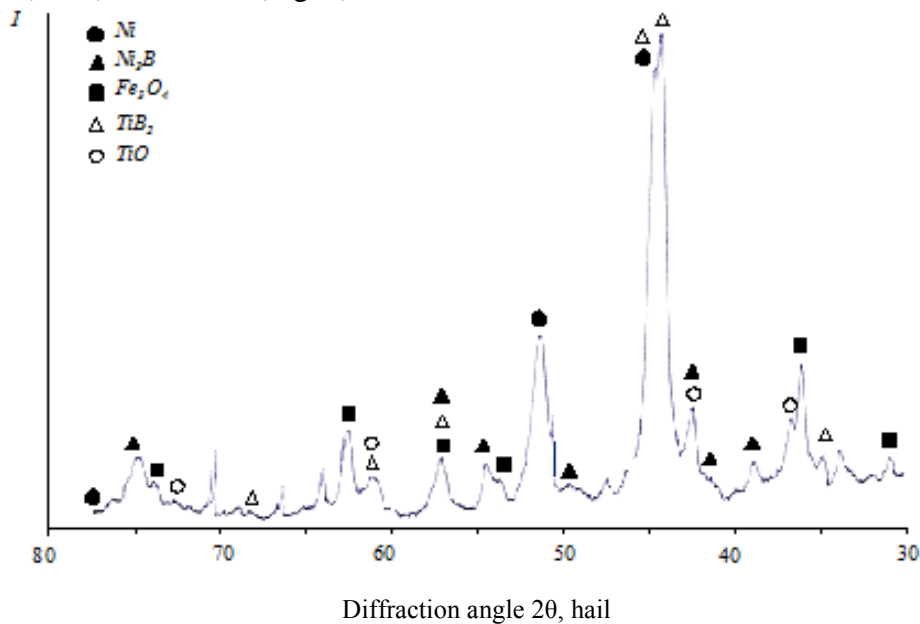


Figure 5 – x-Ray diffractogram of the deposited composite layer material 10% MM + 90% PG-10N-01

The phase composition of the deposited layers was determined using the Dron-3 diffractometer in monochromatic $K\alpha$ - Cu radiation in the angular range $2\theta = 10-80^\circ$.

Thus, on the basis of the results of the study it can be concluded that the developed composite material based on the alloy PG-10N-01, modified borovmismimi elements (TiB_2 and Ni_3B), provides high tribological properties of the weld coating in compared with the coatings of the alloy PG-10N-01.

List of references

1. S.A. Luzan, A.I. Sidashenko, A.S. Luzan // Tekhnichniy servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv. – Kharkiv: 2016. - № 6. – S. 152-162.
2. Rogachev A.S. Gorenje dlya sinteza materialov: vvedenie v strukturnuyu makrokinetiku / A.S. Rogachev, A.S. Mukas'yan. – M.: FIZMATLIT, 2013. – 400 s.

**TRIBO CONTACT PROBLEM FOR SLIDING BEARINGS OF
TECHNOLOGICAL AND TRANSPORT MACHINES**

O. Dykha, *Doctor of Technical Sciences, prof.,*

Khmelnytskyi National University,

T. Kalaczynski, *Ph.D.,*

University of Science and Technology, Bydgoszcz, Poland,

V. Dytynyuk, *stud.,*

Khmelnytskyi National University

Bearings of sliding are one of the most important structural elements of machines and devices and make up the main part of friction units. Technological failures are usually due to bounce of the bearings (along with the failures of other nodes) and thus limit the durability of the machine as a whole. Bearings of sliding, depending on the type of lubrication, operate in conditions of limiting and liquid friction. With limiting lubrication, the surfaces of the shaft and the bearing touch fully or in areas of great length. In practice, the methods of calculating bearings are used when wearing only the bearing (direct friction pair), only the wear of the shaft (the reverse friction pair) and simultaneous wear of the shaft and bearing (mixed friction pair). When creating reliable friction units of machines, there is a need for calculations of contact pressures and stresses in the contact area. Calculations are numerical implementations of mathematical models, corresponding processes and states. Mathematical models of contact interaction consist of calculation schemes, state equations and boundary conditions. The basis of the estimated estimation of wear of bearings of sliding is the solving of wear of contact tasks [1 - 5]. In this paper, a variational-experimental approach was used to determine the contact pressure in the bearing.

Consider the application of the variational-experimental method [1] to calculate the contact parameters of a cylindrical bearing of sliding (fig. 1).

The contact interaction of a solid cylinder of a radius R_1 (shaft) and a hollow cylinder (a bearing of a sliding bearing), a radius R_2 connected with a gap $\Delta = R_2 - R_1$ is considered.

Compression by force Q leads to plastic deformations in contact, while from the experiment the dependence of the contact angle $2\varphi_0$ on the load in the form of a power function is known:

$$Q = c\varphi_0^n, \quad (1)$$

where c , n are the dependency options:

$$Q = \frac{Q_n}{\epsilon},$$

where Q_n is the load on the shaft; ϵ is the size of the shaft on the creature.

The second main condition of the problem is the equilibrium condition of the external load and contact pressure $\sigma(\varphi)$ for the shaft:

$$Q = 2R \int_0^{\varphi_0} \sigma(\sigma) \cos \varphi d\varphi. \quad (2)$$

The condition of equilibrium must be fulfilled throughout the process of loading. This requirement leads to a quadratic functional:

$$F = \int_0^{\bar{\varphi}_0} \left[Q(\varphi_0) - 2R \int_0^{\varphi_0} \sigma(\varphi) \cos \varphi d\varphi \right]^2 d\varphi_0. \quad (3)$$

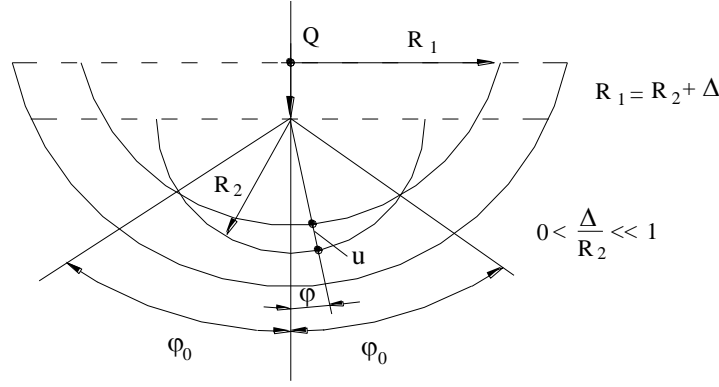


Figure 1 - Scheme of bearing of sliding

For the convenience of the solution, we take the function of the projection of pressure on the direction of the force as follows:

$$\sigma_1(\varphi) = \sigma(\varphi) \cos \varphi, \quad (4)$$

Then the functional takes the form:

$$F_1 = \int_0^{\bar{\varphi}_0} \left[Q(\varphi_0) - 2R \int_0^{\varphi_0} \sigma_1(\varphi) d\varphi \right]^2 d\varphi_0, \quad (5)$$

or taking into account (1):

$$F_1 = \int_0^{\bar{\varphi}_0} \left[c\varphi_0^n - 2R \int_0^{\varphi_0} \sigma_1(\varphi) d\varphi \right]^2 d\varphi_0. \quad (6)$$

The solution of the problem of determining the function of contact pressure we will look in the form of a power series of the form:

$$\sigma_1(\varphi) = \sum_k \xi_k (\varphi_0^k - \varphi^k), \quad (7)$$

where $k = 1, 2, 3, \dots$

After substitution (7), the functional (6) becomes a function of many variables:

$$F_1(\zeta_k) = \int_0^{\bar{\varphi}_0} \left[c\varphi_0^n - 2R \int_0^{\varphi_0} \sum_k \xi_k (\varphi_0^k - \varphi^k) d\varphi \right]^2 d\varphi_0. \quad (8)$$

After taking the internal integral (8) turns into a form:

$$F_1(\zeta_k) = \int_0^{\bar{\varphi}_0} \left[c\varphi_0^n - 2R \sum_k \xi_k \varphi_0^{k+1} \left(\frac{k}{k+1} \right) \right]^2 d\varphi_0. \quad (9)$$

Minimization of the function (9) of many variables is realized using the system of equations:

$$\frac{\partial F_1(\xi_k)}{\partial \xi_k} = 0. \quad (10)$$

After the rise (9) to the square, integrating and differentiating we arrive at the system of equations (11). With a small number of members of a series, the system (11) regarding the coefficients ξ_k is solved analytically. With a large number of members in a series - numerically with the help of a computer. After determining ξ_k the distribution function of pressure $\sigma_1(\varphi)$ is determined by (7).

$$\left. \begin{aligned} \sum_k \xi_k \sigma_0^k \frac{k}{(k+1)(k+p+3)} &= \frac{1}{n+p+2}; \\ k, p &= 1, 2, 3; \\ \xi_k &= \bar{\xi}_k, \bar{\sigma}; \bar{\sigma} = \frac{Q}{2R\varphi_0}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

During wear, the contact angle φ_0 of the shaft and bearing increases. If you do not take into account the elastic deformation of the bearing, then the relationship between the angle φ_0 of contact and the linear wear u_w is as follows:

$$\varphi_0 = \arccos\left(\frac{\cos \varphi \cdot \Delta}{u_w + \Delta}\right). \quad (12)$$

The wear of a bearing will be determined by an algebraic form:

$$u_w = a\sigma^m(\varphi_0) \cdot t. \quad (13)$$

Thus, in order to obtain data describing the kinetics of bearing wear, it is necessary to use a step-by-step procedure. This procedure is as follows. The whole process of wear is divided into small segments of time. $\Delta t = t_0 = t_2 = t_3 \dots t_n$. Determine the contact pressure from the system (11) and the wear of the bearing according to expression (13) for the first period of time t_0 .

Then determine the new value of the angle of contact φ_0 (12) taking into account the increase in wear $u_w + \Delta u_w$. The new value φ_0 is determined by the contact pressure $\sigma(\varphi_0)$ (4). The procedure is repeated. Thus, based on the results of numerical calculations it is possible to obtain a change in the main parameters of the bearing in the process of wear: $\sigma(t)$, $\varphi_0(t)$, $u_w(t)$.

In the first stage, tests were performed on the press of the shaft into the bearing with the determination of the experimental pressure diagram [2].

According to the test results, the parameters c and n of the pressure diagram were determined in the form:

$$\frac{Q}{\epsilon \Delta} = c\varphi_0^n.$$

The results of determining the parameters of the pressure diagram (hard characteristics) are given in Table 1.

Table 1 – Values of parameters of hard characteristics of a sliding bearing.

Materials		Parameters of hard characteristics	
shaft	bearing	c , MPa	n
Steel 45 HRC 38 – 43	Steel 40H HRC 43 – 47	2,93.105	3,05
	Steel 20H HRC 60	3,02.105	3,50
	Cast iron Z120	3,36.105	4,35
	Bronze CuSn10P	2,36.105	3,95
	Bronze CuAl8Fe3	2,26.105	3,63
	Bronze CuSn5Zn5Pb5	2,15.105	3,74

Calculations of contact parameters were performed at the following initial data:

$R = 45$ mm, shaft length along a formative line $\epsilon = 15$ mm;

$\Delta = 0,1$ mm, shaft material - steel 45; material of bearing - Bronze CuSn10P;

$c = 2,36,105$ MPa; $n = 3,95$.

The results of calculations of the angle of contact and pressure on the proposed method are presented on Fig. 2 and on Fig. 3

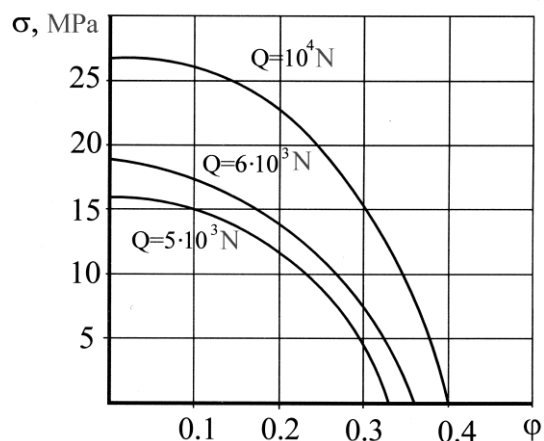


Figure 2 – Distribution of contact pressures at the angle of contact at different load values

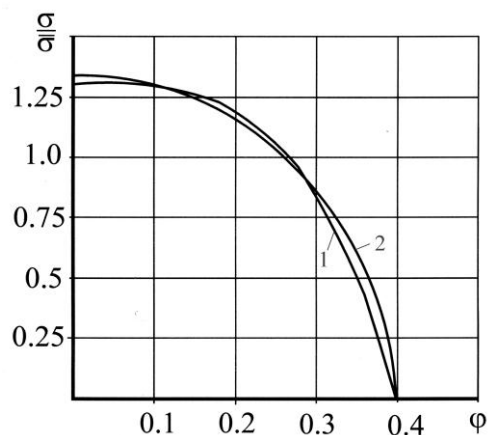


Figure 3 – Comparison of the distribution of contact pressure according to the proposed method -1 and by the method [3] -2

Comparison of the results of these calculations of contact pressure with calculations according to the known method [3] (Fig. 3), shows the sufficient accuracy of the proposed methodology.

The variational-experimental method for determining the distribution of contact pressure in a cylindrical slider bearing is proposed. In the solution, the experimental dependence of the dimensions of the contact arc in the bearing on the external load was used. In this work an example of determining the parameters of the indicated experimental dependence is implemented. The functional problem is obtained as a deviation of the experimental function from the integral equilibrium condition. For the calculation the kinetics of wear and contact parameters, a step-by-step procedure is proposed.

References

1. Kuzmenko A.G. Plastic contact Variational - experimental method. Monograph. Khmelnytsky: KhNU, 2009.
2. Kuzmenko, A.G., Kuzmenko, G.A., Sorokaty, R.V., Dykha, A.V. (1992). Calculating and experimental method for solving contact problems. *Trenie i iznos*, 13(2), 257–264.
3. Dykha O.V. Approximate wear contact problem for cylindrical bearing with allowance for slip friction. *Problems of Tribology*. 2017. No.4. Pp. 75-81.
4. Dykha, A.V., Kuzmenko, A.G. 2015. Solution to the problem of contact wear for four-ball wear-testing scheme. *Journal of Friction and Wear*, 36(2), 138-143. DOI: 10.3103/S1068366615020051
5. Dykha, A., Sorokaty, R., Makovkin, O., and Babak, O. 2017. Calculation-experimental modeling of wear of cylindrical sliding bearings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (89)), 51-59. doi: 10.15587/1729-4061.2017.109638. <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/109638>

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АНТИФРИКЦІЙНИХ ФТОРОПЛАСТОВИХ КАРБОПЛАСТИКІВ, МОДИФІКОВАНИХ НАНОПОРОШКАМИ ОКСИДУ ЦИРКОНІЮ

В. П. Свідерський, канд. техн. наук, доц.,
Л.М. Кириченко, науковий співробітник,
А.І. Міщшин, студ.,
Хмельницький національний університет

Для усунення недоліків політетрафторетилену (низька зносостійкість, повзучість або холодотекучість і високий коефіцієнт лінійного розширення) широко використовується модифікація полімеру різними модифікаторами [1]. Модифікація дозволяє істотно понизити знос при збереженні високих антифрикційних властивостей, підвищити фізико-механічні характеристики і розширити області застосування.

Асортимент модифікаторів політетрафторетилену (ПТФЕ) дуже широкий: скляні і вуглецеві волокнисті наповнювачі, дисульфід молібдену, кокс, графіт, метали, оксиди і солі металів, полімерні добавки.

Перспективним методом модифікації полімерів є використання нетрадиційних компонентів твердих речовин в ультрадисперсному стані [2].

Оксид цирконію – ZrO_2 (діоксид цирконію) володіє унікальним поєднанням різномірних властивостей: високою міцністю, зносостійкістю, термостійкістю, хімічною стійкістю і стабільністю до випромінювання, в тому числі і до нейтронного потоку, біологічною сумісністю тощо. Це визначає його широке застосування в різних галузях промисловості і дозволяє очікувати незвичайних ефектів у властивостях матеріалів на його основі при переході до наноструктурного стану.

Так, в області оксидної кераміки зменшення розмірів частинок вихідного порошку від мікро- до нанометрів дозволяє не тільки збільшити густину і покращити механічні характеристики керамічних матеріалів, але й суттєво змінити їх фізичні властивості. Останнє обумовлено тим, що при переході від макро- і мікро- до нанометрового діапазону твердих тіл (менше 100 нм або 0,1 мкм) властивості речовин суттєво змінюються [3].

В роботі [4] встановлено, що перспективними антифрикційними матеріалами є карбопластики типу флубон (Ф4ВВ20, Ф4К10ВВ10 – матеріали на основі політетрафторетилену і наповнювачів: вуглецевого волокна, що отримане за особливою технологією, модифіковане спеціальними добавками і коксом. Для покращення фізико-механічних і антифрикційних характеристик цих матеріалів використано принцип багаторівневого модифікування полімерної матриці. Реалізація даного принципу здійснюється шляхом введення в ПТФЕ суміші наповнювачів різного складу і дисперсності – вуглецевих волокон, коксу і нанодисперсних частинок, вибраних з групи оксидів цирконію.

Мета дослідження. Мета роботи полягає в тому, щоб підвищити антифрикційні, фізико-механічні властивості карбопластиків типу флубон (Ф4ВВ20, Ф4К10ВВ10) за рахунок модифікації їх оксидними нанопорошками $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ (700 °C), $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ (500 °C-2h), $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ (900 °C).

Випробування на зносостійкість проведені на установці ХТІ-72 [5]. Антифрикційні дослідження виконувались за схемою контакту – «сфера - площа». Режим змінних граничних питомих навантажень при постійному нормальному навантаженні, зразки висотою (10±0,1) мм і діаметром (10±0,1) мм з кінцевою сферою радіусу 6,35 міліметра контактували сферою по площині металевого контртіла діаметром (60±0,15) мм і висотою (10±0,15) мм; металеве контртіло було виготовлено із сталі 45 (НВ 4,5±0,18 ГПа) і оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra_0 =$

0,2±0,03 мкм.

За результатами цього експерименту розраховували чинник зношування (інтенсивність об'ємного зношування) для шляху тертя $\Delta S_1 = 0 \dots 3$ км і $\Delta S_2 = 3 \dots 23$ км:

$$I_i = \frac{\Delta V_i}{N_i \cdot \Delta S_i}; \quad (1)$$

де ΔV_i – зміна об'єму і-зразка на проміжку шляху тертя від 0 до 3 км (нелінійна залежність зношування від шляху тертя) і на проміжку шляху тертя від 3 до 23 км (лінійна залежність зношування від шляху тертя).

Нормальне навантаження на один зразок дорівнювало $N_i = 100$ Н, швидкість ковзання $V = 0,3$ м/с, температура, заміряна на відстані 0,5-1 мм від поверхні контртіла, $T = (323 \pm 2)$ К при випробуванні без мащення. Випробування проводилося на шляху тертя $S_1 = 0 \dots 3$ км, $S_2 = 3 \dots 23$ км.

Встановлено, що вплив оксидного модифікатора $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ ($700^\circ C$) на зносостійкість фторопластового карбопластика найбільш суттєвий при оптимальній кількості (20 мас. %) вуглецевого волокна в композиті. За зносостійкістю карбопластик модифікований 2 мас. % діоксиду цирконію $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ ($700^\circ C$) переважає матеріал Ф4ВВ20 в 3,6 разів. Менш ефективним модифікатором карбопластиків є діоксид цирконію $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ ($500^\circ C - 2h$) при введенні якого в кількості 2 мас. % до складу композиту його зносостійкість зростає лише в 1,22 разів.

Аналіз виконаних досліджень показав, що інтенсивність зносу модифікованого Ф4К10ВВ10 при додаванні 1% мас. % діоксиду цирконію $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ ($700^\circ C$) зменшується в 3,2 рази. Збільшення вмісту нанопорошку оксиду цирконію до 3 мас. % в композиційному матеріалі супроводжується зниженням зносостійкості матеріалу, що може бути пов'язане агломеруванням частинок нанопорошку в композиті. Це приводить до утворення макродефектів, розрихлення структури і, як наслідок, до зниження міцності композиційних матеріалів.

Ці ефекти можна пояснити тим, що частинки діоксиду цирконію є додатковими центрами кристалізації ПТФЕ, в результаті чого зменшуються розміри структурних елементів надмолекулярної структури, остання стає більш впорядкованою і орієнтованою. В цьому випадку ефект збільшення адгезійної взаємодії між матрицею ПТФЕ і частинками наповнювача реалізується в результаті структуруючого впливу наночастинок з некомпенсованим зарядом на макромолекули граничного шару і формування мілкосферолітних надмолекулярних утворень в об'ємі композиту [3, 6].

Внаслідок хімічної інертності макромолекул ПТФЕ на межі розділу з наповнювачем не утворюється хімічних зв'язків, а в результаті низької поверхневої енергії і високої в'язкості не забезпечується якісного змочування розплавом поверхні наповнювача. В результаті міжфазний шар не здатний до передачі навантаження і при дослідженнях на розтяг композитів армуючий наповнювач фактично не сприяє підвищенню опору розриву зразка. Тому значення міцності на розтяг є показником якості наповненого ПТФЕ: на відміну від всіх інших полімерів його наповнення будь-яким компонентом при застосуванні традиційних технологій приводить до зниження міцності на розтяг композиту [1, 4, 6].

Дослідження міцності на розтяг антифрикційних карбопластиків виконували за ISO R527 (ASTM D638, ГОСТ 11262-80) в результаті навантаження жорстких напівдисків, на які одягається досліджуване кільце [6]. Встановлювали зразок між опорними площадками розривної машини МР-05-1 так, щоб вертикальна вісь зразка збігалась з напрямком дії навантаження і розтягували його з постійною швидкістю 15 мм/хв. Для механічних випробувань на одноосьовий розтяг застосовували кільцеві зразки. Діаграму залежності напруження від деформації зразка записували з допомогою комп'ютерного забезпечення.

Результати виконаних досліджень приведені на рис. 1.

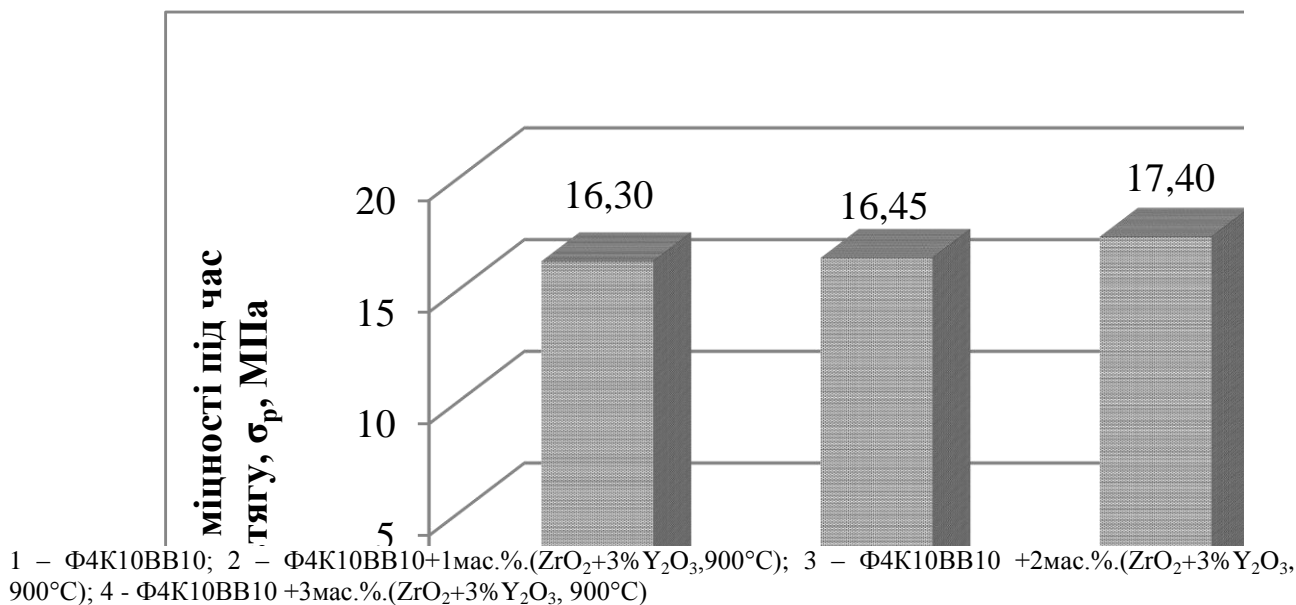


Рисунок 1 - Гістограма межі міцності під час розтягу антифрикційних матеріалів

Аналіз експериментальних досліджень на розтяг композиційних матеріалів Ф4К10ВВ10, модифікованих нанопорошком оксиду цирконію $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, $900^\circ C$, показав, що при введенні до складу композитів 2 мас. % модифікатора межа міцності під час розтягу зростає на 7%. Це можна пояснити тим, що частинки нанодисперсного наповнювача мають некомпенсований заряд і забезпечують ефект впорядкування полімерної матриці, а також підвищення міцнісних характеристик композиту.

Таким чином встановлено, що оксидні фази являються ефективними модифікаторами ПТФЕ, що дозволяє направлено формувати надмолекулярну структуру зв'язуючого і отримувати матеріали з оптимальним поєднанням деформаційно-міцнісних і триботехнічних характеристик. Визначено оптимальну концентрацію наномодифікатора $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, $700^\circ C$ – 1 мас. %, для матеріалу Ф4ВВ20 – 2 мас. %, для матеріалу Ф4К10ВВ10 максимальної структуруючої дії, перевищення якої призводить до утворення по границях сферолітів «сітки» з координаційно зв'язаних ультрадисперсних частинок.

Список літератури

1. Машиностроительные фторкомпозиты : структура, технология, применение: монография / С. В. Авдейчик, [и др.] ; под науч. ред. В. А. Струка. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы. – 2012. – 339 с.
2. Триботехнические свойства политетрафторетилена, модифицированного бинарным наполнителем / Петрова П. Н., Охлопкова А. А., Гоголева О. В. [и др.]. // Трение и износ. - 2005. – т.26. – № 6. – С. 652-656.
3. Константинова Т. Е. Получение нанодисперсных порошков диоксида циркония. От новации к инновации / Т. Е. Константинова, И. А. Даниленко, В. В. Токий [и др.] // Наука та інновації. – 2005. – т. 1. – № 3. – С. 76-87.
4. Сіренко Г. О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошків термостійких полімерів та вуглецевих волокон: Дис. доктора техн. наук. Ін-т матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАНУ / Сіренко Геннадій Олександрович, К., – 1997. – 431 с.
5. Применение синтетических материалов: материалы конференции / Гл. редактор Р. И. Силин. Кишинев: Карта Молдовеняскэ. – 1975. – 199 с.
6. Свідерський В. П. Дослідження механічних і антифрикційних властивостей фторопластових карбопластиків, модифікованих нанопорошками діоксиду цирконію / В. П. Свідерський, Т. Є. Константинова, В. А. Глазунова [та ін.] // Проблеми трибології. – № 2. – 2014. – С. 103-110.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА СПРАЦЮВАННЯ ШИН ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

О.В. Бевз, канд. техн. наук, доц.,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Автомобіль включає цілий ряд компонентів, які поступово обов'язково зношуються. Найяскравішим і очевиднішим прикладом виступають шини. Шини автомобіля контактують з дорожнім покриттям, що має певні абразивні властивості. На спрацювання в основному впливає тривала експлуатація і виконання функцій самих коліс. У будь-якій ситуації експлуатація автомобіля веде до того, що шини втрачають свої характеристики, зношується поверхневий шар протектора, від чого втрачається якість зчеплення з дорожнім покриттям.

Шини легкових автомобілів експлуатуються до граничного спрацювання виступів малюнка протектора, що встановлюється рівним 1,6 мм. Інтенсивність спрацювання зазвичай виражається зменшенням висоти виступів малюнка протектора на 1000 км пробігу. На сучасних шинах є видимі індикатори спрацювання протектора. Ці смужки твердої гуми можна побачити лише тоді, коли протектор шини зношений. Для того щоб їх побачити потрібно знайти позначку на боковині, яка підкаже їх розташування.

Поточний стан коліс в першу чергу позначається на стані підвіски. Багато в чому за характерними ознаками спрацювання шини можна визначити наявність несправностей в автомобілі. Тут йдеться про нерівномірне спрацювання малюнка протектора, а також про занадто інтенсивне зниження ресурсу деталей. Навіть коли спрацювання складає тільки половину протектора, їздити з такими колесами на високій швидкості украй небезпечно, тому що погіршується зчеплення навіть з сухим і рівним покриттям. Якщо виїхати на мокру або засніжену дорогу, зчеплення шини з дорожнім покриттям погіршується ще сильніше. Результатом таких поїздок може стати серйозна дорожньо-транспортна пригода.

У випадку з мокрими дорожніми покриттями підвищується вірогідність аквапланування автомобіля. Шини в цій ситуації, не можуть досить швидко видалити надлишок води, яка накопичується в них, так що транспортний засіб втрачає контакт з поверхнею, що призводить до втрати контролю з боку водія автомобіля.

Спрацювання протектора негативно відбивається на протяжності гальмівного шляху. У деяких дорожніх ситуаціях збільшений гальмівний шлях помітно небезпечніше аквапланування. Навіть якщо в автомобілі передбачена антиблокувальна система, при порівняно невеликій швидкості повна зупинка займе мінімум 2 метри.

Єдиною перевагою зношених покришок можна вважати їх краще зчеплення в умовах сухої і рівної траси. Але в реальних умовах експлуатації це точно не можна сприймати як привід залишатися на зношених шинах.

Тут можна виділити декілька основних чинників, які здатні в тій чи іншій мірі впливати на стан протектора шини [1].

Низька якість дорожнього покриття. Стан опорної поверхні дороги робить більший вплив на коефіцієнт тертя, чим тип малюнка протектора. Вплив дорожнього покриття на спрацювання шин складає: на дорогах I і II категорій (асфальтобетон, цементобетон) пробіг шин на 20-25 % вищий, ніж на дорогах III і IV категорій (щебеневі, гравієві). Інтенсивність спрацювання шин на дорогах зі щебнієвим покриттям внаслідок зрізу поверхні шашок, подряпин, надривів і т.д. значно вище, ніж на дорогах з асфальтобетонним покриттям, тому що має місце абразивне спрацювання. Температура на поверхні тертя є основним чинником, що визначає інтенсивність зношування шин та її руйнування.

Великий вплив на спрацювання шин робить поперечний і подовжній ухили дорожнього покриття.

Цю проблему можна розв'язати тільки глобально. Сам автомобіліст нічого з цим поробити не здатний. Залишається лише адаптуватися і намагатися шукати оптимальний стиль водіння, щоб мінімізувати руйнування автомобільних шин.

Манера їзди. Істотно впливає на експлуатаційний ресурс шини стиль водіння, якому прихильна людина, що управляє транспортним засобом. Агресивний стиль водіння знижує ресурс шини, а спокійний, навпаки, його збільшує. Шини ведучих коліс зношуються швидше, ніж ведених. Саме тому виробники шин вимагають своєчасної перестановки коліс на автомобілі з метою забезпечити рівномірне спрацювання протектора. Протектор шини, яка працює в гальмівному режимі, зношується швидше, ніж у веденому режимі. Гальмування автомобіля двигуном сприяє до меншого спрацювання протектора. Різкий старт, пробуксовування коліс, часті гальмування скорочують термін служби шини.

Тиск в шинах. Шини є працездатними якщо повітряна порожнина в них заповнена газом або повітрям під тиском. Виробники шин припускають, що шини повинні працювати при певному тиску повітря. Виробники автомобілів враховують це і вказують, який робочий тиск слід встановлювати в шинах, якими комплектується їх автомобіль. Значення робочого тиску залежить від умов, в яких експлуатується шина і передусім від навантаження на неї. Знижений або підвищений внутрішній тиск в шині сприяє передчасному спрацюванню не лише протектора шини, але і інших елементів конструкції шини. Знижений тиск прискорює спрацювання протектора, особливо по краях його бігової доріжки. Для безкамерної шини знижений тиск може стати причиною передчасного виходу її з експлуатації із-за втрати герметичності шини та надзвичайно небезпечно, якщо це станеться під час руху автомобіля. Якщо шина автомобіля повністю втратила внутрішній тиск, рух автомобіля бажано негайно припинити. Переміщення автомобіля з такою шиною навіть на невелику відстань може привести до значних ушкоджень шини, так що подальший її ремонт стане неможливим. Підвищений тиск в шині прискорює спрацювання протектора, особливо посередині бігової доріжки [2].

Регулювання кутів установки коліс і балансування шин. Ретельне регулювання кутів установки коліс і балансування шин на заводі-виробнику автомобілів покликане забезпечити максимально можливий ресурс шин і кращі експлуатаційні характеристики автомобіля. В процесі подальшої експлуатації автомобіля можуть виникнути як відхилення в кутах установки коліс, так і розбалансування шин.

Якщо при русі автомобіля по рівній дорозі відчувається вібрація, то причиною тому може бути дисбаланс шини. Іншою характерною ознакою дисбалансу шини є нерівномірне «плямисте» передчасне спрацювання протектора. Дисбаланс шини, що виникає із-за нерівномірного розподілу маси в ній, може з'явитися як в процесі виробництва шини, так і при її експлуатації. Експлуатація шини з некомпенсованим дисбалансом створює періодично діюче ударне навантаження на неї, веде до передчасного спрацювання не лише самої шини (особливо протектора), але і скорочує термін служби ходової частини автомобіля.

Відхилення кутів установки коліс від значень, рекомендованих заводом виробником автомобіля, є однією з причин передчасного і нерівномірного спрацювання шин.

Своєчасне регулювання кутів установки коліс і балансування коліс автомобіля подовжує строк експлуатації шин.

Порушення швидкісного режиму. Чим швидше рухається автомобіль, тим більшу кількість деформацій в одиницю часу сприймає шина. В результаті температура шини збільшується і збільшується швидкість спрацювання протектора при цьому знижуються характеристики шини. При досягненні шиною певної швидкості кочення подальше її збільшення викликає різке зростання температури шини аж до деякого критичного значення температури, коли шина почне руйнуватися. Висока температура – це злий ворог будь-якої шини. Чим вище значення критичної швидкості, до якої шина зберігає свою працездатність, тим краще шина підходить для експлуатації на високій швидкості руху автомобіля. При критичній швидкості шина може підтримати свою працездатність усього лише на дуже короткий відрізок часу, впродовж якого вона виходить з ладу. Очевидно, що максимально

допустима швидкість експлуатації шини має бути менша за критичну. Індекс швидкості обов'язково є присутнім в маркуванні будь-якої шини [2].

Індекс швидкості, має вигляд буквеного символу, характеризує швидкість шини, при щонайменшому перевищенні якої може початися її руйнування.

Зрозуміло, що виробники автомобілів вимагають, щоб шини, що встановлюються на виготовлених ними автомобілях мали категорію швидкості не менше за максимально допустиму швидкість автомобіля.

Неправильний підбір по сезону. Зимові комплекти м'якші, через що швидше втрачають малюнок протектора. Літня гума твердіша, а при пониженні температури твердість лише збільшується. Це призводить до ушкодження і прискореного спрацювання.

Неправильна установка. Чинником, сприяючим передчасному спрацюванню шин, може стати застосування їх не по прямому експлуатаційному призначенню. Наприклад, якщо шини, призначені для експлуатації на бездоріжжі, а експлуатуватимуться на дорогах з хорошим твердим покриттям їх протектор зношуватиметься швидше із-за високого питомого тиску на дорожнє покриття.

Проблеми з ходовою і рульовим керуванням. Термін служби шин також залежить від люфта рульового колеса, люфта підшипників в маточині колеса, і інших несправностей ходової частини, таких як дефекти рульових тяг, поворотних кулаків, несправність моста і дисбаланс коліс автомобіля.

Протягання і волочіння. Різновид спрацювання, що зустрічається на вантажних машинах. Діагностується при різних зовнішніх діаметрах, різному тиску і наявності різниці в глибині протектора на колесах однієї осі. Результатом стає те, що велика шина починає волочити за собою меншу. Вона проскакує і постійно гальмує. Звідси характерний слід від поступового спрацювання. Цей же ефект зустрічається і на одній шині, якщо так має знижений або підвищений тиск порівняно з рекомендованим значенням, або встановлюється на неправильно підібраний диск. Наслідком такого спрацювання зазвичай стає розбалансування.

Якість шин. Високоякісні шини гарантують комфортне управління і гальмування на мокрій, слизькій або ж сухій дорозі.

Часто при покупці шин покупець, роздивляючись різні моделі шин, питає: - «Чому ця шина стоїть майже в два рази дорожче, адже на вигляд вона точно така ж?». Дійсно, візуально шини можуть бути дуже схожі, але не все так просто. У дорогій шині використовуються новітні технології та матеріали. Використовується спеціальний склад гуми і новітні розробки конструкції корду все це дозволяє поліпшити важливі характеристики шини.

Не варто забувати, що у всього є свій термін служби. Автомобільна шина не виключення. Навіть якщо ви мало експлуатуєте машину, дбайливо відноситеся до шин, то все одно максимум через 10 років їх доведеться міняти. Саме такий ресурс вважається гранично допустимим.

Рекомендації для продовження ресурсу шин. Кожен автовласник по об'єктивних і усім зрозумілим причинам хоче витратити на машину менше, отримуючи від неї максимум можливостей. Щоб зменшити інтервал між покупками нових шин, продовживши термін служби старим, досить дотримуватися декількох простих правил.

1. Після заміни шин і у рамках ремонту, або обслуговування, що вимагає зняття коліс, обов'язково проводити перевірку розвал-сходження. Якщо балансування буде виконано неправильно, почнеться прискорене і нерівномірне спрацювання. Паралельно машину почне кренити в один бік.

2. Дотримуватись усіх вказаних автовиробником вимог при виборі шин для свого транспортного засобу. Перед купівлею шин звіряйтеся з технічною документацією.

3. Хоча б один раз на тиждень перед поїздками і під час зупинок при тривалих подорожах перевіряйте показники тиску в шинах. Звіряйте їх з рекомендованими. І при необхідності підкачайте або спускайте.

Важливо розуміти, що спрацювання являється невід'ємною складовою життя будь-якого автомобіля. Природного спрацювання боятися не варто, оскільки з ними стикаються абсолютно усі. Якщо ж ви спостерігаєте ознаки ненормального спрацювання шин, треба з'ясувати причину їх появи, а потім замінити комплект гуми. Грамотна експлуатація транспортного засобу заощадить ваш бюджет і захистить від серйозних наслідків, до яких може привести спрацювання.

Список літератури

1. <https://drivertip.ru/zhizn/vidy-prichiny-i-posledstviya-iznosa-shin.html>.
2. <https://www.shinservice.ru/info/tires/iznos-shin>

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАМЕРА ДЕФОРМАЦИИ ШИНЫ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

А.И. Бобровник, *д-р.техн.наук, проф.*,
Белорусский национальный технический университет,
Т.А. Варфоломеева,
Белорусский государственный технический университет,
С.В. Маршалко,
ОАО «БЕЛАЗ»,
И.И. Степуть,
Белорусский национальный технический университет

В мобильных машинах, выпускаемыми ведущими предприятиями Республики (ОАО «БЕЛАЗ», ОАО «МТЗ», ОАО «МАЗ», ОАО «Гомсельмаш») широко применяются пневматические шины вследствие высоких эксплуатационных качеств и свойств за счёт амортизирующей способности, т.е. поглощения ударов, толчков, вибраций, передаваемых со стороны дороги и рабочих органов на остов машины.

Важнейшими факторами использования мобильных машин, особенно карьерных самосвалов является правильный выбор шин, так как затраты на шины за весь амортизационный период карьерных самосвалов БЕЛАЗ составляют до 70% стоимости автомобиля [1] 26:% самосвалов выходят из строя из-за поломки шин.

Для повышения эксплуатационных качеств карьерных самосвалах ОАО «БЕЛАЗ» устанавливаются системы контроля давления в шинах разных производителей: телеметрическая (СКР) или дистанционного контроля. Системы предназначены для подачи водителю в случае аварийных ситуаций визуальных и предупреждающих сигналов. Электронные датчики вклеиваются в шины при помощи специальных пластырей на внутренней поверхности шины. Информация о давлении и температуре в шине передается через каждые 300с. Система контроля давления и температуры в шинах OTR TRMS Schrader (Франция) увеличивает ходимость крупногабаритных шин, повышает экономию на шинах до 40%, на топливе до 5%, но является не достаточной для управления режимами движения в различных условиях эксплуатации.

Устойчивая тенденция нарастания глубины карьеров до 1000 при соответствующем увеличении расстояния транспортирования предопределила стратегическое направление в развитии карьерного автотранспорта - переход на увеличение производства автосамосвалов особо большой грузоподъемности. Важнейший параметр силовой установки – мощность, определяющая скоростные свойства машины и производительность, в основном расходуются на преодоление сопротивления качению колес и сопротивление подъему. Условия работы шин зависят также от спроектированной транспортной системы карьера, которая определяется пространственными параметрами карьера, режимом и технологией ведения горных работ, применяемым технологическим оборудованием. В зависимости от формы залегания, параметров рудного тела, глубины карьера и других факторов применяют спиральные, петлевые, прямые, скользящие и комбинированные виды съездов, обеспечивающих транспортную связь вскрышных и добычных горизонтов с технологическим комплексом на поверхности. Съезды могут иметь длину участков до 560 м, с уклонами от 0 до 12% и более. Горнотехнические условия эксплуатации карьерных автосамосвалов с каждым все усложняются. Распределение режимов движения автосамосвалов БЕЛАЗ-7549, БЕЛАЗ-7521 на карьерах Кольского полуострова выглядит следующим образом (табл.№1). Скорость современных самосвалов в нагруженном состоянии на подъемах карьерных дорог с уклоном 8% составляет 11-15 км/ч и

ограничиваются техническими возможностями машины, а точнее-удельной мощностью двигателя.

Таблица 1 Распределение режимов движения самосвалов в глубоких карьерах.

Направление движения	Режим движения	Распределение по времени, %	Распределение по пройденному пути, %
С грузом на подъем от забоя до отвала	Тяговый	98	96
	Тормозной	-	-
	Накат	2	4
Порожняком под уклон от отвала до забоя	Тяговый	40	37
	Тормозной	27	24
	Накат	33	39
С грузом под уклон от отвала до забоя	Тяговый	35	33
	Тормозной	34	40
	Накат	31	37

Время прохождения подъемов в большинстве случаев занимает значительную часть суммарного времени цикла движения. При проектировании самосвалов в качестве расчетных режимов приняты следующие: статический, режим торможения с максимальным замедлением при движении вперед и коэффициенте сцепления колеса с дорогой 0,7; режим торможения с рабочим замедлением при движении назад и коэффициентом сцепления 0,4; режим поворота самосвала влево по инерции с коэффициентом бокового сцепления 0,4; режима поворота самосвала вправо по инерции с коэффициентом бокового сцепления 0,4. На криволинейных участках необходимо снижать скорость до значения, безопасного по условиям заноса автомобиля.

Фирма «Гудьир» (США) разработала новую шину так называемой кибернетической концепции, характеризующаяся постоянством тягово-сцепных свойств при работе на любых режимах и в любых условиях. Это достигается с помощью встроенных датчиков, контролирующих давление в шине, степень износа протектора, жесткость, соотношение тягово - и поперечных усилий и пр. Датчики связаны с мини ЭВМ, управляющей совместной рабочей шин и агрегатов шасси [1] в зависимости от номинального скоростного режима и степени зарядки. Фирма LIEBHERR при конструировании модели Т-282 использовала новую концепцию путем переноса нагрузок на заднюю подвеску. Передняя подвеска и рулевое устройство формируют конструкцию двойного параллельно - рычажного механизма, обеспечивающего лучшую управляемость машины и более продолжительный срок службы шин. Новые тяговые электродвигатели смонтированы внутри корпуса, с хорошими рабочими характеристиками при движении под уклон. Привод на переменном токе создает дополнительный запас надежности тормозов автосамосвала, обеспечивая снижение скорости до 0,8 км/ч и последующее включение в действие тормозной системы для полной остановки машины.

За счет электроники созданы миниатюрные радиопередатчики для передачи сигнала от вращающегося датчика на неподвижной приемник. Многие фирмы сейчас устанавливают датчики давления внутри шины или на ободу колеса, т.е. применена система прямого измерения давления в шине, однако это не позволяет определить фактически деформации шины в трех плоскостях.

Таким образом, для всестороннего анализа деформации шин -необходимо изучить силовые параметры и эксплуатационные факторы, влияющих на работоспособность шин при движении на различных карьерных автодорогах с максимальными уклонами в карьерах.

При движении самосвала энергия вибрации переходит в работу сжатия воздуха в шине и в работу упругого гистерезиса материала протектора, брекера и каркаса шины. При этом необратимо выделяется тепловая энергия и образуется пятно контакта шины с основанием, по всей площади которого действует реакция основания.

Поэтому различают деформации пневматической шины четырех видов: радиальную (нормальную), окружную (тангенциальную), поперечную (боковую), угловую.

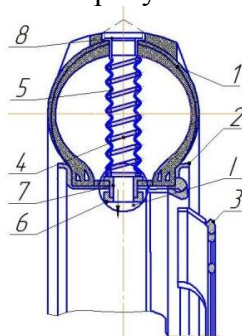
Скорость движения выбирается исходя из температуры шины 90-100⁰ С. Работоспособность при этом наибольшая.

Однако при значительном падении давления ресурс шины уменьшается и возможен даже поворот шины на обод, обрыв вентиля со всеми вытекающими из этого последствия. Для управления работой сельскохозяйственных тракторов необходимо так же знание изменения радиуса колеса для корректирования технологического процесса. В машинах высокой проходимости и вездеходах, как правило, регулируют давление в шинах. От характеристики пневматической шины зависят тягово-сцепные свойства ходового аппарата, управляемость, устойчивость движения, разгонно-тормозные качества, надежность, производительность, экономичность и др. При проколе шины падение давления по другим причинам возникает разное сопротивление левых и правых шин, что приводит к возникновению разворачивающего момента и заносу машины.

По данным ОАО «БЕЛАЗ» [1] число отказов передних шин в среднем на 10% больше, чем передних левых, так как при поворотах путь, проходящей правой шиной больше, чем левой. У шин задней левой полуоси на 8-15% больше число отказов, чем - задней правой. Для шин - $\varnothing 75$, ФТ-117 и зарубежных диагональных и радиальных выкрашивание протектора составляет соответственно 12.1%, 15.9%, 44.9%, 43.2% а отслоение протектора из-за механических и усталостных разрушений составляет соответственно 59.9%, 54.7% и 35.6% и 27.9%. Опыт эксплуатации шин карьерных самосвалов показывает, что в 55% случаев они работают с перегрузкой, что крайне сказывается на ресурсе. Скорость движения автосамосвалов влияет на технонагруженность. Оптимальная температура шин 70-75⁰С, нормальная 100⁰С, критическая 120⁰С. При температуре 120⁰С разрывная прочность обычных шинных резин снижается на 40%, а пробег шин на 40-60% чем при температуре 110⁰С. С увеличением скорости шина $\varnothing 75$ с 10 до 18 км/час и изменении давления воздуха с 490 до 560 КПа температура шины повысилась с 70-100⁰С до 120⁰С [1]. Увеличение ресурса шин может быть обеспечено за счет совершенствования конструкции и качества шин, правильной их технической эксплуатации. Характерными признаками отказов шин при эксплуатации являются: производственные дефекты, не обнаруженные при выходном контроле на заводе-изготовителе, механические повреждения, проколы, сколы грунтозацепов, усталостные и тепловые разрушения отслоение протектора, расслоение корда, боковин, естественный износ, взрыв шины при исчерпанию ресурса более чем на 70% при ударе и наезде на острый предмет.

Крупногабаритные шины допускается изнашивать до второго, а то и до третьего слоя металлокорда.

Нами предложено для пневматических колес карьерных самосвалов в условиях эксплуатации для наиболее нагруженных скоростных режимах одновременный замер радиальной, тангенциальной, продольной, поперечной и угловой деформации шин, что обеспечивается устройством, изображенным на рисунок 1.



1-покрышка, 2- обод, 3- диск, 4- пружина, 5-гофрированная резиновая цилиндрическая оболочка, 6- гайка, 7- втулка, 8- фиксатор, I-датчики измерения: радиальных, боковых, тангенциальных деформаций шин.

Рисунок 1 – Колесо с датчиками замера радиальной, боковой, тангенциальной деформации шин

При радиальной деформации шины фиксатор 8 перемещается вместе покрышкой 1 относительно втулки 7, а при боковой и тангенциальной силах отклоняется от оси отверстия в ободу 2. Деформация элементов шины от датчиков может быть передана с помощью радиопередатчика или токосъемника на бортовую систему карьерного самосвала [2].

Установка такого устройства в шину колеса при тестовом режиме по определению деформаций во время движения по транспортной связи карьера, соединяющей вскрышные и добычные горизонты с технологическим комплексом позволит определить фактические нагрузки на шину и дать предложения по оптимизации параметров шины и режимам эксплуатации карьерного самосвала уже на стадии проектирования транспортной схемы карьера, определяемой пространственными параметрами залегания рудного тела, производительного карьера, режим и технологией ведения горных работ и т.д.

Список литературы

1. Мариев, П.А. Карьерный автотранспорт Состояние и перспективы// П.А. Мариев. А.А.Кулешов, А.Н.Егоров [и др.].-Санкт-Петербург: «Наука», 2004г.- 425с.
2. Патент на полезную модель №7042U Респ. Беларусь, МПК В 60В 19/00/, В 62057/00 Колесо бескамерное/ А.И. Бобровник; В.П. Бойков; Т.А. Варфоломеева, Дивин К.И.; заявитель Бел. гос. аграрн.-техн. ун-т. – № и 20100657; заявл.21.07.10; опубл. 20.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 1. – С. 184.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ШТОКОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ПРИ ФИНИШНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ИХ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Е.В. Сенчуров,
Л.Е. Сергеев, *канд.техн.наук, доц.,*
Е.А. Ковалевский,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Гидроцилиндры широко применяют в гидросистемах как источники привода рабочих органов мобильных машин и исполнительных механизмов промышленного оборудования. В гидросистеме с одним, реже – с двумя насосами может быть установлено до 6...10 гидроцилиндров, а в некоторых случаях в два или даже в три раза больше. По функциональным признакам гидроцилиндры – это объемные гидродвигатели, предназначенные для преобразования энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию выходного звена с возвратно-поступательным движением. Причем подвижным звеном может выступать как шток, так и корпус (гильза) гидроцилиндра [1].

Без специального технологического оборудования для чистовой расточки и раскатки внутренней поверхности гильз, шлифования и полирования штоков, обеспечивающего параметры шероховатости по ГОСТ 2789–73 рабочих уплотняемых поверхностей штоков и гильз гидроцилиндров, а также хромирования наружной поверхности штоков путем электролитического нанесения пленки толщиной 20...30 мкм невозможно изготовить коррозионно- и износостойкие штоки. Высота неровностей наружной рабочей поверхности штока после хромирования и полирования должна соответствовать быть не более Ra 0,160 мкм, рабочей поверхности гильзы гидроцилиндра – Ra 0,320 мкм по ГОСТ 2789–73 [2].

Для изготовления штоков гидроцилиндров современного технического уровня и качества необходимы специальные металлообрабатывающее и гальваническое оборудование, что требует организации производства с экологически вредным участком и больших финансовых затрат.

Получение высокого параметра шероховатости хромированных поверхностей при достаточно большой производительности и точности геометрических параметров представляют серьезную проблему, которая решается разными путями. В условиях крупносерийного и массового производства получение наружных цилиндрических поверхностей с шероховатостью Ra 0,4...0,1 мкм обеспечивается на станках для суперфиниширования. Однако относительно низкая производительность и высокая стоимость абразивного инструмента, в том числе и алмазного, являются недостатками процесса суперфиниширования и ограничивает его применение.

Одним из направлений совершенствования технологии изготовления штоков является комбинированная обработка резанием и ППД за счет совмещения получистовой и чистовой обработки путем создания упрочненного слоя, улучшающего эксплуатационные свойства детали [3].

Одним из новых методов финишной обработки деталей машин является магнитно-абразивная обработка (МАО) [4, 5]. Метод позволяет получать на закаленных цилиндрических наружных поверхностях шероховатость Ra 0,05...0,63 мкм с высокой производительностью. С целью установления возможности финишной обработки штоков гидроцилиндров методом МАО была проведена серия опытно-экспериментальных работ.

В качестве оборудования применяем установку СФТ 2.150.00.00.000 для магнитно-абразивной обработки (рис. 1) при наличии бункера-дозатора и следующих режимах подачи ферроабразивного порошка (ФАП) в зону обработки:

а) напряжение на катушках - 24 В;

- б) ток в катушках - 0,2 А;
 в) масса порции порошка – 0,012-0,024 кг.

Параметры и режимы МАО: скорость резания - 2 м/с; частота осцилляции - 1420 дв.ход/мин; амплитуда осцилляции - 3 мм; величина рабочего зазора- 3,5 мм; магнитная индукция – 0,6–1 Тл. ФАП: Ж15КТ ТУ 6-09-483-81, размерность частиц ФАП – 0,16 ÷ 0,2 мм, смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) – СинМА 1 ТУ 38-5901176-91, 3-% водный раствор; время обработки $t=60-210$ с.

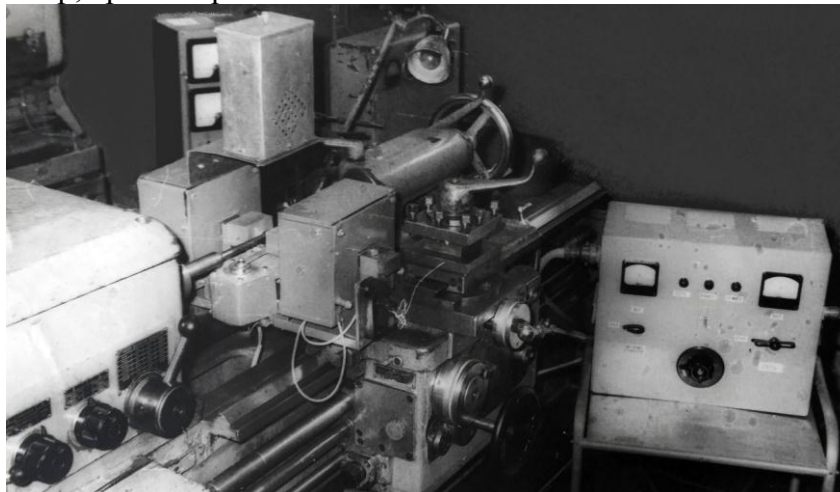


Рисунок 1 – Фотография станка СФТ 2.150.00.00.000

Шероховатость образцов измеряем до и после обработки в трех разных сечениях на профилографе-профилометре 252-Калибр. В каждом сечении делаем по 4 замера. По результатам всех замеров каждого образца находим среднеарифметическое значение шероховатости его поверхности.

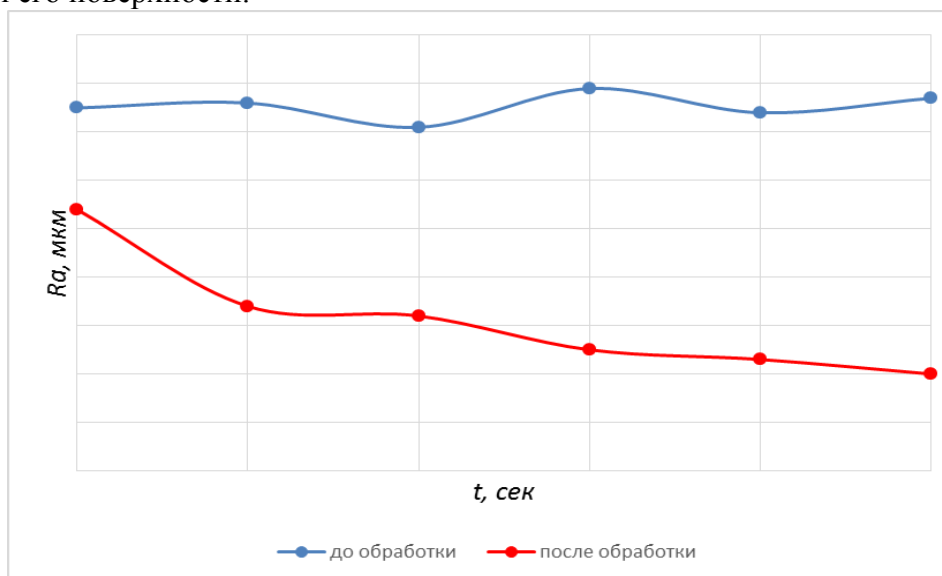


Рисунок 2 – Зависимость шероховатости поверхностей хромированных штоков гидроцилиндров от времени обработки

Образцами служат штоки гидроцилиндров, изготовленные из стали 20Х ГОСТ 4543-71. Образцы подвергаем термообработке до HRC 61÷64, шлифованию до получения шероховатости поверхности Ra 0,8 мкм, подготовкой под хромирование методом МАО и последующим хромированием (толщина слоя хрома 0,02÷0,03 мм). Шероховатость поверхности образцов после хромирования составила Ra 0,32...0,63 мкм.

Следует отметить, что принятая величина рабочих зазоров между полюсными наконечниками и заготовкой составляет:

$$\delta = 5\Delta$$

где Δ – наибольший размер отдельной частички ферропорошка.

В данном случае $\delta = 5 \cdot 0,2 = 1$ мм, который является оптимальным, поскольку увеличение данного зазора приводит к снижению жесткости ферроабразивной щетки, падению давления и повышению шероховатости поверхностного слоя, а его уменьшение связано с падением качественных характеристик обработанной поверхности.

Практическое использование метода MAO штоков гидроцилиндров заключается в исследовании влияния времени обработки на шероховатость их поверхности до и после хромирования. Остальные параметры остаются неизменными в течение обработки всей партии образцов. Результаты исследований представлены на рис. 2.

Проведенные исследования MAO хромированных штоков гидроцилиндров показали, что шероховатость поверхности уменьшается на 54% при изменении времени обработки от 60 до 150 сек. Дальнейшее увеличение времени обработки приводит к падению интенсивности съема материала, в результате чего изменение шероховатости при времени обработки от 60 до 210 сек равно 61%. Применение метода MAO для штоков гидроцилиндров до их хромирования обеспечило за 90 сек обработки снижение шероховатости с Ra 0,8 до Ra 0,2 мкм.

Это позволяет сделать вывод, что механизм процесса MAO, обеспечивающий массовый и размерный съем металла хромированных поверхностей, аналогичен процессам не хромированных. Разница съема объясняется тем, что хромовое покрытие деталей, обладая значительной износостойкостью и твердостью, препятствует более интенсивному протеканию процесса.

В результате проведенного экспериментального исследования установлено, что использование метода MAO для штоков гидроцилиндров до и после хромирования обеспечивает высокое качество обработки для хромированных с Ra 0,32...0,63 мкм до Ra 0,2 мкм и до хромирования с Ra 0,8 до Ra 0,2 мкм.

Список литературы:

1. Санкович, Е. С. Гидравлика, гидравлические машины, гидроприводы: учеб.-метод. пособие / Е. С. Санкович, А. Б. Сухоцкий. – Минск: БГТУ, 2005. – 137 с.
2. Гаврилов, К. Л. Основы гидропривода дорожно-строительных и сельскохозяйственных машин: учеб. пособие / К. Л. Гаврилов. - СПб.: Деан, 2011. - 232с.
3. Пини Б. Е., Максимов Ю. В. Анкин А. В., Адеев А. С. Повышение производительности обработки штоков пневмо- и гидроцилиндров за счет усовершенствования устройства для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием. – Известия МГТУ “МАМИ” №2(14), 2012, т.2. – с. 164-166.
4. Коновалов Е. Г., Шулев Г. С. Чистовая обработка деталей в магнитном поле ферромагнитными порошками. - Минск: Наука и техника, 1967. - 128с.
5. Акулович, Л. М. Основы профилирования режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2014. – 280 с.

**РЕСУРСО-ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ ПРИПЕКАНИЕМ ПОРОШКОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Л.А. Лопата, канд. техн. наук, доц.,
Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины,

Н.В. Николайчук,
Винницкий национальный аграрный университет,

Т.И. Ивченко, канд. техн. наук, доц.,
Херсонская государственная морская академия,

Т.Е. Хрипко, ассист.,
Винницкий национальный аграрный университет

Актуальность проблемы. В практике эксплуатации многих деталей используются технологии наплавки и напыления. По мнению большинства исследователей, различные схемы наплавки и напыления являются одними из наиболее гибких способов не только упрочнения рабочих поверхностей, но и их восстановления и увеличения срока службы деталей. Вместе с тем повышенное тепловыделение при нанесении слоев большой толщины искажает геометрию восстанавливаемой детали, снижает ее ресурс, а наплавка покрытий больших толщин требует снятия значительных припусков при финишной механической обработке. Методы наплавки не обеспечивают сохранение исходных свойств материала покрытий, вносят существенные изменения в структуру материала упрочняемой детали. Связано это с тем, что материал покрытия нагревается до температур, превышающих его температуру плавления. При этом выгорает часть легирующих элементов, меняется фазовый состав и кристаллическая структура металлов. Твердость полученных покрытий оказывается значительно ниже, чем у исходных порошков, снижаются физико-механические свойства покрытий, а в итоге невозможно в целом получение наиболее высоких эксплуатационных свойств упрочняемых деталей. В связи с этим применение способов упрочнения с минимально нагревом и малыми величинами припусков на финишную обработку - задача первостепенной важности.

Основная цель - создание функциональных гомогенных покрытий с прогнозируемыми свойствами из порошковых материалов разных классов электроконтактным припеканием (ЭКП) для упрочнения и восстановления рабочих поверхностей деталей.

Особенности и преимущества электроконтактного припекания. Отличительная особенность процесса ЭКП – использование метода ускоренного электроспекания, что в значительной степени снижает себестоимость изделия, гарантирует высокое качество продукции, обеспечивает экологическую чистоту производства. Электроконтактное припекание состоит в нанесении на поверхность детали слоя порошкового материала и его последующее спекание и припекание к детали при воздействии внешнего давления. Припекание – нанесение на поверхность детали или порошковой формовки слоя металлического порошка с целью получения двухслойного материала нагреванием до температуры, обеспечивающей спекание порошкового материала и образование диффузионной связи с деталью. Получение порошковых покрытий в режиме спекания и припекания гарантирует сохранение в покрытии всего комплекса свойств, присущих исходной порошковой системе. Электроконтактное припекание осуществляется под давлением при прямом пропускании электрического тока. При ЭКП доминирующими являются процессы, которые происходят как при горячем прессовании, так и при сварке давлением [1].

Электроконтактное припекание можно рассматривать как альтернативу наплавке. К достоинствам ЭКП следует отнести [1]:

- уменьшение расхода металла в сравнении с наплавкой в 3-4 раза;
- отсутствие необходимости в использовании защитных сред ввиду кратковременного термического воздействия на материал покрытия,
- отсутствием светового излучения и газовыделения;

- минимальные тепловложения. Нагрев осуществляется импульсами электрического тока длительностью 0,04...0,2 с, тем самым, исключая термическое деформирование упрочняемых деталей. Зона термического влияния тока на деталь, вследствие малой длительности нагрева, составляет 0,02...0,3мм, что в 6-10 раз меньше глубины распространения зоны термического влияния при наплавке.

- отсутствие жидкой фазы в зоне нанесения покрытия значительно расширяет технологические возможности процесса электроконтактного припекания: повышает долговечность электрода, снижает потери материала покрытия, позволяет увеличить толщину износостойкого слоя в 3...6 раз при минимальном уровне остаточных напряжений, пористости не более 5 % и прочности сцепления 180...200 МПа;

- высокая: производительность - до 0,01-0,15 м/мин;

- низкая энергоемкость - 0,25-0,60 кВт/час/м.

В целом процесс электроконтактного припекания характеризуется использованием электрического тока силой до 15...30 кА; вторичным напряжением 1...6 В; давлением до 100 МПа, временем импульса 0,04...0,2с; временем паузы 0,04...0,2с; высокими скоростями нагрева, которые могут достигать $10^3...10^4$ К/с. Следует отметить, что при электроконтактном припекании наличие оксидных пленок практически не снижает прочность сцепления соединения, т.к. пленка обладает высоким электросопротивлением и наиболее интенсивно нагревается импульсом тока с последующим ее удалением из зоны соприкосновения.

Отличительной особенностью температурно-силового (электроконтактного припекания) является получение износостойких покрытий с минимальными (до 0,2 мм) припусками на последующую механическую обработку или ее исключением за счет совмещения припекания и поверхностно-пластического деформирования в одном процессе [2].

Электроконтактное припекание как способ обработки используется для повышения износостойкости газотермических покрытий [3]. Использование комбинации технологий напыления и последующего припекания открывает большие возможности в создании композиционных покрытий с особыми свойствами. Так, например, использование недорогих низкоуглеродистых сталей в качестве покрытий с последующим электроконтактным припеканием и одновременным термодиффузионным насыщением, резко повышает эксплуатационные свойства упрочненных изделий. Такая комбинированная технология не требует дополнительного дорогостоящего оборудования и операций, что предопределяет снижение стоимости процессов упрочнения и восстановления. Разработан способ формирования износостойких покрытий активированным газотермическим распылением стальных проволок с последующим модифицированием путем электроконтактной обработки с термодиффузионным насыщением углеродом. Исследована структура, фазовый состав и дюрометрические характеристики газотермических проволочных покрытий из наиболее распространенных сталей мартенситного и ферритного классов (40X13, Св-08) после электроконтактной обработки с термодиффузионным насыщением [4]. Показано что, в результате электроконтактного припекания покрытий из стали 40X13 с наноразмерными добавками графита и алмазов в поверхностном слое покрытия в результате его насыщения углеродом увеличивается содержание остаточного аустенита и возрастает значение параметра его кристаллической решетки. Микротвердость модифицированных слоев достигает значений 7000 – 7800 МПа, интенсивность изнашивания снижается более чем 10 раз [4].

Для повышения несущей способности деталей с покрытиями применяется вариант покрытий дискретной структуры [5, 6]. Параметры дискретных покрытий выбираются по напряженно - деформированному состоянию композиции основа- покрытие. ЭКП гарантирует сохранение в покрытии всего комплекса свойств, присущих исходной порошковой системе и позволяет получать функциональные гомогенные покрытия с прогнозируемыми свойствами из порошковых материалов разных классов. Для предотвращения схватывания между инструментом и покрытием разработаны и используются легированные электроды и электроды из специальных сплавов.

Материалы для нанесения покрытий. Материалом покрытий могут быть как легкоплавкие, так и самые тугоплавкие труднодеформируемые твердосплавные порошковые материалы дисперсностью до 1 мм, включая гранулы (исключение составляют неэлектропроводные материалы). При электроконтактном припекании используются порошковые материалы разных классов: металлические сплавы на основе железа и никеля; интерметаллиды; тугоплавкие соединения (карбиды – TiC, Cr₂C₃, SiC, карбиды вольфрама, бориды и другие); самофлюсующиеся сплавы, цветные сплавы, нержавеющие стали в виде порошков, проволок, лент, шнуров, а также плакированные алмазные порошки. При помощи ЭКП можно наносить алмазные покрытия на инструмент различного назначения.

Свойства покрытий. Покрытия имеют практически 100%-ную плотность. Прочность сцепления их с основой (180-220 МПа) обеспечивает надежную работу деталей с покрытием в самых экстремальных условиях. Толщина покрытий может составлять 0,1 -3 мм и более. Твердость покрытий задается твердостью его материала, которая сохраняет свою величину в материале покрытия (принцип технологической наследственности Ящерицына П.И.) и может находиться в пределах 25 - 62 HRC. Ресурс работы деталей увеличился - в 4-10 раз. Получение качественного покрытия возможно только при поддержании требуемого соотношения между температурой процесса и величиной прилагаемого давления. Высокое качество покрытий при ЭКП обеспечивается импульсным характером процесса и такими физическими явлениями как аномальная диффузия и электропластический эффект [7].

Область применения электроконтактного припекания. Технологию электроконтактного припекания (ЭКП) целесообразно использовать для:

- реставрации и упрочнения деталей узлов трения (осей валиков, коленчатых валов, направляющих) и посадочных мест под подшипники в корпусах и на валах;
- восстановления под номинальный размер шестерен гидронасосов типа НШ, имеющих износ зубьев по наружному диаметру;
- упрочнения и восстановления шеек коленчатых, распределительных валов роторов газоперекачивающих агрегатов, балансиров опорных катков и опорных катков гусеничных машин; прокатных роликов металлургического производств, пальцев, рабочих поверхностей штампов и прессформ, пуансонов, металлорежущего и бурового инструмента;
- деталей пищевой перерабатывающей промышленности и с/х машиностроения;
- деталей спецтехники и авиационной техники;
- деталей железнодорожной техники (вагоноремонтных заводов, тепловозов, электровозов) и ДВС;
- деталей экскаваторной и компрессорной техники.
- восстановления посадочных мест валов, особенно валов импортных, дорогостоящих и редких;
- повышения износостойкости и коррозионной стойкости запорной арматуры атомных электростанций при увеличении срока их эксплуатации в 2-3 раза путем замены многослойной наплавки на электроконтактное припекание порошковых материалов, а нанесение защитных покрытий напылением заменить газопламенным и электродуговым напылением с последующим электроконтактным упрочнением.

Рекомендуется электроконтактное припекание для применения в различных отраслях промышленности:

- для изготовления деталей из композиционных и биметаллических материалов;

- для получения на поверхности детали износостойкого покрытия с компактного материала, металлического порошка, проволоки, ленты;
- для восстановления деталей, бывших в эксплуатации до чертежных размеров, а также нанесение на вновь изготовленные детали или отдельные поверхности деталей припеканием износостойких, коррозионностойких, теплостойких и других видов покрытий;
- для повышения качества поверхностей, восстановленных методами газопламенного и электродугового напыления. Электродуговое припекание позволяет в многооперационной технологии рассматривать газопламенное и электродуговое напыление как вспомогательную операцию по предварительной доставке и формированию слоя порошка на поверхности;
- электродуговое припекание позволяет финишную обработку до требуемого размера и чистоты поверхности осуществить без припусков на обработку.

Данный способ и технология признаны патентами Украины, авторскими свидетельствами СССР и стран СНГ [2, 3, 5].

Выводы. Разработаны технологические процессы ЭКП для упрочнения и восстановления: деталей ДВС; торцевых поверхностей пуансонов; изготовления алмазного инструмента для механической обработки и обработки природных алмазов; упрочнения и восстановления противорежущих брусьев кормоуборочных комбайнов и других рабочих органов сельскохозяйственных машин; восстановления и упрочнения шестерен; для восстановления деталей компрессорной техники, для упрочнения и восстановления валов автомобилей и спецтехники, для нанесения антикоррозионных и износостойких покрытий на детали пищевого оборудования.

Разработаны технологические схемы формирования износостойких покрытий активированным газотермическим распылением стальных проволок с последующим модифицированием путем электродуговой обработки с термодиффузионным насыщением углеродом.

Для повышения несущей способности предложен вариант покрытий дискретной структуры. Параметры дискретных покрытий выбираются по напряженно-деформированному состоянию композиции основа- покрытие.

Список литературы

1. Лопата Л.А. Электродуговое припекание порошковых покрытий –альтернатива наплавке / Л.А. Лопата, Б.А. Ляшенко, В.Н. Корж // Инженерия поверхности и реновация изделий: Матер. 12-й междунаучн.-техн. конф., 04-08 июня 2012, Ялта – Киев: АТМ Украины. – С.172-174.
2. Ляшенко Б.А. Спосіб розмірної обробки деталей машин із зносостійким струмопровідним покриттям/Б.А. Ляшенко, В.В. Коваленко, Л.С. Капішон, Т.В. Ворона, Л.С. Новогрудський, М.О. Кузін, Ю.В. Волков//Патент №103380. Україна, МПК (2015.01) В23Н 9/00, С23С 8/00. Заявл. 06.07.2015; Опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23.–4 с.
3. Ляшенко Б.А. Спосіб розмірної обробки деталі з газотермічним надтвердим покриттям /Б.А. Ляшенко, В.В. Коваленко, Н.В. Ліпінська, С.А. Клименко, М.О. Кузін, О.В. Лопата, Є.К. Солових // Патент на корисну модель № 100567, № заявки у 2015 02389, дата подання заявки 17.03.2015, Бюл. № 14 від 27.07.2015.
4. Черновол М.И. Исследование триботехнических свойств газотермических покрытий модифицированных электродуговой обработкой / М.И. Черновол, Т.В. Ворона, В.В. Аулин, В.И. Жорник, М.А. Белоцерковский // Материалы 15-я междунаучно – практическая конференция «Качество, стандартизация, контроль: теория и практика» 15-18 сентября 2015, Одесская область, Затока: 2015. - С. 191-196.
5. Ляшенко Б.А., Майстренко А.Л., Лопата Л.А. Кіндрачук М.В. Спосіб нанесення зносостійкого дискретного покриття Патент України №38200, бюлетень №24 від 25.12.2008.
6. Ляшенко Б.А. Повышение износостойкости деталей судовых машин и механизмов покрытиями дискретной структуры. Технологическое обеспечение покрытий дискретной структуры электродуговым припеканием / Б.А. Ляшенко, Ю.В. Волков, Є.К. Солових, Л.А. Лопата //Проблеми тертя та зношування, Київ, НАУ, 2015, № 2(67), с. 110-126.
7. Ляшенко Б.А.,Л.А. Лопата, Стрижало В.О., Новогрудський Л.С., Спосіб нанесення зносостійкого покриття Патент України №39488, бюлетень №4 від 25.02.2009.

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ НАНЕСЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ТА БАГАТОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
С.В. Лисенко, *канд. техн. наук, доц.*,
І.В. Жилова, *асп.*,
Т.А. Грачов, *студ.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Тертя матеріалів деталей тіл являє собою сукупність фізико-механохімічних, теплових, електричних процесів, що протікають в найтонших їх поверхневих шарах при контактній взаємодії матеріалів.

Враховуючи великий обсяг опублікованого експериментального матеріалу дослідження напружено-деформованого стану поверхневих шарів деталей різних типів і видів трибоспрямижень можна зробити висновок, що в найтонших поверхневих шарах відбувається інтенсивна і спрямована деформація. В поверхневих шарах товщиною 100 і більше мкм має місце хвилевий механізм поширення пластичної деформації, яка істотно змінює фізико-хімічну активність їх матеріалів. Роль цієї активності в процесах тертя і зношування, а також вивчення впливу сформованого гарантованого шару мастила на механізм деформування поверхневих шарів металу, розглянуто в роботах.

Активізація деформівних об'ємів поверхневих шарів металу визначає кінетику протікання адгезійних процесів в зоні контактної взаємодії трибоспрямиження деталей. Змінюючи адгезійну активність матеріалу трибоспрямиження, можна керувати процесами тертя.

Досліджено триботехнічні характеристики багатокомпонентних: *Ti-Cu-N*, *Ti-Al-N* та багатошарових: *TiN + α -Ti*, *TiN + TiC*, *TiC + TiN*, *TiN + БрАЖ9-4* покриттів. Виявлено, що для деяких покриттів, що мають м'який компонент існує ефект вибіркового переносу. Показано, що стійке протікання процесів нормального тертя і зношування забезпечується за рахунок нанесення на робочі поверхні багатокомпонентних та багатошарових покриттів. Триботехнічні характеристики багатокомпонентних покриттів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Триботехнічні характеристики багатокомпонентних покриттів.

Покриття	<i>TiN</i>	<i>Ti-Al-N</i> , <i>Al(10-15)%</i> <i>мас.</i>	<i>Ti-Cu-N</i> , <i>Al(2-6)%мас.</i>
Середня товщина шару, мкм	6,2±0,2	6,0±0,2	6,0±0,2
Середнє значення коефіцієнта тертя	0,12±0,03	0,074±0,006	0,048±0,006
Об'ємний знос, $u_v \cdot 10^{-3} \text{мм}^3$	2,9±0,1	1,5±0,1	1,2±1
Критичне навантаження задируотворення, Н	1100±12	1600±14	1400±12

З таблиці 1 можна бачити, що покриття *Ti-Al-N*, *Ti-Cu-N* мають низький коефіцієнт тертя та велике критичне навантаження в порівнянні з покриттям *TiN*. В приповерхневому шарі формується однофазна гомогенна структура - плівка міді, яка в процесі тертя переноситься на спряжену поверхню, що і визначає режим вибіркового переносу. Дослідження поверхні тертя *Ti-Al-N* показало, що в процесі тертя в мастилі АМГ-10, також відбувається формування плівки на поверхні тертя.

Аналіз наведених вище результатів, свідчить, що за рахунок легування покриттів на основі нітриду титану невеликою кількістю міді, алюмінію можна оптимізувати сили тертя,

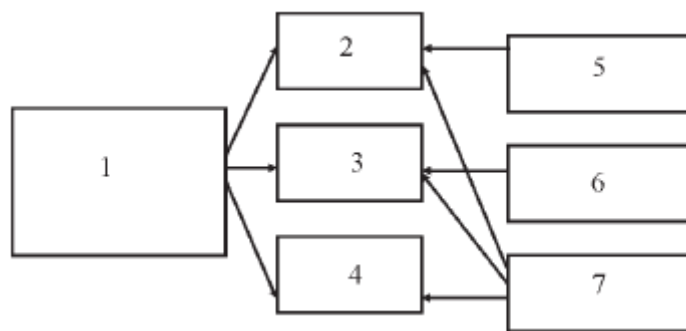
тобто реалізувати умови нормального тертя при мінімальній швидкості зношування трибоспряження деталей. Нормалізація процесу пов'язана з проявом зовнішньої форми ефекту Ребіндера, тобто розширюється область зовнішнього тертя.

При нанесенні багатошарових покриттів найбільшу зносостійкість виявлено у покриттів $TiN + \alpha - Ti$, $TiN + BrAJ9-4$. Ці покриття характеризуються найменшим значенням зносу. Результати дослідження свідчать, що в процесі тертя багатошарових покриттів $TiN + \alpha - Ti$, $TiN + BrAJ9-4$ по сталі проявляється механізм вибіркового переносу і на поверхні формується пластикна плівка, яка забезпечує умови легкого переміщення контактуючих поверхонь трибоспряжень зразків і деталей з малими значеннями коефіцієнта тертя і зносу. Підтверджується той факт, що наявність на поверхні тертя більш м'якого матеріалу в порівнянні з глибшими поверхневими шарами покриття є необхідною умовою процесу нормального тертя. Результати досліджень триботехнічних характеристик сформованих багатошарових покриттів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Триботехнічні характеристики багатошарових покриттів.

Конструкція покриттів	TiN	$TiN + \alpha - Ti$	$TiN + BrAJ9-4$	$TiC+TiN$	$TiN+TiC$
Кількість шарів у частках	1,0	0,8+0,2	0,8+0,2	1,0+1,0	1,0+1,0
Товщина шару покриття, мкм	10,0±0,2	8,0±0,2+ 2,0±0,1	6,0±0,2+ 4,0±0,2	5,0±0,2+ 5,0±0,2	5,0±0,2+ 5,0±0,2
Об'ємний знос $u_v \cdot 10^{-3}, \text{мм}^3$	8,2±0,1	4,3±0,1	6,2±0,1	20±0,2	25±0,2
Крит. навантаження на задир, Н	1100±12	1240±12	1550±13	1000±11	1000±11

Аналіз теоретичних уявлень та результатів експериментальних досліджень дозволив запропонувати наступний принцип керування процесами тертя та зношуванням. З одного боку – це наявність гарантованого шару мастила, як найбільш простого способу керування. З іншого боку модифікація поверхневих шарів спеціальними легуючими елементами або нанесення багатофункціональних, багатокомпонентних, багатошарових, композиційних покриттів, що забезпечує стійкість протікання процесів нормального тертя і зношування при оптимальних значеннях сил тертя і швидкості зносу. Керування процесами тертя можна звести до наступної функціональної блок-схеми (рис. 1).



1 - мастильні матеріали; 2 - спеціальне модифікування поверхневих шарів тертя; 3 - багатошарові, багатокомпонентні, композиційні покриття; 4 - фізико-механохімічна активність поверхневих шарів; 5 – процес нормального зношування; 6 – мінімізація процесу нормального зношування; 7 – оптимізація процесу зношування.

Рисунок 1 – Функціональна блок-схема керування процесами тертя і зношування

Таким чином, застосування багатокомпонентних, багатошарових покриттів розширює діапазон нормального тертя, дозволяє впливати на контактні процеси в зоні тертя, а отже

управляти швидкістю зношування і величиною сили тертя. Причому стійке протікання процесів нормального тертя і зношування забезпечується за рахунок нанесення на робочі поверхні багатокомпонентних, багат шарових покриттів.

Список літератури

1. Аулін В.В. Вплив властивостей компонентів КМ (КП) на напружено-деформований стан і триботехнічні характеристики деталей СГТ / В.В. Аулін, О.В. Кузик / Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 45, ч. I. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.150-160.
2. Аулин В.В. Нанесение композиционных дискретных покрытий электроконтактным припеканием / В.В. Аулин, Б.А. Ляшенко, Л.А. Лопата, Ю.В. Волков, Е.К. Соловых / Материалы 16-го Международного научно-технического семинара "Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте", 22-26 февраля 2016 г., г. Свалява, Карпаты, 2016. – С. 153-156.
3. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф. [вид.], 2016. - 303 с.
4. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами / В.В. Аулін, А.А. Тихий /
5. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами: монографія / Аулін В. В., Тихий А. А. ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф. [вид.], 2017. - 278 с.
6. Аулін В.В. та ін. Д.р. №0114U003656 КНТУ (№/т. 31.Б114) від 29.12.2016 "Трибологічні основи підвищення надійності деталей і робочих органів сільськогосподарської техніки", 2016. – 596 с.
7. Аулін В.В. Фізико-мезомеханічний підхід до виявлення характеру зношування спряжень деталей сільськогосподарської і автотранспортної техніки / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик, І.В. Жилова // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2017. – №4 – С.82-86.
8. Аулін В.В. Роль теплофізичних процесів формування структури високоміцних чавунів / В.В. Аулін, В.М. Кропівний, О.В. Кузик, А.В. Кропівна, М.В. Босий // Вісник інж. академії України. – 2017. – №3. – С.133-137.
9. Пелешенко Б. О распределении армирующего материала в смеси при отборе проб / Б. Пелешенко, А. Деркач, В. Аулін, Д. Макаренко // Proceedings VI international scientific congress Agricultural machinery, 25.06-28.06.2018. – Burgas, Bulgaria, 2018., Year 2, Vol. 2/4, June – P. 179-182.
10. Аулін В.В. Синергетика підвищення надійності машин використанням моделей марківських процесів / В.В. Аулін , А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Голуб / Збірник тез V Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 28-29 березня 2019 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2019.– С. 242-245.

ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ SMART- ПОКРИТТІВ В ЗЕЛЕНІЙ ТРИБОЛОГІЇ

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
С.В. Лисенко, *канд. техн. наук, доц.*,
А.В. Гриньків, *канд. техн. наук, с.н.с.*,
І.В. Жилова, *асп.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Зелена трибологія визначається, як наука і технологія трибологічних аспектів екологічного балансу. Оптимізація трибоспряжень деталей систем і агрегатів машин в зеленій трибології визначає вплив на економіку і навколишнє середовище за рахунок скорочення відходів і продовження терміну їх служби, дає можливість покращити технологічний і екологічний баланс, а також забезпечити стійкість і безпеку їх функціонування. Один із головних принципів зеленої трибології - це екологічність покриттів і мастильних матеріалів, розробка, оптимізація та впровадження екологічно чистих виробництв і технологій синтезу матеріалів та формування покриттів [1-3].

Сучасні технології виробництва об'ємних матеріалів (сплави, полімери, кераміка, композити) і покриттів розробляються у відповідності сучасних вимог до робочих характеристик трибоспряжень деталей машин і механізмів. Пошук матеріалів, що відповідають вимогам до продуктивності, комплексу характеристик і властивостей (на макро-, мезо-, мікро- або нанорівні) та задовольняє необхідним граничним умовам експлуатації, призвів до розвитку розумних матеріалів з оптимальною структурою та складом, які дозволяють цілеспрямовано впливати і контролювати їх стан, характеристики і властивості. Розумні матеріали, так називають створення програмованого та розробленого матеріалу [4-6], як розумного, є результатом еволюційного розвитку матеріалознавства, починаючи з проектування функціональних матеріалів та поступова розробка інтелектуальних або smart-матеріалів. Вони мають одну або декілька провідних властивостей, які можуть бути змінені контрольованим чином за допомогою зовнішніх впливів, таких як навантаження, температура, вологість, рН, напруження електричних або магнітних полів, а також набуття певних функцій в їх системі.

Комбінації різних технологій, необхідних для виробництва матеріалів з компонентів з наперед заданим комплексом властивостей шляхом синтезу розробленої мікроструктури і композиції, є корисними в трибологічних застосуваннях. В трибології розглядаються завдання збереження (без знищення) для того, щоб система розвитку процесів в трибоспряженні деталей мала рівновагу між процесами руйнуванням і регенерацією. Зазначене найбільш яскраво відбувається в процесі селективного переносу матеріалу між робочими поверхнями трибоспряжень деталей. У разі створення фрикційних покриттів, це явище допомагає при терті латуні спряженої зі сталлю в особливих умовах вибіркового переносу. Ця процедура реалізується і при антифрикційній неабразивній обробці сталевих і чавунних поверхонь трибоспряжень деталей та при використанні компонентів при особливих умовах змащення з металоплакуючими добавками.

У зонах контакту при цьому виникає реактивне нанесення покриттів з особливими властивостями. Структура в поверхнях тертя істотно змінюється, а сама трибологічна система може мати більш високі навантаження при впливі різних процесів зношування.

Завдяки зеленій трибології в аспекті зношування фрикційних відновлюваних покриттів і регенерації зношених поверхонь без спільного демонтажу, вирішується проблема формування фрикційних покриттів з мідьвмісних матеріалів в разі неабразивної обробки сталевих поверхонь деталей. В зеленій триботехніці технології формування фрикційних покриттів міді та латуні шляхом вибіркового переносу матеріалів.

Селективне явище переносу в трибоспряженнях матеріалів, що містять мідь, передбачає взаємодію зі сталлю в середовищі спеціального мастила (наприклад, гліцерин) й створення сервовидного, самосформованого smart-шару, що служить для продовження терміну служби трибоспряжень деталей [7-8]. Smart-шар, сформований на деталях безпосередньо на поверхні тертя призводить до високої поліпшеної зносостійкості гільз циліндрів та поршневих кілець двигуна внутрішнього згорання, важких навантажених трибоспряжень деталей транспортних засобів, авіаційних агрегатів і т.д.

Д.Гаркунов та Г.Пользер є першими дослідниками в теорії і практиці селективного переносу матеріалу в трибоспряженнях деталей та формування smart-покриття при терті [7-10]. Загальні роботи в цьому напрямі проводили в трибологічному центрі в Софії, Болгарія, а останнім часом в Schoenfelds, Німеччина.

На основі рівнянь теоретичної фізики, професором Г. Пользером були отримані рівняння процесу самоорганізації при терті. При наявності проблеми руйнування є дві можливості її вирішення: одночасний розвиток процесів, які створюють рівновагу між руйнуванням і регенерацією, або експоненціальні руйнування всієї системи [7-8]. Формування покриття при терті реалізується на сталевому елементі (наприклад, валу), який обертається і взаємодіє зі стрижнем при наявності спеціального мастила, утворюючи трибоспряження матеріалів «бронза-сталь»

Формування плівки на поверхні тертя в трибоспряженні матеріалів «бронза-сталь» відбувається в гліцериновому середовищі. Покриття формується в першу чергу за рахунок розчинення бронзової поверхні, де гліцерин виступає в якості слабкої кислоти. Атоми таких хімічних елементів як олово, цинк, залізо, алюміній поглинаються мастилом, в результаті чого поверхня бронзи збагачується міддю. При терті деформація бронзової поверхні викликає нове проходження хімічних елементів в мастило, в результаті чого бронзовий шар очищається і практично складається тільки з міді. Пори в матеріалах заповнюються гліцерином. Гліцерин виступає в якості каталізатора оксидів міді. Мідна плівка складається з вільних оксидів Cu. Він дуже активний з вільними іонами і має високу адгезію до сталевій поверхні. Сталева поверхня деталі покривається тонким шаром міді. При цьому має місце організація і селективне перенесення міді до сталі. Перед стабілізованим виборчим перенесенням, процес осадження міді триває поки сталь та бронза не покриються мідними шарами товщиною 2 мкм [10]. В поверхневих шарах робочих поверхонь спряжень деталей мають місце механічні та хімічні перетворення, утворення поверхнево-активних речовин (ПАР) на поверхнях тертя, а тому ПАР взаємодіють хімічно з поверхнями різної форми, утворюючи хемосорбовані шари (рис.1).

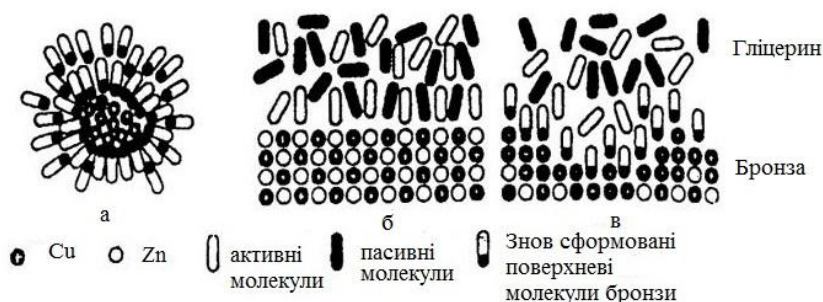


Рисунок 1 – Схема формування міцел (а) та характеру взаємодії поверхнево-активних речовин з бронзою (б,в)

В трибоспряженні «гліцерин-сталь» спостерігається самоорганізація і формуванні плівки з істотно зміненою зносостійкістю. Головним результатом є низький знос зразка (деталі) з покриттям за умови режиму селективного переносу матеріалу. Важливо також зменшення концентрації водню на поверхні тертя і, відповідно, тим менше водневий знос. Зазначене важливе для практичних застосувань, де має місце зварювання та захоплення [8]. Між поверхнями тертя значно знижуються ці явища в умовах вибіркового переносу.

Значний практичний результат є можливістю демонтажу вільного відновлення зношених зразків та деталей трибоспряження.

Явищу прямого нанесення покриттів сприяють натирання і осадження міді в спеціальних умовах селективного переносу матеріалу в результаті протікання різних процесів. У зонах контакту виникає реактивне нанесення покриттів зі спеціальними властивостями: Електрохімічний потенціал визначає не тільки зміст, але й зміну структури поверхонь тертя [8].

Прикладена сила тиску при обертанні латунного стрижня включає великий тиск в зоні контакту між стрижнем і основним матеріалом через відносно невелику контактну поверхню. Створюється позитивний градієнт міцності на зсув у напрямку глибини поверхневого шару зони тертя [11].

В результаті, створюється трибологічна система, яка може мати більш високі навантаження при впливі різних процесів. Авторами розроблені технології та сформовані покриття на основі використання принципів їх фрикційного відкладання на зразках і деталях в процесі вибіркового переносу. На рисунку 2 показано зниження водневої глибини на поверхні тертя.

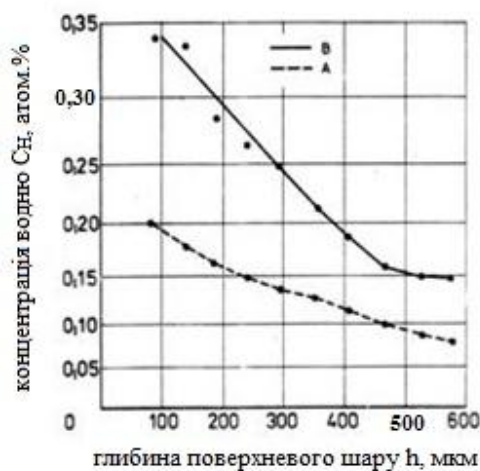


Рисунок 2 – Зниження концентрації водню у поверхневому шарі зони тертя

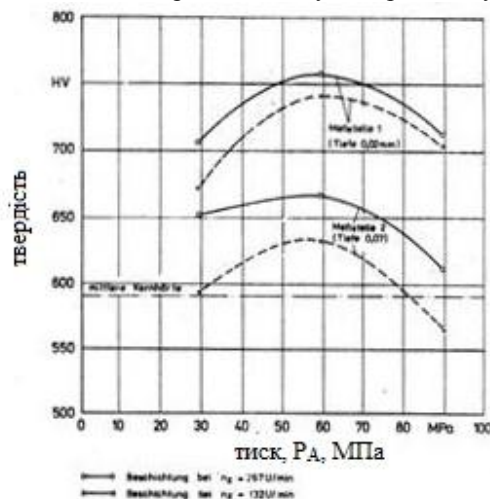


Рисунок 3 – Розподіл твердості в різній глибині після фрикційного нанесення покриттів на сталь: суцільна лінія – формування покриття при $n = 267$ об / хв., переривчаста лінія – при $n = 132$ об/хв., глибина шару покриття 0,02 мм

Результатами водневого зношування від синергетичної взаємодії є різні поверхневі явища: екзоемісія, адсорбція, фрикційні руйнування. Формується температурний градієнт та електричні і магнітні поля; які призводять до дифузії водню в металах у приповерхневому шарі та швидкого зношування цього шару [8,10]. Формування дефектів металу в деформованому поверхневому шарі зони тертя також збільшує концентрацію водню і

збільшує знос. Сформовані фрикційні покриття, в результаті вибіркового переносу, тим не менш, істотно поліпшують його стійкість до водневого зношування [8].

За допомогою сформованого покриття від фрикційної латуні в різних конструкціях трибоспряжень із сталі і чавуну є можливість зниження сили тертя на 10...20% та зміни розподілу зносу для верхньої мертвої точки в гільзах циліндрів двигунів.

Фрикційні покриття на основі латуні успішно застосовуються у високонавантажених трибоспряженнях двигунів.

Результати досліджень в області зеленої трибології слід інтегрувати в світову науку і врахувати її вплив на рішення загальносвітових глобальних проблем. Зелена трибологія має ряд проблем, основною з яких є зведення до мінімуму зносу. Проблему розглядають зниження зносу можливо розв'язати за рахунок фрикційних покриттів. Результати досліджень фрикційних покриттів, пов'язані концепцією створення інтелектуальних матеріалів.

Висновки:

1. Спостерігається самоорганізація в системі «латунь-гліцерин-сталь» при селективній взаємодії. Це запобігає накопиченню дислокацій в поверхневих шарах, на відміну від режиму граничного тертя.

2. Спостерігається низький опір зсуву і матеріал покриття стає поверхнево-активним, що характерне для процесів при пластифікації металів, так що дислокації, рухомі до поверхні розряджаються.

3. Сформована плівка призначена для управління покриттям з істотною зміною його зносостійкості, що дає можливість управляти впливаючи на властивості в процесі створення при терті.

4. Важливими особливостями покриття, нанесеного при терті в режимі селективного переносу матеріалу є низький рівень зносу компонентів, а також низький водневий знос поверхонь з покриттям; поліпшена довговічність трибоспряжень; можливість без демонтажу вільного відновлення зношених одиниць / трибоспряжень.

5. Фрикційні покриття є екологічно чисті, оскільки осадження покриттів є екологічно чистою технологією і в якості додатку через поліпшення терміну служби трибоспряжень, енергії і економії матеріалів шляхом зменшення зносу і шляхом безрозбірного відновлення зношених трибоспряжень.

Список літератури

1. Nosonovski, M. and Bhushan B. (edtrs), "Green Tribology. Biomimetics, Energy Conservation and Sustainability", Springer Verlag, 2012.
2. H. P. Jost: 30th Anniversary and Green Tribology. Report of a Chinese Mission to the United Kingdom, 7-14 June 2009, issued by the Tribology Network of the Institution of Engineering & Technology.
3. Assenova, E., Majstorovic, V., Vencl, A., Kandeва, M., "Green Tribology and Quality of Life", International Convention on Quality 2012, Belgrade (Serbia), 05-07.06.2012, Proceedings, p.p. 32-38, Published in Advanced Quality, 40, 2, 2012, 26-32.
4. Toffoli, T. and Margolus, N., "Programmable matter: concepts and realization", Physica D, 47, 1991, 263-272.
5. Zakin, M., "The next revolution in Materials", DARPA Tech, DARPA's 25th Systems and Technology Symposium, August 7, 2007, Anaheim, California.
6. Vinnova, Sweden: <http://www.vinnova.se/en/Ouractivities/Production-Materials-and-Natural-Resources/Designed-Materials/>
7. Polzer, G., "Der Erfahrungsaustausch: Reibbeschichten und selective Uebertragung", Publ. Bezirks-Neuerer-Zentrum, Gera, 1988.
8. Polzer, G., Assenova E., Tsermaa, "Copper Frictional Coatings under Conditions of Selective Transfer", Tribological Journal BULTRIB, Sofia, Vol. 3, 2012.
9. Garkunov D.N., Triboengineering (wear and nondeterioration), Moscow Agricultural Academy Press, Moscow, 2000 (in Russian).
10. Garkunov D.N., Scientific Discoveries in Tribotechnologies. No-wear effect under friction: Hydrogen wear of metals. MAA Publishing House, Moscow, 2007.
11. Kragelsky, I. V., Friction and Wear, Moscow, Mashinostroenie, 1968.
12. Emilia Assenova, Gottlieb Polzer, Dr. Tsermaa and Mara Kandeва, Smart Coatings and Green Tribology World Tribology Congress 2013 Torino, Italy, September 8 - 13, 2013.

МЕХАНИЗМ ЗАГАЗОВАННОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И ВЫДЕЛЕНИЕ ПУЗЫРЬКОВ

В.В. Аулин, д-р. техн. наук, проф.,
Т.Н. Замота, д-р. техн. наук, проф.,
А.В. Гринькив, канд. техн. наук, с.н.с.,

Центральноукраинский национальный технический университет

Исследование влияния электрохимических параметров на газообразование и развитие приработочных показателей проводили по схеме ролик-колодочка. Зазор в трибосопряжении изменяли за один оборот ролика от 0 до 100 мкм за счет его биения. Определение загазованности электролита проводили при напряжениях 3, 4 и 5 В по схеме, изображенной на рис. 1.

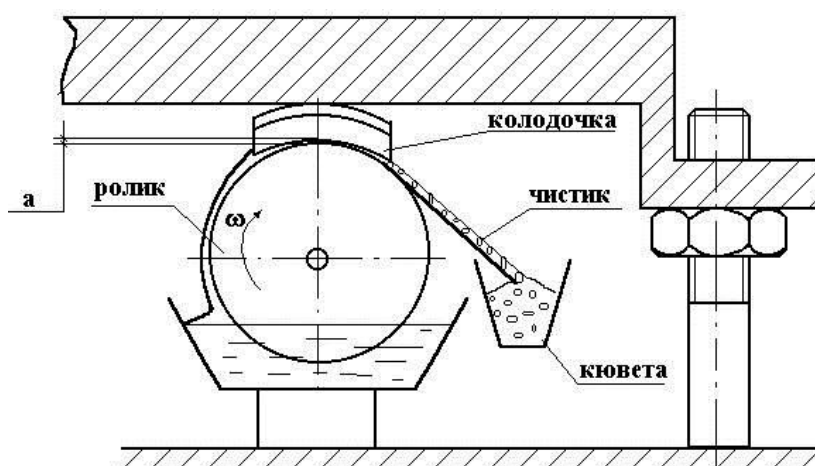


Рисунок 1 – Схема отбора проб загазованного электролита

Дисперсионность пузырьков газа оценивали с помощью микроскопа МБС-10 при увеличении $\times 56$ и специальной индикаторной головки МИГ-1 с ценой деления 1 мкм, вводимой в измерительную систему предметного столика (рис. 2).

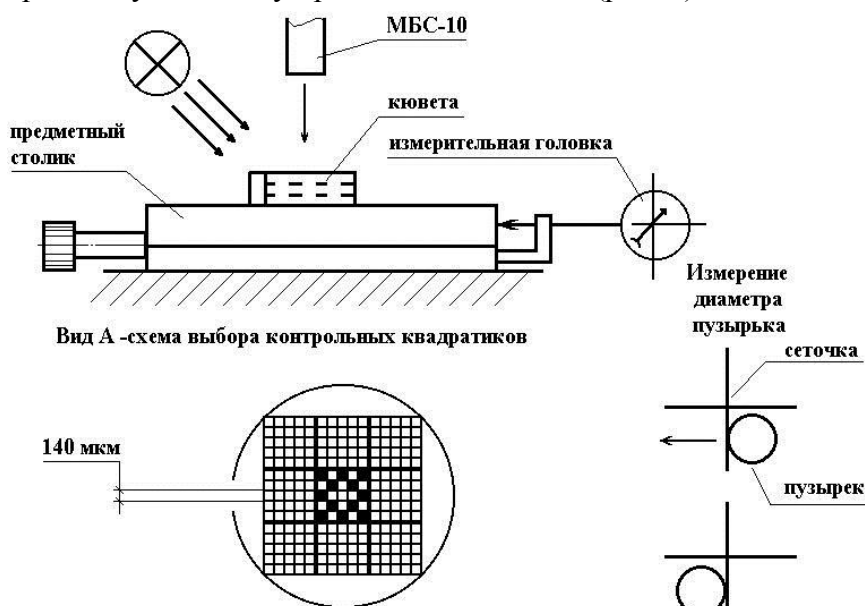


Рисунок 2 – Схема оценки загазованного электролита

Изменение потенциалов на колодочке проводили с помощью электродов сравнения, и осциллографа С-19Б по схеме, приведенной на рис. 3.

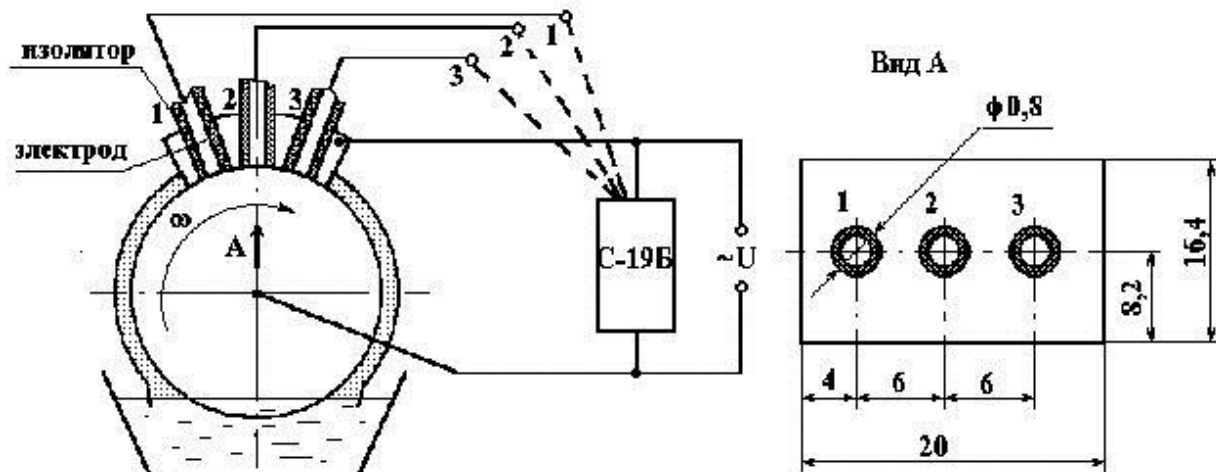


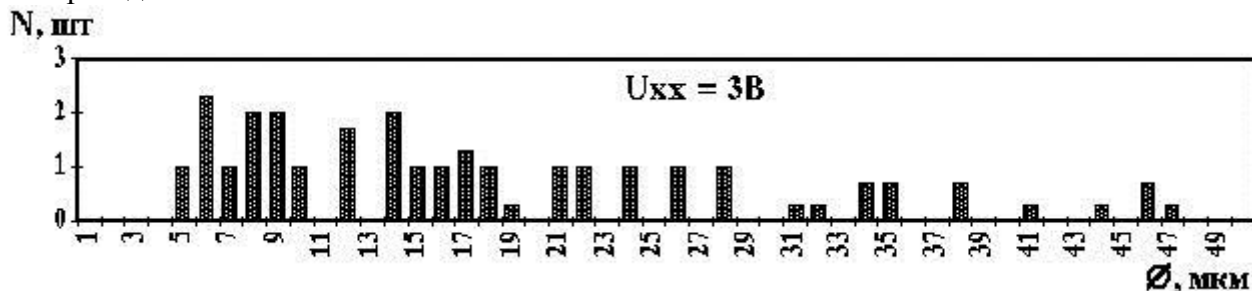
Рисунок 3 – Схема подключения электродов к колодочке

Электроды представляли собой медные проводники, изолированные от колодочки.

Для выяснения роли выделяющихся пузырьков газа на течение процесса были поставлены дополнительные эксперименты по изучению влияния количества и дисперсности выделяющихся газовых пузырьков на изменение конусности, площади пятна контакта и износ.

Как показали эти исследования, при напряжении $U_{xx} = 4$ В электролит имеет наибольшее количество мелких пузырьков газа с диаметром до 10 мкм. Предполагали, что мелкодисперсные пузырьки попадая во впадины микрошероховатости предотвращают ее растравливание за счет своей низкой электропроводимости, в результате возникают лучшие условия для травления микровыступов. Это создает возможность сглаживать микровыступы, за счет чего более интенсивно развивается площадь при малой величине износа. Благодаря этому же явлению лучше исправляется конусность.

В результате проведенных исследований было определено количество и дисперсность пузырьков газа, образующихся в электролите при различных напряжениях. Напряжение влияет на процесс газообразования (рис.4). При напряжении $U_{xx} = 3$ В имеет место неинтенсивное газообразование с преобладающим образованием крупных пузырьков. При напряжении $U_{xx} = 4$ В образовывалось большое количество мелких пузырьков размерами до 10 мкм, а при напряжении 5В преимущественно образовывались крупные пузырьки размером до 50 мкм.



а

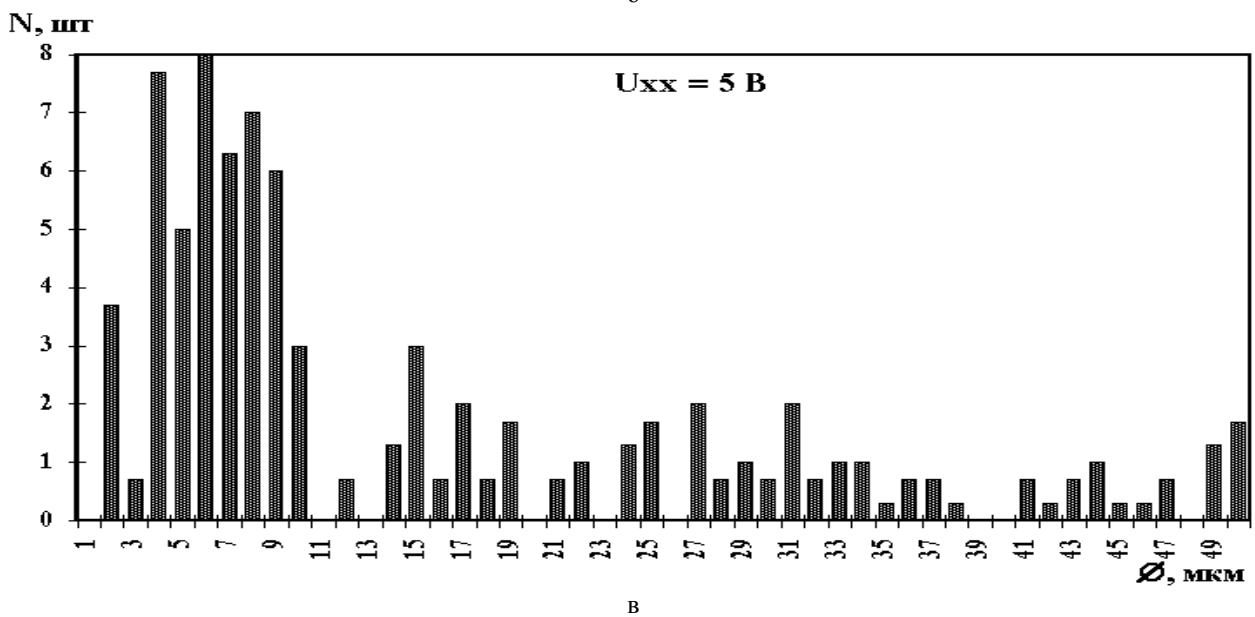
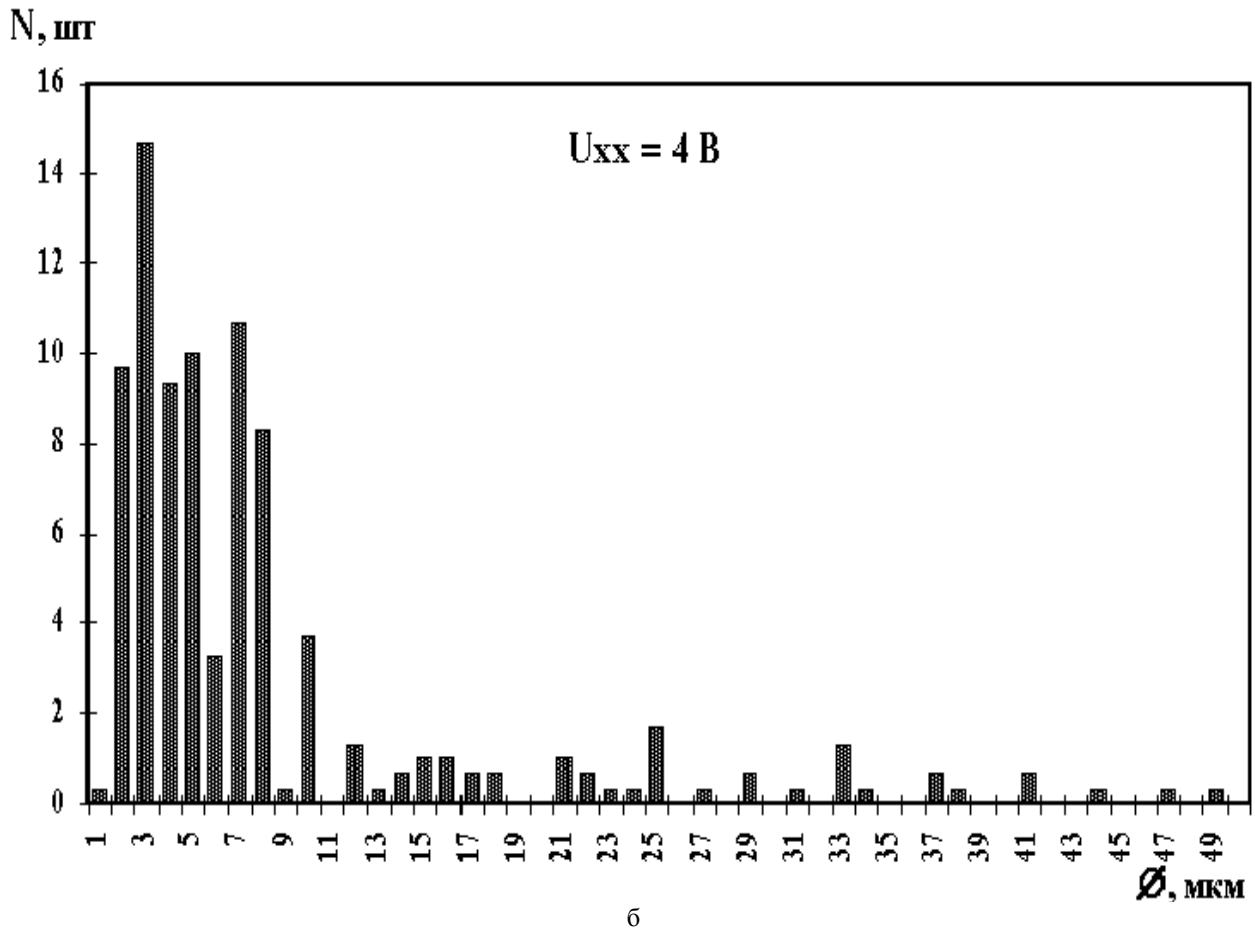


Рисунок 4 – Фракционный состав пузырьков при различных электрических напряжениях: а – $U_{xx} = 3 В$; б – $U_{xx} = 4 В$; в – $U_{xx} = 5 В$

По всей вероятности, попадая во впадины микрошероховатости пузырьки, вследствие своих диэлектрических свойств, предотвращают растравливание этих впадин (рис. 5). Микровыступы не блокируются мелкими пузырьками, что способствует их локальному травлению [146].

В то же время крупные пузырьки могут закрывать микровыступы, в результате чего происходит пробой в межэлектродном зазоре, вызывающий эрозию металла. Такое явление имело место при напряжении $U_{xx} = 5 В$.

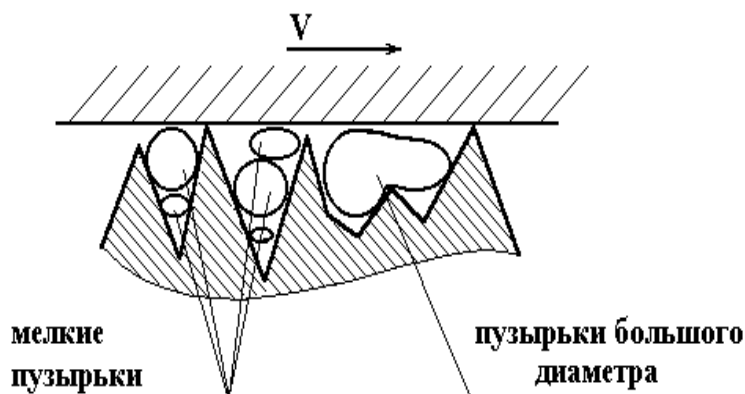


Рисунок 5 – Схема возможного расположения пузырьков газа при электрохимических процессах, протекающих в электролите

Таким образом, при напряжении $U_{xx} = 4$ В возникают лучшие условия для травления микровыступов, что создает возможность сглаживать микроповерхность за счет чего более интенсивно развивается площадь пятна контакта при более малой величине износа [170].

В зависимости от диаметра пузырька было найдено избыточное давление внутри пузырька [156]

$$p_n = 2\sigma_n/r \quad (1)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения электролита 1, ($\sigma_n=3,01 \cdot 10^{-2}$ Н/м).

По закону Бойля - Мариотта, зная избыточное давление в пузырьках разных диаметров и их количество (рис.4), был определен коэффициент перевода объема газа в пузырьке в нормальных условиях и объем выделившегося газа. Как видно из табл.1, мелкие пузырьки обладают большим избыточным давлением. Причем при уменьшении диаметра пузырька меньше 10 мкм, возрастание давления в пузырьке идет наиболее интенсивно.

По методике проведения данных опытов исследуемый объем электролита составлял $V_{исл.} = 246.960.000$ мкм³. При этом при 3В газ занимал 0,081% от этого объема, при 4 В - 0,088%, а при 5 В был 0,239%.

Электропроводимость газовой эмульсии ниже, чем чистого электролита, ее можно определить по формуле 4. 6.[156].

$$\chi_{эф} = \chi_0(1 - 1,78\varepsilon + \varepsilon^2), \quad (2)$$

где $\varepsilon = \frac{V_2}{V}$ – величина, показывающая отношение объема газа V_2 к общему объему электролита;

χ_0 – электропроводимость незагазованного электролита.

Величина ε тем больше, чем больше выход по току газов, чем меньше межэлектродное расстояние [156].

Опыты с использованием электродов сравнения показали, что на первом электроде по ходу вращения ролика потенциал был наименьшим. Затем потенциал увеличился и на третьем электроде он был максимальным (таблица 1).

Таблица 1 – Токовые параметры в различных местах колодочки.

Точка измерения	Напряжение в различных точках, U, В	Напряжение на кольце, U, В	Напряжение хх, U, В	Сила тока, I, А
1	1,26			
2	2,27	3,86	4,00	1,00
3	3,70			

Так как зазор под электродами был одинаковым, то различие напряжений можно отнести к загазовыванию электролита под колодочкой по мере вращения ролика (рис. 6).

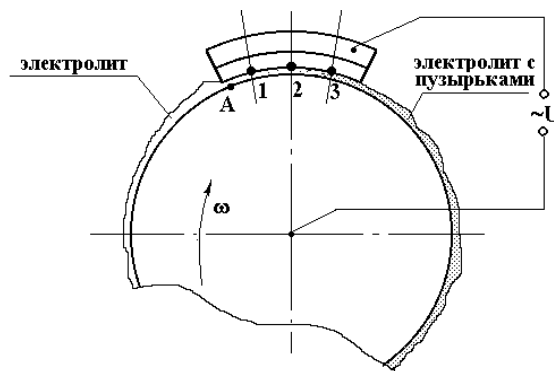


Рисунок 6 – Схема заgasовывания электролита

Чистый электролит попадая в зазор между роликом и колодочкой начинал заполняться пузырьками газа. Время прохождения точки А (рис. 6) вдоль поверхности колодочки составляет 0,01 с. От т.1 до т. 2 это время составляло 0,003 с. За столь короткое время происходило существенное снижение электропроводности электролита.

Предварительные опыты показали, что при $1,67 \text{ с}^{-1}$ в электролите наибольшее количество мелких пузырьков возникало при напряжении 4 В. При повышении частоты вращения до $8,35 \text{ с}^{-1}$ при 4 В также наблюдалось наиболее мелкодисперсное газообразование.

Направления применения газообразования в электролитах при ЭХМП:

1. Принудительное изменение режима трения прирабатываемого сопряжения деталей от гидродинамического до граничного для активации поверхности при непосредственном механическом контакте. Это вызывается кратковременным повышением напряжения процесса свыше 4В (максимум до 5 В), образованием газовой эмульсии в зазоре, которая легко сжимается и не обладает свойствами жидкости без газа внутри (чем и является электролит).

2. Газообразование при напряжениях, которые обеспечивают наиболее мелкодисперсное газообразование в электролите (от 4 до 4,5 В), способствует выравниванию поверхности и формированию износостойких плосковершинных микрорельефов.

3. Повышение напряжения свыше 5 В, что вызывает интенсивное газообразование, может спровоцировать появление в зазоре между прирабатываемыми поверхностями электроэрозионных процессов. Они могут быть применимы для активации абразивного изнашивания если это необходимо в технологических целях.

Список литературы

1. Аулин В.В. Исследования процессов выделения пузырьков газа в смазывающей среде при приработке и их влияние на изменение режима трения / В.В. Аулин, Т.Н. Замота // Проблемы трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2011. – №1 – С.95-99.
2. Аулин В.В. Закономерности приработки деталей различных типов сопряжений / В.В. Аулин, Т.Н. Замота / Зб. тез матеріалів міжнар. наук. практ. конф. «Ольвійський форум - 2012» Секція «Трибологія, енерго- та ресурсозбереження», 6-10 червня 2012, Ялта., т. 12. – С.69-72.
3. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.
4. Аулин В.В. Повышение качества приработки сферических трибосопряжений гидроагрегатов электрохимико-механическим методом / В.В. Аулин, Т.Н. Замота // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2015. – №5. – С.19-22.
5. Аулин В.В. Повышение надежности гидроагрегатов приработкой их основных сопряжений / В.В. Аулин, Т.Н. Замота, А.Е. Чернай / Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 121-124.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

УДК 678.631

АДАПТАЦІЯ СКЛАДУ ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ ДО УМОВ РОБОТИ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

О.Д. Деркач, канд. техн. наук, доц.,
Д.О. Макаренко, канд. техн. наук, доц.,
О.С. Кабат, канд. техн. наук, доц.,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Аналіз стану питання. Використання полімерних композитних матеріалів (ПКМ) у машинобудуванні, у т.ч. сільськогосподарському, сьогодні займає чинне місце і є одним із основних показників технічної досконалості виробу. Зазвичай це стосується посівної та збиральної техніки, яка сьогодні, задля забезпечення якомога точнішого виконання агровиног, постійно ускладнюється [1-3].

Проблема розробки та впровадження нових конструкційних пластиків у с.-г. машинобудуванні досліджувалася багатьма вченими [1, 4-6]. Досліджувалися процеси старіння пластиків [7] та методи термообробки [8] для оптимізації фізико-механічних та хімічних властивостей виробів.

У рухомих з'єднаннях с.-г. машин, як правило, працюють трибосистеми в умовах обмеженого змащування, сухого тертя (без змащування) та за наявності абразиву. Проблемними в плані підвищення надійності та довговічності є трибосистеми, що працюють в умовах сухого тертя та за наявності інтенсивної дії абразиву.

Саме тому фізико-механічні характеристики є основними для вибору того чи іншого полімерно-композитного матеріалу для конкретних механізмів чи спряжень. Вони забезпечують працездатність матеріалів у відповідності з режимами експлуатації: навантаження (статичні та динамічні), деформація (пружна та пластична) та ін.

Результати досліджень. Виконані дослідження по адаптації складу УПА-6-30 до умов експлуатації паралелограмних механізмів різних посівних машин шляхом додавання графіту. Вибір наповнювачу – графіту обґрунтований невисокою його вартістю у порівнянні з іншими та можливістю поліпшення саме триботехнічних властивостей полімерно-композитних матеріалів.

Для досліджень було підготовлено десять складів полімерно-композитного матеріалу та виготовлено з них зразки з відсотковим вмістом графіту від 0 до 9 % мас.

Отримані зразки витримали при кімнатній температурі протягом 72 годин, після чого були виконані дослідження фізико-механічних характеристик.

Встановлено залежність коефіцієнту тертя f , зносу U , границі міцності при стисканні σ та ударної в'язкості a_n від відсоткового вмісту графіту в ПКМ УПА-6-30. Додавання графіту у кількості 9 % мас призводить до зменшення границі міцності при стисканні на 49 %, що унеможливає використання такого матеріалу у важконавантажених рухомих спряженнях механізмів. Використання таких матеріалів, з вмістом графіту до 3...4 % мас, потребує тільки уточнення умови міцності для конкретного механізму або рухомого спряження в залежності від умов експлуатації.

Отримані результати дозволять виконати (обрати) модифікацію матеріалу для деталей з ПКМ з врахування середовища та режимів їх експлуатації. Наприклад, для механізмів копіювання пропонуємо використовувати ПКМ УПА-6-30 наповнений графітом у кількості

3 % мас, що водночас забезпечує міцнісні умови роботи трибоспряжень та зменшує величину зносу, і як наслідок, підвищує довговічність. Для деталей, що працюють в абразивному середовищі, наприклад котушки висівних апаратів, необхідно забезпечити зносостійкість, а фізико-механічні характеристики другорядні. Тому для цих деталей бажано використовувати склад з вмістом графіту в межах 6...7 % мас.

Впровадження розроблених матеріалів у трибоспряження механізму копіювання рельєфу посівного комплексу Агро-Союз Turbosem II 19-60 дозволяє ліквідувати 240 точок мащення, що призводить до збільшення темпу робіт агрегату на 5...6 %. Модернізація механізмів копіювання ПКМ дозволить зменшити витрати часу простоювання техніки при технічному обслуговуванні агрегату на 70...85 %.

Висновки. Встановлено, що введення в ПКМ УПА-6-30 графіту від 1 % до 9 % мас. призводить до зменшення коефіцієнту тертя на 21 % (з 0,163 до 0,129) і зносу на 86 %. Знижується границя міцності при стисканні на 48 %, а ударна в'язкість – 85 %, тобто з 40 до 6 кДж/м².

Виявлено, що введення графіту у кількості 1...6 % мас. призводить до різкого зниження коефіцієнту тертя та величини зносу, тоді як подальше збільшення концентрації суттєво не впливає на ці показники.

Визначено, що для підвищення довговічності та забезпечення міцнісних характеристик рухомих спряжень (виготовлених з УПА-6-30) паралелограмного механізму копіювання оптимальний вміст графіту не повинен перевищувати 4...5 % мас. Для деталей, що працюють в абразивному середовищі необхідно використовувати графіт в якості наповнювачу в межах 6...7 % мас.

Список літератури

1. Деркач О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2006. – 20С.
2. Деркач А.Д. Применение углепластиков в широкозахватных посевных машинах / А.Д. Деркач, Н.Н. Науменко, Д.А. Макаренко // *Mechanization in agriculture. International scientific, scientific applied and informational journal.* Year LXI, 2/2015, – Sofia. – 2015. – P. 3-6.
3. Макаренко Д.О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Центральноукраїнський національний технічний університет – Кропивницький, 2018. – 20 С.
4. Абрамов С.К. Полимерные материалы в сельскохозяйственном машиностроении: Монография [Текст] / С.К.Абрамов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 225 с.
5. Буря А.И. Свойства и опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении [Текст] / А.И.Буря // *Методические рекомендации.* – К. Знание, 1992. – С. 28.
6. Берладір Х.В. Наукові основи розробки полімерних композиційних матеріалів триботехнічного призначення на основі політетрафторетилєну [Текст]: монографія / Х.В. Берладір, О.А. Будник, К.О. Дядюра [та ін.]; За ред. К.О. Дядюри. – Суми: СумДУ, 2017. – 176 с.
7. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях: Монография. – М.: Химия, 1982. – 220 с.
8. Кестельман Н.Я. Термическая обработка полимерных материалов в машиностроении. М.: Машиностроение, 1968, – 266 с.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПОСІВНИХ ТА ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

В.І. Дворук, *д-р. техн. наук, проф.*
Національний авіаційний університет м. Київ
К.В. Борак, *канд. техн. наук,*
Житомирський агротехнічний коледж

Підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних та посівних машин одна із основних задач сучасного машинобудування та підприємств з їх експлуатації.

Як відомо з багатьох робіт [1, 2, 3, 4] підвищити довговічність та зносостійкість деталей та робочих органів машин можливо трьома методами: технологічним, конструкційним та експлуатаційним (рис.1).

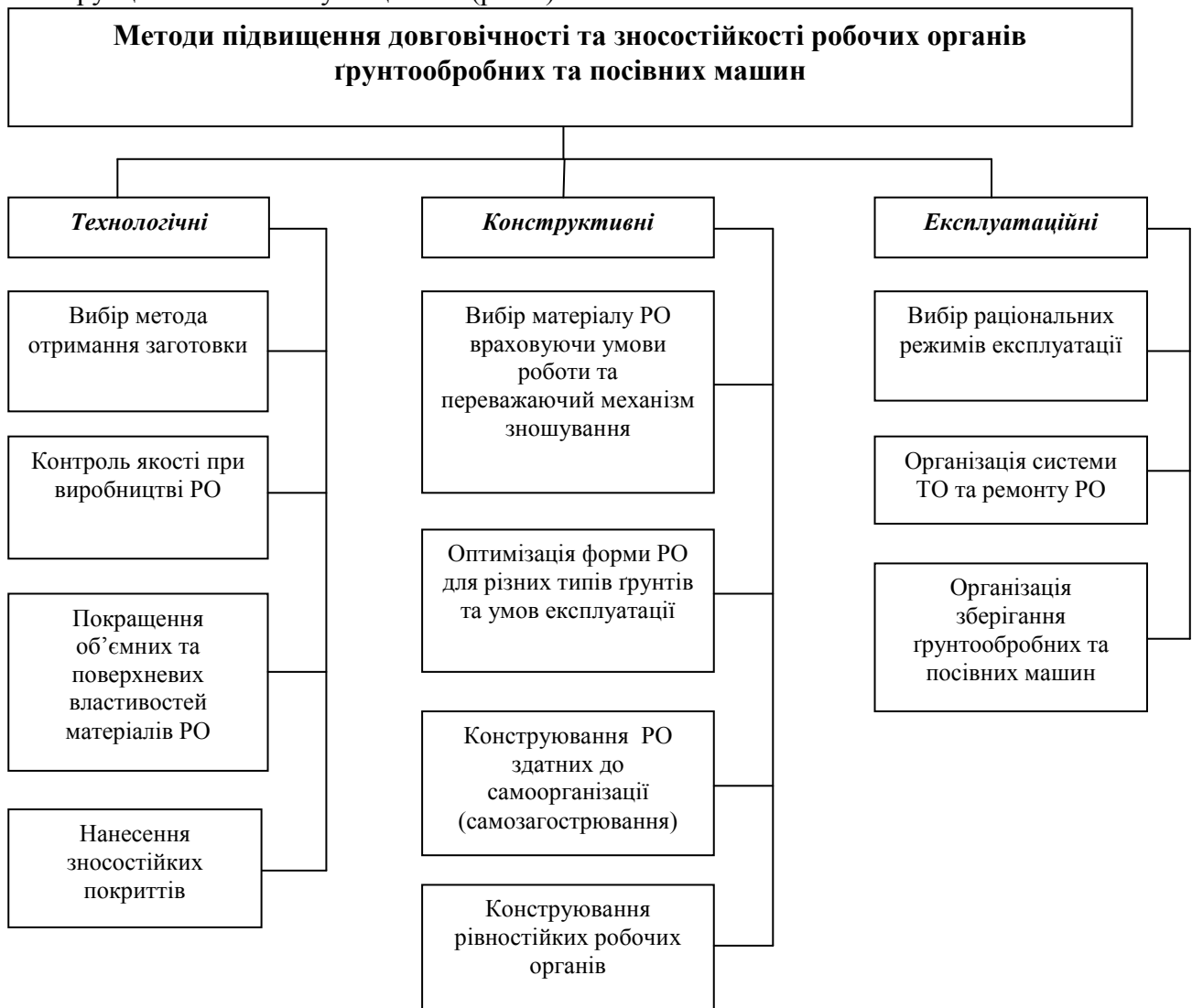


Рисунок 1 –Методи підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних та посівних машин

В роботі [4] вказується, що здобуті за 50 років знання в області трибології реалізуються в промисловості в наступному співвідношенні 80% конструювання та 20 %

експлуатація. Автор роботи [5] посилається на доповідь П. Джоста на конференції в Лондоні в 2016 році де під конструюванням мається на увазі використання конструкційних та технологічних методів підвищення зносостійкості. Стосовно даного розподілу для РО посівних та ГМ доля експлуатаційних методів буде ще нижчою. Існуючі методи підвищення довговічності та зносостійкості деталей та робочих органів машин представлено на рис. 1.

Великий вклад у вирішення питання підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів, які працюють в ґрунтовому середовищі, пояснення механізму абразивного зношування робочих органів в ґрунті здійснили: Костецький Б.І. Севернев М.М. [6], Ткачев В.Н. [1, 4], Хрущов М.М. [7], R.C.D. Richardson [8, 9], Moore M.A. [10], Тененбаум М.М. [11], Рабінович А.Ш. [12], Аулін В.В [13], Михальченков А.М. [14, 15] та інші. Незважаючи на велику кількість праць в даному напрямку багато питань залишаються не розкритими. В першу чергу це пов'язано з вирішенням питання підвищення довговічності та зносостійкості конкретним методом (не враховуючі всі інші існуючі методи). На мою думку такий спосіб вирішення питання є неприпустимим, оскільки суттєво підвищити довговічність та зносостійкість РО можливо тільки впроваджуючи комплексний триботехнічний підхід з використанням: конструктивних, технологічних та експлуатаційних методів.

Список літератури

1. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания / В.Н. Ткачев – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.
2. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 / Бобрицький Віталій Миколайович. – Кіровоград, 2007. – 182 с.
3. Борак К.В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 – тертя та зношування в машинах / Борак Костянтин Вікторович. – Харків, 2013. – 217 с.
4. Ткачев В.Н. и др. Методы повышения долговечности деталей машин М.: Машиностроение, 1971. – 272.
5. Мышкин Н.К., Горячева И.Г. Трибология: тенденции полувекового развития / Н.К. Мышкин, И.Г. Горячева – трение и износ, 2016г. – Том 37 - №6 – С. 665-669.
6. Севернев М.М. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев, Н.Н. Подлекарев, В.Ш. Сохадзе, В.О. Китиков; по ред. М.М. Севернева. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 333 с.
7. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 252 с.
8. R.C.D. Richardson. Wear of Metals by Relatively Soft Abrasives, Wear, Vol. 11, 1968 pp. 245-275.
9. R.C.D. Richardson, The maximum hardness of strained surfaces and the abrasive wear of metals and alloys, Wear 10(5) (1967) 353-382.
10. Moore, M.A, Abrasive Wear, in Fundamentals of Friction and Wear, D Rigney (Ed), ASM, Metals Park, Ohio, (1980).
11. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию / М.М. Тененбаун. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
12. Рабинович А.Ш. Самозатачивающиеся плужные лемехи и другие почворезущие детали машин / А.Ш. Рабинович. – М.: ГОСНИТИ, 1962. – 106 с.
13. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.04 / Аулін Віктор Васильович ; Хмельниц. нац. ун-т. - Хмельницький, 2015. – 36 с.
14. Михальченков А. М. Повышение износостойкости плужных лемехов упрочнением наиболее вероятных зон износа / А.М. Михальченков, А.А. Тюрева, П.А. Паршиков // Конструирование, использование, надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. – Брянск: Брянская ГСХА, 2006. – Ч. 1. – С. 234-239.
15. Михальченков, А.М. Повышение износостойкости плужных лемехов нанесением упрочняющих валиков в области наибольшего износа / А.М. Михальченков, А.А. Тюрева, М.А. Михальченкова // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2007. – №9. – С. 17-19.

ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

В.Л. Куликівський, канд. техн. наук
Житомирський національний агроекологічний університет

З урахуванням нинішнього стану і перспектив розвитку вітчизняного машинобудування та технічного оснащення аграрного сектора, розробка і дослідження нових конструкторсько-технологічних методів підвищення надійності та ефективності експлуатації і ремонту засобів механізації є актуальними. Розширення та поглиблення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт щодо вдосконалення методів підвищення надійності приводів механічних систем сільськогосподарського призначення представляють важливу народногосподарську проблему, вирішення якої забезпечує подальше зростання ефективності аграрного виробництва.

Широке застосування конічних підшипників в приводах сільськогосподарських машин обумовлено їх конструктивно-технологічними особливостями і перевагами перед іншими типами підшипників, які полягають в наступному:

- конічні підшипники є роз'ємними і дозволяють здійснювати монтаж внутрішніх та зовнішніх кілець окремо (при складанні вузла);
- дозволяють регулювати радіальний зазор та осьове переміщення в підшипнику, як при складанні вузла, так і в процесі експлуатації;
- поєднуються при встановленні з іншими типами підшипників;
- дозволяють, в залежності від встановлення пари підшипників, досягати різної жорсткості та визначати характер регулювання;
- багатофункціональні за сприйняттям зовнішніх навантажень;
- технологічні та мають мінімальну кількість робочих деталей.

Поряд з перевагами, як і всі роликопідшипники, конічні володіють недоліками. До них можна віднести:

- обмежену частоту обертання внаслідок високих навантажень, які сприймаються підшипниками;
- чутливість до перекосів посадочних місць валу і корпусу;
- перегрів підшипників внаслідок невідповідності осьового переміщення в парному комплекті нормативним вимогам.

На рис. 1 представлені основні чинники, що знижують надійність функціонування опор кочення з конічними підшипниками. Всі фактори можна розділити на три групи: конструктивні, технологічні та експлуатаційні. Взаємозв'язок розташування зубчастих коліс, виду зачеплення і опор кочення виник не випадково. Це пов'язано перш за все з тим, що при навантаженні конічного роликівого підшипника осьовим навантаженням на ролики діє сила, яка прагне виштовхнути тіла кочення із зони впливу. Для того щоб ролики утримати в зоні навантаження, конструкція внутрішнього кільця конічного підшипника забезпечена упорним бортом, куди впираються тіла кочення великими торцями. Між поверхнями цих елементів при роботі підшипника виникає тертя ковзання, яке супроводжується інтенсивним зносом в цій зоні та нагріванням елементів підшипника. Найбільш інтенсивно такий процес протікає при постійному осьовому навантаженні, яке діє на підшипник [1, 2], що характерно для відповідних підшипників сільськогосподарських машин.

У числі заходів боротьби з цим недоліком з'являється необхідність створення монтажного зазору в парі конічних підшипників. Значний попередній натяг в парі підшипників неприпустимий, оскільки неминучі похибки виготовлення посадочних поверхонь, що даним зазором частково компенсовані.



Рисунок 1 – Класифікація основних факторів, що впливають на надійність опор кочення

Наявність монтажного зазору в парі підшипників ведучої та веденої шестерень призводить до того, що положення вала визначається тільки тим підшипником, який сприймає осьове навантаження. У конічних зачепленнях – це підшипники, розташовані поруч із зубчастими колесами, що працюють без зазору. Другі підшипники працюють із зазором, що поступово збільшується у процесі зношування деталей пристрою.

Вали при цьому виявляються фактично одноопорними і будь-які силові впливи на порівняно вільний кінець вала, а також змінна динаміка робочих навантажень на зубчасті колеса, призводять до високочастотного варіювання положення коліс, що неминуче позначається на шумності та довговічності редуктора. Стосовно ведучого конічного колеса – збурюючим силовим фактором є карданний вал. При значній частоті обертання та неідеальному балансуванні він створює колове радіальне навантаження, що призводить до переміщень переднього кінця ведучого валу редуктора у межах наявного зазору в підшипнику. Крім цього на передній кінець вала ведучої шестірні діють сили у вертикальній площині, викликані силами інерції карданного валу, що виникають від нерівностей дороги.

Зазначені досить високочастотні переміщення переднього кінця ведучого валу у межах зазору в підшипнику викликають відповідні переміщення деталей заднього підшипника, супроводжувані ковзанням контактуючих поверхонь і їх додатковим зносом, що, в свою чергу, збільшує зазор в передньому підшипнику. Звідси випливає, що монтажний зазор в парі конічних підшипників розглянутого вузла неприпустимий. Вельми корисним був би певний попередній натяг, який, як згадувалося вище, для серійних конічних підшипників неприпустимий. Ця проблема може бути повністю вирішена лише за умови забезпечення самовстановлення тіл кочення підшипників.

Всі перераховані та розглянуті вище особливості роботи конічних підшипників сільськогосподарських машин можуть бути дозволені тільки при розробці комплексних заходів, що забезпечують підвищення стабільності розташування конічних зубчастих коліс в процесі їх експлуатації.

Список літератури

1. Докшанин С. Г. Анализ работы подшипников качения и возможности повышения их долговечности. *Вестник Красноярского технического университета*. 2000. Вып. 21. С. 62–64.
2. Мачнев В. А. Влияние вибраций на изнашивание подшипников. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2004. № 3. С. 35–36.

КОНТРОЛЬ РІВНЯ ЗАТЯГУВАННЯ РІЗЬБОВОГО З'ЄДНАННЯ В МІСЦЯХ КРІПЛЕННЯ ПРУЖНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРІВ МЕТОДОМ КОЕРЦИТИМЕТРІЇ

О.С. Гринченко, *д-р.техн.наук, проф.*,

О.І. Алфьоров, *канд.техн.наук, доц.*,

А. Ройтих, *студ.*,

Д. Воробійов, *студ.*,

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Підвищення ефективності землеробства забезпечується використанням сучасних засобів і технологій обробітку ґрунту. Широке розповсюдження набули ґрунтообробні машини з робочими органами, що виконані на пружній підвісці. Специфіка роботи елементів таких машин вимагає підвищеної уваги до питань забезпечення механічної надійності. Пружні підвіски різноманітні за конструкцією, але всі вони працюють в умовах виникнення великих динамічних деформацій та напружень, разом з постійно діючим високим рівнем вібрацій, що негативно впливає на сталість значення зусиль затягування різьбових з'єднань в місцях кріплення стійок робочих органів до рами агрегату. Наслідком чого може бути як втрата відповідності налаштування робочих органів агротехнічним умовам так і фізична втрата робочих органів в процесі експлуатації.

Для забезпечення стабільності попереднього затягування різьбових з'єднань застосовують різні конструктивні і технологічні прийоми [1, 2]. Завдяки високій чутливості до зміни напружень і деформацій при порівняній простоті і можливості вимірювання коерцитивної сили на локальних ділянках, коерцитиметричний метод надає можливість здійснювати контроль зусиль затягання різьбових з'єднань.

Був проведений ряд експериментів зі зразками, які виготовлені з металів найчастіше використовуваних в машинобудуванні сільськогосподарської техніки, а саме: сталь 3, сталь 45, сталь 09Г2С.

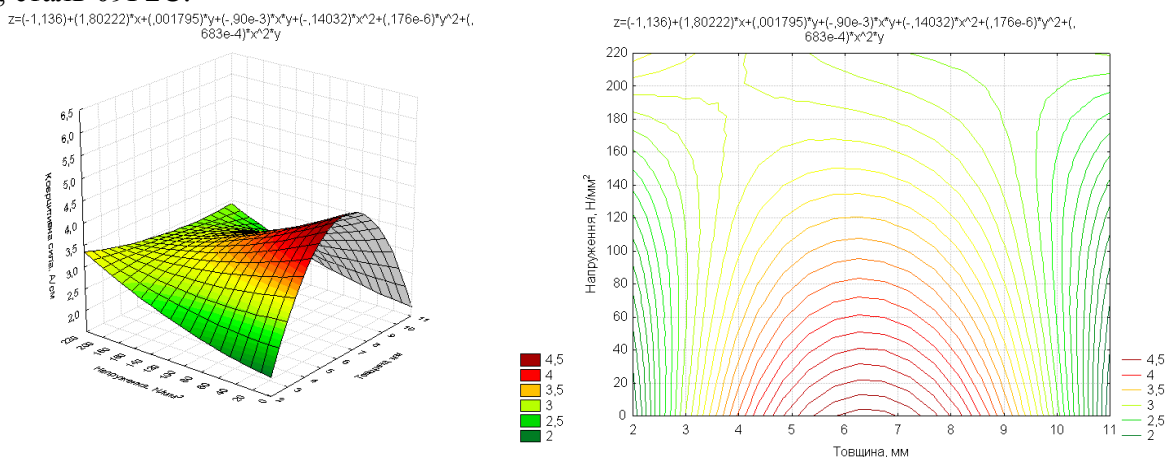


Рисунок 1 – Поверхня рівняння регресії та лінії рівня даної поверхні при представленні залежності коерцитивної сили від напруження й товщини зразка у вигляді поліному другого порядку

Таким чином, залежність коерцитивної сили від напруження, яке виникає в зразку, і товщини самого зразка у вигляді поліному другого порядку має вид :

$$H_c = -1,136 + 1,80222\delta + 0,01795\sigma - 0,00903\delta\sigma - 0,14032\delta^2 + 0,176 \cdot 10^{-4} \sigma^2 + 0,683 \cdot 10^{-3} \delta^2 \sigma$$

де δ – товщина зразка, мм; σ – напруження, Н/мм².

В процесі роботи під навантаженням у різьбових з'єднаннях може послабитись зусилля попереднього затягу. Зусилля затягування можна проконтролювати за допомогою динамометричного ключа, складніше контролювати зусилля вже в затягнутому з'єднанні в процесі його експлуатації. З метою вдосконалення методу контролю зусилля затягування проведено дослідження способу контролю затягу з використанням коерцитиметрії. Для цього було зібрано болтове з'єднання з тарілчастою пружиною (шайбою) під болтом дивитися рис 2. Заміри коерцитивної сили проводились при свободному з'єднанні, а потім після його затягування.

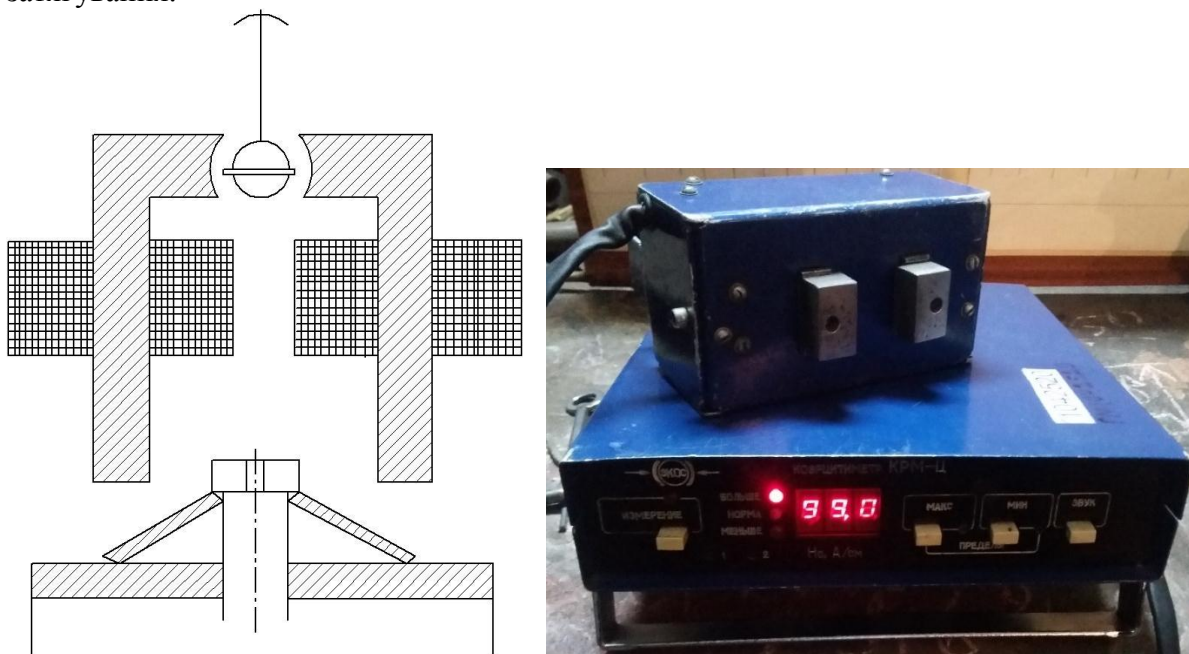


Рисунок 2 – Вигляд різьбового з'єднання з конічною шайбою. Загальний вид датчика коерцитиметра

З метою оцінки достовірності контролю зусилля затягування за даними експерименту проведено статистичний аналіз його результатів. Аналіз проводився з оцінкою дисперсій за критерієм Фішера.

Таблиця 1 – Результати вимірювань коерцитивної сили.

№ п/п	Без затягування болтів, А/см	Після затягування болтів, А/см
1	10,2	12,2
2	11,2	13,1
3	9,3	11,9
4	11	13,1
5	10,6	13,5
6	10,6	13,5
7	10	13,6
8	10,3	11,9
9	9,6	11,9
10		12,1
Середнє значення	$\bar{x}_1 = 10,31$	$\bar{x}_2 = 12,68$
Середнє між групами	$\bar{\bar{x}} = 11,56$	

Відповідне значення критерія Фішера при рівні значимості $\alpha=5\%$ складає 4,45. Величина відносини оцінок груповий і внутрішньо груповий дисперсії S_1^2/S_2^2 служить мірою мінливості в групах і дорівнює 56,45. Отже при значенні результатів випробувань за критерієм Фішера $S_1^2/S_2^2 > F(\alpha) = 56,45 > 4,45$ можна вважати вплив затягання болтів значущим. Таким чином підтверджена можливість контролю зусиль затягання в різьбовому з'єднанні методом коерцитиметрії.

Список літератури

1. Гринченко А.С., Морозов А.М. 1979. К уточнению расчета коэффициента основной нагрузки резьбовых соединений // Динамика, прочность и надёжность тракторов и сельскохозяйственных машин. МИИСП, М.: Машиностроение, 19-23.
2. Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. 1990. Резбовые и фланцевые соединения. - М.: Машиностроение, 368.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ХАРАКТЕР ИЗНОСА НОЖЕЙ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СОЛОМЫ

Т.С.Скобло, д-р. техн. наук, проф.,
А.И. Сидашенко, д-р. техн. наук, проф.,
А.В. Сайчук, канд. техн. наук, доц.,
А.Ю. Вичерин, руководитель ЦППСМ,
В.Н.Романченко, канд. техн. наук, доц.,
А.Д. Мартыненко, канд. техн. наук, доц.,

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко

В мировой практике широко используют оборудование и технологии, которые совмещают процессы уборки урожая с одновременным получением, органического удобрения за счет специальной обработки пожнивных остатков. При этом, очень важно при переработке такого сырья обеспечить его достаточное измельчение и равномерное распределение по полю.

Для выполнения таких операций в зерноуборочных комбайнах хорошо себя зарекомендовали ножи производства Немецкой фирмы Frielinghaus. Дробление растительных остатков обеспечивает специальное устройство, основным узлом которого является соломорезка с ножевым ротором, который в процессе работы вращается вокруг горизонтальной оси (рис. 1). На роторе закреплены ножи марки Frielo® Cut, которые изготавливают из металлопроката высокопрочной хромованидиевой стали. Режущие кромки ножей формируют с обеих его сторон и подвергают упрочнению закалкой, что обеспечивает достаточное качество дробления растительных остатков.



Рисунок 1 – Узел соломорезки с ножевым ротором

В процессе работы режущие кромки ножа изнашиваются не равномерно. В процессе эксплуатации их переустанавливают обратной стороной для увеличения срока использования.

Несмотря на автоматизированный комплексный метод контроля качества всего технологического процесса производства ножей статистический анализ их состояния в процессе эксплуатации выявили существенные изменения, которые влияют на стабильность работы соломорезки и качество дробления перерабатываемого сырья.

Целью исследований явилось установление причин, зон и характера изменений состояния ножей в узле соломорезки при их изготовлении и эксплуатации.

Для оценки качественных и количественных изменений, происходящих в ножах при эксплуатации, выполнили сопоставительный статистический анализ происходящих изменений по сравнению с – новыми.

Сопоставления в изменениях инструмента проводили на основе оценки напряженного состояния и деградации структурных составляющих по коэрцитивной силе, определяемой неразрушающим магнитным методом с использованием прибора КРМ-Ц-К2М [1]. Из опыта ранее выполненных исследований по связи структурных изменений с показаниями коэрцитивной силы было установлено, что на первом этапе эксплуатации стальных изделий из металлопроката в условиях воздействия значительных деформаций отмечается повышение значений этого показателя с достаточно большим разбросом [2]. На втором этапе – за счет деградации металла (дробления, деформации зерен, диффузии компонентов) структура металла становится более однородной и уровень коэрцитивной силы, и разброс ее показаний существенно снижается. Третий этап испытаний характеризуется интенсивным снижением как разброса показаний коэрцитивной силы, так и ее уровнем, который в ряде случаев достигает исходных значений или даже ниже, характерных для деталей до эксплуатации. Такие изменения характеризуют период предразрушения.

Руководствуясь такой информацией, оценивали не только изменчивость этого параметра, но и анизотропию свойств. Дополнительно анализировали характер износа, изменение линейных размеров его основной части, лезвий, крепежного отверстия.

Схема измерений коэрцитивной силы H_c приведена на рис. 2

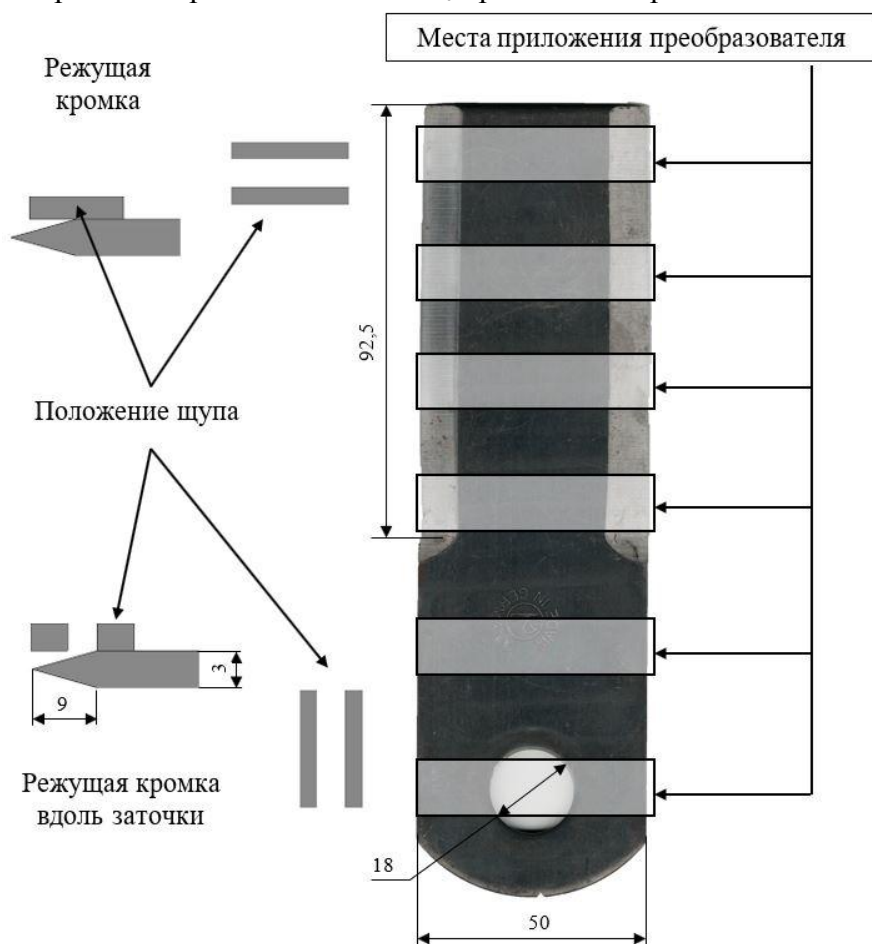


Рисунок 2 – Схема измерений коэрцитивной силы ножа ротора

Анализом установлено, что в новых ножах не выявлен существенный разброс показаний коэрцитивной силы. Она изменяется незначительно. Так, у кромки в продольном направлении составляет 18,1-18,6 А/см, а в поперечном 19,2-20,3 А/см с одной стороны ножа. Со второй – 18,3-19,1А/см и 19,7-20,2 А/см соответственно. По центру ножа

продольные измерения составляют 18,4-19,7 А/см, а в поперечные – 18,6-19,5 А/см. в области отверстия показания не превышают 20,3 А/см.

В аналогичных ножах после эксплуатации в зоне наиболее изношенной кромки коэрцитивная сила изменяется: в поперечном направлении 18,5-19,3 А/см, а в продольном – 17,1-20,6 А/см. В зоне полностью изношенной кромки у носка) до 18,5-19,1 А/см, что характеризует в большей мере, состояние его основной части, где H_c изменяется от 20,1 до 20,9 А/см.

В режущей кромке с противоположной стороны показания, в среднем выше на 21%, что характеризует меньшую степень деградации структуры этой зоны, лишь незначительную локализацию деформаций.

Значительная деградация металла отмечается вокруг крепежного отверстия ножа.

При этом, деградация металла в большей степени происходят в долевом направлении, и она достигает показаний 14,6-15,0 А/см. Одновременно в поперечном направлении средние показания H_c соответствуют основной зоне ножа – 20,0-20,2 А/см.

Выполненные исследования по измерению различных зон показали, что при эксплуатации отмечается существенная деградация металла в режущей кромке ножей, а наибольшая – имеет место в носке, где конструктивно отсутствует режущая кромка, но имеет место максимальный износ. Второй причиной и, по всей вероятности, основной – является не качественная подготовка отверстия ножа где крепятся центрирующие втулки. В результате этого, возникают вибрационные воздействия, способствующие возникновению наибольшей деградации металла, которая в большей степени изменяет уровень показаний коэрцитивной силы в этих зонах. Наибольшие отклонения в показаниях, и они наиболее характерны для измерений в продольном направлении у крепежных отверстий, где $H_c = 11,4-15,0$ А/см.

Наиболее высокий уровень напряжений характерен для зоны, которая находится под крепежным отверстием, где показания повышаются до максимальных значений 31,9-35,1 А/см. Это свидетельствует о существовании зоны локализации деформаций при таких условиях эксплуатации ножа. Возникающие напряжения характерны как для горизонтального, так и вертикального направлений.

Чтобы более достоверно оценить структурные изменения в различных зонах, относительно выполненных измерений, оценили анизотропию свойств до- и после испытаний ножей в эксплуатации до момента их отказа.

Анизотропию свойств оценивали по коэффициенту K .

$$K = \frac{\sum_{\text{поп.}} / n}{\sum_{\text{прод.}} / n}, \quad (1)$$

где $\Sigma_{\text{поп.}}$, $\Sigma_{\text{прод.}}$ – сумма показаний в однотипных зонах поперечных и продольных измерениях;

n – число измерений.

Результаты оценки коэффициента анизотропии показаний коэрцитивной силы приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Характер изменений показаний анизотропии коэрцитивной силы.

Период измерения анизотропии H_c	Зона оценки				
	режущая кромка левая	режущая кромка правая	вблизи режущей кромки вдоль левой заточки	вблизи режущей кромки вдоль правой заточки	По центру ножа
До эксплуатации	0,7	0,77	0,85	0,92	0,99
После эксплуатации	0,93	0,94	0,94	0,92	0,97

Из полученных данных следует, что коэффициент анизотропии в исходном ноже является наиболее низким в зонах режущих кромок и их средние показания отличаются в пределах 10% (0,7 и 0,77). Близкая к этой выявлена и разница, характерная для основы ножа,

прилегающей к режущим кромкам – 0,92 и 0,85 соответственно.

После эксплуатации значения коэффициента K являются близкими и изменяются в пределах 0,92-0,94.

В процессе эксплуатации зона у носка изнашивается. При основной толщине ножа 3,0 мм износ составляет 0,54 мкм, причем несколько изменяется в различных зонах носка.

Основная часть ножа практически не изнашивается, а режущая кромка, с обеих сторон, к концу срока эксплуатации – отсутствует.

При эксплуатации изменяется диаметр крепежного отверстия. Так, в долевом направлении оно изменяется от 18,0 до 19,0 мм, а в поперечном сохраняется в соответствии с исходным состоянием.

Выводы

Детальный анализ проведенных измерений основного рабочего инструмента – ножей, используемых для измельчения соломы, выявил существенные изменения, которые показали, что основной причиной их повреждаемости является зона крепежного отверстия. В этой зоне отмечается существенная деградация металла в результате локализации деформаций и вибрации.

Под действием ударных нагрузок и сил трения изнашивается режущая кромка ножа, а под действием неравномерных центробежных сил изнашивается отверстие в долевом направлении.

Повышение эксплуатационной стойкости ножей для дробления растительных остатков может быть эффективным за счет усиления его крепежного узла, а также нанесения упрочняющих покрытий, которые будут препятствовать деградации металла при эксплуатации.

Список литературы

1. Оценка качества литых стальных изделий неразрушающим методом / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Сайчук А.В., и др. Информационно-аналитический международный технический журнал «Промышленность в фокусе» август. 2014. №8 |20|. С. 56-57.
2. Скобло Т.С. Напряжения и деградация структуры, формируемые в наносно-компрессорных трубах при эксплуатации / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Рыбалко И.Н. // Харьков: ООО «Пром-Арт», 2018. – 153с.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ НАВЕСКОЙ

О.И. Мисуно, канд.техн.наук, доц.,
А.В. Клещик,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

Основные параметры, характеризующие режимы работы почвообрабатывающих агрегатов, являются неэлектрическими величинами. Поэтому при проведении экспериментальных исследований для энергетической оценки сельскохозяйственных машин для обработки почвы широко применяется электротензометрический способ измерения силовых показателей, который основан на использовании следующих устройств:

- тензорезисторов, непосредственно преобразующих деформацию, в электрический сигнал;
- усилителя, применяемого для усиления слабого сигнала тензорезисторов;
- регистрирующего устройства для записи в установленном масштабе измеряемой величины.

К числу основных силовых показателей почвообрабатывающих машин, характеризующих их работу, относится тяговое сопротивление. Динамометрирование прицепных орудий осуществляется с помощью тензометрического кольца и не представляет больших трудностей. Значительно сложнее производить измерение тягового сопротивления навесных орудий, агрегируемых с трактором по трехточечной схеме. В настоящее время для этих целей разработано ряд приспособлений и устройств: динамометрические навесные системы, динамометрические тяги, тензометрические рамки и другие.

Для измерения тягового сопротивления почвообрабатывающей машины разработана тензометрическая навеска (рис. 1), посредством которой происходит соединений рабочей машины с трактором.

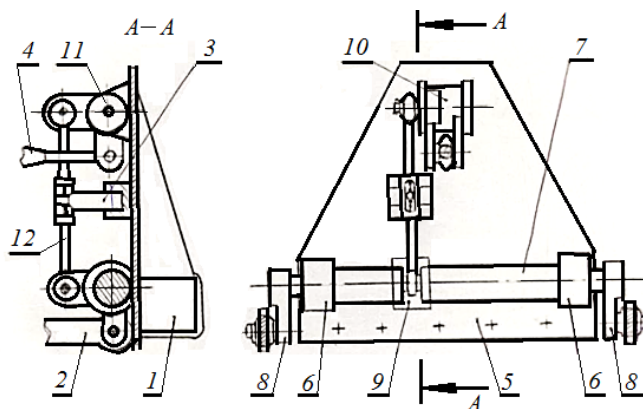


Рисунок 1 – Тензометрическая навеска

Тензометрическая навеска, закрепляемая на передней поперечной балке 1 орудия, состоит из основания (плиты) 5, на котором закреплены две подшипниковые опоры 6. В опорах установлен вал 7 с боковыми 8 и центральным 9 кривошипами. На основании также закреплена опора 10 верхней тяги с кривошипом 11.

Усилие, передаваемое от почвообрабатывающей машины на трактор через нижние тяги 2, а также через верхнюю центральную тягу 4 навесной системы посредством соответствующих кривошипов и вертикальной тяги 12 передается на тензометрическое звено

– балку равного сопротивления Z . Таким образом, усилия в трех тягах навесной системы трактора суммируются в одно результирующее, равное тяговому сопротивлению орудия.

Для измерения деформации балки равного сопротивления, пропорциональной приложенному равнодействующему усилию, на нее верхней и нижней гранях наклеены по два тензорезистора ПКБ-20-100 (рис. 2). Датчики соединяются в полный мост по 6-проводной схеме, обеспечивающей компенсацию сопротивления кабеля, разъема и ключей, термокомпенсацию (рис. 3).

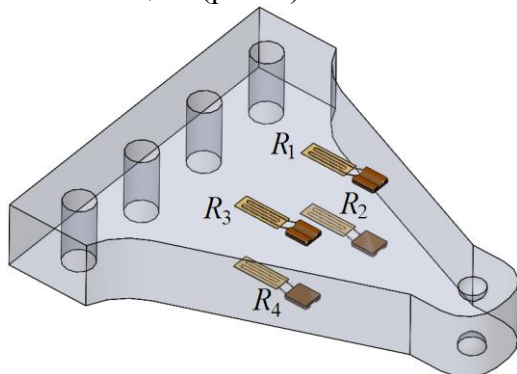


Рисунок 2 – Балка равного сопротивления

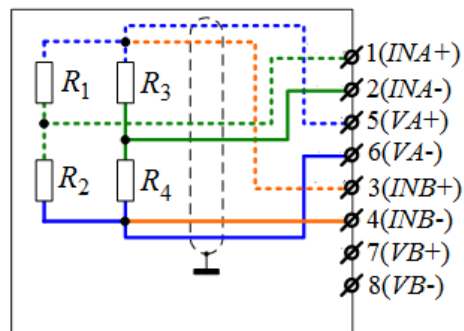


Рисунок 3 – Схема соединения тензодатчиков

Тензодатчики, соединенные по схеме (рис. 3) посредством кабеля и USB-разъема подключаются к тензометрической станции *TS32L1-02*, предназначенная для измерения деформаций в элементах строительных конструкций и деталях машин. Конструктивно станция состоит из электронного блока и сетевого адаптера, установлены в одном корпусе с размерами 200x180x70 мм, который монтируется на тензометрической навеске посредством кронштейна. Принцип действия станции основан на измерении напряжения на плечах разбалансированного резисторного моста по отношению к напряжению питания моста. Напряжение на плечах моста измеряется с помощью прецизионного 24-разрядного АЦП со встроенным драйвером и усилителем с программируемым усилением. Питание моста обеспечивается с помощью стабилизатора напряжения постоянного тока. опорное напряжение АЦП всегда обеспечивается равным питающему напряжению, по отношению к которому производятся измерения. Коммутация входов АЦП, входов опорного напряжения АЦП, выхода стабилизатора и внутренних резисторов на разъемы станции осуществляется с помощью управляемых аналоговых ключей. Управление АЦП и ключами осуществляется с помощью 32-разрядного микроконтроллера, который принимает команды и передает результаты измерения терминалу (персональному компьютеру, установленному в кабине трактора) через модуль беспроводного соединения по протоколу Bluetooth 2.0.

Программное обеспечение тензометрической станции *TS32L1-02* версии 1.03 предназначено для работы на персональном компьютере (ПК) с операционной системой MS Windows 2000/XP/7 и предоставляет следующие возможности:

- настройку измерительных каналов станции для проведения измерений с помощью подключенных к станции тензорезисторов и/или других датчиков;
- проведение измерений;
- отображения результатов измерений в виде таблицы и диаграммы;
- сохранение настроек и результатов измерений в файлах ПК.

Таким образом, рассмотренные методы и средства измерения тягового сопротивления почвообрабатывающей машины, навешенной на трактор по трехточечной схеме, при проведении экспериментальных исследований дают возможность быстро и точно фиксировать измеряемую силу, видеть ее изменение в реальном времени и сохранять в файле на компьютере.

КОМПЛЕКС СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМИ СПОСОБАМИ УПРОЧНЕНИЯ

А.В. Миранович, канд.техн.наук, доц.,

В.Г. Мисько,

Белорусский государственный аграрный технический университет

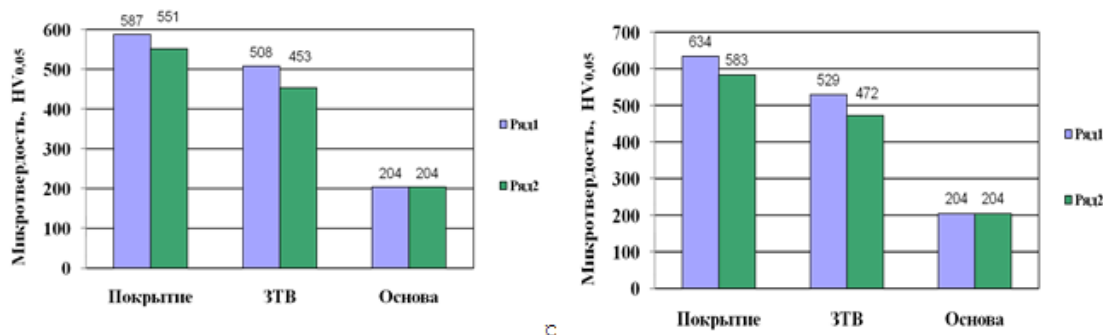
Известно [1, 2], что для упрочнения и восстановления пустотелых и нежестких деталей машин в условиях ремонтных предприятий применяются современные технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии. К их числу относится магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (ФМП). При этом различным способам МЭУ наряду с их достоинствами [1, 2] характерны и такие недостатки, как [2, 3] разнотолщинность и пористость покрытий, присутствие в них микротрещин и окислых включений, шероховатость обработанной поверхности. Эти дефекты значительно снижают износостойкость упрочненных поверхностных слоев и ограничивают область применения магнитно-электрического упрочнения. Для устранения указанных недостатков проведены исследования возможности обработки металлических поверхностей комбинированными способами – последовательным проведением МЭУ и поверхностного пластического деформирования (ППД), совмещенных в одной технологической схеме, и последующей лазерной термообработки.

Цель исследований – выполнить сравнительный анализ параметров качества, микротвердости и износостойкости поверхностных слоев, полученных различными способами магнитно-электрического упрочнения с последующей лазерной термообработкой.

Исследования проводились на цилиндрических образцах из стали 45 с покрытиями из ферромагнитных порошков Fe-5%V (ГОСТ 9849-86) и ФБХ-6-2 (ГОСТ 11546-75), полученными МЭУ с лазерной термообработкой, а также МЭУ и ППД с лазерной термообработкой. Обработка поверхностей выполнялась на оптимальных режимах [1, 2, 4]: МЭУ – на установке модели УМЭУ-1; ППД – накатным устройством с роликовым электродом-инструментом; лазерная – CO₂-лазером модели «Комета-2» мощностью 1 кВт. Толщина упрочненных поверхностных слоев определялась по распределению микротвердости на приборе ПМТ-3М в поперечном сечении образцов при помощи окулярной вставки с увеличением в 200 раз; разнотолщинность – по разности максимальной и минимальной местных толщин покрытий образца; объемная пористость покрытий – методом гидростатического взвешивания. Измерение достигаемой шероховатости поверхности производилось на профилографе-профилометре Mitutoyo SJ-201P. Триботехнические испытания упрочненных образцов проводились в условиях изнашивания со смазочным материалом и смазочным материалом с частицами абразива при трении скольжения и трении качения с 10 %-м проскальзыванием на машине трения модели 2070 СМТ-1 по схемам «диск-колодка» (контртело из чугуна ХТВ ГОСТ 3185-74, смазочный материал – масло индустриальное И-Г-А-32 ГОСТ 14479.4-87) и «диск-диск» (контртело из стали ШХ15 ГОСТ 801-78 закаленное до твердости 60–62 HRC, смазочный материал – трансмиссионное масло ТМ-3-18 (ТАП-15В) ГОСТ 23652-79). Эталон – образец из стали 45 закаленный до твердости 52–54 HRC. Износ образцов с покрытиями и эталона определялся на оптическом длинномере ИЗВ-1.

В результате исследований микротвердости установлено, что ее наибольшее среднее значение (рисунок, а и б) отмечается у покрытий из ФМП ФБХ-6-2, полученных МЭУ и ППД, и составляет 634 HV_{0,05}, что в 1,08 раза больше микротвердости покрытий, полученных МЭУ (587 HV_{0,05}), и в 2,9 раза больше по сравнению с материалом основы. Данное обстоятельство обусловлено формированием мелкодисперсной структуры слоев в

результате их скоростного охлаждения и последующего пластического деформирования. После лазерной термообработки покрытий из ФМП ФБХ-6-2, полученных МЭУ, а также МЭУ и ППД, среднее значение микротвердости уменьшилось примерно в 1,2 – 1,22 раза и составляет 508 и 520 $HV_{0,05}$ соответственно. Снижение микротвердости возможно по причине перераспределения внутренних напряжений на границе раздела «покрытие-основа» в результате термического и силового воздействия.



Ряд: 1 – ФБХ-6-2; 2 – Fe-5%V

Рисунок – Диаграмма результатов исследований микротвердости упрочненных поверхностей МЭУ с лазерной термообработкой (а), МЭУ и ППД с лазерной термообработкой (б)

Результаты исследований (таблица 1) показывают, что ППД и последующая лазерная термообработка нанесенных покрытий МЭУ при уменьшении средней их толщины в 1,03 – 1,05 раза, позволяет повысить качество упрочненных поверхностей за счет снижения их объемной пористости в 1,57 – 1,73 раза, средней шероховатости в 1,15 – 1,18 раза и средней разнотолщинности в 1,14 – 1,17 раза.

Таблица 1 – Показатели качества упрочненных поверхностей, полученных различными способами МЭУ с последующей лазерной термообработкой.

Материал ФМП	Средняя толщина покрытий, мкм	Средняя разнотолщинность покрытий, мкм	Объемная пористость покрытий, %	Средняя шероховатость поверхности, мкм
Магнитно-электрическое упрочнение с лазерной термообработкой				
Fe-5%V	235	49	1,4	6,9
ФБХ-6-2	244	42	1,9	7,8
Магнитно-электрическое упрочнение и ППД с лазерной термообработкой				
Fe-5%V	223	43	0,9	6,0
ФБХ-6-2	238	36	1,1	6,6

В результате выполненных экспериментов с применением ортогонального планирования получены математико-статистические модели, устанавливающие зависимости интенсивности изнашивания упрочненных поверхностных слоев из ФМП Fe-5%V и ФБХ-6-2 в условиях изнашивания при трении качения с проскальзыванием со смазочным материалом и смазочным материалом с частицами абразива от параметров, характеризующих условия работы деталей трансмиссий автотракторной техники (нагрузка на образец P , температура масла t_m , концентрация абразивных частиц в масле K_q , относительная скорость качения V_k). Установлено, что по степени влияния на интенсивность изнашивания упрочненных поверхностей параметры можно расположить в ряд при трении качения с проскальзыванием со смазочным материалом: $Y_1 = I: P \rightarrow t_m \rightarrow V_k$ и в ряд – при трении качения с проскальзыванием со смазочным материалом с частицами абразива: $Y_2 = I: K_q \rightarrow P \rightarrow t_m \rightarrow V_k$. Относительная скорость трения качения V_k не оказывает существенного влияния на интенсивность изнашивания поверхностей образцов. Установлено, что интенсивность

изнашивания поверхностных слоев из ФМП Fe-5%V в 1,5–2,1 раза ниже, чем для поверхностей из ферромагнитного порошка ФБХ-6-2, из-за большего содержания метастабильного аустенита, обеспечивающего пластичность основы упрочненного слоя. С применением графоаналитического метода двумерных сечений для принятых условий изнашивания определена рациональная область работы исследуемых трибосопряжений при трении качения с проскальзыванием со смазочным материалом: $P = 0,5–1,0$ кН и $t_M = 25–45$ °С; при трении качения с проскальзыванием со смазочным материалом с частицами абразива: $P = 0,5–0,8$ кН, $t_M = 25–40$ °С, $K_ч = 0,05$ г/см³.

В результате исследований износостойкости поверхностей образцов, полученных МЭУ с лазерной термообработкой, а также МЭУ и ППД с лазерной термообработкой (таблица 2), установлено, что по сравнению со сталью 45 закаленной до твердости 52–54 HRC наибольшей износостойкостью при трении качения с проскальзыванием обладают покрытия из ФМП Fe-5%V (выше в 1,7–2,2 раза), при трении скольжения – покрытия из ФМП ФБХ-6-2 (выше в 1,7–1,9 раза).

Таблица 2 – Результаты триботехнических испытаний образцов.

Материал ФМП	Относительная износостойкость упрочненного поверхностного слоя	
	при трении скольжения	при трении качения
МЭУ с лазерной термообработкой		
Fe-5%V	1,58	1,70
ФБХ-6-2	1,70	1,62
МЭУ и ППД с лазерной термообработкой		
Fe-5%V	1,74	2,21
ФБХ-6-2	1,91	2,03

Это обстоятельство позволило рекомендовать для пар трения, работающих при трении качения с проскальзыванием использовать покрытия из ФМП Fe-5%V, а при трении скольжения – покрытия из ФМП ФБХ-6-2. При этом следует также отметить, что ППД и последующая лазерная термообработка нанесенных покрытий из ФМП Fe-5%V и ФБХ-6-2 МЭУ по сравнению с лазерной термообработкой позволяет повысить износостойкость упрочненных поверхностей в 1,08 – 1,27 раза.

Экспериментальными исследованиями установлено следующее:

1. ППД покрытий, полученных МЭУ, позволяет увеличить микротвердость покрытий в 1,08 раза по сравнению с покрытиями, полученными МЭУ;
2. Лазерная термообработка покрытий, полученных МЭУ, а также МЭУ и ППД, обеспечивает снижение средней микротвердости поверхностного слоя примерно в 1,2 – 1,22 раза;
3. ППД и последующая лазерная термообработка нанесенных покрытий МЭУ позволяет уменьшить среднюю их толщину в 1,03 – 1,05 раза, снизить их объемную пористость в 1,57 – 1,73 раза, среднюю шероховатость в 1,15 – 1,18 раза и среднюю разнотолщинность в 1,14 – 1,17 раза, повысить износостойкость упрочненных поверхностей в 1,08 – 1,27 раза.

Список литературы

1. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. Полоцк : ПГУ, 1999. 240 с.
2. Акулович Л.М., Миранович А.В. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники. Минск : БГАТУ, 2016. 236 с.
3. Акулович Л.М. Структурообразование покрытий после магнитно-электрического упрочнения и лазерной обработки // Технология-Оборудование-Инструмент-Качество : материалы 33-ей Междунар. науч.-техн. конференции, 11 апреля 2018 г., г. Минск, 2018. 182 с. С. 107–109.
4. Девойно О.Г., Калинин А.С., Кардаполова М.А. Модифицирование поверхности покрытий с использованием лазерного нагрева. Минск : БНТУ, 2013. 228 с.

ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА ПОЧВУ

Г.И. Гедроить, канд.техн.наук, доц.,

С.В. Занемонский,

Белорусский государственный аграрный технический университет

В настоящее время в Беларуси нормы воздействия движителей на почву регламентируются ГОСТ 26955-86 [1], а методы их определения ГОСТ 26953-86, ГОСТ 26954-86 [2, 3]. В качестве нормируемых показателей приняты максимальные давления на почву и максимальные нормальные напряжения в почве на глубине 0,5 м. Основой определения показателей для колесных движителей являются данные о контурной площади контакта протектора шины и ширине отпечатка на жестком основании при известной нормальной нагрузке на колесо. Для образцов техники эти параметры определяются экспериментально. В тоже время при создании машин рассматриваются разные варианты распределения веса машины, комплектации шинами, заказа новых моделей шин. При этом важно оценить нормативные показатели воздействия движителя на почву для разных вариантов.

Аналитически рассчитать параметры пятна контакта шины с жестким основанием можно по формулам:

$$a = 2K_L \sqrt{2R\lambda}; \quad (1)$$

$$b = 2K_B \sqrt{2r\lambda}; \quad (2)$$

$$F = \frac{\pi}{4} \varepsilon ab = 2\pi K_L K_B \lambda \varepsilon \sqrt{Rr}, \quad (3)$$

где F, a, b - соответственно контурная площадь, длина и ширина пятна контакта;

R, r - соответственно радиусы шины и беговой дорожки протектора;

K_L, K_B - коэффициенты длины и ширины пятна контакта. Показывают во сколько раз реальные длина и ширина пятна контакта меньше, чем расчетные по формулам для хорд окружностей с радиусами R и r ;

ε - коэффициент формы пятна контакта. Показывает во сколько раз контурная площадь пятна контакта отличается от расчетной по формуле для эллипса;

λ - деформация шины.

Для ряда шин используемых на сельскохозяйственной технике значения коэффициентов K_L, K_B, ε изменяются соответственно в пределах 0,71...0,83, 0,73...0,87 и 1,04...1,14 [4].

В нормативной документации, каталогах по шинам, как правило, приводятся значения диаметра шины D , ширины профиля B и часто статического радиуса r_{cm} . Указываются также соответствующие нагрузка и давление воздуха в шине. При этом несложно определить радиус и деформацию шины. Более проблематично определить радиус кривизны беговой дорожки протектора. При наличии образца шины после измерения ширины и высоты беговой дорожки протектора указанный радиус можно рассчитать по формуле:

$$r = \frac{B_{np}^2 + 4\Delta}{8\Delta}, \quad (4)$$

где B_{np} - ширина беговой дорожки протектора;

Δ - высота беговой дорожки протектора.

При отсутствии сведений о значениях r , B_{np} , Δ предлагается использовать эмпирические данные. Обобщение результатов эксперимента (таблица 1) показывает, что значение радиуса кривизны беговой дорожки протектора составляет 0,71...1,17 от ширины профиля шины. Большие значения соответствуют шинам с более плоской беговой дорожкой. Среднее значение составило 0,85. Следовательно, в предварительных расчетах можно принять $r \approx 0,85B$.

Таблица 1 – Соотношение параметров шин.

Параметры	Типоразмер шины					
	16,5/70-18	22/70-20	16,5L18	1300x750	1140x700	1140x600
Отношение радиуса кривизны протектора к ширине профиля шины	0,73	0,74	0,71	0,78	1,17	0,99
Отношение ширины пятна контакта к ширине профиля шины	0,73	0,79	0,69	0,66	0,74	0,79

В то же время отношение ширины пятна контакта к ширине профиля шины при допустимой деформации шины $[\lambda]$ составляет 0,66...0,79, т.е. пределы изменения более узкие, чем в предыдущем случае. Поэтому, при недостатке информации о значении радиуса кривизны беговой дорожки протектора, ширину пятна контакта при допустимой деформации шины целесообразнее определить из выражения $b = (0,66...0,79)B$.

Рассчитав параметры пятна контакта шины с жестким основанием, можно определить [2, 3] нормируемые показатели воздействия на почву и сравнить их с рекомендуемыми [1].

В случае отсутствия прототипа шины расчет показателей воздействия на почву можно провести, задавая необходимые размеры исходя из компоновочных, конструкторских соображений, условий работы машины. Допустимая деформация шины определяется из выражения

$$[\lambda] = [\lambda']H, \quad (5)$$

где $[\lambda']$ - допустимая относительная деформация шины.

Значения допустимой относительной деформации для большинства шин изменяются в пределах 0,14...0,30. Для современных низкопрофильных и широкопрофильных шин значение указанного параметра составляет 0,17...0,24, для арочных – 0,24...0,30 [4], для сельскохозяйственных шин традиционной конструкции 0,15...0,19 (диагональные) и 0,17...0,20 (радиальные), для шин передних колес универсально-пропашных тракторов 0,11...0,13, для задних – 0,17...0,19 [5], для автомобильных шин с регулируемым давлением до 0,35 [6]. Имеет место тенденция к увеличению допустимой относительной деформации шин.

Выводы

Приведенная методика позволяет оценить уровень воздействия колесных движителей на почву по нормируемым показателям на стадии разработки машин, сравнить уровень воздействия на почву различных шин. Основой рекомендаций являются обобщенные данные экспериментальных исследований. Приведенная методика позволяет определить параметры пятна контакта шин на жестком основании на стадии разработки машины. Это является

основой для расчета максимальных давлений в контакте и напряжений в почве под их ходовыми системами по действующим стандартам.

Список литературы:

1. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86.
2. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву: ГОСТ 26953-86 .
3. Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод определения максимального нормального напряжения в почве: ГОСТ 26953-86 .
4. Гедроить Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И.Гедроить// Агропанорама. – 2009, № 4. – С. 23-27.
5. Бойков В.П. Шины для тракторов и сельскохозяйственных машин/ В.П.Бойков В.П. Белковский . – М.: Агропромиздат, 1988. -240 с.
6. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей/ Я.С. Агейкин - М.: Машиностроение, 1981. - 242с.

ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

УДК 669.017:620.178.16

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛНОТЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ МЕТАСТАБИЛЬНОГО АУСТЕНИТА В МАРТЕНСИТ ДЕФОРМАЦИИ И СТЕПЕНИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТВЕРДОСТИ АБРАЗИВА

Т.А. Акрытова, асп.,

М.И. Андрущенко, канд. техн. наук, доц.,

М.Н. Брыков, д-р. техн. наук, проф.,

М.Ю. Осипов, канд. техн. наук, доц.,

О.Е. Капустян, ст. преп.,

Д.Е. Молочков, студ.,

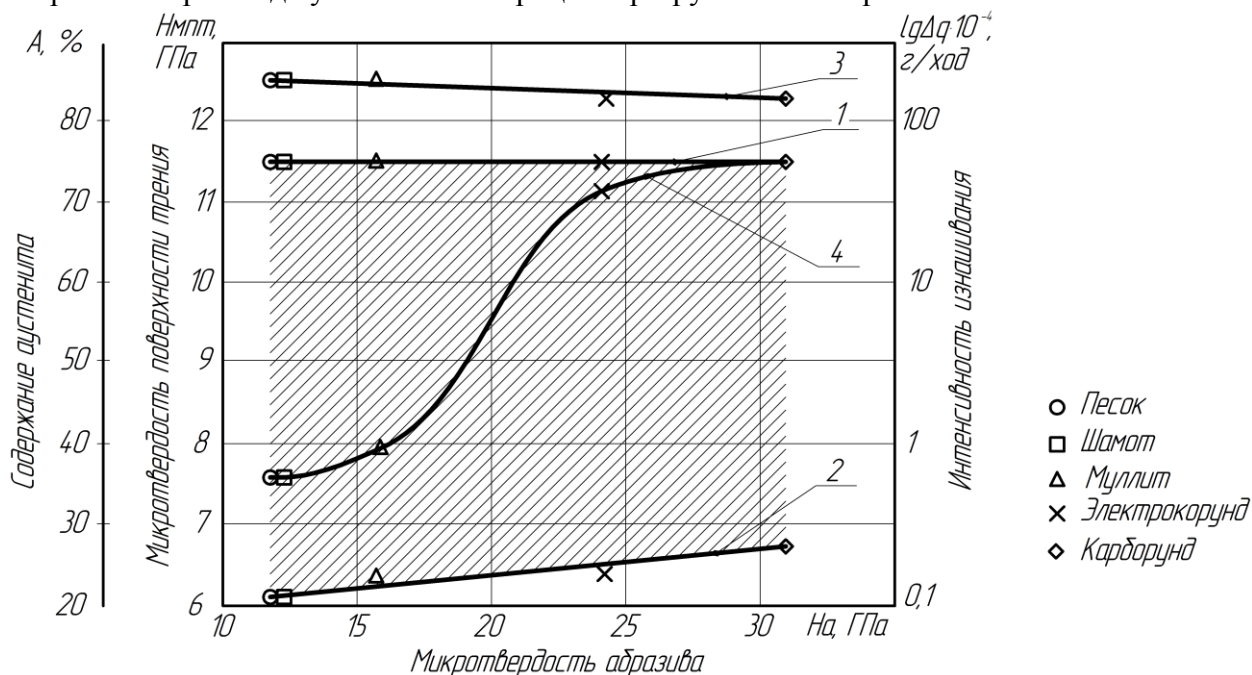
Запорожский национальный технический университет

Известно, что одним из эффективных путей повышения износостойкости при обеспечении достаточной эксплуатационной надежности деталей является применение материалов обладающих высокой способностью к самоупрочнению поверхности трения в процессе изнашивания. В частности, к таким материалам относятся стали, в структуре которых высокое количество метастабильного аустенита (70...90 %), способного превращаться в мартенсит деформации. Однако возможности такого подхода могут быть ограничены условиями изнашивания, например, повышенной температурой поверхности трения [1]. Практически не известно, как влияет микротвердость абразивных зерен на эффективность явления самоупрочнения поверхности трения. Выяснение этого вопроса являлось целью данной работы.

Исследования полноты превращения метастабильного аустенита в структуре стали 140X12Ф в мартенсит деформации в процессе изнашивания и степени упрочнения поверхности трения показали, что эти параметры находятся практически на одном уровне независимо от микротвердости абразива (рис. 1). При изнашивании абразивными материалами большинства видов в поверхностях трения образуется достаточно высокое количество мартенсита деформации (47...53 %) – заштрихованная область. При этом микротвердость поверхности трения материала образцов $H_{\text{ПТМ}}$ увеличивается в два раза по отношению к исходной $H_{\text{М}}$ (с 6...6,5 ГПа до 12,3...12,5 ГПа). Однако эффективность положительного влияния самоупрочнения поверхности трения на сопротивляемость изнашиванию абразивами различной твердости существенно различается.

На начальной стадии изнашивания, до самоупрочнения поверхности трения, абразивами всех видов отношение $H_{\text{а}}/H_{\text{М}}$ находится на высоком уровне (2...5), который обуславливает существенную долю микрорезания при изнашивании. В дальнейшем в результате увеличения микротвердости поверхности трения отношение $H_{\text{а}}/H_{\text{ПТМ}}$ при изнашивании абразивами сравнительно невысокой твердости (песок, шамот, муллит) уменьшается до уровня ниже 1...1,2. Это обуславливает уменьшение доли процесса микрорезания и переход на менее интенсивный усталостный (полидеформационный) процесс поверхностного разрушения [2]. Интенсивность изнашивания резко снижается. В тоже время даже при снижении в два раза уровня $H_{\text{а}}/H_{\text{М}}$ с 5 до 2,5 доля микрорезания практически не снижается при изнашивании абразивами высокой твердости (электрокорунд, карборунд). Поэтому интенсивность поверхностного разрушения остаётся очень высокой.

Таким образом, установлены новые закономерности изменения интенсивности изнашивания сталей со стабильными и метастабильными структурами в зависимости от микротвердости абразивных зерен. Показано, что эффективность влияния процессов самоупрочнения сталей с метастабильным аустенитом при изнашивании сравнительно «мягкими» абразивами (песок, шамот и муллит) многократно выше, чем абразивами высокой твердости (электрокорунд, карборунд). Это связано с тем, что отношение $H_a/H_{ПТМ}$ при изнашивании «мягкими» абразивами снижается до уровня ниже критического, что обуславливает изменение механизма изнашивания от прямого одноактного микрорезания поверхности трения до усталостного процесса разрушения поверхности.



1 – исходное содержание аустенита, 2 – содержание аустенита в поверхности трения, 3 – микротвердость поверхности трения; 4 – интенсивность изнашивания

Рисунок 1 – Изменение количества аустенита, микротвердости поверхности трения и интенсивности изнашивания стали 140X12Ф в зависимости от микротвердости абразива

Следовательно, применение даже высоколегированных сталей с метастабильными структурами, включающими большое количество карбидов для деталей, работающих в контакте с абразивами высокой твердости не рационально. В таких случаях решение вопроса повышения износостойкости возможно за счет применения твердых спеченных сплавов, карбидосталей с большим количеством карбидов. Однако такой подход требует дальнейших исследований.

Список литературы

1. Осіпов М.Ю. Методологія випробування матеріалів на опір абразивному зношуванню при підвищених температурах / М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян, Т.О. Акрітова, М.І. Андрущенко, С.О. Кузьма // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції "Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку" – Луцьк, 11-12 жовтня 2018. – Луцьк: Луцький НТУ. – С. 49-52.
2. Андрущенко М.И. Прогнозирование механизма и интенсивности изнашивания на основе оценки соотношения твердостей абразива и изнашиваемого материала / М.И. Андрущенко, Р.А. Куликовский, М.Н. Брыков, Д.М. Андрущенко // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2009. – №1. – С. 6-12.

ЕЛЕКТРОДУГОВІ ПОКРИТТІВ ІЗ ПОРОШКОВИХ ЕЛЕКТРОДІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ВИСОКОМАРГАНЦЕВА СТАЛЬ -ТіС

П.М. Присяжнюк, канд. техн. наук, доц.,
Р.В. Андрусишин, асп.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Поєднання високо марганцевої сталі із дисперсними тугоплавкими сполуками у монолітному матеріалі представляє значний науково-практичний інтерес, оскільки створює можливість реалізації одночасно двох механізмів зміцнення, а саме дисперсного та дисперсійного [1]. Застосування таких матеріалів у вигляді покриттів є перспективним для зміцнення поверхонь деталей та інструментів, які працюють в умовах де абразивне зношування супроводжується динамічними навантаженнями. Одним із технологічних способів, що дозволяє формувати такі покриття є електродугове наплавлення порошковими електродами, шихта яких містить необхідний набір компонентів. Для отримання покриттів системи високомарганцева сталь – ТіС, як шихту використовували порошки феросилікомарганцю (МНС17), титану (ПТХ) та графіту.

Структура наплавленого шару (рис. 1) представляє собою марганцевий аустеніт, у якому достатньо рівномірно розподілені зерна карбіду титану ограненої форми розмірами ~ 1 мкм. Дефектів у вигляді пор тріщин при мікроскопічних дослідженнях наплавленого шару не було виявлено.

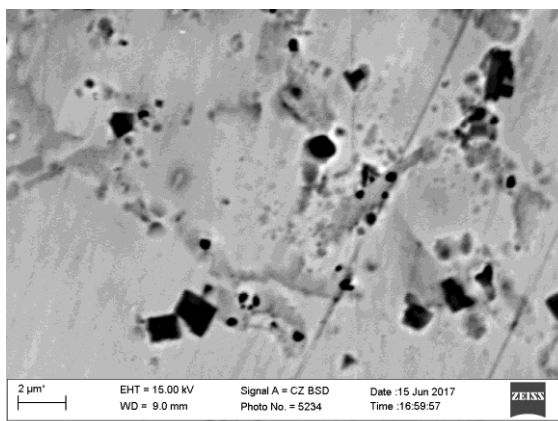


Рисунок 1 – Рівноважний фазовий склад електродугового покриття із високолегованої хромомарганцевої сталі

Для вимірювання твердості за Роквелом поверхневого шару без деформації та після пластичної деформації на твердомірі Брінеля було вибрано 4 зразки із вмістом ТіС – 0 %, 5 %, 10 %, 15 % за масою. Результати вимірювання мікротвердості (рис. 2) показують, що підвищення кількості карбідної фази веде до зростання твердості у концентраційному діапазоні до 10 об. %. Подальше підвищення вмісту карбіду титану призводить до зниження твердості. Це зумовлено тим, що підвищення вмісту карбідної фази викликає технологічні труднощі при виготовленні електродів через високу дисперсність вихідної шихти. Крім цього у процесі наплавлення суттєво знижується рідко текучість металу, що наплавляється і, як наслідок, з'являються пори у наплавленому шарі. Пластична деформація у всіх розглянутих випадках сприяє підвищенню твердості через забезпечення у наплавленому шарі марганцевого аустеніту. При цьому найвищі показники досягаються при вмісті ТіС – 10%, що відповідає системі Fe69,23- Ті 5.39–Mn18.77-C2.28.

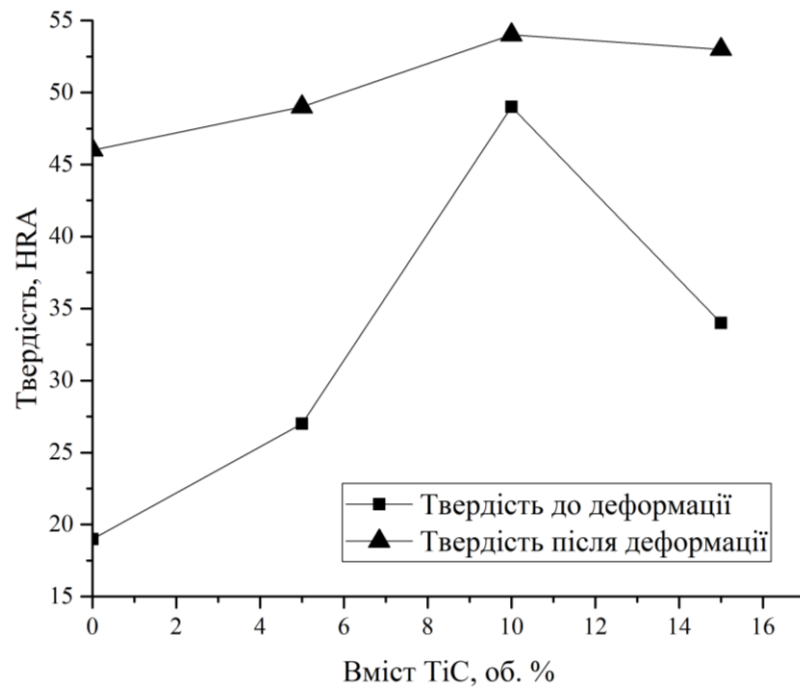


Рисунок 2 – Результати вимірювання макротвердості наплавлених шарів залежно від концентрації карбіду титану

Список літератури

1. Криль Я.А. Структурування та властивості керметів NbC–сталь Гадфільда / Я. А. Криль, П. М. Присяжнюк // Сверхтвердые материалы. - 2013. - № 5. - С. 49-55.
2. Wiczerzak K. Crystallography and Morphology of Chromium Rich Eutectic Carbides in an As-Cast Fe-Cr-C Alloy Crystallized in Non-Equilibrium Conditions / K. Wiczerzak, P. Bała, T. Tokarski, M. Gajewska // *Acta Physica Polonica A*. – 2016. – Vol. 130 (10). – P. 1007–1009.
3. Криль Я.А. Структурування та властивості керметів NbC–сталь Гадфільда / Я. А. Криль, П. М. Присяжнюк // Сверхтвердые материалы. - 2013. - № 5. - С. 49-55.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ КОРОЗІЙНИХ ДЕФЕКТІВ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

А.Я. Мельник, студ.,
О. М. Матвієнків, канд. техн. наук, доц.,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Україна має розгалужену мережу трубопроводів для транспортування природного газу, нафти і нафтопродуктів. Загальна довжина тільки магістральних трубопроводів перевищує 42 000 км, основною складовою частиною яких є магістральні газопроводи (близько 35 000 км). Значна частина діючих на сьогодні магістральних газопроводів експлуатується вже понад 40 років. Зі збільшенням термінів їх експлуатації все актуальнішою постає проблема забезпечення ефективної та безперебійної роботи трубопровідного транспорту. Для її вирішення необхідно удосконалювати існуючі та створювати новітні безпечні і надійні методи виконання ремонтних робіт.

Майже половину виявлених дефектів на лінійній частині магістральних газопроводів складають поверхневі корозійні пошкодження локального характеру. Найбільш простим та ефективним способом ремонту таких дефектів є наплавлення дуговими методами [1]. На практиці все більшого впровадження знаходять технології ремонту трубопроводів під тиском без зупинки перекачування продукту. Широкому поширенню цих технологій ремонту сприяють значні економічні та екологічні переваги в порівнянні з ремонтом, що передбачає відключення трубопроводу.

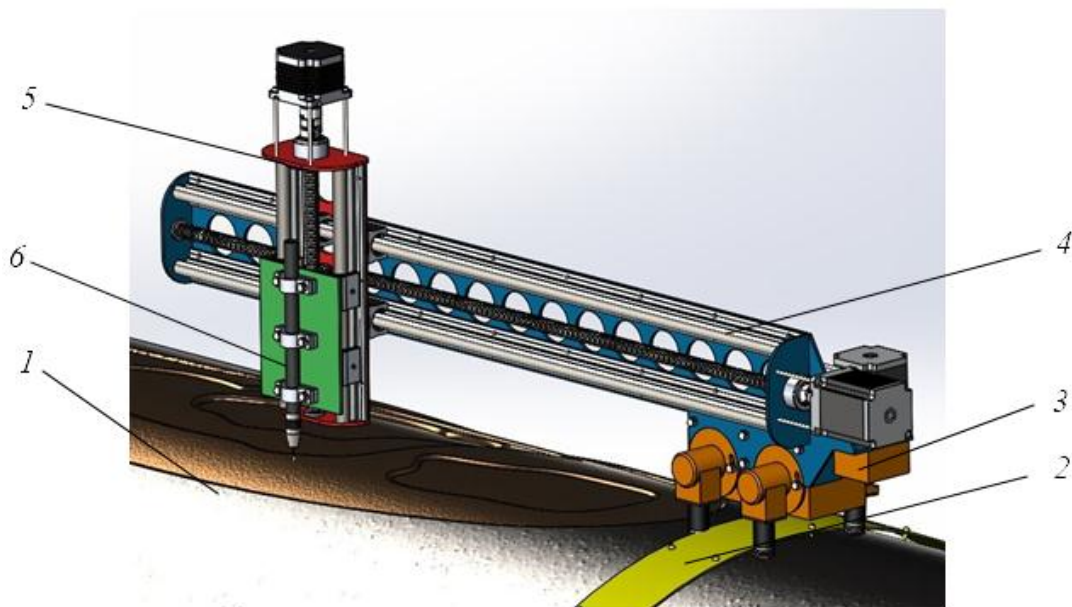
Застосування технологій ремонту на діючих трубопроводах дозволяє зменшити недопостачання продукту споживачу, а проведення своєчасних локальних ремонтів мінімізувати втрати від аварій. Та не дивлячись на суттєві економічні та екологічні переваги методу ремонту заварюванням, не варто забувати, що ремонтно-відновлювальні роботи на діючих трубопроводах є складною в технічному плані та небезпечною з точки зору промислової безпеки задачею. Найбільшу небезпеку становить імовірність наскрізного проплавлення або надмірного нагріву стінки труби зварювальною дугою, що може призвести до її руйнування внутрішнім тиском. Як показують результати досліджень та випробувань вітчизняних і зарубіжних вчених, проведення зварювальних робіт на трубопроводах під тиском є особливо небезпечним, а рівень небезпеки підвищується із зменшенням товщини стінки труби. В роботах [2 - 4] встановлено, що при нагріві низьколегованих трубних сталей їх міцність різко знижується а при досягненні температури 720 °С вона є практично рівною нулю.

Беручи до уваги ці дослідження, можна зробити висновок, що зменшення тепловкладення при заварюванні корозійних дефектів є пріоритетною задачею. При зниженні температурного впливу зварювальної дуги на стінку трубопроводу зменшується небезпека її руйнування.

Зменшити тепловий вплив на стінку труби можна за рахунок застосування дугового імпульсного зварювання в середовищі захисних газів з керованим каплеперенесенням електродного металу. Також для забезпечення безпечного проведення зварювальних робіт на діючих трубопроводах доцільно автоматизувати процес зварювання, тим самим забезпечивши рівномірний розподіл тепла на стінку труби. Автоматизація процесу заплавлення корозійних дефектів дозволить також збільшити продуктивність ремонту.

Але на даний час немає спеціалізованого обладнання для ремонту такого роду дефектів. Тому в даній розроблено модель установки для автоматизованого заплавлення вибірки дефектів труб програмованим керуванням процесу. Основним завданням, що потрібно було вирішити, це забезпечення переміщення зварювального пальника вздовж та

навколо труби. За основу даної установки було взято серійну машину для газової різки труб «Орбіта 2» яка закріплюється на трубі за допомогою металевого поясу по якому вона переміщається навколо труби (рис. 1).



1 – труба з дефектом; 2 – пояс для закріплення та переміщення установки на трубі; 3 – механізм переміщення; 4 – направляюча рейка з двигуном для повздовжнього переміщення пальника; 5 – механізм вертикального переміщення; 6 – зварювальний пальник

Рисунок 1 – Установка для автоматизованого ремонту корозійних дефектів магістральних трубопроводів

Машину «Орбіта 2» легко переобладнати для тих завдань які ми перед собою ставимо без внесення будь яких серйозних модифікацій. А саме, пропонується замінити наявний електродвигун кроковий та встановити напрямні рейки для вертикального і горизонтального переміщення із кроковими двигунами, та закріпити на вертикальній рейці пальник зварювального напівавтомата з функцією імпульсно-дугового зварювання. Керуючи кроковими двигунами через програмований контролер можна керувати переміщенням зварювального пальника по місцю вибірки дефекту, тим самим забезпечити рівномірність заплавлення та розподіл теплоти.

Таким чином, впровадження даної розробки в практику проведення ремонтних робіт на лінійних ділянках магістральних трубопроводів, що проводяться без зупинки перекачування продукту, дозволить забезпечити високу якість заплавлення дефекту, підвищити продуктивність процесу та безпечність ремонту.

Список літератури

1. Бут В.С., Олейник О.И. Развитие в Украине технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации. *Автоматическая сварка*. 2014. №5. С. 42-50.
2. But V. S., Gretsii Yu. Ya. Repair the main pipelines under pressure using arc welding. Intern. conf. on pipeline repairs. Australia. 5-6 Mar., 2001.
3. Махненко В.И., Бут В. С., Козлитина С. С. и др. Риск разрушения магистрального трубопровода с дефектами утонения стенки при ремонте под давлением. *Автомат. сварка*. 2010. № 1. С. 11–14.
4. Волков И. В. Разработка технологии ремонта газопроводов в условиях интенсивного теплоотвода: дис. канд. техн. наук. Москва. 2017. 150 с. URL: http://195.19.40.226/dissertations/var/www/uch/assets/dissertations/Волков_И.В._Диссертация_.pdf

РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ІЗ ПОРОШКОВИХ ЕЛЕКТРОДІВ НА ОСНОВІ ВИСОКОЛЕГОВАНОЇ ХРОМОМАРГАНЦЕВОЇ СТАЛІ

П.М. Присяжнюк, канд. техн. наук, доц.

І.М. Сем'яник, асп.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Електродугові покриття із високомарганцевої сталі, нанесені із порошкових електродних матеріалів є перспективними для умов роботи в умовах ударних навантажень та при локальній пластичній деформації [1]. Однак, при наявності хімічно активного середовища та біомаси різного походження використання таких матеріалів не є раціональним через низьку корозійну стійкість. Таким чином постає необхідність у розробленні покриттів, які характеризуються одночасно високою хімічною стійкістю та здатністю до деформаційного зміцнення. Для розроблення таких покриттів розглядалась п'ятикомпонентна система Fe-Mn-Cr-Si-C. Відомо, що наплавлення високохромистих середньо- та високовуглецевих сталей є значною мірою утрудненим через появу структур гартування, які є причиною викришування наплавленого шару навіть при незначних динамічних навантаженнях. Використання марганцю, як елемента, що стабілізує аустеніт дозволяє уникнути проходження мартенситного претворення з одного боку, а з іншого забезпечити здатність поверхневого шару до поверхневого зміцнення.

Виготовлення порошкових електродів проводили шляхом закатування в оболонку із сталі 08кп суміші порошку хрому (ПХ1), феросилікомарганцю (МНС17) та порошку графіту. У результаті було отримано електрод наступного елементного складу Mn~17 %, Cr ~ 16.6, C~0.56 (решта Fe). Результати моделювання процесу кристалізації наплавленого шару методом обчислювальної термодинаміки із використання програми JmatPro рис. 1 показують, що кристалізація аустеніту починається при температурі ~ 1300 °С та завершується при ~ 1250 °С. При температурі завершення кристалізації аустеніту кристалізується карбід (Cr, Mn, Fe)₂₃C. Розрахований рівноважний вміст Mn та Cr безпосередньо після кристалізації становить 16 та 13 %, відповідно. Такий вміст дозволяє забезпечити деформаційне зміцнення аустеніту та його корозійну стійкість.

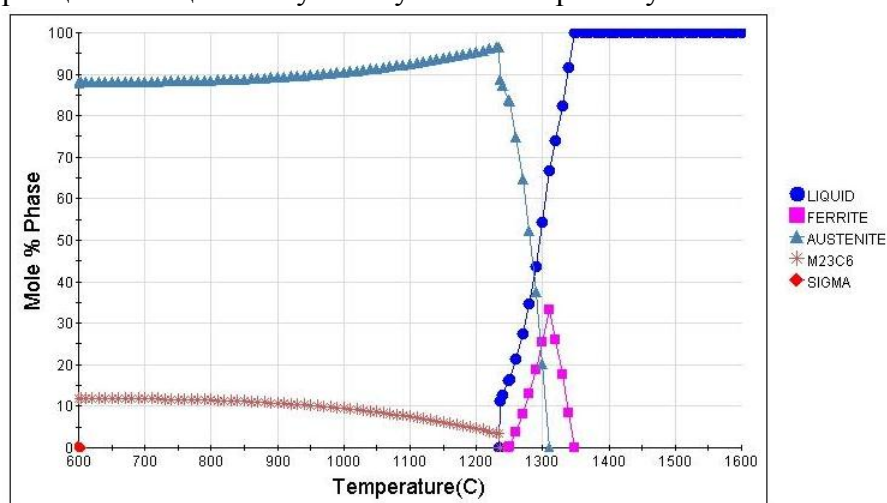


Рисунок 1 – Рівноважний фазовий склад електродугового покриття із високолегованої хромомарганцевої сталі

Структура отриманого покриття складається із дендритних кристалітів легovanого аустеніту, які зорієнтовані по нормалі до основи, у прошарках між якими розташована

евтектика стержневого типу (Аустеніт + $(Cr, Mn, Fe)_{23}C_6$), яка за морфологією нагадує евтектику Ферит + $(Cr)_{23}C$, характерну для високохромистих (26 % Cr) сталей в умовах нерівноважної кристалізації [2].

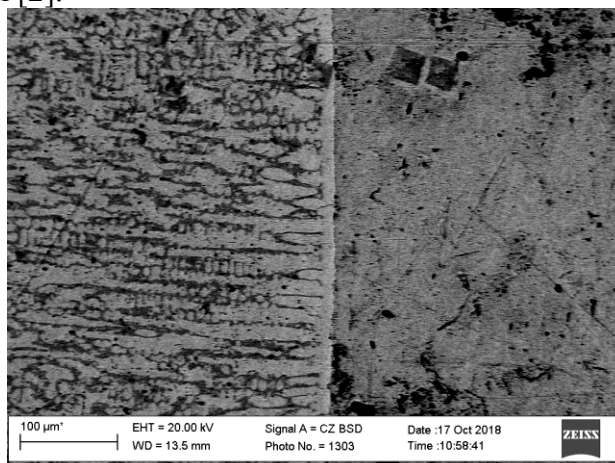


Рисунок 2 – Мікроструктура електродугового покриття із високолегованої хромомаргацевої сталі ($\times 400$)

Для встановлення здатності отриманого покриття до деформаційного зміцнення проводилось деформування наплавленого шару твердосплавною кулькою із використанням пресу Брінеля. Результати показують, що твердість деформованого шару (56 HRC) є на 12 HRC вищою порівняно із недеформованою поверхнею.

Отже, у результаті проведених досліджень було розроблено електродний порошковий матеріал для електродугового наплавлення, використання якого дозволяє отримувати корозійно- та ударостійкі покриття, які можуть бути успішно застосовані для підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей та інструментів, що працюють у середовищі хімічно активних речовин, зокрема органічного походження при наявності динамічних навантажень.

Список літератури

1. Yıldızlı K. Microstructure and erosive wear behavior of weld deposits of high manganese electrode / K. Yıldızlı, M. Eroglu, M. B. Karamış // Surface and Coatings Technology. – 2007. – Vol. 201. – P. 7166–7173.
2. Wiczerzak K. Crystallography and Morphology of Chromium Rich Eutectic Carbides in an As-Cast Fe-Cr-C Alloy Crystallized in Non-Equilibrium Conditions / K. Wiczerzak, P. Bała, T. Tokarski, M. Gajewska // Acta Physica Polonica A. – 2016. – Vol. 130 (10). – P. 1007–1009.

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОДУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

І.М. Богатчук, канд. техн. наук, с.н.с.,

І.Б. Прунько, канд. техн. наук, доц.,

П.М. Цвеюк, студ.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сучасні методи поверхневого зміцнення деталей трибосистем дозволяють отримувати поверхні тертя з наперед заданими властивостями, істотно підвищуючи зносостійкість пар тертя. Перспективним напрямком є обробка поверхонь тертя концентрованими потоком енергії, зокрема електроіскровим розрядом [1]. Процеси перебудови структури оброблюваного матеріалу відбуваються в термодинамічно нерівноважних умовах. Відбувається процес насичення оброблюваної поверхні матеріалом електроду. Це дозволяє отримувати поверхневі шари, які володіють цілим комплексом унікальних фізико-механічних властивостей [2 – 7].

Зміцнення відбувається внаслідок виділення в поверхневих шарах металу карбідів, інтерметалідів, твердих розчинів на основі матеріалів катода (зміцнювана деталь) та анода (електроди з високолегованих твердих сплавів). Їх легують за локально високої температури в околі електроіскрових розрядів, що забезпечує підвищену дифузійну рухливість елементів легування і, як наслідок, необхідні передумови для виділення зміцнювальних фаз, які визначають комплекс унікальних фізико-механічних властивостей оброблених поверхонь. ЕІЛ поліпшує зносотривкість і твердість металевих поверхонь деталей машин і технологічного оснащення, дає змогу відновлювати зношені локальні ділянки деталей машин під час ремонту, збільшити шорсткість проміжного шару під лудіння і паяння, знизити перехідний опір електричних контактів та їх знос, підвищити жаротривкість сталі, замінити спеціальні сталі дешевшими і менш дефіцитними.

Позитивною особливістю даного способу є також можливість використовувати його, як при виготовленні нових деталей, так і при відновленні їх розмірних та експлуатаційних характеристик.

Недоліком даного способу є те, що переніс металу з аноду на катод відбувається в повітряному середовищі, яке може негативно впливати на нанесений шар за рахунок окислення легованого матеріалу, що знижує фізико-технічні характеристики нарощеного шару.

Уникнути негативного впливу можливо, коли процес здійснюється в певному захисному середовищі, рідкому або газоподібному.

Існуючі методи подачі захисного середовища в зону обробки мають той недолік, що захисне середовище не подається безпосередньо в міжелектродний простір, а в навколишню зону електроіскрової обробки [8]. Така подача захисного середовища призводить до великих його витрат, технічно складна в реалізації та не сприяє виносу із міжелектродної зони нез'єднаних з катодом побічних продуктів, які утворились під час нарощення і легування поверхонь.

Нами запропоновано спосіб електроіскрового легування і електрод-інструменті для його реалізації, при якому подача захисного середовища здійснюється безпосередньо в зону електроіскрового розряду між торцем анода і поверхнею деталі, шляхом виконання електрод-інструменту з повздовжнім отвором, по якому подається захисне середовище, безпосередньо в зону контакту [9], що дозволить економити захисне середовище, спростити систему для його подачі і підвищити ефективність виносу (очищення) із зони контакту побічних продуктів, які не з'єднались з легуючою деталлю.

Виконання поставленої задачі досягається тим, що в міжконтактний простір 1, через отвір 2, виконаний в електроді (аноді) 3, подається захисне середовище, яке омиває зону електроіскрового розряду, утворену між електродом (анодом) 3 і деталлю (катодом) 4. (рис.1).

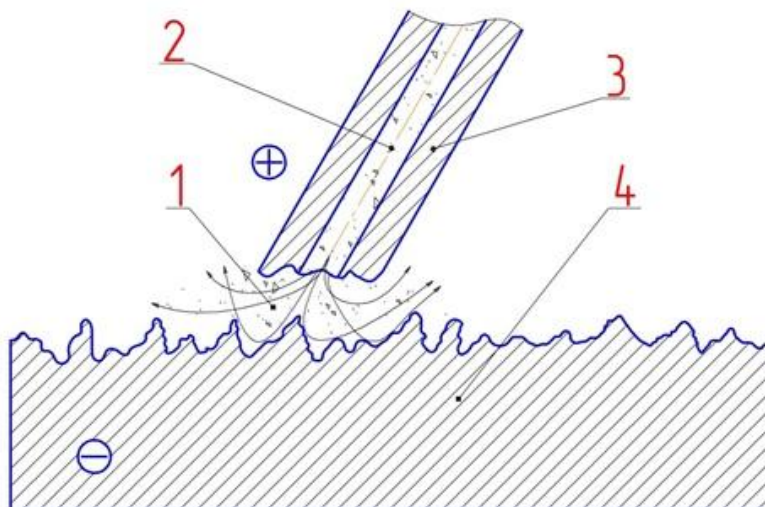


Рисунок 1 – Схема електроіскрового легування в захисному середовищі

Внаслідок подачі захисного середовища безпосередньо в контактну зону електроіскрового розряду, який має місце при зближенні катода і анода, зазор між ними зменшується, а одночасно і зменшується міжконтактна щілина, через яку буде переходити менша кількість захисного середовища. При цьому захисне середовище буде виносити (очищувати) з міжконтактного простору побічні продукти, які утворились в процесі електроіскрового нарощування і легування.

Таким чином, подача захисного середовища при електроіскровій обробці безпосередньо в контакт між електродами дозволить знизити витрати захисного середовища та покращити якість легування через постійне очищення легуючої поверхні від побічних продуктів, які не з'єдналися з основним матеріалом деталі.

Список літератури

1. Тематические научно-технические обзоры «Повышение долговечности тарельчатых клапанов и уплотнительных узлов буровых насосов» Серия машины и оборудование нефтяной промышленности. ВНИИ ОЭНГ – М, 1973.-91 с.
2. Лазаренко Б.Р. Электрическая теория искровой электрической эрозии металлов / Б.Р. Лазаренко, Н.И. Лазаренко // Проблемы электрической обработки материалов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 33 – 36.
3. Верхотуров А.Д. Технология электроискрового легирования / А.Д. Верхотуров, И.М. Муха. – К.: Техника, 1982. – 181 с.
4. Верхотуров А.Д. Электродные материалы на основе карбидов вольфрама и титана для электроискрового легирования стали / А.Д. Верхотуров, С.Н. Кириленко, В.Т. Бондарь // Электрофизические и электрохимические методы обработки. – М.: НИИмаш, 1980. – №4. – С. 3 – 5.
5. Назарец В.С. Влияние электроискровой обработки на эксплуатационные свойства валков прокатных станов / В.С. Назарец // Электронная обработка материалов. – 1979. – № 1. – С. 88 – 90.
6. Пашечко М.И. Формирование и фрикционная стойкость евтектических покрытий / Пашечко М.И., Голубец В.М., Чернец М.В. – К: Наук. Думка, 1993. – 344 с.
7. Установка “Элитрон -24А”: Паспорт. – Кишинев: Академия наук МССР, 1989. – 21с.
8. А.с. 621525 СССР, МКИ В 23Р 1/18. Способ электроискрового легирования [Текст] / В.Н. Морозенко, С.П. Лапшин и А.Е. Проволоцкий (СССР) – №2464394/25-08; заявл.16.03.77; опубл.30.08.78, Бюл. №32.)
9. Пат. на корисну модель № 121516 Україна, МПК В23Н 5/14 (2006.01). Спосіб електроіскрового легування і електрод-інструмент для його реалізації / С.І Криштопа, І.М. Богатчук, І.Б. Прунько, І.М. Микитій, П.М. Цвеюк. – u201705678; Заявлено 08.06.2017; Опубліковано 11.12.2017, Бюл. № 23. – 3 с.

НАПЛАВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ ПЛАЗМИ

А.Ю. Носков, студ.,
Ю.С. Попіль, канд. техн. наук, доц.,
Національний технічний університет України "КПІ імені Ігоря Сікорського"

Актуальні задачі: розробка технології наплавлення композиційних матеріалів на основі WC_3 , карбиду вольфраму і його композицій самофлюсуючих сплавів таких як сормайт.

Використання їх з ремонтною ціллю існуючі композиції порошкових стрічок, порошоків в основному використовується для наплавки великогабаритних деталей для цього використовується такі види наплавлення як: ацетелено кисневе, аргоно-дугове, електро-дугове, індукційне наплавлення та наплавлення під флюсом. Це досить продуктивні процеси, які не дозволяють відновлювати, або ремонтувати малогабаритні, або невеликі деталі, а саме зуби шестерень, виробних ножі та крайки ріжучих штамів, прес форм та матриць пуасонів та інше.

В основному реліт в перерахованих способах при напавленні має один з недоліків, а саме розподілення твердої і м'якої фази. Неструктурована, тобто тверда фаза виступає на поверхню, чим зменшує умови обробки поверхні механічними способами.

Відомо, що карбід вольфраму («реліт») використовується для зносостійких поверхонь і має мікротвердість 2800...3100 HV [1;2;3].

Температура плавлення реліту знаходиться на рівні приблизно до 3000 °С. Враховуючи великий кошторис реліту зараз використовується композиції заліза, сталі і більш дешевих матеріалів.

Враховуючи вплив водню, який є основою плазмоутворюючої суміші при напавленні реліту і має відновлювальний потенціал, інтерес представляє застосування воднево-кисневої плазми. Проведені дослідження на кафедрі інженерії поверхні НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», показали що ефективність плавлення в середовищі воднево-кисневої плазми, яка отримується з воднево-кисневої суміші при генеруванні в електролізно-дугових генераторах, є перспективним напрямком. Враховуючи, що максимальна температура плазми знаходиться в межах 5000 ± 200 К, і має високу ентальпію. Це дозволяє проводити процес наплавки на малогабаритних деталях продуктивніше і економічно доцільніше ніж при використанні інших способів. При цьому в якості матеріалу використовується стрічковий реліт марки «ЛС-6-7». Наплавлення виконувалось при нарузі холостого ходу 150..200 В, при потужності 4-7 кВт і витратах воднево-кисневої суміші («ВКС») як плазмоутворюючого середовища 400-700 л/год.

Список літератури

1. Самсонов Г.В., Витрянюк В.Н., Чаплигин Ф.И. Карбіди вольфрама. –Київ: Наук.думка, 1974. -127 с.
2. Третьяков В.И. Основы металоведения и технологии производства спеченых твердых сплавов.: Металургия. 1976. -528с.
3. Дзикович В.И., Жудра А.П., Белий А.И. Свойства порошков карбидов вольфрама. Полученых по различным технологиям.//Автомат. Сварка. – 2010. -№4. – с.28-31.

ЗНОСОСТІЙКЕ НАПЛАВЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОПОРОШКУ КАРБІДУ ТИТАНУ

О.М. Шкіндер, студ.,

Ю.Ю. Оксенюк, студ.,

Д.В. Степанов, канд. техн. наук, доц.

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

Основними матеріалами для наплавлення є сплави на основі заліза. Оцінку загального стану зносостійкості наплавних матеріалів провів І.І. Рябцев [1]. Матеріали рекомендовані стандартами, на жаль, не дають відмінних результатів. В той же час українська промисловість схильна використовувати більш дешеві матеріали, незважаючи на їх низьку зносостійкість, зокрема це дроти Св-08Г2С, в кращому випадку Нп-30ХГСА.

Одним зі способів вирішення вказаних проблем є використання технологічних прийомів, щоб покращити властивості поверхневого шару. Зокрема підвищення зносостійкості металу при різних видах зношення досягається подрібненням структурних складових наплавного металу. Такі зміни у металі спричиняють, в тому числі, речовини, які називаються модифікаторами. Залежно від типу частинок, їх морфології, розміру та способу введення в матеріал шва або покриття можна одержувати композиційні матеріали із заданими властивостями.

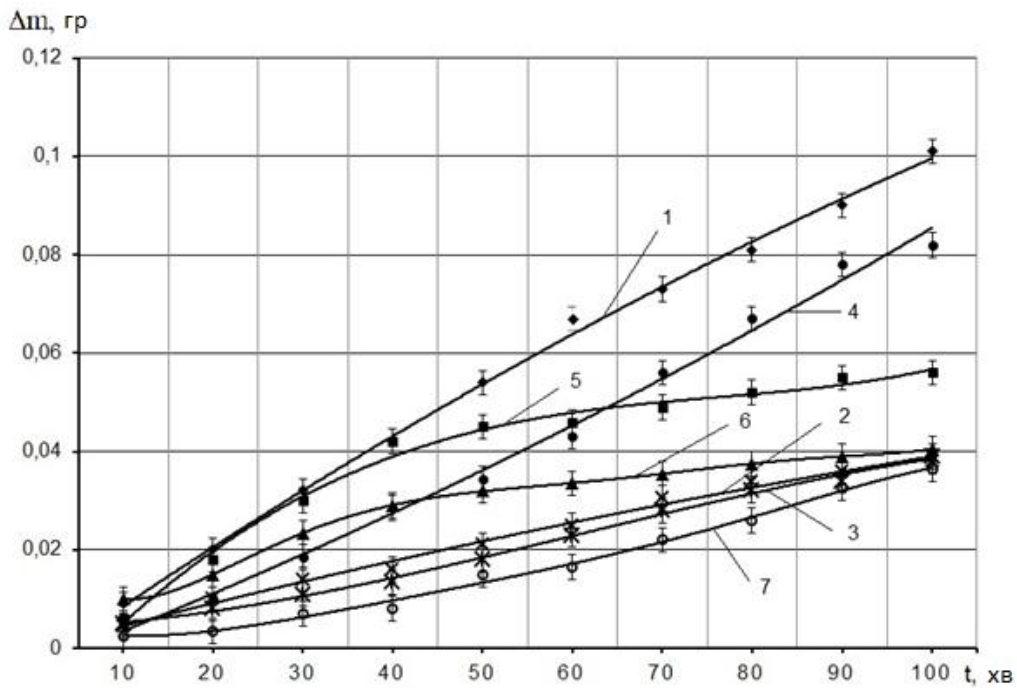
Модифікатори впливають на умови кристалізації та розмір первинної структури металу [2]. Такі зміни у металі можуть викликати і звичайні легувальні компоненти, але модифікатори відрізняються тим, що такі зміни викликають при введенні у відносно малих пропорціях [3].

Останніми роками спостерігається розширення галузей застосування нанорозмірних порошків. Досвід їх використання відомий у великій металургії, порошковій металургії, литті тощо. Дослідження впливу наноконцентів на властивості наплавного та напиленого матеріалу проводяться в ІЕЗ ім. Є.О. Патона та на кафедрі інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського та інших наукових закладах і установах [4, 5].

Аналіз літературних даних [6-10] вказує на те, що розробка методики наплавлення із застосуванням нанорозмірних карбідів і їх застосування може бути перспективним і потребує додаткового вивчення.

Введення наноконценту в зону наплавлення відбувалося за допомогою парафінової свічки: парафін розтоплювався, змішувався з нанопорошком у заданій пропорції, перемішувався та застигав. Перед наплавленням цією свічкою було промазано зону наплавлення. В якості основи для наплавлення було обрано металевий лист із конструкційної низьколегованої сталі 09Г2С, яка широко використовується при виготовленні труб і іншого металопрокату. Для наплавлення було використано дріт марки Велтек-Н300РМ-S, діаметром 2 мм. Постачається згідно ТУ 28.7-31749248-001-2002. Цей дріт є покращеним варіантом більш розповсюдженого Нп-30ХГСА. Для захисту зони зварювання було використано зварювальний флюс АН-60, який призначений для дугового автоматичного зварювання на підвищеній швидкості (до 180 м/год) конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей. Зварювальний флюс АН-60 постачається згідно ГОСТ 9087-81, і найчастіше використовується при виробництві труб. При проведенні досліджень використовували наявне обладнання для наплавлення: автомат АД-231 типу АДФ1204 з джерелом живлення КИУ-1201К.

На рис. 1 наведено порівняння зносостійкості наплавлених зразків з введенням карбіду титану та оксиду кремнію із контрольним зразком.



1 - без добавок, 2 - 7% SiO₂, 3 - 10% SiO₂, 4 - 0,5% TiC, 5 - 1% TiC, 6 - 5% TiC, 7 - 10% TiC

Рисунок 1 – Вплив концентрації наноконцентів у парафіновому стрижні на зносостійкість наплавленого металу

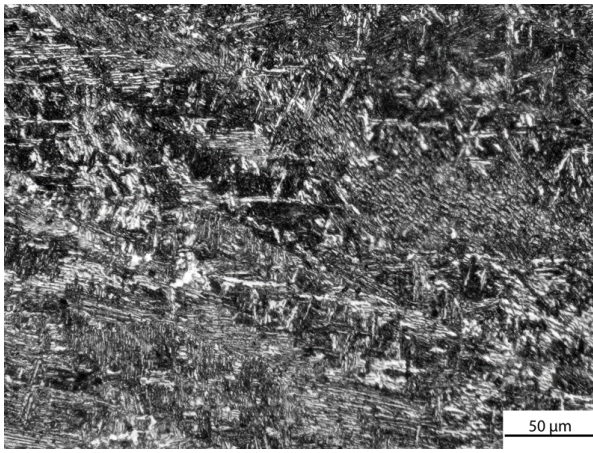
Як видно з графіка метал, в який вводили нанопорошок TiC (криві 4, 5, 6, 7) показує більшу зносостійкість порівняно з металом без вводу наноконцентів (крива 1), та приблизно таку ж як і метал з SiO₂ (криві 2, 3), позитивний ефект якого було доведено раніше [11].

Аналіз даних вимірювання мікротвердості вказує на збільшення значень мікротвердості металу при введенні до зварювальної ванни як нанопорошку SiO₂ так і TiO₂. Збільшення мікротвердості пояснює збільшення зносостійкості наплавленого металу.

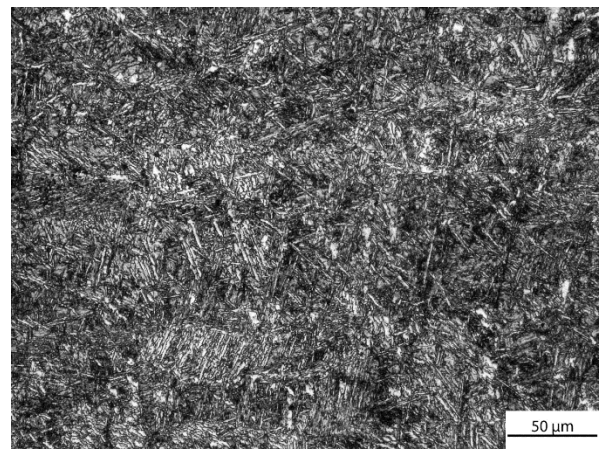
Таблиця 1 – Вплив концентрації наноконцентів у парафіновому стрижні на мікротвердість наплавленого металу.

№ Зразка	Склад зразка	Виміряні значення твердості, ГПа					Середнє значення мікротвердості HV, ГПа
		2,54	2,54	3,22	2,97	2,74	
1	без добавок	2,54	2,54	3,22	2,97	2,74	2,8
2	1% SiO ₂	3,51	3,22	3,51	3,22	2,74	3,24
3	5% SiO ₂	2,97	2,74	3,22	4,2	3,22	3,27
4	7% SiO ₂	2,97	2,74	2,97	2,97	2,97	2,92
5	10% SiO ₂	2,74	3,22	3,51	3,51	3,51	3,3
6	0,5% TiC	3,51	3,51	4,64	2,97	3,83	3,69
7	1% TiC	3,51	2,97	2,97	3,83	3,51	3,34
8	5% TiC	3,83	3,83	4,2	4,2	4,2	4,05
9	10% TiC	3,83	3,51	3,83	3,83	3,51	3,7

Аналіз структур металу наплавленого з використанням нанопорошку TiC також позитивні зміни (див. рис. 2).



а)



б)

а) – метал без наноконцентів, б) – метал з 5% TiC

Рисунок 2 – Вплив нанопорошку TiC на структуру наплавленого металу

Дослідно підтверджено позитивний вплив наноконцентів TiC та SiO₂ введених у зварювальну ванну на зносостійкість (до 2,5 раза), мікротвердість (з 2,8 до 4,05 ГПа) та структуру наплавленого металу.

Список літератури

1. 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.
2. Рябчиков И.В., Панов А.Г., Корниенко А.Э. О качественных характеристиках модификаторов // М. Сталь. – 2007. – №6. – с. 18 – 23.
3. Гладкий П.В. Микролегирование и модифицирование износостойкого наплавленного металла. / П.В. Гладкий, Г.С. Микаелян // Наплавленный металл. Состав, структура, свойства. – К.: ИЭС им. Е.О. Патона, 1992. – С. 33-36.
4. 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.
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. Новые материалы. Под ред. Ю.С. Карабасова – М.: МИСИС, 2002 – 736с.
7. Алымов М. И. Механические свойства нанокристаллических материалов/ М. И. Алымов. – М.: МИФИ, 2004. – 32 с.
8. Vinogradov A.Yu., Agnew S.R. Nanocrystalline Materials: Fatigue / in Encyclopedia of Nanotechnology/ A.Yu. Vinogradov, S.R. Agnew. – N.Y.: Marcel Dekker, 2004.– P.2269–2288.
9. D.V. Shtansky et al.: Surface and Coatings Technology, 2001.– Vol.148, № 2–3.– 204–213 pp.
10. Соколов Г. Н. Влияние нанодисперсных карбидов WC и никеля на структуру и свойства наплавленного металла / Г.Н. Соколов, А.С. Трошков, В.И. Лысак и др // Сварка и Диагностика. - 2011.– №3 - с. 36-38.
11. 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.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ ПЛАЗМИ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

Є.А. Захаров, студ.,

Ю.С. Попіль, канд. техн. наук, доц.,

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

Одним з напрямків енергозберігаючих технологій є розробки з використання нових джерел енергії. Перспективним напрямком є використання воднево-кисневої суміші (ВКС) в концентрованих джерелах енергії до яких відноситься плазмовий струмінь, ефективність використання залежить від конструкції плазмотрону, що генерує плазму та плазмоутворюючої суміші [1].

Для розробки технологій плазмового способу обробки матеріалів з використанням ВКС також потрібно теоретично визначити ефективні температурні інтервали, в яких відбувається плавлення та перехід в пластичний стан часток матеріалу, який напилюється а також їх швидкість. Для цього практично досліджувалися властивості струменю.

Геометричні розміри плазмового струменю фіксувалися візуально, при цьому перехідна межа від ламінарного до турбулентного характеру течії, визначалась довжиною плазмового струменю та витратами суміші. Витрати газової суміші становили при ламінарному характеру течії $V=0,4 \text{ м}^3/\text{год}$ і турбулентному більше $0,6 \text{ м}^3/\text{год}$ при тиску $p=0,08 - 0,10 \text{ МПа}$.

Методом калориметрування, визначили значення ефективної теплової потужності плазмового струменю. Для визначення ефективної теплової потужності плазмових струменів різних характерів течії та складу паливних сумішей використовувалася експериментальна установка з водяним калориметром ємністю води 20л. Кількість теплоти, яку виділяє плазмовий струмінь, фіксували при нагріванні мідної пластини розміром $150 \times 150 \times 5 \text{ мм}$ і масою 1кг. при цьому визначаються час нагрівання і пластинка переносилась в калориметр. В даній роботі температура калориметра вимірювалась спеціальним термометром Бекмана, що забезпечує точність $\pm 0,01^{\circ}$. Розрахунки проводились по стандартній методиці [2].

Для визначення розподілення температури по довжині плазмового струменю, струмінь розбивався на три інтервали ефективних температур. Використовувались три способи вимірювання: в зоні температур $8000 - 4000 \text{ К}$ спектральний, $3300 - 2200 \text{ К}$ пірометричний, термопарний $2000 - 500 \text{ К}$. Для визначення температури в першій зоні з складових компонент плазмового струменю, було застосовано безконтактний метод емісійної спектроскопії. Для другого оптичний пірометр ЛОП-72 по температурі нагрітого тіла, де в якості тіла використовувався вольфрамовий стержень діаметром 2мм, абсолютна температура розраховувалась по стандартній методиці. В якості термопари були вибрано вольфрам-ренієву термопару ВР-5/20 діаметром 0,5мм, для запобігання окислення та вигорання, термопара розміщувалась в захисній оболонці з кварцового скла. Перед дослідженням термопара градуювалась. Допустима похибка термопар складає $\pm 1\%$ від вимірювальної ЕРС, а допустима похибка вимірювального приладу, мілівольтметра марки М-2020 розрахованого на виміри напруги до 100 мВ, складає 0,2%. В вимірювальних приладах використовувалися компенсаційні дроти для врахування впливу температури вільних кінців, введення поправки виконувалось розрахунковим шляхом.

Емісійні спектри плазмового факелу реєструвалися за допомогою спектрометра на базі CCD-лінійки Solar II (S-150-2-3648 USB), що працює в діапазоні довжин хвиль $200 - 1080 \text{ нм}$ та має трикутну апаратну функцію з півшириною 0.2 нм в діапазоні довжин хвиль $200 - 650 \text{ нм}$ та 0.3 нм в діапазоні $650 - 1080 \text{ нм}$. Реєструвалося випромінювання по променям зору перпендикулярним осі плазмового факелу [3].

Для вимірювання повного тиску плазмового струменя застосовувався водоохолоджувальний зонд.

Визначення розподілення швидкості по довжині плазмового струменя виконувалось розрахунково-дослідним шляхом з використанням відомого рівняння з технічної термодинаміки, яке враховує тиск і температуру газового потоку.

Висновки:

1. Спектральний аналіз плазмового факелу з воднево-кисневої суміші показав, крім відомих характерних складових дисоціації води, наявність в складових плазмового струменя компонент матеріалу електродів, а саме атомарні лінії міді (Cu), компоненти атмосфери, в яку витікає струмінь, компоненти робочого газу- мультиплети кисню та молекулярні смуги OH, NO, O та N₂.

2. При генерації плазми з воднево-кисневої суміші можна отримувати різні форми плазмового струменя, за рахунок регулювання витрат суміші, таким чином регулювати ефективну теплову потужність плазмового струменя, так при ламінарному характеру витікання струменя (витратах ВКС $V=0,4 \text{ м}^3/\text{год.}$, прикладеній електричній потужності до плазмотрону $W=4\text{кВт}$), становила 30 МДж. При турбулентному стані витікання, ($V=0,6-1 \text{ м}^3/\text{год.}$, $W=4\text{кВт}$) ефективна теплова потужність складала 54-60 МДж, що практично в 2 рази більше за плазмовий струмінь, при однакових технологічних параметрах, де в якості плазмоутворюючого газу використовувалось повітря.

3. Максимальна температура в струмені воднево-кисневої плазми знаходиться на відстані 3-4d_c від зрізу сопла і становить $8400\pm 1000 \text{ К}$ при збільшенні відстані на 6d_c температура інтенсивно знижується до $4100\pm 1000 \text{ К}$. Середньо масова температура воднево-кисневого плазмового струменя становить $5000\pm 500 \text{ К}$.

Як показали дослідження струмінь низькотемпературної плазми отриманої електродуговим способом ініціювання, де в якості плазмоутворюючого середовища використовується воднево-киснева суміш, отримана з електролізно-водяних генераторів може застосовуватись більш ефективно ніж застосовуємі в даний час плазмоутворюючі гази та їх суміші в процесах газотермічної обробки матеріалів, для цього потрібно розробка нових технологій та обладнання, які є безпечними в роботі та ефективні в застосуванні.

Список літератури

1. Жуков М. Ф. Электродуговые нагреватели газа (плазмотроны): моногр. / М. Ф. Жуков, В. Я. Смоляков, Б. А. Урюков. – М.: Наука, 1973. – 232 с.
2. Николаев Г.А., Ольшанский Н.А. Специальные методы сварки. М., «Машиностроение», 1975.-231 с.
3. Specair: C.O. Laux, T.G. Spence, C.H. Kruger, R.N. Zare, Optical diagnostics of atmospheric pressure air plasma, Plasma Sources Sci. Technol. 12 (2) (2003) P. 125-138.

RESTORATIVE INSTALLATION OF TEETH EXCAVATOR

**A.M. Zusin, Ph.D., Art. lecturer,
Priazovsky State Technical University**

Improving the strength of the metal and improving its quality is one of the main problems in the repair and hardening of machine parts and structures, since its solution will not only increase reliability and durability, but also significantly reduce metal consumption.

In conditions of increased wear, the teeth of buckets of mining excavators work. The crowns of the teeth of the excavator work in conditions of increased shock-abrasive effect and, as a result, wear out quickly. In this regard, the problem of the restoration of the crowns of the teeth of the excavator is an urgent task.

In the conditions of Azovinteks LLC, the restoration of the crowns of the teeth of an excavator was mastered by automatic electric arc surfacing with cored wire 14Cr12Mn12Ti under a layer of the developed flux and method. The crown of the excavator's teeth is made of steel 110Mn13, after the restoration surfacing using the developed technique and materials, showed operational durability 2.3-2.5 times higher than when restoring manual arc welding using T-590 electrodes.

The main difficulties arising during the surfacing of 110Mn13 steel are associated with a high carbon content and, as a consequence, a significant change in the structure of the base metal in the heat-affected zone, which leads to an increase in austenitic grains and release of carbides along their boundaries. This problem leads to a decrease in the plasticity of the transition zone and the occurrence of cracks, further destruction of the deposited layer. The following measures were taken to combat these shortcomings.

A worn crown of excavator teeth was taken for restoration. Preliminary work was done on machining crowns, trimming a worn cutting edge to align the docking seat with the workpiece, which will restore the geometric dimensions of the crown to the required 270 mm. In order to prevent the formation of cracks in the deposited wear-resistant working layer, the resulting crown of the excavator was preheated to a temperature of 400°C. The surfacing was carried out in a fabricated metal container, where the tooth crown was immersed and completely filled with flux to prevent the deposited metal from flowing along the edges of the crown. Also, the flux acted as a heat insulator and did not allow rapid cooling of the recovered part to occur. The first two layers were deposited with flux cored wire 14Cr12Mn12Ti under the Record SK flux layer, the welding mode was chosen as follows: $I = 320\text{A}$, $U = 30\text{V}$, $V = 30\text{ m / h}$.

The next 5 layers were deposited according to the technology developed by the authors using a flux which makes it possible to obtain a weld metal of the following type 80Cr14Mn12Ti. The surfacing mode was: $I = 320\text{A}$, $U = 30\text{V}$, $V = 30\text{ m / h}$. The last 7 layer was deposited at a lower speed in order to increase the width of the roller and increase the melting of the previous layers between them: $I = 320\text{A}$, $U = 30\text{V}$, $V = 15\text{ m / h}$. After surfacing, the crown of the tooth was sent to a thermal furnace to relieve internal stresses of the weld metal, heat treatment mode, reached heating to a temperature of 400°C and held in the furnace for 2 hours, then cooled in the open air at an indoor temperature of 30°C. On the basis of industrial tests, the developed technology of surfacing with the production of the deposited metal of the following type 80Cr14Mn12Ti was introduced to restore the teeth of the excavator operating under impact-abrasive wear instead of T-590 electrodes.

THE PROBLEM OF POROSITY IN THE SURFACING OF ALUMINUM ALLOYS BY POWDERED ELECTRODES

**V.Ya. Zusin, dr., prof.,
I.E. Rusanin, stud.,
Priazovsky State Technical University**

When surfacing aluminum alloys, the use of flux-cored wire as the electrode material makes it possible to control the chemical composition and properties of the weld metal in a wide range. However, this raises the problem of porosity, the cause of which is hydrogen melted in the metal of the weld pool and released at the time of its crystallization.

This problem can be solved in two ways.

The first way is to reduce the concentration of hydrogen dissolved in the weld pool to less than the equilibrium hydrogen concentration ($0.69 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$).

The second solution is the saturation of the weld pool with hydrogen and its intensive degassing by bubbling the removal of hydrogen during its existence in the liquid state.

When surfacing aluminum alloys with cored wire, an additional source of hydrogen appears in the form of moisture adsorbed on the surface of the particles of the batch cored wire.

Studies have shown that the use of powder ligatures with particles larger than 150 microns with preliminary annealing in vacuum at 700°C for 2 hours makes it possible to obtain a hydrogen concentration below the equilibrium ($0.69 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$) in the weld pool and eliminate pore formation in the weld metal.

The study of the microstructure of the surfacing obtained by the manual argon-arc method with an additive made with an electrode, as well as the results of hydrostatic weighing, indicate the complete absence of pores in the weld metal.

This way of solving the problem of the porosity of the deposited metal was successfully used when surfacing the cages of gear pumps NSH-K.

The degassing process of the weld pool begins at a time when the concentration of hydrogen in the weld pool exceeds the equilibrium, due to a decrease in metal temperature and a decrease in the solubility of hydrogen in it.

When flaccid gases from a liquid metal are cooled during cooling, its saturation with gases at the time of crystallization of $[H]_f - [H]_o$ is large and pores are formed in the metal. Accelerated degassing of the bath reduces the likelihood of pore formation.

The amount of hydrogen carried in the weld pool from the surface of the powder filler particles depends not only on the fill factor of the electrode, but also on the size and shape of the particles. Therefore, by changing the granulometric composition of the powder of the powder wire, the technology of its production and the fill factor, it is possible to change the volume of hydrogen released from the surface of particles in a wide range and, consequently, to control the degassing process of the weld pool.

Studies have shown that the volume of discontinuities in the lower part of the deposited layer is $0.09 \dots 0.16 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$ with the particle size of the powder flux cored wire $0.02 \dots 0.8 \text{ cm}$. The same order is the porosity in the lower part of the weld with coefficient filling the cored wire $0.25 \dots 0.40 \text{ cm}$, which indicates degassing of the weld pool. The use of such parameters of flux-cored wire during the deposition of pistons from aluminum alloy AL25 showed quite high performance characteristics of the first compression groove.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПО СТВОРЕННЮ ЗНОСОСТІЙКИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

М.І. Денисенко, канд. техн. наук, доц.,
ВП НУБІП України «Немішаєвський агротехнічний коледж»

Анотація. В статті наведено дані про спрацювання основних робочих органів машин агропромислового комплексу, розглянуто способи підвищення надійності і довговічності цих органів. Для створення різноманітних конструкцій робочих органів машин, а також їх і ремонту та відновлення, треба використовувати інноваційні матеріали і покриття, які повинні мати високі фізико-механічні властивості.

Постановка проблеми. На сьогодні розроблено більше 150 методів поверхневого зміцнення, поряд з традиційними методами хіміко-термічної обробки, загартування СВЧ, електролітичних покриттів, різних видів наплавлення розвиваються нові технології з використанням джерел з високою концентрацією енергії: лазерне зміцнення, іонно-плазмові методи, детонаційне напилювання, електроіскрове легування та інші методи.

В машинобудуванні та інших галузях виробництва найбільш розповсюджені отримали тверді сплави з карбіду вольфраму (WC). Карбід вольфраму – хімічна сполука вуглецю і вольфраму, кераміка. Це самий твердий сплав з усіх відомих: він в 4 рази твердіше титану, у 6 разів твердіше сталі, за твердістю його можливо порівняти тільки з алмазом. Кормозбиральні комбайни JF Stoll оснащені ротором нової конструкції з 32 ножами. Завдяки спеціальній конструкції ножів ротор захищений від перевантажень, ніж має лінію зламу, по якій він руйнується при попаданні крупних твердих предметів (рис.1). Протиризальна пластина покрита вольфрамом, вона встановлюється іншою робочою кромкою, і таким чином термін служби суттєво зростає.

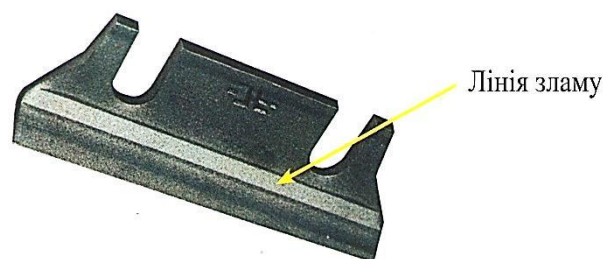
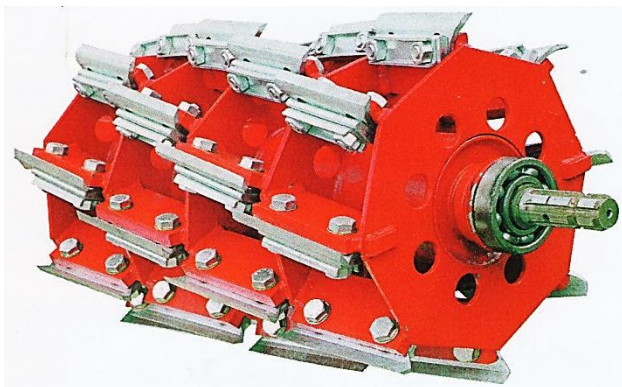


Рисунок 1 – Вдосконалений ротор кормозбирального комбайну зі зміцненими ножами

Поверхневі шари деталей і багатьох робочих органів сільськогосподарської техніки в процесі експлуатації зазнають інтенсивного абразивного зношування, в результаті чого обладнання передчасно виходить з ладу. Оскільки робочі органи сільськогосподарських машин працюють в абразивному середовищі, зазнаючи значних динамічних навантажень, то на їх поверхні треба формувати зносостійкі покриття, що мають високі показники ударної в'язкості. Вказані властивості мають металокерамічні сплави, які містять карбіди кремнію SiC, титану TiC, і вольфраму WC.

Розв'язання проблеми. Визначальною особливістю сучасного машинобудування являється широке використання методів інженерії поверхні, що дозволяють радикально

змінювати властивості конструкційних матеріалів. В сучасних умовах різноманітності методів зміцнення і відновлення поверхонь тертя, завдання вибору ефективного і оптимального варіанту являється актуальною для процесів виготовлення і ремонту деталей машин. Одним із шляхів зменшення витрат на експлуатацію та заміну спрацьованих деталей, є виготовлення їх із матеріалів з високою зносо- та корозійною стійкістю.

До таких матеріалів належать порошкові матеріали з нерівноважною структурою, без вольфрамові тверді сплави та карбідосталі. Порошкові матеріали з нерівноваженою структурою представляють собою міцну пластичну металеву матрицю і рівномірно розподілені в ній тверді включення тугоплавких з'єднань в кількості 15-20%, що забезпечують підвищену міцність і зносостійкість матеріалів. Разом з тим основним недоліком таких матеріалів є їх низька корозійна стійкість.

Карбідосталі за своїми властивостями є проміжними між твердими сплавами і інструментальними сталями. На відміну від відомих рішень нами запропонована карбідосталь на основі феритно-мартенситного класу, оскільки вони мають мінімальний вміст цінних і дефіцитних легуючих елементів при значних корозійних властивостях, добре піддаються гарячому штампуванню та гартуванню. В якості твердої домішки нами був вибраний вищий карбід хрому Cr_3C_2 , оскільки відомо, що сплави з його участю мають високу стійкість до корозії в розчинах кислот і лугів.

Сплави «хромиста сталь – карбід хрому» мають поряд з високою твердістю і зносостійкістю підвищені характеристики міцності. Проведені дослідження впливу температури спікання на структуру і властивості зразків карбідосталі на основі хромистої сталі з домішками карбіду бору. За результатами випробувань, котрі проводилися у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», молотки кормоприготувальної установки БМК – 1, що армовані модульними пластинами зі експериментального сплаву $X13M2 - Cr_3C_2 - W_4C$ показали підвищення зносостійкості і терміну служби у 3 – 3,5 рази вище терміну служби серійних молотків зі сталі 65Г. (рис.2, рис.3)



Рисунок 2 – Кормоприготувальна установка БМК-1

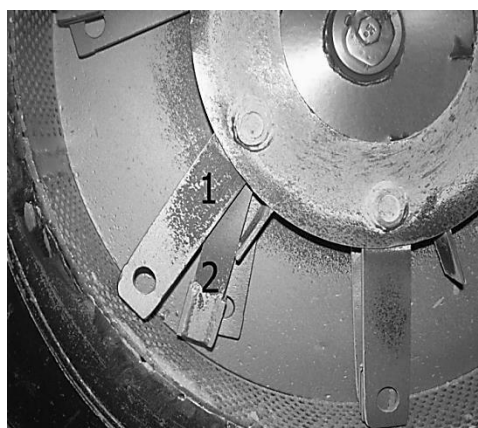


Рисунок 3 – Ротор з молотками дробарки БМК-1: 1 - серійні, 2 - експериментальні зі вставками з $X13M2 - Cr_3C_2 - W_4C$

Молоток кормоприготувальної установки БМК-1 – це сталева прямокутна пластина, робочі грані котрої армуються шляхом електрозварювання у середовищі вуглекислого газу, модульними пластинами зі зносо-корозійностійкого матеріалу $X13M2 - Cr_3C_2 - W_4C$. (рис.3). Одним з ефективних методів підвищення стійкості деталей до абразивного і корозійного руйнування – використання для їх виготовлення порошкових кераміко-металевих матеріалів з гетерогенною структурою, в тому числі модульних армуючих вставок зі твердих сплавів, наплавок та покриттів з них. Збільшення зносостійкості та підвищення ресурсу і терміну експлуатації машин можливо досягнуто наступними методами:

високоякісним конструюванням трибо технічних покриттів, вибором сучасних конструкційних матеріалів, використанням термічної або хіміко-термічної обробки, і використанням зносостійкого наплавлення.

Найбільш універсальним та високо економічним методом зміцнення і відновлення деталей машин в агропромисловому комплексі є різноманітні методи наплавлення. Маса матеріалу, котрий наноситься на поверхню тертя в процесі наплавлення, невисока і складає приблизно 2 – 6% маси від маси самої деталі. Цей процес дозволяє збільшити зносостійкість робочого органу приблизно у 1,5 – 12 разів, а інколи і більше, в залежності від наплавленого матеріалу та умов експлуатації машини. Товщина зміцненого шару визначається умовами експлуатації і конструкцією деталі.

В основі нашої роботи було використано «точкове зміцнення» - дугове точкове зварення (ДТЗ) швидкозношуваних робочих органів ґрунтообробних, садильних, кормозбиральних сільськогосподарських машин (лапи культиваторів, лемеші плугів, диски борін, молотки кормодробарок, траки гусениць, долота сошників та інші деталі) рис.4. Використання самозахисного порошкового дроту типу ПП – АН170, ПП – АН170М, ПП – АН170М2 та інших марок товщиною (діаметром) 1,2 – 3,2 мм для механізованого зварення в захисному газі і відкритою дугою найбільш ефективно в польових умовах.



Рисунок 4 – Агрегат комбінований швидкісний АКШ – 3,6

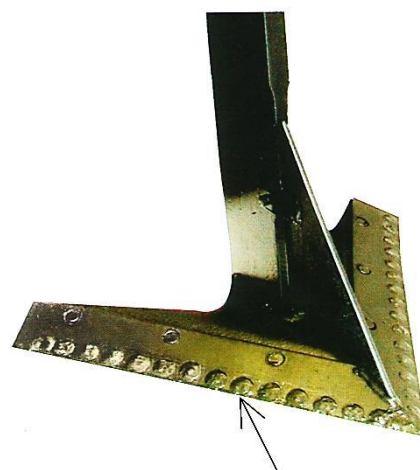


Рисунок 5 – Ніж плоско різа (лапа культиватора) - наробіток 350-600 га, твердість точки зміцнення HRC 60 – 65

Оптимальну точку зміцнення (висота головки) вибираємо в залежності від функціонального призначення робочого органу. При точковому зміцненні (ДТЗ) деталей, одна із головних умов, що забезпечує стабільну якість зміцнення – узгодження величини зварного струму та напруги дуги. В залежності від етапу ДТЗ, товщини з'єднаних деталей та діаметру порошкового дроту параметри точкового зварення приймаємо наступними: сила зварного струму 150 – 800А, напруга на дузі 30 – 50В, швидкість подавання порошкового дроту 30 – 700 м/год, тривалість зварення 0,5 – 3,0 с. Зварний струм чинить найбільший вплив на формоутворення точки зміцнення. (рис.4, рис.5).

Висновки. Використання без вольфрамових твердих сплавів і багатшарових порошкових композиційних матеріалів дозволяє в 10...13 разів збільшити терміни служби швидкозношуваних деталей і робочих органів сільськогосподарських машин у порівнянні з деталями з вуглецевих та інструментальних сталей.

Найбільш доцільно здійснювати ремонт, зміцнення та відновлення поверхонь тертя деталей машин з використанням дугового точкового зварення (ДТЗ) самозахисним порошковим дротом – плавким електродом.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБКАТУВАННЯ РОЛИКАМИ НА КОНТАКТНУ МІЦНІСТЬ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

А.В. Маляр, студ.,
Д.Д. Марченко, канд. техн. наук, доц.
Миколаївський національний аграрний університет

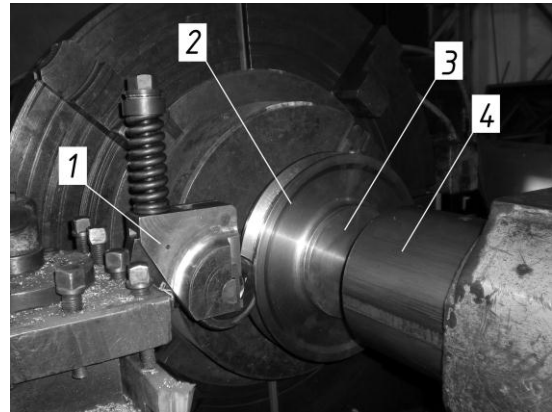
Створення способів і технологій, що можуть бути застосовані для зміцнення і підвищення зносостійкості, контактної міцності деталей шляхом ППД, є актуальним. Результати науково-дослідної роботи з експериментальних досліджень впливу обкатування роликами на довговічність сталевих деталей, що працюють при контактному зминанні, перевірені у виробничих умовах за роботи канатних блоків із сталевими канатами [1].

Як об'єкт дослідження впливу обкатування роликами на контактну міцність були прийняті канатні блоки, довговічність робочого профілю яких була не більше 3 – 4-х місяців.

Для проведення досліджень технологічного процесу поверхневого зміцнення канатних блоків за допомогою обкатування роликом використовували експериментальний пристрій (рис. 1), що містить роликовий вузол та важільний силовий пружинний механізм притискання ролика до деталі, змонтований у його корпусі. Ролик пристрою для обкатування має клиноподібну форму з випуклою утворюючою робочого профілю, що дозволяє одночасно обкатувати як конічні, так і тороїдальну поверхні канатного блоку та полегшує технологію чистового і зміцнюючого обкатування.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд експериментального пристрою для обкатування канатних блоків клиновим роликом



1 – пристрій для обкатування канатних блоків; 2 – канатний блок; 3 – оправка; 4 – задня бабка токарного верстата

Рисунок 2 – Загальний вигляд експериментального обладнання

При обкатуванні конічної поверхні струмка канатного блоку клиновим роликом з постійною кривизною поверхні торців ролика приведена кривизна контакту ролика з деталлю в площині подачі має значно більшу величину, ніж при обкатуванні колової впадини, на конічній поверхні середній кут φ втискування ролика значно перевищить 5° і отже матиме місце перенаклепування поверхні, виникне недопустима хвилястість на обробленій поверхні. Тому робоча поверхня клинового ролика виконана зі змінною кривизною.

Важільний силовий пружинний механізм установлений з клиновим роликом на підшипниках кочення. При установці підшипників ковзання в процесі обкатування виникне нерівномірна деформація конічної поверхні струмка канатного блоку і значні сили тертя ковзання, що виникають на поверхнях осі та бокових стінок важеля під час повороту останнього навколо своєї осі за рахунок биття профілю клинового ролика, будуть то

відніматимуться з сили пружини, то складатимуться з нею, залежно від напрямку переміщення роликів вузла. Як показали дослідження, коливання зусилля обкатування становлять у цьому разі до 45 % [2], що і призведе до появи хвилястості на бокових конічних поверхнях струмка канатного блоку.

Процес обкатування за допомогою пристрою з клиновим роликом здійснювався на універсальному токарно-гвинторізному верстаті 1К65 (рис. 2). Регулювання таких параметрів як швидкість обкатування і кількість обертів канатного блоку контролювалося на верстаті за відповідного його налаштування. Кут нахилу струменя профілю і відхилення його форми від прямолінійної вимірювалися за допомогою індикатора. Для дослідження впливу обкатування на якість поверхні та на ступінь зміцнення виготовлялися клинові ролики зі змінним профільним радіусом його торців.

Процес обкатування клиновим роликом канатних блоків на експериментальному обладнанні знімали відеокамерою (Panasonic SDR – S26) з подальшим покадровим вивченням.

Канатний блок 2 (рис. 2) встановлювали отвором у центр патрона верстата та піджимали центром задньої бабки 4 універсального токарно-гвинтонарізувального верстата. Пристрій 1 кронштейном закріплювали в різцетримач супорта верстата. Переміщенням супорта верстата ролик вводили в струмок канатного блоку так, щоб він своєю вузькою частиною робочого профілю торкнувся западини струмка канатного блоку. Зусилля на ролик встановлювалося за допомогою обертання гайки на тязі пристрою для стиснення пружини на необхідну величину (при стисненні пружини на 3,5 мм зусилля на ролик становило 1 кН).

Обкатувану поверхню канатного блоку змащують машинним маслом і вмикають його обертання зі швидкістю 40 – 50 м/хв.

У процесі обертання канатного блоку, за рахунок сил тертя обертається ролик пристрою, робочі торці ролика утворюють на обкатуваній поверхні деталі два синусоїдальні сліди, які у міру обертання канатного блоку і ролика поступово зміщуються в круговому напрямку, доки вся поверхня струмка не буде продеформованою.

Зусилля на ролик коливається в межах $\pm 5\%$, тому що сила тертя в підшипниках кочення мала, оскільки коефіцієнт тертя f_k в підшипниках кочення не більший 0,008. Цим забезпечується рівномірна деформація поверхневого шару струмка канатного блоку.

Ступінь наклепування вимірювали і визначали після обкатування за допомогою універсального інтегрального динамічного твердоміра TIME Hardness Tester TH130 (рис. 3), який забезпечує високу точність і широкий діапазон вимірювання, а також може бути під'єднаний до ПЕОМ.



Рисунок 3 – Процес вимірювання твердості поверхні профілю канатного блоку після обкатування

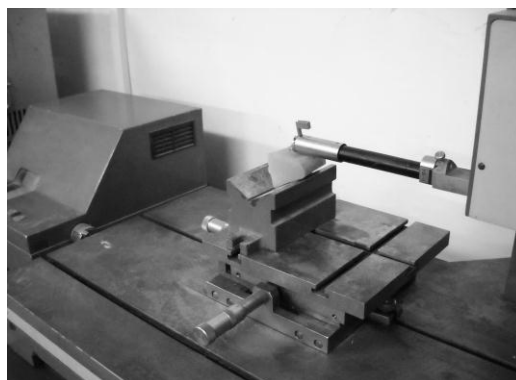


Рисунок 4 – Процес вимірювання шорсткості поверхні на профілографі-профілометрі

Шорсткість робочої поверхні до і після обкатування канатного блоку досліджувалася двома методами.

До обкатування шорсткість поверхні канатного блоку була визначена за допомогою еталонних зразків шорсткості ОШ (ГОСТ 9378 – 93, виготовлених відповідно до вимог ГОСТ 2789 – 73). Після обкатування з різними режимами в профіль канатного блоку заливалася самотвердна пластмаса на основі акрилових смол «ПРОТАКРИЛ – М», таким чином робилися репліки [3]. Робочу поверхню профілю канатного блоку в місцях зняття реплік знежирювали ацетоном. Після висихання пасти (час полімеризації 25 – 30 хв. за температури 35 – 40 °С) шліфувалася протилежна сторона репліки.

Крім того шорсткість і хвилястість обкатуваної поверхні вимірювалася за допомогою профілографа-профілометра типу А1 (ГОСТ 19299 – 73 і ГОСТ 19300 – 73), модель 252 заводу «Калибр», а за профілограмами визначалися значення R_a .

Репліку встановлювали на профілограф-профілометр М – 252 і проводили вимірювання шорсткості (рис. 4). Застосування реплік за даною методикою забезпечує вимірювання шорсткості з великою точністю і зручністю. Похибка визначення шорсткості поверхні із застосуванням реплік буде не більше 8 %.

Після статистичної обробки експериментальних даних на ПЕОМ (за допомогою програм Statistica і Excel) отримано математичні моделі для шорсткості поверхні ($ШП$) та ступеня наклепування ($СН$), які описують технологічний процес обкатування канатних блоків, рівняння регресії мають вигляд [4, 5]:

$$ШП = 1,9224 - 0,2789 \cdot X_1 + 0,2520 \cdot X_2 - 0,5837 \cdot X_3 - 0,4970 \cdot X_4 - 0,014 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,280 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,002 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,154 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,257 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,359 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0,094 \cdot X_1^2 - 0,522 \cdot X_2^2 + 1,405 \cdot X_3^2 - 1,280 \cdot X_4^2;$$

$$СН = 47,5008 - 0,2578 \cdot X_1 - 0,7167 \cdot X_2 + 0,135 \cdot X_3 + 0,1157 \cdot X_4 - 0,127 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,236 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,535 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,124 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,115 \cdot X_2 \cdot X_4 - 1,062 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0,483 \cdot X_1^2 - 0,106 \cdot X_2^2 - 0,925 \cdot X_3^2 + 0,931 \cdot X_4^2.$$

У результаті проведення експериментальних досліджень із застосуванням методу крутого сходження визначено оптимальні конструкторсько-кінематичні параметри процесу обкатування. За допомогою планування експерименту при оптимізації технологічного процесу обкатування канатного блоку клиновим роликом отримано такі оптимальні режими обробки: кут вдавлювання ролика 5 град, профільний радіус ролика 15 мм, кількість обертів канатного блоку 160 – 180 об., швидкість обкатування 40 – 50 м/хв.

Їх оптимальне поєднання формує якість виконання технологічного процесу поверхневого зміцнення канатних блоків обкатуванням роликами з такими показниками: шорсткість поверхні – 1...1,9 мкм; ступінь наклепування – 46,5...56 %.

Проведені експериментальні дослідження довели адекватність результатів фізичного і математичного моделювання триботехнічних процесів, що відбуваються під час обкатування робочої поверхні тертя канатного блоку клиновим роликом. Це дозволяє рекомендувати розроблені математичні моделі для використання при зміцненні сталевих деталей, що працюють на зносостійкість і контактну міцність, у галузях машинобудування і промисловості.

Список літератури

1. Бутаков Б. И. Оптимизация параметров поверхностного упрочнения обкатыванием роликами канатных блоков с целью повышения их контактной прочности / Б. И. Бутаков, Д. Д. Марченко // Проблемы трибологии. - Хмельницький, 2010. - № 3. - С. 99-107.
2. Бутаков Б. И. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б. И. Бутаков // Вестник машиностроения. - 1984. - № 7. - С. 50-53.
3. Измерения шероховатости поверхности с помощью реплик / Г. Э. Аркулис, М. И. Куприн, В. Д. Голев, А. М. Игонькин // Вестник машиностроения. - 1971. - № 12. - С. 48-50.
4. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. - М. : Наука, 1976. - 280 с.
5. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента : учебное пособие / А. А. Спиридонов, Н. Г. Васильев. – Свердловск : УПИ им. С. М. Макарова, 1975. - 152 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ КАРБОВІБРОДУГОВОГО МЕТОДУ ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

С.М. Герук, *к.т.н., доц., с.н.с.,*
В.Г. Руденко, *зав. відділенням,*
Житомирський агротехнічний коледж

Зміцнення робочої поверхні борін, плугів та комбінованих ґрунтообробних машин з нанесенням спеціальних матеріалів і зміцненням їх карбовібродуговим методом, дозволить збільшити ресурс робочих органів та забезпечить реалізацію ефекту самозагострювання.

Технологія зміцнення включає в себе: зачистка ріжучої кромки, приготування пасти її нанесення, зміцнення за допомогою карбовібродугового методу ріжучої кромки.

Суть карбовібродугового методу дугового зміцнення (КВДЗ) полягає в наступному. Спочатку на зміцнюючу поверхню наноситься паста, яка висушується до твердіння. Потім між зміцнюючою поверхнею з нанесеною пастою і вугільним електродом установки для КВДЗ запалюється електрична дуга. При її горінні відбувається як наплавка композиційного металокерамічного покриття з компонентів пасти, так і термодифузійне насичення підкладки вуглицем за рахунок його дифузії внаслідок сублімації вугільного електрода. До складу паст входять сталева матриця (наплавочні порошок), керамічні компоненти (карбіди, оксиди, бориди) і кріоліт $\text{Na}_3 \text{AlF}_6$, поліпшує стабільність і якість горіння дуги [54-58]. Сполучною речовиною є 50% водний розчин клею ПВА. Застосування при КВДЗ металокерамічних матеріалів у вигляді паст обумовлено їх дуже високою стійкістю до абразивного і корозійно-механічного зношування.

Для КВДЗ використовують установку ВДГУ-2. Установка містить інверторне джерело струму на 200 ... 250А, пульт управління і вібратор з закріпленим в ньому графітовим електродотом діаметром 6 ... 8 мм. КВДЗ здійснюють на наступних режимах: сила струму - 70 ... 80 А, напруга - 30 ... 35 В, частота вібрації вугільного електрода - 25 ... 50 Гц [54, 56-57,59].

Попередньо проведені дослідження дозволили встановити, що кожен з компонентів пасти суттєво впливає на товщину і фізико-механічні властивості одержаного при КВДЗ металокерамічного покриття. У зв'язку з цим були проведені дослідження з уточнення складу і концентрації компонентів пасти, найбільш оптимальних для зміцнення деталей технологічних машин різного призначення. В якості матриці в пастах використовували порошок ПГ-10Н-01 на нікелевій основі. Вибір даного порошку в якості матриці обумовлений тим, що його використовують для різних видів наплавлення зносостійких покриттів на деталі машин металургійного, гірничодобувного і енергетичного обладнання, дорожньої, автомобільної та сільськогосподарської техніки, шнеків екструдерів та іншого технологічного обладнання. Як керамічних компонентів використовували карбід бору B_4C і оксид алюмінію Al_2O_3 . Зміст керамічних компонентів в складі паст змінювали від 10 до 35%. Товщину нанесеного шару пасти варіювали від 1,0 до 2,5 мм.

Проведені дослідження показали, що основний вплив на товщину зміцнюючого металокерамічного покриття, що отримується при КВДЗ, надає товщина шару пасти, що наноситься. При цьому з її збільшенням товщина покриття також зростає. Однак збільшення шару пасти більше 2,5 мм недоцільно, тому що в цьому набагато гірше запалюється і горить електрична дуга, внаслідок чого отримати суцільне металокерамічне покриття не представляється можливим. Зі збільшенням вмісту матричного порошку в складі пасти товщина металокерамічного покриття також зростає. При цьому найбільшу товщину покриття - 1,0 ... 1,1 мм вдалося отримати на пастах, що містять в своєму складі карбід бору B_4C , який забезпечує найкраще запалювання і горіння дуги при КВДЗ.

Основний вплив на мікротвердість покриттів надають керамічні компоненти пасти. При цьому зі збільшенням їх вмісту в складі пасти мікротвердість металокерамічного покриття також зростає. У той же час кожен з керамічних компонентів по різному впливав на мікротвердість покриття.

Напрямок обробки залежить від умов роботи дискових робочих органів.

Зміцнення дискових робочих органів борін, плугів та комбінованих ґрунтообробних машин, які працюють на піщаних та супіщаних ґрунтах підлягає грань яка найінтенсивніше зношується (зовнішня сторона диска). При роботі дискових ґрунтообробних на більш важких ґрунтах необхідно зміцнювати ту грань, яка підлягає найменшому зношуванню (внутрішня сторона диска).

Лабораторні дослідження на зносостійкість зразків з дисків фірми «Bellota» (сталь Mn28B5) на машині тертя в середовищі кварцового піску підтвердили високу зносостійкість, що забезпечує карбовібродугове наплавлення металокераміки на Ст.65Г, тобто в 4,03 – 10,55 раз вище зразків з нового диска «Bellota» (таблиця). В якості робочого середовища застосовували кварцовий пісок розмір фракцій якого складав 80...100 мкм.

Таблиця - Результати лабораторних досліджень на зносостійкість

Номер зразка	Маса до випробувань (x10 ⁻³ кг)	Маса після випробувань (x10 ⁻³ кг)	Різниця маси (x10 ⁻³ кг)	Середня зміна маси (x10 ⁻³ кг)	E (відношення зносостійкості)
1	247,3400	247,1718	0,1682	0,1930	1,00
	247,3078	247,0899	0,2179		
2	241,5440	241,5383	0,0157	0,0478	4,03
	241,5400	241,4601	0,0799		
3	241,9614	241,9186	0,0428	0,0455	4,24
	241,9532	241,9051	0,0481		
4	251,5975	251,5912	0,0063	0,0183	10,55
	251,5963	251,5660	0,0303		
5	241,0270	241,0113	0,0157	0,0283	6,83
	241,0240	241,9832	0,0408		

Швидкість переміщення – 125,28 м/хв (7,5 км/год); тиск ґрунту на зразок – 1,25 кГ/см² (122,6 кПа).

Основний вплив на мікротвердість покриттів надають керамічні компоненти пасти. При цьому зі збільшенням їх вмісту в складі пасти мікротвердість металокерамічного покриття також зростає. У той же час кожен з керамічних компонентів по різному впливав на мікротвердість покриття.

Висновки

Викладене вище дозволить забезпечити наступний ефект:

- зростання зносостійкості в 1,5-2,5 рази;
- підвищити ресурс дискових робочих органів;
- забезпечити достатньо високу продуктивність та якість зміцнення;
- зменшити витрати на зміцнення робочої поверхні.

Список літератури

1. Винокуров, В.Н. Научные основы повышения долговечности почвообрабатывающих элементов машин и орудий, применяемых в лесном хозяйстве: дисс. ... док. тех. наук / Винокуров Василий Николаевич. - М., 1980. - 353 с.

2. Ишков, А.В. Боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники: получение, структура и износостойкость в реальных условиях / А.В. Ишков, В.В. Иванаевский, Н.М. Мишустин и др. // Труды ГОСНИТИ. - 2012. - Т. 109. - С. 7-11.
3. Ишков, А.В. Комбинированные упрочняющие покрытия для рабочих органов современных почвообрабатывающих орудий / А.В. Ишков, В.Ф.Аулов, Н.Т. Кривочуров и др. // Аграрная наука - сельскому хозяйству сборник статей: в 3 книгах. Барнаул. - 2014. - С. 10-12.
4. Литовченко, Н.Н. Электродуговое упрочнение деталей нанесением металлокерамических покрытий / Н.Н. Литовченко, В.Н. Куликов // Машинно-технологическая станция. - 2011. - №4. - С. 50-51.
5. Лялякин, В.П. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами / В.П. Лялякин, С.А. Соловьев, В.Ф. Аулов // Труды ГОСНИТИ. - 2014. - Т. 115. - С. 96-104.
6. Михальченков, А.М. Восстановление деталей двухслойной наплавкой /А.М. Михальченков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1995. - №1 - С. 22-23.
7. Михальченков, А.М. Восстановление стрелчатых лап / А.М.Михальченков, С.А. Феськов, Н.А. Якушенко // Сельский механизатор. - 2014. - № 3 (61). - С. 36-37.
8. Михальченков, А.М. Изнашивание стрелчатых лап посівного комплекса Morris, восстановленных способом термоупрочненных «компенсирующих элементов» / А.М. Михальченков, С.А. Феськов // Тракторы и сельхозмашины. - 2013. - №12. - С. 50-52.
9. Михальченков, А.М. Износы культиваторных лап посевного комплекса «Моррис» / А.М. Михальченков, С.А. Феськов // Достижения науки и техники АПК. - 2013. - № 10. - С 55-58.
10. Михальченков, А.М. Упрочняющее восстановление лап культиваторов /А.М. Михальченков, А.А. Тюрева, А.Н. Малык // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: Сборник научных работ. - 2011. - №1(10). - С. 109-112.
11. Михальченков, А.М. Эффективность импортозамещающих технологий изготовления, восстановления и упрочнения деталей почвообрабатывающих орудий способом компенсирующих термоупрочненных элементов / А.М. Михальченков // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2014. - № 11 (119). - С. 17-22.
12. Пат. 57585 Україна, МПК А01В23/00. Установка для дослідження зносостійкості матеріалів та покриттів / С.М. Герук, М.А. Савченко, К.В. Борак – заявник К.В. Борак. – и 2010 07973; заяв. 25.06.2010; опубл. 10.03.2011, юл. №5 2011 р.
13. Пат. 59681 Україна, МПК G01N3/00 Спосіб дослідження матеріалів та покриттів на зносостійкість / С.М. Герук, М.А. Савченко, К.В. Борак, заявник К.В. Борак. – и 2010 13233, заяв. 08.11.2010, опубл. 25.05.2011, Бюл. №10, 2011 р.
14. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников ГОСТ 9450-76 – [введ. 1977-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 34 с.
15. Приборы для измерения микротвердости ТУ 3-3.1377-83. – М.: Издательство стандартов, 1984.–23с.
16. Пат 123598 Україна, В23К 13/00 Спосіб зміцнення дискових робочих органів борін, плугів та комбінованих ґрунтообробних машин / С.М.Герук В.Г.Руденко, В23Р 6/00 заявник В.Г.Руденко опубл. Бюлетень №4 від 26.02.2018

ТЕХНОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ І ЩОЗМІННЕ ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

А.С. Лімонт, канд. техн. наук, доц.,
Житомирський агротехнічний коледж

О.Б. Плужніков, асист.

Житомирський національний агроекологічний університет

Виготовлення рошенцевої льонотрести – найбільш екологічнобезпечний та найменш енерго- і трудозатратний, а отже економічно доцільніший спосіб обробки льонової соломи при виробництві волокна. Серед операцій, що включає технологічний процес виготовлення рошенцевої льонотрести, першопочатковою є розстилання вибраних і очісаних стебел льонудовгунця в стрічку для наступного їх росяного мочіння. За комбайнового збирання льонудовгунця розстилання соломи на полі здійснює льонозбиральний комбайн (ЛЗК). Сучасні льонозбиральні комбайни агрегують з тракторами класу 0,9 чи 1,4. Льонозбиральні комбайнові агрегати (ЛЗКА) для забезпечення розстилання соломи в стислі агротехнічні строки повинні мати належну продуктивність, яку визначає рівень надійності засобів механізації, що, крім іншого, залежить від виконання передбаченого нормативно-технічною документацією переліку робіт з технічного обслуговування і насамперед щозмінного (ЩТО). Однією з умов виконання передбаченого переліку робіт із ЩТО ЛЗК є дотримання визначеної тривалості цього обслуговування. Деякі з питань тривалості ЩТО ЛЗК та їх технологічної надійності досліджувалися раніше [1, 2, 3]. З'ясовані поняття «технологічна відмова ЛЗК» і причини, що їх зумовлюють чи викликають. Проте у вказаних публікаціях не висвітлено вплив тривалості ЩТО ЛЗК на оцінні показники їх технологічної надійності.

Мета дослідження полягала у підвищенні ефективності використання ЛЗКА шляхом з'ясування зв'язків між тривалістю ЩТО ЛЗК і оцінними показниками технологічної надійності ЛЗК. Завдання дослідження: 1) дослідити вплив тривалості ЩТО ЛЗК на коефіцієнт технологічності надійності ЛЗК; 2) з'ясувати тривалість наробітку на технологічні відмови ЛЗК впродовж зміни роботи ЛЗКА залежно тривалості ЩТО ЛЗК; 3) визначити вплив тривалості ЩТО ЛЗК на число технологічних відмов комбайна за годину змінного часу. Отже, за результативні ознаки в дослідженні прийняті вказані вище показники технологічної надійності ЛЗК, а за факторіальну – тривалість їх ЩТО.

Об'єкт та методика дослідження і обробки експериментальних даних висвітлені раніше [1, 2, 3]. Тривалість наробітку на технологічні відмови ЛЗК впродовж зміни роботи ЛЗКА $T_{\text{нв}}$ коливалася в межах 96–354 хв, а середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення цієї ознаки становили відповідно 220 і 69,1 хв за коефіцієнта варіації 31,4 %. Емпіричний розподіл $T_{\text{нв}}$ характеризувався від'ємною асиметрією з показником мінус 0,084 та додатним ексцесом з показником 1,101. Відношення показників асиметрії і ексцесу до своїх помилок становили відповідно 0,16 і 0,94.

Число технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу коливалася в межах 0–4,49 за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 2,45 і 1,26 та коефіцієнта варіації 51,4 %.

Обсяг статистичних вибірок в дослідженні залежно від його завдання коливався в межах 9–27 агрегато-змін.

На підставі дисперсійного аналізу експериментальних даних і визначених показників кореляційного зв'язку між досліджуваними ознаками, розрахунків t -критерію Стьюдента, різниці квадратів кореляційних відношень і коефіцієнтів кореляції, критерію « z » та R^2 -коефіцієнта [4–7] дійшли висновку щодо прогностичних функцій зміни результативних ознак залежно від факторіальної. Результати розрахунків наведені в таблиці.

Таблиця 1 – Кореляційний зв'язок між показниками технологічної надійності і тривалістю ЩТО ЛЗК та прогностичні функції і рівняння регресії результативних ознак по факторіальній

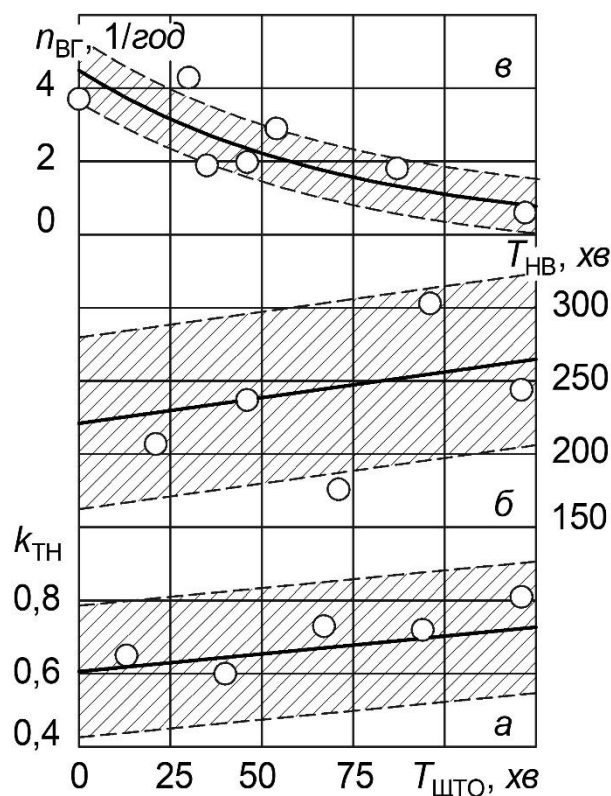
Результативні ознаки (показники технологічної надійності ЛЗК)	Коефіцієнт кореляції (чисельник) кореляційне відношення (знаменник)	Прогностична функція (чисельник) і рівняння регресії (знаменник)	Значення R^2 -коефіцієнта (чисельник) і показник $\lambda_{пв}$ (знаменник)	Помилка рівняння регресії (чисельник) і коефіцієнт детермінації (знаменник)
Коефіцієнт технологічної надійності ЛЗК $k_{тн}$	$\frac{0,274}{0,325}$	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $k_{тн}=0,593+0,00163T_{щто}$	$\frac{0,748}{0,055}$	$\frac{0,183}{0,075}$
Тривалість наробітку на технологічні відмови впродовж зміни роботи ЛЗКА $T_{нв}$, хв	$\frac{0,186}{0,541}$	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $T_{нв}=193,64+0,56T_{щто}$	$\frac{0,219}{0,160}$	$\frac{67,9}{0,035}$
Число технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу роботи ЛЗКА $n_{вг}$, 1/год	$\frac{-0,807}{0,699}$	Спадаюча експонента $n_{вг}=4,48\exp(-0,0141T_{щто})$	$\frac{0,749}{0,340}$	$\frac{0,900}{0,489}$

В цій же таблиці представлені оцінні показники $\lambda_{пв}$ вирівнювання експериментальних значень результативних ознак визначеними прогностичними функціями, помилки рівнянь регресії та значення коефіцієнтів детермінації, що визначають силу впливу факторіальної ознаки на відповідні результативні.

В графічному поданні вплив тривалості виконання ЩТО ЛЗК $T_{щто}$ на зміну коефіцієнта технологічної надійності ЛЗК $k_{тн}$, тривалості наробітку ЛЗКА впродовж зміни їх роботи на технологічні відмови ЛЗК $T_{нв}$ та їх число за годину змінного часу роботи ЛЗКА $n_{вг}$, наведені на рисунку.

На рисунку обабіч відповідних модельних ліній регресії наведені заштриховані зони, що побудовані з урахуванням помилок рівнянь регресії. З рисунка і відповідних рівнянь регресії (таблиця) простежується, що із збільшенням тривалості ЩТО ЛЗК на 10 хв в межах досліджуваної їх зміни, коефіцієнт технологічної надійності ЛЗК і наробіток на технологічні відмови ЛЗК зростають відповідно на 0,016 і майже 6 хв.

Із збільшенням тривалості ЩТО ЛЗК число технологічних відмов комбайна за годину змінного часу зменшується за експоненціальною кривою, сягаючи відповідного асимптотичного значення. Якщо зміну $n_{вг}$ залежно від $T_{щто}$ умовно подати гіперболічною кривою ($R^2=0,207$), то асимптота гіперболи дорівнюватиме 2,2. Інтенсивність зменшення потоку відмов значно уповільнюється, якщо тривалість ЩТО перевищує 50 хв. Раніше [1, 2, 3] було доведено, що за характером підвищення продуктивності ЛЗКА і з урахуванням помилок відповідних рівнянь регресії, прогнозована тривалість ЩТО ЛЗК має бути обмежена 50 хв. Це слід враховувати при визначенні переліку операцій і робіт із ЩТО опрацьованих моделей і зразків льонозбиральних комбайнів.



а) $k_{тн}$ – коефіцієнт технологічної надійності льнозбиральних комбайнів (ЛЗК); б) $T_{нв}$ – наробіток льнозбиральних комбайнових агрегатів (ЛЗКА) впродовж зміни їх роботи на технологічні відмови; в) $n_{вг}$ – число технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу роботи ЛЗКА

Рисунок 1 – Модельні лінії регресії оцінних показників технологічної надійності ЛЗК на тривалість їх щозмінного технічного обслуговування $T_{цтo}$

Список літератури

1. Лімонт А. С. Кореляційно-регресійні моделі продуктивності і щозмінне технічне обслуговування льнозбиральних комбайнів / А. С. Лімонт // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк: РВВ Луцького нац. техн. ун-ту, 2012. – Вип. 23. – С. 56–65.
2. Лімонт А. С. Елементи ремонтпридатності і технологічної надійності льнозбиральних комбайнів / А. С. Лімонт, С. С. Добранський // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомчий наук.-техн. зб. / Центральноукраїнський нац. техн. ун-т. – Кіровоград (Кропивницький): КНТУ, 2017 – Вип. 47. – Ч. 1. – С. 139–158.
3. Лімонт А. С. Умови ефективного використання льнозбиральних комбайнових агрегатів / А. С. Лімонт // Інженерія природокористування: наук. журн. / Харків. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. – 2018. – № 2 (10). – С. 74–86.
4. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении: учеб. пособ. / Е. А. Дмитриев. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1972. – 292 с.
5. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента / Ч. Хикс; пер. с англ. Т. И. Голиковой, Е. Г. Коваленко, Н. Г. Микешиной; под ред. В. В. Налимова. – М.: Мир, 1967. – 407 с.
6. Герасимович А. И. Математическая статистика: учеб. пособ. / А. И. Герасимович, Я. И. Матвеева. – Минск: Вышэйш. шк., 1978. – 200 с.
7. Венецкий И. Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе: справ. / И. Г. Венецкий, В. И. Венецкая. – М.: Статистика, 1979. – 448 с.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

П.В. Каплун, *д-р.техн.наук, доц.*,
В.А. Гончар, *канд.техн.наук, ст. вкл.*,
В.В. Люховець, *зав. лаб.*,
Хмельницький національний університет

Підвищення довговічності та надійності деталей машин є актуальною проблемою для машинобудування та інших галузей промисловості і має велике народногосподарське значення. Ефективним методом вирішення цієї проблеми є модифікація поверхні конструкційних елементів. Серед найбільш ефективних методів підвищення довговічності та надійності деталей машин є модифікація поверхневих шарів за допомогою цілеспрямованих технологічних впливів із застосуванням градієнтних покриттів оптимізованих за критеріями міцності і зносостійкості. Важливим є створення таких технологій нанесення покриттів, які б максимально забезпечили вимоги комплексного врахування факторів, що впливають на підвищення довговічності та надійності деталей з покриттями при експлуатації.

В даний час є велика кількість технологій для нанесення покриттів, кожна з яких має свої переваги та недоліки і забезпечує певні фактори. Тому перспективним є застосування в технологічному процесі інтегральних технологій з використанням кількох одинарних. На сьогодні, для підвищення контактної витривалості найбільш поширеними є технології ХТО – цементації та нітроцементації. Але вони високотемпературні і застосовують водневі середовища насичення, що негативно впливає на характеристики міцності і контактної витривалості. Альтернативою цим технологіям при підвищенні довговічності та надійності деталей машин при експлуатації є застосування технології іонного азотування в безводневих насичуючих середовищах та комплексних технологій з її використанням. Застосування цих технологій скорочує витрати електроенергії до 10 разів, реактивних газів на два порядки та виключає шкідливий вплив водню на пластичні властивості металів. Дані технології дозволяють змінювати фізико-механічні властивості та фазовий склад азотованих шарів в широких межах за рахунок зміни технологічних параметрів дифузійного процесу, а саме: твердість поверхні до 12000 МПа, товщину азотованого шару до 500 мкм, залишкові напруження стиску до 800 МПа, фазовий склад з різним вмістом нітридів $Fe_{2-3}N$, Fe_4N та твердого розчину азоту в залізі. Нітрогартування дозволяє додатково змінювати градієнт твердості по глибині азотованого шару та підвищувати твердість основи.

В Хмельницькому національному університеті проведені експериментальні дослідження довговічності та зносостійкості конструкційних сталей 20, 45, 40Х, ШХ15, Х12М при терті ковзання, кочення з проковзуванням, втому при чистому згині та фретинг-втому зі згином в різних середовищах. Дослідженнями встановлено, що технологія іонного азотування в безводневих середовищах дозволяє в 1,4-1,6 раз підвищити трибологічні характеристики пар тертя ковзання в різних умовах експлуатації. При цьому 30-30 % збільшується корозійна стійкість. Змінюючи режими іонного азотування, на поверхні можна сформувати таку структуру і фазовий склад, які в реальних умовах експлуатації сприятимуть максимально швидкого утворення вторинних структур, забезпечать мінімальний знос і коефіцієнт тертя, підвищать несучу здатність пари тертя. Найбільший вплив на трибологічні характеристики надають режими. Крім того іонне азотування в безводневих середовищах викликає підвищення межі витривалості при багатоциклового навантаженні згином в 1,9-3,6 рази, фретинг-втому на 40%, пластичних характеристик – до 2 разів у порівнянні з іонним в водневих середовищах.

В таблиці 1 наведені результати експериментальних досліджень довговічності та зносостійкості конструкційних сталей 20, 40Х, ШХ15, Х12М при терті кочення з проковзуванням

на універсальній лабораторній установці, що дозволяє проводити порівняльні випробування на тертя ковзання та кочення в різних середовищах. Дослідження проводилися в мастилі І-20 при точковому контакті і максимальному тиску на ділянці контакту 2140 МПа до виникнення на доріжці кочення пітингу. Величина проковзування кульок при коченні складала 0,054.

Таблиця 1 – Результати випробувань на контактну витривалість сталей при терті кочення в мастилі І-20 при максимальному тиску на площадці контакту 2140 МПа

Марка сталі	Вид термообробки та технології нанесення покриття	Мікротвердість Н ₁₀₀ , МПа		Товщина покриття, μm	Довговічність, N · 10 ⁶ циклів при контакті	
		Поверхні	Основи		лк	тк
20	без термообробки	2800	2250	0	0,39	0,55
20	без термообробки + іонне азотування	6410	2250	280	0,60	0,85
40X	без термообробки	3200	2560	0	0,45	0,65
40X	без термообробки + іонне азотування	7620	2560	290	0,7	1,00
40X	гартування	5600	5600	0	16,1	21,75
40X	гартування + іонне азотування	7800	4100	290	18,4	23,80
40X	нітрогартування	7940	6500	310	29,4	44,55
ШХ15	гартування	7210	7210	0	17,3	24,1
ШХ15	гартування + іонне азотування	9180	4970	300	15,7	25,2
ШХ15	нітрогартування	8300	7200	320	27,1	38,7
Х12М	гартування	8560	8520	0	17,7	26,6

З таблиці видно, що застосування іонного азотування в безводневих насичуючих середовищах приводить до підвищення контактної витривалості на 53% в порівнянні з її значенням для сталей без термічної обробки. Сталі після гартування мають контактну витривалість в 20 разів більше в порівнянні з азотованими сталями без термічної обробки, що обумовлено значно вищою твердістю основи. Іонне азотування гартованих сталей проводить до зменшення твердості основи в результаті її високотемпературного відпуску, що обумовлює зменшення ефекту від наявності азотованого шару, який при цьому не перевищує 10%. Найвищу довговічність показали сталі після нітрогартування, яка в 1,8–2 рази перевищує довговічність сталей після гартування. Це зумовлено наявністю азотованого шару з оптимальними властивостями та високої твердості основи.

Висновки. Застосування іонного азотування в безводневих насичуючих середовищах є ефективним способом підвищення контактної витривалості сталей при терті кочення. Дослідженнями встановлено, що контактна витривалість сталей без термічної обробки після іонного азотування підвищується в 1,5 рази і зростає за лінійною залежністю з підвищенням твердості основи.

Довговічність азотованих сталей після гартування на порядок перевищує азотовані сталі без термообробки в зв'язку зі збільшенням твердості основи. Найбільшу довговічність сталей при терті кочення в мастилі отримано після технології нітрогартування, що перевищує в 1,8 – 2 рази її значення для гартованих сталей. Встановлено, що контактна витривалість сталей збільшується зі зменшенням контактного навантаження за нелінійним законом і залежить від виду напружено-деформованого стану на площадці контакту.

**СТРУКТУРА, ЗНОСОТРИВКІСТЬ ТА КОРОЗІЙНА ТРИВКІСТЬ
ПОКРИТТІВ VC-FeCr ТА VC-FeCrCo, ОТРИМАНИХ НАДЗВУКОВИМ
ГАЗОПОЛУМЕНЕВИМ НАПИЛЕННЯМ HVOF**

Х.Р. Задорожна, *м.н.с, асп.,*

Г.Г. Веселівська *н.с., канд. техн. наук,*

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

В.М. Гвоздецький, *с.н.с.канд. техн. наук*

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,

**Центральноукраїнський національний технічний університет*

Важливе місце в розвитку науково-технічного прогресу займає нанесення захисних покриттів газотермічним напиленням. Під час експлуатації машин та механізмів їх деталі, здебільшого, працюють в жорстких умовах контакту з високотемпературними газами, різними агресивними середовищами та абразивними речовинами, які спричиняють інтенсивну корозію та знос поверхні. Внаслідок підвищення швидкодії машин і механізмів, збільшення їх габаритів і продуктивності, умови роботи поверхні деталей стають жорсткішими. У зв'язку з цим необхідно вжити спеціальні заходи, які забезпечать радикальне підвищення корозійної і зносотривкості та інших важливих характеристик поверхні матеріалів [1–3]. Цю задачу можна успішно вирішити, застосовуючи методи газотермічного напилення, як способу поверхневого зміцнення матеріалу [4].

Серед цих методів надзвуківий газополуменевий (HVOF – High Velocity Oxygen Fuel Flame Spraying process) забезпечує надзвичайно високу міцність зчеплення покриттів із металевою основою, достатньо продуктивний та помірно вартісний [4-5]. Установки надзвуківий напилення сконструйовані за класичною схемою роботи рідкопаливних реактивних двигунів, в яких швидкість газового струменя, що виходить із сопла пальника становить понад 2000 m/s. При цьому досягається висока (99 %) щільність напилених покриттів. Нижче запропоновано використовувати порошкові суміші на основі карбіду ванадію замість карбіду вольфраму. Карбід ванадію має високу мікротвердість та малу питому вагу, тому очікуємо суттєвого здешевлення порошкових сумішей на його основі.

Покриття напиляли з використанням установок для високошвидкісного напилення покриттів Diamond Jet Hybrid gun (паливо пропан–кисень) та JP5000 gun (гас–кисень) [5] . Для порівняння використали метод плазмового напилення покриттів у динамічному вакуумі (ПНПДВ), як такий, що забезпечує найвищу якість покриттів. Тиск у камері згоряння становив до 1,0 МПа, швидкість частинок – до 650 m/s для порошку 83WC-17Co. Витрата порошку – 10 kg/h. Попередня обробка – дробоструминна обробка + очистка в ультразвуковій ванні (етиловий спирт).

Покриття товщиною 100 μm напиляли на зразки-диски, вирізані із прутка алюмінієвого сплаву Д16 діаметром 50 mm, товщиною 10 mm. Порошки для напилення виготовляли методом механічного легування із використанням планетарного млина. Вихідними компонентами для цього брали порошки карбіду ванадію, ферохрому та сплаву кобальту із нікелем.

Абразивне зношування за тертя не жорстко закріпленими абразивними частинками виконували згідно з ГОСТ 23.208-79 [6] . Кварцовий пісок просували (його вологість не перевищувала 0,16 %), а гумовий диск заправляли шліфувальною шкіркою типу 2 (ГОСТ 6456-75) зернистістю № 8П (ГОСТ 3647-71), закріпленою на зразку-держаку у вигляді плоскої сталеві пластини. У зону контакту гумового круга і зразка за допомогою дозувального пристрою постійно подавали абразив. Режим тертя: навантаження $P = 2,4 \text{ Н}$, швидкість обертання диска – 25 m/min, абразив – фракціонований (розмір частинок

200...1000 μm) та просушений кварцевий пісок. Час випробування 30 min. Розміри зразків 30×30 (або 50) $\times h$, mm, діаметр гумового диска, 48–50 mm, ширина гумового диска, $15 \pm 0,1$ mm.

Для порівняльних досліджень використовували абразивний диск із електрокорунду середньом'якої твердості СМ-2 на керамічній зв'язці 7K15 діаметром 150 mm та шириною 8 mm (3, б). Зернистість електрокорунду – 250...315 μm (25А, 25Н), лінійна швидкість тертя – 100 m/min, навантаження у зоні лінійного контакту – 1,5 kg. Знос оцінювали за втратою маси зразків з точністю до $2 \cdot 10^{-4}$ g електронній аналітичній вазі марки KERN ABJ 220 4M. Час випробування 30 min.

Корозійно-електрохімічні властивості покриттів оцінено в 3%-му розчині NaCl за температури $20 \pm 0,2$ °C. Характеристики корозійних процесів досліджували у потенціодинамічному режимі з використанням вольтамперометричної системи СВА-1Б-М. Швидкість зміни потенціалу 2 mV/s. Вимірювали за триелектродною схемою: робочий електрод – покриття на сплаві Д16, електрод порівняння – хлоридсрібний типу ЭВЛ-1М1, допоміжний – платиновий. Поляризаційні криві використовували для визначення швидкості корозії та отримання інформації про характер корозійного процесу. Швидкість корозії визначали екстраполяцією лінійних ділянок поляризаційних кривих на потенціал корозії [7].

Для електрохімічних досліджень робочу частину поверхні зразка виокремлювали циліндричними комітками площею 2 cm^2 .

Структури покриттів, отриманих методами Diamond Jet Hybrid gun та JP5000 gun, практично не відрізняються між собою. Покриття мають ламелярну будову, де ламелі це закристалізовані слабо деформовані краплини порошкової суміші. Це свідчить, що краплини, які розділені між собою ледь помітними прошарками оксидів у момент удару об напилювану поверхню були у розплавленому стані лише з поверхні. Здебільшого між краплинами відбулось сплавлення і між ними немає оксидних прошарків. Поруватість покриття не перевищує 2%.

Додавання порошку CoNi у склад порошкової суміші призводить до появи у покритті крупніших карбідів ванадію, які мають переважно неправильну форму. Крім цього, у структурі покриття зустрічаються ламелі сплаву CoNi (ламелі світлого кольору). Поруватість дещо зменшується і становить 1...1,5%.

Покриття, отримані методом плазмового напилення у динамічному вакуумі, також мають ламелярну будову. Однак на відміну від HVOF покриттів більшість краплин практично сплавлені між собою, а ламелі сильно zdeформовані, що свідчить про те, що краплини в момент удару об напилювану поверхню були повністю у розплавленому стані. Карбіди ванадію надзвичайно малі – менше 500 нм. Поруватість такого покриття суттєво зменшується та не перевищує 0,5%.

Зносостійкість за умов випробування жорстко закріпленим абразивом. Покриття напилені методами HVOF, а також ПНПДВ мають високу зносотривкість порівняно з еталонами зі сталі 20 та сталі ШХ15, загартованої на 60 HRC. Несуттєво вищу зносостійкість мають покриття отримані методом Diamond Jet Hybrid gun порівняно із JP5000 gun та ПНПДВ. Додавання порошку CoNi у порошкову суміш знижує зносостійкість покриттів.

Зносостійкість за умов випробування не жорстко закріпленим абразивом. У цьому випадку зносостійкість покриттів у 3 – 5 разів вища, ніж в еталона зі сталі ШХ15.

Додавання порошку CoNi у порошкову суміш суттєво підвищує зносотривкість покриттів для Diamond Jet Hybrid gun та JP5000 gun систем напилення, очевидно внаслідок збільшення розмірів карбідних включень. Звідси робимо висновок, що зі збільшенням розміру карбідів ванадію від 0,5 до 10 мкм зносостійкість зростає на 50...100%.

Встановлено, що найвищу корозійну тривкість газотермічних покривів однакового хімічного складу визначає метод напилення, який забезпечує найменшу поруватість покриву. Виявлено, що додаток кобальту у покрив VC-FeCrCo несуттєво підвищує корозійну стійкість покриву внаслідок зменшення його поруватості. Довготривала експозиція в 3%-му розчині

NaCl покривів із поруватістю більше 0,5 % призводить до проникнення корозивного середовища до меж розділу покрив–підкладка, що може спричинити відшарування покриву.

Список літератури

1. Трибологічні властивості комбінованих метало-оксидних шарів на легких сплавах / М.М. Студент, В.М. Довгунік, М.Д. Клапків, В.М. Посувайло, В.В. Шмирко, А.Р. Киця // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2012. – 48.– №2. – С.55–65.
2. Оптимізація вмісту хрому в порошкових дротах системи Fe–Cr–C, Fe–Cr–V за корозійною тривкістю електродугових покриттів // Т. Р. Ступницький, М.М. Студент, Г.В. Похмурська, В.М. Гвоздецький // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2016. – 52.– №2. – С.23–29.
3. Iron-based coatings arc-sprayed with cored wires for applications at elevated temperatures / B. Wielage, H. Pokhmurska, M. Student, V. Gvozdeckii, T. Styupnyckij, V. Pokhmurskii // Surface & Coatings Technology, 2013. P. 27-35.
4. Студент М. М., Похмурська Г. В., Задорожна Х. Р. Структура та зносотривкість покривів / VC-FeCr та VC-FeCrCo, отриманих надзвуковим газополуменевим напиленням HVOF // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2018. – 54.– №1. – С.31–38.
5. Похмурська Г.В., Студент М.М., Похмурський В.І. Газотермічні покриття: Навч. пос. – Львів, “Простір-М” 2017. – 180 с.
6. Хрушов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание.- М.: Наука. 1970.-272с.
7. Лабораторные работы по коррозии и защиты металлов / Н.Д.Томашов, Н.П.Жук, В.А.Титов, Веденева М.А. – Изд-во “Металлургия”, 1971. – 280 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЦАПФ КАРТЕРА ЗАДНЬОГО
МОСТА АВТОМОБІЛЯ КАМАЗ – 6460 БАГАТОШАРОВИМ
ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ**

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

І.Ф. Василенко, канд. техн. наук, доц.,

Б. І. Кудінов, магістрант,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Цапфи картера заднього моста автомобіля КамАЗ – 6460 піддаються в процесі експлуатації дії негативних чинників: високі швидкості, високі статичні і динамічні навантаження, вібрації, абразивний і корозійний знос, перепади температур від – 50 до + 50 °С. Все це поєднується з гранично високими вимогами до надійності роботи. При цьому сама конструкція опори має підвищену чутливість до ударних і вібраційних навантажень [1].

Деталь виготовлено з легованих покращуваних сталей, які піддають термічній обробці (гарт і високий відпуск). Структура сорбіту відпуску, що отримується після поліпшення, найбільш сприятлива з погляду прийняття динамічних навантажень, але не забезпечує достатню зносостійкість робочих поверхонь деталей через низьку твердість, а у разі тільки поверхневого зміцнення відбувається зниження ударної в'язкості і здатності сприймати динамічні навантаження без руйнування. Тому актуальною з розробка технологічного методу відновлення деталі, що передбачає компенсацію втрачених в процесі експлуатації поверхневих шарів основного конструкційного матеріалу (відновлення номінальних креслярських розмірів і експлуатаційних властивостей) шляхом нанесення на зношені ділянки нових мас (шарів) матеріалу тієї ж або іншої марки.

У різних галузях народного господарства, у тому числі і при ремонті засобів транспорту, застосовується велика кількість методів і способів відновлення деталей [2, 3]. Аналіз даних [4] дозволяє зробити висновок, що найбільш часто вживаними методами є: – наплавлення - 34,4%, газотермічне напилення - 26,1%; електрохімічні покриття - 20,4%, іншими методи 19,1%.

При відновленні валів різними видами дугового наплавлення без подальшої термічної обробки втомна міцність знижується на 20-40% і більш. Причиною зниження втомної міцності є структурна неоднорідність наплавленого металу, утворення розтягуючої залишкової напруги. Використання термічної обробки (відпуску і подальшого гарту) приводить до підвищення втомної міцності валів. Проте трудомісткі операції термічної обробки мало ефективні за наявності в наплавленому металі дефектів у вигляді пір, раковин і мікротріщин, а також значних розмірів деталі. Ще одним істотним недоліком є викривлення валів в процесі наплавлення [3].

Вібродугове наплавлення різними способами знижує викривлення валу, але не забезпечує відновленим валам необхідних запасів втомної міцності [4].

Технології відновлення валів методом напилення вільні від зварювальної напруги і деформацій. Проте застосування цієї технології обмежується ремонтом деталей із зносом переважний від 0,4 до 0,6 мм, а також пористістю і невисокою міцністю зчеплення металів [3-4].

Електролітичні покриття хрому, заліза і сплавів відрізняються високою твердістю і зносостійкістю, проте межа витривалості валів на 20-50% нижча, ніж у нових, що пояснюється наявністю мікротріщин в покритті. Також проблемою є технологічне забезпечення процесу [4].

Однією з перспективних технологій відновлення циліндрових поверхонь є метод електроконтактного наварювання дротом (ЕКН). В порівнянні з дуговими способами

наплавлення електроконтактне наварювання характеризується меншою глибиною термічного впливу (не більше 1-2 мм) і, як наслідок, незначними зварювальними деформаціями відновленої деталі. Необхідна твердість поверхні залежить від вмісту вуглецю в присадному дроті і забезпечується в процесі наварювання. Великий внесок до розвитку електроконтактного наварювання внесли Е.С. Каракозов, Ю.В. Клименко, Р.А. Латипов, А.В. Поляченко, В.А. Дубровський, В.В. Нафіков, М.З. Фархшатов М.Н. та ін.

Разом з тим рядом авторів зазначають, що при нанесенні багат шарових покриттів наявні дефекти суцільності в навареному шарі. Дефекти можуть виникати в перегрітих об'ємах металу осаджуваного дроту, які видавлюються з-під електроду з боку раніше навареного валика і охолоджуються в умовах відсутності проковування. Причиною перегріву об'ємів металу є підвищена щільність струму в цих зонах поперечного перетину осаджуваного дроту [5,6].

Для характеристики теплового стану процесу та прогнозування механічних характеристик навареного шару розроблено математичну модель електротеплових процесів при ЕКН

Згідно літературного огляду знеміцненню піддаються об'єми металу, розташовані між ізотермами 673 і 1100 К. Звідси слідує, що ізотерма 673 К обмежує зону термічного впливу і визначає її максимальну глибину, а ізотерма 1100 К охоплює зону гарту. Звідси глибина зони гарту від дії одиничного імпульсу струму визначається відстанню від центру контактної майданчика до точки перетину ізотерми 1100 К з віссю z еліпсоїда.

$$\frac{x^2}{a^2 + \mu} + \frac{y^2}{\beta^2 + \mu} + \frac{z^2}{\mu} = 1$$

Ширина зон відпуску на поверхні напів нескінченного тіла визначається відстанню між ізотермами 673 і 1100 К. Для визначення залежностей характеристик поверхневої твердості при ЕКН за допомогою інтерполяції Лагранжа отримано аналітичні залежності, що дозволяють описати температурне поле.

Проведені розрахунки дозволили отримати залежності глибини зони гарту від тривалості імпульсу струму різної сили струму при ЕКН, залежність кількості термічних циклів знеміцнення при ЕКН від швидкості наварювання, коефіцієнта поверхневої тепловіддачі, що характеризує витрату води, що охолоджує, від тривалості пауз. А також залежність максимального зниження твердості в процесі ЕКН від тривалості зварювального імпульсу при різній кількості термічних циклів відпуску та залежність частки сумарної площі знеміцнення зон в загальній площі шару навареного металу від коефіцієнта перекриття валиків при різній тривалості імпульсу

Для усунення ефекту витиснення металу осаджуваного дроту з-під електроду при багат шаровому наплавленні розроблена геометрична та математична модель розрахункової області при осіданні дроту 70% з визначенням оптимальної ширину електроду, що забезпечує проковку витисненого металу.

Для підвищення втомної міцності, завдяки аналізу розрахованих ізотерм, запропоновано застосувати послідовну електроконтактну стрічкову нормалізацію зони галтелей.

На основі даних проведених досліджень були складені рекомендації по вибору режимів, що забезпечують оптимальні характеристики отриманих покриттів.

Для експериментальної перевірки отриманих аналітичних результатів отримані зразки для випробувань на твердість, когезію, адгезію і зносостійкість покриття та втомну міцність наварених імітаційних валів.

Попередні експерименти показали, що для присадного дроту діаметром 1,6 - 1,8 мм розбризкування відсутнє при зусиллі стиснення, рівному 1,5 кН і вище. Звідси, зусилля стиснення електродів слід приймати рівним 1,5 кН.

Розрахункова ширина робочої поверхні електроду знаходиться в діапазоні значень до 8,5 мм.

Застосування ролику з розрахованими параметрами дозволило підвищити міцність на

розрив зразків на 20%

Найбільш значущими чинниками впливу на глибину зони гарту є сила і тривалість імпульсу струму. Значення струму наварювання I і тривалість імпульсу струму t_i приймалася відповідною максимально допустимому ступеню осідання дроту під центром електроду 70,9 % : $I = 13,2$ кА, $t_i = 0,08$ с. Твердість коливається в межах від 47 до 63 HRC.

Проведені експериментальні дослідження на машині вигину і кручення марки У20, за умовами, описаними в ГОСТ 2860-65. Випробування заготовок проводилося вантаженням по симетричній схемі вигину двох заготовок з постійним обертанням. Так як умови дослідження не дозволяють відтворити реальні параметри експлуатації цапфи картера заднього моста, проводились порівняльні дослідження зразків діаметром 20 мм з навареним покриттям. Встановлено що зразки, галтелі яких піддавались електроконтактній стрічковій нормалізації мають межу втомної міцності, що на 15-17 % перевищує зразок без обробки.

Відновлення цапф картера заднього моста проводили на установці для електроконтактного наварювання 011-1-02Н-Ремдеталь, котра була модернізована під параметри деталі. Відновлення опорних шийок здійснювалось з застосуванням дроту 40Х, а відновлення різьби - з застосуванням дроту Св - 08. Після механічної обробки деталі встановлено на автомобілі для подальших експлуатаційних випробувань.

Список літератури

1. Руководство по текущему и среднему ремонту автомобилей КАМАЗ-4310 (43101) и их модификаций. Набережные Челны.: «ГКИ», 2003, 272 с.
2. Черноиванов В. И. Организация и технология восстановления деталей машин / Черноиванов В. И. – М. : Агропромиздат, 1989. – 334 с.
3. Восстановление деталей машин : [справочник] / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с
4. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей / Воловик Е. Л. – М. : Колос, 1981. – 351 с.
5. Булычев В.В., Зыбин И.Н., Зезюля В.В. Восстановление циклически нагруженных валов с применением процесса электроконтактной наварки проволокой // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: Материалы 7 - й международной практической конференции - выставки. Санкт - Петербург. 2005. С. 24 - 28.
6. Булычев В.В., Латыпов Р.А. К вопросу о формировании соединения при электроконтактной приварке // Международный технико-экономический журнал. 2010. №5. С.59-65.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІКРОТВЕРДОСТІ ТА ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ДИФУЗІЙНИХ ШАРІВ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВАКУУМНОГО АЗОТУВАННЯ

А. В. Рутковский, *с.н.с., канд. техн. наук,*
Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренко НАН України,
С.І. Маркович, *канд. техн. наук, доц.,*
С.С. Михайлюта, *асп.*
Центральноукраїнський національний технічний університет

Зростання експлуатаційних параметрів двигунів внутрішнього згорання викликає неухильне підвищення робочої температури конструктивних елементів двигуна, особливо деталей циліндро-поршнєвої групи [1]. Застосування для виготовлення поршнів алюмінієвих сплавів обумовлено їх високою питомою міцністю і малою питомою вагою, проте великим недоліком цих матеріалів є низька теплостійкість [2].

Перспективним для поверхневого зміцнення деталей автотракторних двигунів внутрішнього згорання вважається метод іонного азотування (іонно-плазмового азотування). Його сутність полягає у тому, що у розрідженому газовому середовищі, яке містить азот, між катодом (деталлю) та анодом (стінками вакуумної камери) збуджується тліючий розряд. При цьому позитивні іони газу з високою енергією, бомбардуючи поверхню катоду, нагрівають її до температури насичення та дифундують в цю поверхню, формуючи твердий розчин азоту в металі, а при досягненні межі розчинності - нітридні фази. Температура азотування 470-580°C, тиск $(1,33-13)10^2$ Па, робоча напруга коливається від 400 до 1000 В [3,4].

Одним з основних критеріїв впливу технологічного процесу вакуумного азотування у пульсуючому пучку плазми на зразки з алюмінієвого сплаву є зміна мікротвердості системи «основа-покриття» у порівнянні з початковою.

Дослідження проводилися згідно ГОСТ 9450-76 за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3, кут між протилежними гранями алмазної пірамідки становив 136° при навантаженні 100 г. При виборі навантаження виходили з імовірної глибини відбитку. Мінімальна товщина шару покриття повинна перевищувати глибину відбитку.

Для дослідження мікротвердості використовували плоскі зразки з алюмінієвого сплаву АЛ21, які підлягали обробці згідно матриці планування експерименту.

Результати експериментальних досліджень представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Мікротвердість зміцненого поверхневого шару, МПа.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Мікротвердість, МПа	15680	12680	13220	13560	11860	17920	10490	10950	11920	9090	12860	10720	12370	15820	10280	9160

Іонна обробка визначає якість зміцненого поверхневого шару й забезпечує необхідний рівень її очистки та термоактивації. Необхідно відзначити, що в даному випадку при обробці основи утворюється поверхнева бездефектна структура зі зміненими властивостями на зразку.

Має місце дифузія азоту, що впливає на фазовий склад, і в остаточному підсумку на мікротвердість поверхні. Крім того, у вакуумній камері установки присутня невелика

кількість кисню, так званий «залишковий вакуум». Поверхня зразка знаходиться в активованому стані в процесі бомбардування, то природно, вона буде трохи окислятися завдяки наявності в камері кисню, що у свою чергу також впливає на властивості покриттів (рисунок 1).

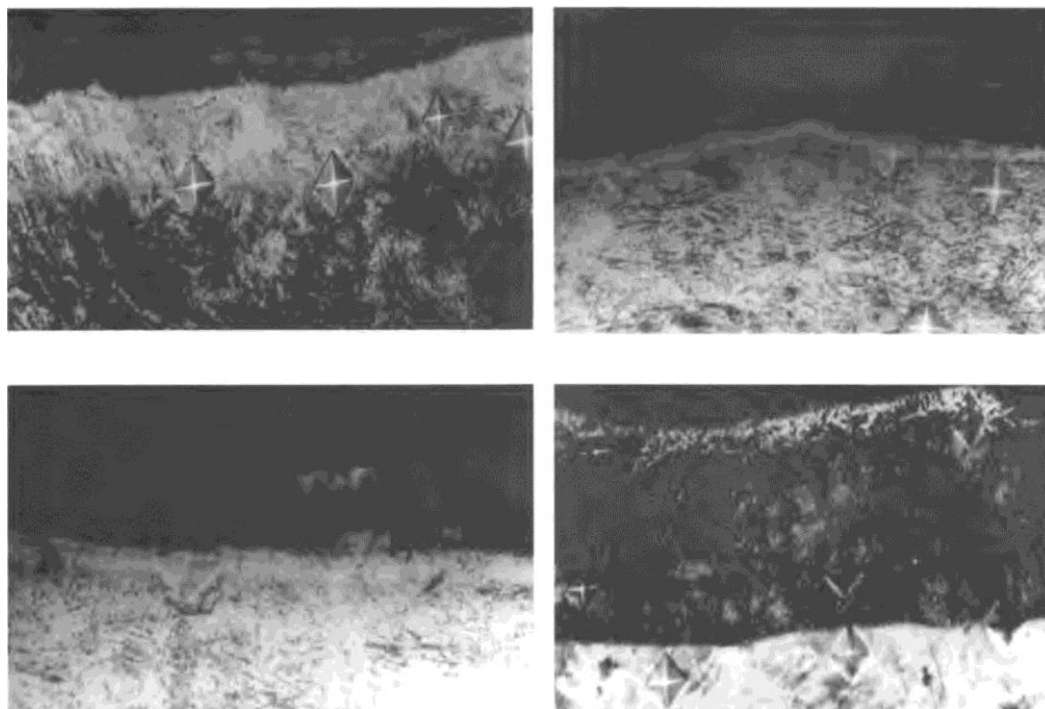


Рисунок 1 – Мікроструктури поперечного шліфа зразка, х 500

На рисунку 2 показані профілі мікротвердості азотованих зразків, що виготовлені із алюмінієвого сплаву. У азотованих зразків спостерігається зростання мікротвердості до $h_n = 20$ мкм, де крива досягає максимуму. При подальшому, збільшенні h_n мікротвердість зразків знижується до твердості основи.

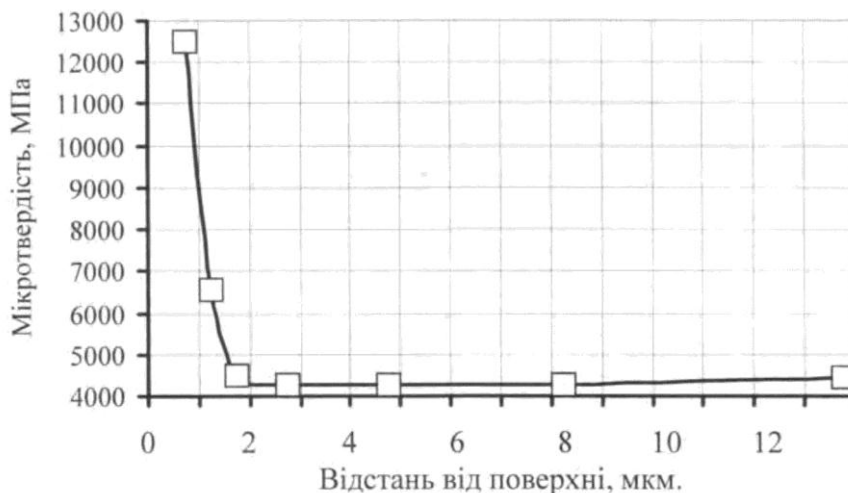


Рисунок 2 – Розподіл мікротвердості по глибині азотованого шару зразків

Таким чином, завдяки спеціальній підготовці поверхні та послідуочій азотації спостерігається підвищення мікротвердості поверхневого шару, властивості покриттів мають високі значення тому, що в їх утворенні беруть участь частинки (іони, збуджені атоми та іони) із високою енергією. Разом із тим формування зміцненого шару на початковій стадії в значній мірі визначає властивості та структуру поверхні в цілому. При подальшій іонній азотації стимулюються дифузійні процеси як за рахунок температури, так і в наслідок імпульсу енергії іонної компоненти.

Дослідження мікроструктури показали, що із збільшенням температури азотування збільшується і товщина нітридного шару. Оптимальне значення температури при якому досягається максимальна твердість складає 480 °С. Також встановлено, що твердість азотованого шару на гострих кромках вища в порівнянні з її значенням на поверхні без гострих кромки. Це пояснюється більш високою щільністю струму на гострих кромках азотованої поверхні, що сприяє активації дифузійних процесів і підвищення фізико-механічних властивостей. Істотний вплив на мікротвердість поверхні азотованого шару здійснює тиск та склад реакційного газу. Виявлено, що найбільші значення мікротвердості спостерігаються при тиску 50 МПа та складу газу 85%Ni₂ + 15% Ar.

Якість поверхневого шару поршнів автотракторних двигунів визначається шорсткістю поверхні, фізичним станом поверхневого шару конструкційного матеріалу та його напруженістю. Мікрогеометрія поверхні поршнів, їх рельєф, поряд із фізико-механічними властивостями поверхневого шару, є одним з істотних факторів, що визначають експлуатаційні властивості та працездатність двигунів внутрішнього згорання, їх ресурс та надійність. Крім того, шорсткість поверхневого шару впливає на характеристики міцності, якими є ізотермічна та термоциклічна повзучість.

Отримані покриття досліджувались на зміну шорсткості поверхні в залежності від технологічних режимів осадження покриттів за допомогою профілографа-профілометра 201 ТО.

В результаті аналізу впливу основних технологічних параметрів на формування теплозахисних дифузійних іонноазотованих шарів встановлено, що зміна режимів у процесі їх формування значного впливу на шорсткість поверхні не завдає (таблиця 2). Різницю в значеннях шорсткості поверхні можна пояснити наявністю похибки при проведенні досліджень (зразок 0 без зміцнення).

Таблиця 2 - Шорсткість поверхні азотованих поверхонь

№	0 б.з.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Шорсткість Ra, мкм	0,48	0,45	0,49	0,50	0,46	0,52	0,47	0,51	0,59	0,52	0,55	0,50	0,55	0,53	0,48	0,47	0,46

Список літератури

1. Гречихин Л.И. Двигатели внутреннего сгорания: физические основы технической диагностики и оптимального управления [Текст] / Л. И. Гречихин. – Минск : Наука і техніка, 1995. – 270 с.
2. Шароглазов Б.А., Сербин В.М. Тепловое и напряженное состояние поршня дизеля с переменной степенью сжатия. // Двигателестроение. - 1989, - № 10. -С.7-9.
3. Ляшенко Б.А. О достоинствах технологии вакуумного азотирования [Текст] / Б.А. Ляшенко, А.В. Рутковский // Оборудование и инструмент. – 2005. – №12. – С. 45-47.
4. Ляшенко Б.А.. Розробка технологічного процесу вакуумного азотування поршнів двигунів в пульсуючому пучку плазми [Текст] / Ляшенко Б.А., С.І. Маркович, Михайлюта С.С. // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 47, ч. 1. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 158-166.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВАЛ» СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА ЭЛЕКТРОДУГОВЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Е.К.Соловых, *д-р. техн. наук, проф.*,
С.А.Магопец, *канд. техн. наук, доц.*,
С.Е.Катеринич, *канд. техн. наук, доц.*,
А.Е.Соловых, *канд. техн. наук, доц.*,
О.О.Рачкован, *магистрант*

Центральноукраинский национальный технический университет

Недостаточность научно-обоснованных рекомендаций по восстановлению деталей типа «вал» средств транспорта (СТ) износостойкими электродуговыми покрытиями (ЭДН-покрытиями) и определенные расхождения в их трактовке вызывают необходимость исследования и разработки технологии восстановления и упрочнения наружных цилиндрических поверхностей деталей, а также выработки практических рекомендаций по ее использованию в условиях ремонтных предприятий.

Целесообразность разработки такой технологии обоснована тем, что более 40% дефектов деталей автотранспортной техники приходится на сопрягаемые наружные цилиндрические поверхности. Основной задачей, решаемой при этом, является обеспечение необходимых эксплуатационных свойств восстановленных поверхностей (твердости, износостойкости и др.), повышение надежности, долговечности и срока их службы.

При восстановлении валов СТ ЭДН-покрытиями целесообразно использовать подход, который состоит из следующих этапов: 1) определение условий работы валов в узле и основных эксплуатационных свойств их рабочих поверхностей; 2) выбор материалов для покрытий; 3) определение типа аппаратуры и режимов ее работы, обеспечивающих получение требуемых свойств восстанавливаемых поверхностей; 4) проведение комплекса исследований основных свойств восстановленных поверхностей валов; 5) восстановление партии деталей и их испытания.

Восстанавливая деталь, мы возобновляем ее функциональные свойства (работоспособность) и ресурсные свойства, по крайней мере до требований нормативно-технической документации.

Восстановление представляет собой систему, в рамках которой выполняются следующие процессы: мойка и очистка деталей, оценка состояния деталей (дефектация), проектирование технологического процесса (ТП) восстановления, непосредственное восстановление деталей. Цель очистки - удаление грязи, масляных и смолистых отложений. Способ очистки зависит от вида загрязнений, конструкции и материала детали, объема производства и др. факторов. Предварительный нагрев необходим для удаления водяного конденсата с восстанавливаемой поверхности детали. Температура предварительного нагрева находится в пределах 90... 150 °С. В качестве источника нагрева используется струя продуктов сгорания рабочих газов без подачи напыляемого материала. Предварительная механическая обработка восстанавливаемых поверхностей осуществляется с целью обеспечения требуемой толщины наносимого металла и для устранения дефектов, образовавшихся в результате эксплуатации. (табл.1).

Таблица 1 – Минимальная толщина покрытий на валах разных диаметров.

Диаметр детали, мм	Минимальная толщина покрытия, мм
≤ 25	0,25
св. 25 до 50	0,40
св. 50 до 75	0,50
св. 75 до 100	0,65
св. 100 до 125	0,75
св. 125 до 150	0,90
Св. 150	1,00

Предварительная обработка восстанавливаемой поверхности является важным фактором для обеспечения прочного сцепления напыленного покрытия с деталью. Существуют различные способы подготовки поверхности перед напылением: механический, химический, электроискровой, дробеструйный, напыление тонкого подслоя. Дробеструйная подготовка применяется для пар трения и подготовки деталей перед нанесением износостойких и антикоррозионных покрытий. Условие получения прочного сцепления покрытия с деталью - формирование необходимой шероховатости восстанавливаемой поверхности. Обработка дробью перед напылением осуществляется с помощью дробеструйного пистолета в специальной камере дробеструйного аппарата. (рис. 1,а). Для дробеструйной обработки используется дробь из отбеленного чугуна, и стали диаметром от 0,4...2,0 мм. Стальная дробь обладает высокой стойкостью, расход ее меньше, чем чугунной. При нанесении износостойких покрытий необходимо обеспечивать максимальную шероховатость поверхности, для достижения которой рекомендуется скорость движения дроби 60..70 м/с при следующих режимах дробеструйной обработки: давление сжатого воздуха $P_{сж.в} = 0,5...0,6$ МПа; угол атаки, $\alpha_a = 30...90^0$; дистанция обработки (расстояние между соплом и восстанавливаемой поверхностью) $L_o = 80...150$ мм. Поверхностный слой после дробеструйной обработки упрочняется на глубину 0,2...0,4 мм. При этом происходит благоприятное распределение напряжений по сечению детали, что увеличивает прочность сцепления (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние способа подготовки восстанавливаемой поверхности на прочность сцепления ЭДН-покрытий и эффективный коэффициент концентрации напряжений.

Способ подготовки восстанавливаемой поверхности	Прочность сцепления с основой, МПа	Эффективный коэффициент концентрации напряжений
Обработка дробью	25	0,78
Обдувка песком	20	0,91
Нарезание резьбы	23	1,3
Нанесение насечек	22	1,29
Электроискровая об-ка	23	1,08

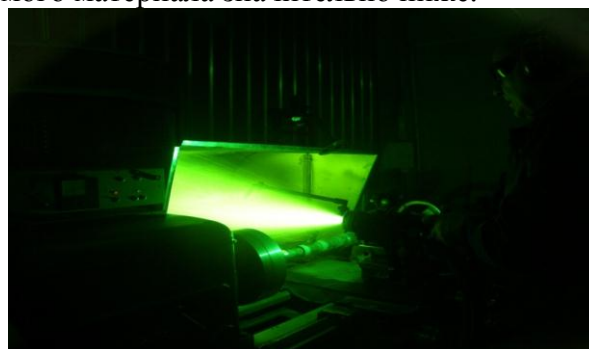
Качество подготовки восстанавливаемой поверхности дробеструйной обработкой определяется степенью шероховатости, которая зависит от твердости обрабатываемой поверхности, характеристик дроби (материал, твердость, размер), давления сжатого воздуха, дистанции обработки, диаметра сопла и угла атаки струи дроби к очищаемой поверхности. Промежуток времени между подготовкой поверхности и напылением должен быть по возможности минимальным (не превышать 3-х часов). т.к. шероховатая активная поверхность легко окисляется. Для предотвращения налипания напыляемого металла на участки деталей, не подлежащие восстановлению или близко прилегающие к месту напыления, их покрывают тонким слоем защитной пасты следующего состава (масс. %): графит – 10, мел - 20, мыло – 70. Указанная смесь разбавляется водой в соотношении 3:1 и наносится на защищаемую поверхность. После высыхания пасты производится напыление

покрытия. Указанная паста легко удаляется металлической щеткой после напыления. Перед нанесением покрытий, материал которых отличается от материала детали коэффициентом термического расширения, необходимо наносить подслои, с целью обеспечивая плавного перехода свойств восстановленной поверхности от покрытия к основе. В качестве материала подслоя используется нихром или молибден, а его толщина не должна превышать 0,05-0,15 мм.

Схема нанесения покрытия состоит из следующих основных этапов: подачи металла (сырья) к месту плавления; нагревания металла до расплавления; диспергирования металла; придания металлическим частицам значительной скорости; удара ускоренных частичек об поверхность детали, их деформация и закрепление; охлаждения частиц (рис. 1,б). Распыление материала покрытия и его нанесение на восстанавливаемую поверхность при ЭДН может осуществляться сжатым воздухом (расход 40-60 м³/час) или защитными газами, при использовании которых окисление напыляемого материала значительно ниже.



а



б

Рисунок 1 – Нанесение ЭДН-покрытий: (а) струйно-абразивная обработка; (б) ЭДН

Струя сжатого воздуха (газа) истекает из центрального канала головки аппарата для ЭДН, распыляет расплавленный металл порошков или проволоку и транспортирует его в виде потока частиц к восстанавливаемой поверхности. Размер частиц зависит от давления распыляющего газа, скорости подачи напыляемого материала и формы сопла. Напряжение на дуге устанавливается в зависимости от материала покрытия. Рабочий ток дуги устанавливается в зависимости от скорости подачи например, проволоки. Угол напыления должен быть равен 90°, при отклонении от него возрастает пористость покрытия, уменьшается коэффициент использования материала и прочность сцепления с основой. Наряду с рабочими параметрами применяемой аппаратуры на процесс восстановления ЭДН влияют расстояние между соплом аппарата и восстанавливаемой поверхностью, температура детали и покрытия, скорость перемещения аппарата. Оптимальный режим напыления приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Оптимальные параметры ЭДН стальных покрытий.

Параметр режима напыления	Значение параметра
Рабочее напряжение дуги, В	35-40
Давление сжатого воздуха, МПа	0,45...0,6
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	1,0
Давление пропана, Мпа	0,35
Расход пропана, м ³ /мин	0,025...0,04
Дистанция напыления, мм	180-220
Скорость подачи проволоки, м/мин	2,5
Скорость вращения детали, об/мин	15-20
Продольная подача аппарата, мм/об	110

Для реализации процесса ЭДН целесообразно использовать современное оборудование (рис. 2), включающее аппарат для напыления ЭДН-10 в виде распылительной головки, источник питания электрической дуги, пульт управления, газовый блок, комплект шлангов и жгутов. Распылительная головка служит для формирования струи расплавленного металла и состоит из камеры сгорания, направляющего и токоподводящего узла. Сжатый воздух и горючий газ подаются в камеру сгорания. Камера сгорания предназначена для получения высокоскоростной струи газов и продуктов сгорания. Смешивание горючего газа с воздухом происходит в смесительном устройстве. Поджог смеси, осуществляется посредством высоковольтного разряда, происходящего между электродами свечи зажигания. Охлаждение камеры сгорания воздушное. Питание установки осуществляется от трёхфазной сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Аппарат источника постоянного тока ВДУ-506 (с «жесткой» вольтамперной характеристикой) располагают на расстоянии 3...4 м от электродугового аппарата ЭДН-10. ВДУ-506 комплектуется соединительными кабелями, коммутирующей коробкой и пультом управления. Блок управления ЭДН-10 предназначен для регулировки скорости подачи проволоки и поджига смеси воздуха с горючим газом.. К вспомогательному оборудованию для нанесения ЭДН-покрытий относятся: кассеты с электродной проволокой и устройство для их установки; сеть сжатого воздуха, сжатый воздух, блок подачи сжатого воздуха; баллон пропана (рис. 2). Газовый блок присоединяют к аппарату для ЭДН и к пульту управления. Установка ЭДН-10 позволяет наносить износостойкие и другие виды покрытий при восстановлении изношенных поверхностей валов СТ; посадочных мест под подшипники на валах и др. (рис.1,б, 2,б).



а



б

Рисунок 2 – Оборудование для напыления (а) и восстановленный вал (б)

Требуемый окончательный размер восстановленной поверхности с покрытием формируется после финишной обработки, как правило, шлифования (скорость шлифования 35...48 м/с, подача 0,06...0,08 мм/об, глубина резания < 0,1 мм, круги из карбида кремния или электрокорунда зернистостью 150...200 мкм). Припуск определяется в зависимости от толщины покрытия (табл. 4). Шероховатость поверхности после шлифования не больше Ra 0,63.

Таблица 4 – Припуск на механическую обработку при шлифовании покрытий

Диаметр детали, мм	Припуск, мм
до 30	0.35-0,4
30-50	0.4-0,45
50-70	0.45-0,5
70-100	0.5-0,55
100-120	0.55-0,65
120-150 и более	0.65-0,75

При выборе номенклатуры деталей, подлежащих восстановлению ЭДН-покрытиями, необходимо руководствоваться рядом критериев: 1) допустимый износ поверхности не должен превышать 1,0...1,2 мм; 2) ЭДН должно быть окончательным процессом; 3)

материал покрытий должен выбираться исходя из условий эксплуатации деталей. Анализ условий эксплуатации деталей СТ показывает, что существует первоочередная потребность в восстановлении поверхностей трения таких деталей как валы.

Выводы. Подтверждена целесообразность восстановления и повышения срока службы деталей типа «вал» СТ ЭДН-покрытиями. Технология восстановления ЭДН-покрытиями обеспечивает: 1) высокую усталостную прочность (190 МПа), при этом граница между восстановленной поверхностью и основным материалом детали не является технологическим концентратором напряжений; 2) повышение износостойкости в 1,5–2,5 раза по сравнению с закаленными ТВЧ деталями; 3) коэффициент трения в трибосистеме снижается до уровня $f = 0,012$ и увеличивается задиростойкость поверхностей, превышающая 2,0 кН (максимальное значение в реальных условиях); 4) ЭДН повышает ресурс работы валов в 2-3 раза.

LASER TREATMENT OF POWDER-LIKE MATERIALS

**O.Y. Mazheika, Ph.D, prof.,
V.V. Verbytskyi, stud.,**

Central Ukrainian National Technical University

Known ways of reception and processing of known alloys practically have settled the possibilities in increase of mechanical properties. To expect reception of new materials with application of widely widespread technologies which could surpass significantly physics - mechanical properties known, it is not passed.

Therefore, last decade the tendency of the decision of a problem due to perfection existing and applications of new, mainly high-energy technologies of reception and hardening of materials, drawings of coverings is most widespread, etc

There are three basic ways of superficial hardening of metals and alloys.

The first way is a drawing firm and wearproof coverings on the basic metal (on a surface of products).

Thus enough plenty of such types of hardening is known: galvanic, detonation, ionic-plasma coverings; coverings on the basis of metallssimilarit and nonmetallic connections of type carbides, nitrides, borides, oxides, etc.

The second way of superficial hardening is superficial alloying by diffusion through a firm phase without melting the basic metal. All types of chemical -thermal processing here enter: nitriding, cementation, chromium plating, boriding and others.

The third way - alloying surfaces of products (superficial alloying) through a liquid phase. A special case of this type of superficial hardening is alloying surfaces of products through a liquid phase with use of laser heating up to melting the basic metal.

In the given way of hardening the surfaces alloying elements (the most suitable structure - the titan, ниобий, carbon) are a part so-called coating which structure includes a powder of a required chemical compound and bunch substance.

Coating creates the big thermal resistance on border a layer-matrix that reduces efficiency laser alloying.

Feature of this method is that diffusion of atoms and solubility of alloying elements in a liquid condition is much more, than in a firm condition. It provides sharp reduction Duration of saturation, and accordingly, and an efficiency gain of process, thus are formed satiety firm solutions with the raised hardness. At fast crystallization of the fused metal in a zone of hardening the fine-grained structure with the raised physicomechanical properties turns out.

It provides a large increase capacity for work responsible details of cars and the cutting tool.

Laser thermal hardening with *оплавлением* surfaces differs from usual laser thermal hardening the in greater sizes of zones of the laser influence, more expressed heterogeneity of structure of a superficial layer which consists, as a rule, a minimum from three layers.

The outer layer has dendrites structure, characteristic for training from a liquid condition. The zone of thermal influence, a transitive layer and a material of a basis further settles down.

MicroX-raystructure and MicroX-rayspectral by analyses it is established, that variations in structure at alloying the chosen elements occurs only in a zone of fusion.

Under action of an impulse the titan, ниобии and carbon owing to their activation and hashing in a liquid bath melting enter interoperability with a matrix, forming firm solutions and chemical compounds.

The zone of fusion has small variance structure and differs from a underlaying zone of thermal influence by availability dendrites the needles focused in a direction of heat removal that is characteristic for the structures which have formed at training from a liquid condition.

Typical microstructures of the alloyed layers in steel Y8 after saturation by the titan, niobium, and are presented by carbon in pictures 1, 2. In all cases transition from coarse-grained (a superficial layer of a zone of fusion) to fine-grained structure (the bottom layer of a zone of the fusion, adjoining with a zone of thermal influence) is observed.



Figure 1 – A microstructure of a zone легирования steel Y8 after Saturation niobium and the titan, quantity coating: 14 mg/sm²



Figure 2 – A microstructure of a zone легирования steel Y8 after Saturation niobium and the titan, quantity coating: 24 mg/sm²

Prominent feature of the alloyed layers, irrespective of a type of a sating element, availability of zones with various etched which can settle down in any part of a zone of fusion is.

Distinctions in etched and values of microhardness are connected with variation of concentration of alloying elements on volume of a bath of fusion that results from progress segregation at laser alloying.

In a basis of the given method of superficial hardening lays three modes of laser heating.

At action of laser radiation of moderate intensity the processable material heats up to T.Pri's certain temperature it in any point in time in a superficial layer distribution of temperatures (fig. 3,) will take place.

With an increase of intensity or time of influence of a thermal source the temperature of a material on a surface will raise and can reach temperature of fusion of Vol. On a surface is formed melting which front will start to get deep into a material (fig. 3,).

The further increase of intensity of an irradiation leads to that the temperature of a material on a surface will exceed temperature of evaporation That as a result of evaporation of a material the surface absorbing laser radiation, will mix in a direction of action of a laser beam (fig. 3,).

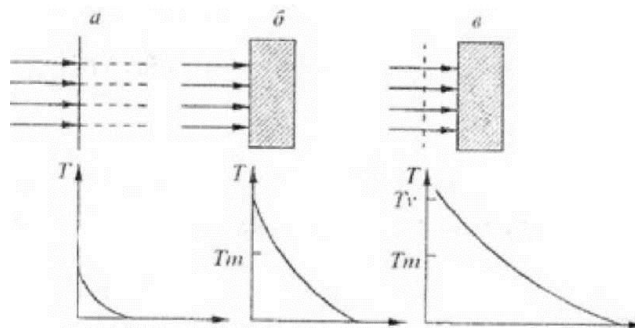


Figure 3 – The diagram of physical processes and distribution of temperatures in a superficial layer (arrows specify radiation of the laser; shaped the fused layer) is shown

Thus, after laser легирования the non-uniform structure consisting from small variance carbides of the titan, carbides niobium and alloyed cementits, martensits and a plenty alloyed by the titan and niobium austenite is formed. Carbides after laser processing variance also are distributed in regular more intervals.

Список літератури

1. Мажейка О.Й. Лазерна, плазмова і детонаційна технології зміцнення поверхонь: Монографія – Кіровоград, «КОД», 2011 – 260 с.
2. Мажейка А.И., Семенов А.П., Ковш И.Б. и др. Методы и средства упрочнения поверхностей деталей концентрированными потоками энергии // Монография. – М.: Наука, 1992. – 407 с.
3. О.Й.Мажейка Модифікування технології лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки//Збірник наук. праць КНТУ/ Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 21. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С. 164-167.
4. А.І.Мажейка. Application of combined laser treatment for hardening of critical parts: abstracts of papers and program of the fourth international conference [Laser technologies in welding and materials processing] (26-29 may, 2009), Kiev, E.O.Paton Electric Welding Institute of NAS Ukraine, 2009. – P. 24-25
5. Белый А. В., Макушок Е. М., Поболь И. Л. Поверхностная упрочняющая обработка с применением концентрированных потоков энергии. - Минск: Наука и техника, 1990. - 78 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

О.Й. Мажейка, канд. техн. наук, проф.,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Автомобільний парк України поповнюється автотранспортними засобами нової конструкції, що використовують альтернативні види палива, вдосконалюється структура рухомого складу, збільшується чисельність дизельного парку, зростає кількість транспортних засобів великої вантажопід'ємності і пасажиромісткості.

Однак на утримання автотранспортних засобів у технічно справному стані, що забезпечує ефективний транспортний процес, галузь робить великі ресурсні витрати. Так, ускладнення конструкції автомобілів призводить, як правило, до збільшення обсягу робіт на технічному обслуговуванні і ремонті, до зростання затрат на забезпечення працездатності.

Отже, потреба в своєчасному якісному і безперебійному технічному обслуговуванні і ремонті, зниження часу простою автомобілів в ремонті, економія матеріальних та трудових ресурсів є і зараз актуальним у теперішньому етапі виробничих відносин.

Актуальність теми. Більшість відповідальних деталей машин в процесі експлуатації виходять з ладу під дією змінюються або постійних навантажень. Причина цього - низький опір втомного руйнування і механічного стирання робочих поверхонь. Вали - одна з головних деталей машин як автомобільного, так і сільськогосподарського та промислового призначення, їх довговічність залежить від фізико-механічних властивостей контактуючих поверхонь. Поліпшення властивостей зазначених поверхонь валів забезпечується існуючими технологічними методами, але застосування поширених способів для їх зміцнення в більшості випадків являє собою досить складне технологічне завдання, з причини деформації і втрати точності довгомірних валів.

Електромеханічне зміцнення з використанням трифазного струму є способом, що дозволяє зміцнювати вали різних довжин, підвищуючи продуктивність процесу не менш ніж у три рази, за рахунок застосування нової технологічної схеми, уникаючи при цьому жолоблення деталей.

Електромеханічна обробка (ЕМО) - високоефективна технологія поверхневого зміцнення концентрованими потоками енергії, заснована на комплексному термодформаційних впливі при пропусканні електричного струму великої щільності (108-109 А/м²) і низької напруги (2-6 В) через зону контакту деталі і деформуючого електродо-інструменту (ролика або пластини), що рухаються у взаємно перпендикулярних напрямках зі швидкістю V і подачею S .

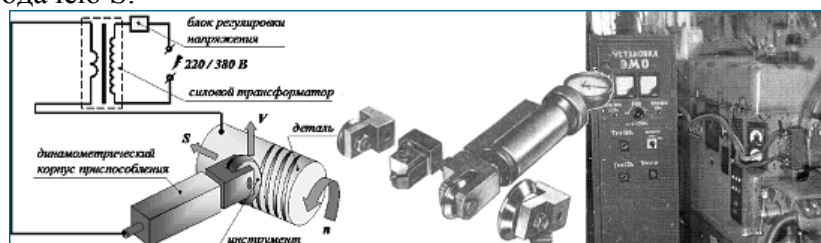


Рисунок 1 – Схема і технологічний комплекс електромеханічної обробки

При цьому, в результаті виділення великої кількості джоулевого тепла, відбувається високошвидкісний (106 ° С / с) нагрів локального мікрообсягу поверхні з одночасним його пластичним деформуванням і подальше інтенсивне охолодження (105 ° С / с) за рахунок відводу тепла в глиб металу. У результаті потужного теплового «удару» на поверхні

матеріалу формується зміцнений «білий шар» - унікальна мартенситних структура (Гарден, наноструктурний мартенсит), що володіє високою міцністю і зносостійкістю.

Мета досліджень - розробка способу і технологічного оснащення для електромеханічного зміцнення валів автомобільної техніки з використанням трифазного струму

Дослідження способу ЕМО проводилося за допомогою установки ЕМО дослідних зразків. Згідно з методикою дослідний зразок встановлюється і закріплюється в патроні токарного верстата. Джерело технологічного струму (понижуючий трансформатор) підключається до мережі живлення через регулятор напруги типу РНО-250. Знижений обмотка джерела технологічного струму підключається через струмознімальний пристрій до патрона і до накатної голівці, встановленої в супорті токарного верстата з електричною ізоляцією від останнього. Випробовувані зразки мали шорсткість $Ra = 2,8 \dots 3,5$ мкм, вихідна твердість HD 240 ... 280 (нормалізація), мікротвердість $H_m = 2600 \dots 2800$ Н / мм². Шорсткість поверхні вимірювалася на профілометри моделі П253. При проведенні мікроструктурних аналізу зрізи зразків заливалися сплавом Вуда з наступною обробкою та доведенням поверхні зрізів до параметра шорсткості $Ra = 0,02 \dots 0,04$ мкм. Вимірювання мікротвердості проводилися на мікротвердоміри ПТМ-3 з мікроскопом АМ-9-2 за існуючою методикою.

Аналіз результатів дослідження показав, що зміна подачі S інструмента з 0,08 до 0,032 мм / об мало позначається на зміні шорсткості і глибини зміцнення. Тому надалі цей фактор виключений з дослідження та з умови максимальної продуктивності прийнято $S = 0,32$ мм / об. При швидкості $V = 27$ м / хв відзначена мала глибина зміцнення (білий шар глибиною $h = 0,01 \dots 0,05$ мм) з великою переривчастістю чергування білих шарів, що, очевидно, пов'язано з недостатнім прогріванням через пульсації змінного струму (частота 50 Гц) і великою швидкістю обертання зразка. При швидкості $V = 5$ м / хв, знижених питомих тисках $p = 100$ Н / мм² і щільності струму $j = 400 \dots 600$ А / мм² відзначена суцільна біла зона з мікротвердістю $H_m > 6500$ Н / мм². При тих же умовах для $j = 400$ А / мм² глибина $h = 0,15 \dots 0,3$ мм, проте в останньому випадку відзначено різке зниження стійкості інструменту, що з'являється в схоплюванні матеріалу ролика з матеріалом зразка, що призводить до різкого погіршення шорсткості оброблюваної поверхні $Ra = 4,5 \dots 5$ мкм.

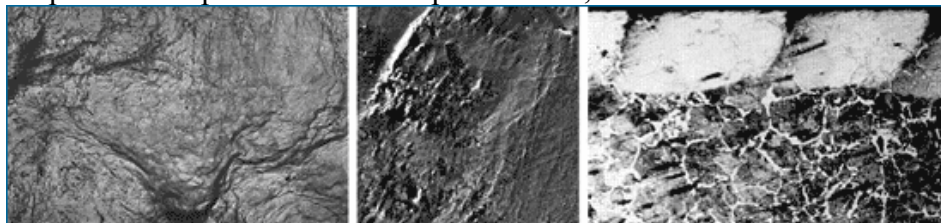


Рисунок 2 – Металографічна структура білого шару (електронна, растрова і оптична мікроскопія)

Досліди показали, що після ЕМО мікротвердість приповерхневих шарів досягає 8,9 ГПа, а глибина зміцнення 6 мм (рис. 2). При цьому фазові перетворення в приповерхневих шарах відсутні. ЕМО створює в приповерхневому шарі специфічний структурно – напружений стан, при цьому метал набуває цінних фізико – механічних властивостей.

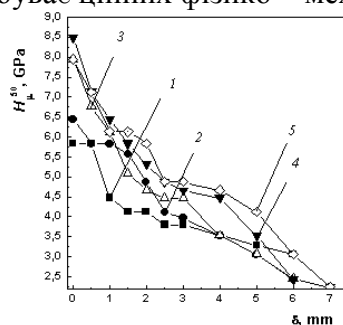


Рисунок 3 – Мікротвердість сталі 40X обробленої за різної тривалості обробки: 1–6; 2–12; 3–20; 4–28; 5–36 хв.

Висновки. На основі проведених досліджень показано, що ЕМО підвищує зносостійкість сталі 40Х при терті в масляному середовищі в 1,2...2,0 рази порівняно з гартованими і нормалізованими зразками. Вона може використовуватися для зміцнення деталей автомобілів, карданних валів, штоків, осей та ін. деталей транспортних засобів.

Список літератури

1. Авдеев М.А. Технология ремонта машин и оборудования / М.А. Авдеев и др. – М. Агропромиздат, 1986 – 247 с.
2. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой / Б.М. Аскинази. - Л., Машиностроение, 1986.- 300 с.
3. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей / Е.Л. Воловик. – М.: Колос. 1981 – 351 с.
4. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением / С.И. Думов. - Л. Машиностроение, 1980. – 230 с.
5. Молодик Н.В. Восстановление деталей машин. Справочник / Н.В. Молодик, А.С. Зенкин. – М. Машиностроение, 1989 – 480 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ РЕМОНТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

О.Й. Мажейка, канд. техн. наук, проф.,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Модифікація поверхневих шарів матеріалів концентрованими потоками енергії, пучками заряджених часток і потоками плазми активно досліджується в останні десятиліття і являє собою одне з найважливіших напрямків розвитку науки і техніки. Істотно розширюється область використання лазерних, іонно-променевих та іонно-плазмових методів, як в наукових дослідженнях, так і у ряді практичних застосувань.

До теперішнього часу лазерна обробка поверхонь деталей машин залишається однією з передових високотехнологічних операцій, що лежать в основі поліпшення експлуатаційних характеристик цих деталей машин, і зокрема, таких як зносостійкість. Результати робіт, присвячених вивченню зносостійкості поверхонь, оброблених лазерним випромінюванням, показують, що поверхні матеріалів, що випробували фазові перетворення при їх термообробці, стають більш зносостійкими після лазерної обробки в порівнянні з їх зносостійкістю після традиційної об'ємної термообробки [1,2]. Лазерна обробка є одним з перспективних, але недостатньо вивчених методів поверхневого зміцнення.

Постановка проблеми. Аналізуючи літературні джерела та власні дослідження [1] можна зробити висновок, що в результаті впливу лазерного променя на поверхні сталі утворюється зона термічного впливу, що складається з зміцненого і перехідного шарів. Зміцнений шар товщиною 50-110 мкм в залежності від режимів обробки має високу мікротвердість 8800-9800 МПа для попередньо загартованих і 7300-7800 МПа для відпалених сталей. Але наряду з цим під зміцненим шаром розташовується зона високотемпературного відпуски з продуктами розпаду мартенситу. Мікротвердість перехідного шару становить 4400-5000 МПа.

Метою роботи були дослідження лазерного загартування сталевих поверхонь з застосуванням пристроїв, які покращують розташування лазерних треків, форму лазерного променя тощо, так званих фокусаторів (скануючи пристроїв) лазерного променя.

Результати досліджень. Висока мікротвердість при лазерній обробці обумовлена появленням мартенситу з підвищеним ступенем тетрагональності. Більш значні, ніж при відомих методах термічної обробки, зміни мікротвердості поверхні, безумовно, повинні позначитися на її зносостійкості. Вагомі переваги лазерної обробки в порівнянні з традиційними методами термічної обробки матеріалів - це відсутність додаткових операцій відпуску. Відпустка знімає внутрішні напруження, але при цьому знижує твердість обробленого шару. Так твердість сталі 40X після термічної обробки 48-52 HRC, а після зміцнення лазерним променем 58-62 HRC. У результаті нагрівання вище температури плавлення нормалізованої сталі 45 у верхньому шарі глибиною 20-25 мкм спостерігається повне розчинення феритної сітки. Мікротвердість в цій зоні 7500-8200 МПа. Нижче слід зона гарту з твердого стану з мікротвердістю 7200-8500 МПа. На місці колишніх перлітних зерен утворився мартенсит з невеликою кількістю залишкового аустеніту. Глибина зони термічного впливу (ЗТВ) в дослідженнях для лазерного випромінювання $P=1,1$ кВт склала 0,55-0,60 мм при ширині зони 9,8 мм. Мікротвердість феритних зерен становить 2800-3500 МПа при початковій твердості фериту 980-1100 МПа. Підвищення мікротвердості пов'язано з фазовим наклепом.

При загартуванні сталей, що пройшли загартування і відпустку після лазерного зміцнення, за другим шаром треба третій зона відпуски. При лазерному зміцненні газовими лазерами необхідно використовувати поглинаючі покриття для металів для зменшення втрат

енергії через відображення. Розроблена лазерна технологія зміцнення сталевих поверхонь, в залежності від варіацій потужності установки та режимів обробки, дозволяє зміцнювати зразки з шириною зони 5-20 мм і глибиною 0,5-2,0 мм. При обробці поверхні лазерним променем круглої форми в центрі плями час впливу пропорційно його діаметру, а по краях воно падає до нуля. У результаті при зміцненні поверхні деталі по краях доріжки виникають значні зони відпустки, і втрачається до 40% енергії. Крім того, розподіл енергії всередині плями нерівномірний, що веде до нерівномірності фізико-механічних властивостей зміцненого шару. Для усунення цих недоліків запропоновано розроблені пристрої для сканування.

Коливальні і обертові з частотою 150-600 Гц дзеркала дозволяють отримати на поверхні пляма прямокутного або квадратного перетину з рівномірним розподілом потужності. При цьому різко зменшуються зони відпустки, з 0,5-1,5 мм до 0,1-0,2 мм на кордоні зміцнений шар - основний матеріал. Дослідження показали, що на оптимальних режимах продуктивність обробки в 2 рази вище, ніж при зміцненні круглим розфокусованим променем без високочастотного сканування.

Проведені дослідження зносостійкості ряду чавунів і сталей, широко вживаних для виготовлення деталей машин, а також триботехнічних властивостей наплавлень під шаром флюсу на основі дротів Св-08, СВ-30ХГСА, ПК-2, НП-70, зміцнених лазерним випромінюванням в різних умовах. Такий широкий спектр матеріалів необхідний для виявлення закономірності зміцнення залежно від вмісту вуглецю та легуючих компонентів і їх розподілу по зварювальній ванні (наприклад, при наплавленні під шаром флюсу АН-348). Стандартні дроти на зразки наплавляли по типових режимах [3].

Випробування зносостійкості проводили на машинах тертя 77 МТ-1 в режимах ступінчасто-зростаючих навантажень в перебігу 3,5 – 7 год. для кожної ступені і СМЦ-2 по схемі ролик – колодка, що дозволяло наблизити умови випробувань до реальних. Колодки виготовляли із сірого чавуну Сч18-36 та антифрикційного сплаву АТ-20 (9 ат.%, Sn, 2 ат.%, Cu, Al - ост.). Ці матеріали широко і з успіхом застосовуються для деталей, що працюють в парі зі сталевими. В деяких випадках для прискорення прироблення зразків, які труться (машина СМЦ-2) використовували абразивні присадки типу КЗМ 20 з розміром часток до 7 мкм і концентрацією їх в маслі М10Г 0,3-0,6 грама на 150 мл.

Дослідження зносостійкості пари тертя шийка колінчастого валу – вкладиша проводили на спеціальному стенді. При цьому використовували зразки діаметром 60 мм і шириною 30 мм з парою контртіл, вирізаних із натуральних сталевалюмінієвих підшипників. Частота обертання зразка складала 960 об/хв. при лінійній швидкості ковзання в контакті 2,88 м/с і навантаженні 1 МПа. Крапельне змащування здійснювалося маслом И-30А [3,4,5].

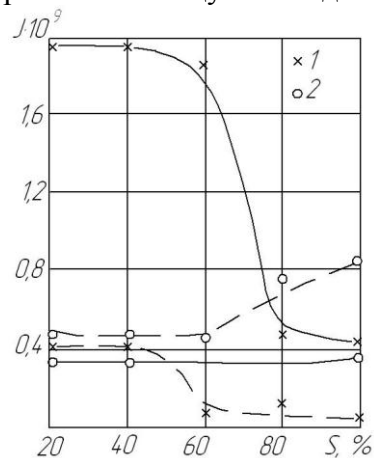


Рисунок 1 – Залежність інтенсивності зносу зразка зі сталі 45 (1) та контртіла зі сталі ХВГ (2) від площі лазерного зміцнення при попередньому загартуванні зразка (пунктир) та без неї (суцільні криві); навантаження 10 МПа

Висновки. Розроблена лазерна технологія в залежності від варіацій потужності установки та режимів обробки. Встановлено, що лазерна поверхнева обробка значно підвищує структуру сталевих поверхонь, їх твердість, зносостійкість, але і має деякі недоліки - нерівномірності фізико-механічних властивостей зміцненого шару, втрати до 40 % енергії. Для покращення якості обробки запропоновано та досліджено скануючі пристрої, які дозволяють отримати на поверхні пляма прямокутного або квадратного перетину з рівномірним розподілом потужності. Це підвищує як якість, так і продуктивність обробки в 2 разі вище ніж при звичайних системах фокусування лазерного променя. Розроблена технологія перспективна для впровадження зміцнення деталей автомобілів і сільськогосподарської техніки при їх ремонті.

Список літератури

1. Мажейка О.Й. Лазерна, плазмова і детонаційна технології зміцнення поверхонь: Монографія – Кіровоград, «КОД», 2011 – 260 с.
2. Л.Ф. Головка, В.С. Коваленко, О.Й. Мажейка та ін. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання //Монографія. – К.: Вістка, 2009. – 296 с.
3. О.Й.Мажейка Модифікування технології лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки//Збірник наук. праць КНТУ/ Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 21. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С. 164-167.
4. А.І.Мажейка. Application of combined laser treatment for hardening of critical parts: abstracts of papers and program of the fourth international conference [Laser technologies in welding and materials processing] (26-29 may, 2009), Kiev, E.O.Paton Electric Welding Institute of NAS Ukraine, 2009. – P. 24-25.
5. Бирюков, В.П. Лазерная закалка поверхностей трения серого чугуна сканирующим лучом / В.П. Бирюков // Трение и износ.- 1986. - Т. 7, № 4. -С. 718–721.

ЗНОШУВАННЯ НЕОДНОРІДНОЗМІЦНЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,

М.Ю. Петровський, *студ.*,

І.О. Лукашук, *студ.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Відомо, що явищу вибіркового зношування матеріалів властива структурна неоднорідність. Такий вид зношування спостерігається на деталях з композитних матеріалів (КМ) або деталях з нанесеними дискретними композиційними покриттями (КП).

Сутність його полягає в тому, що найбільш інтенсивному руйнуванню підлягає менш міцна складова структур КМ чи КП, в результаті чого початкова робоча поверхня стає більш хвилястою. Утворення такої експлуатаційної хвилястості за деяких умов тертя повинна сприяти підвищенню трибологічних властивостей спряжень.

При неудоконаленому мастильному матеріалі на поверхнях тертя штучно створюються своєрідні кишені, що збільшують маслоємність знижують, величину зносу й імовірність створення задирів. Наявність кішених дозволяє значно обмежити присутність продуктів зношування в зоні тертя. Це підвищує зносостійкість спряження й забезпечує стабільність його трибологічних властивостей.

Широке використання КМ з макрогетерогенною структурою, а також методів локального зміцнення поверхонь тертя (лазерна, електроіскрова обробка, іонна імплантація і т.д.) є додатковим стимулом дослідження закономірностей зношування й формозміни поверхонь тертя, елементів трибосистем, що містять локальні дискретні ділянки з триботехнічними характеристиками.

Розглянемо ряд припущень, які найкращим чином можуть бути застосовані при аналізі КМ, КП та локальних технологій обробки робочих поверхонь елементів трибосистеми.

Нехай маємо два нескінченних тіла – жорстке тіло I і тіло II з пружними константами E і ν , контактують між собою є площині XOY ($z = 0$).

За цією причиною пружні характеристики матеріалу, як відомо, є структурно нечутливим, можна вважати сталими.

При терті буде мати місце зношування пружного напівпростору, причому швидкість лінійного зношування:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = K_u(\alpha) \left(\frac{p(x,t)}{p^*} \right)^\alpha, \quad (1)$$

де $K_u(\alpha)$, α - параметри, що визначаються експериментально, p^* - деякий характерний тиск.

Розглянемо випадок, коли коефіцієнт зношування $K_u(x)$ є ступінчатою функцією координати x :

$$K_u(x) = \begin{cases} K_{u1}, & x \in [nb, a + nb]; \\ K_{u2}, & x \in [nb, a + nb] \end{cases} \quad (2)$$

де зміцненими є підлягають ділянки $[nb + a, (n + 1)b]$, для яких $K_{u1} > K_{u2}$.

У відповідності з теорією втомленого зношування [1] показник α можна подати у вигляді $\alpha = 1 + k\eta$, де k – параметр, що залежить від шорсткості поверхні тертя ($k < 1$); η -

показник кривої фрикційної втомленості матеріалу, який для матеріалів одного класу (сталей), має стійке значення.

Розглянемо випадок $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$. При цьому поставлена задача суттєво спрощується. Розглянута задача є періодичною з періодом \underline{b} . При певному контакті на площині $z = 0$, при $t = 0$ тиск P розподіляється між складовими рівномірно на ділянках \underline{b} , тобто, $p(x,0) = P/b$ $x \in (-\infty; \infty)$, де P – навантаження, що приходиться на один період довжиною \underline{b} .

В процесі зношування буде відбуватися формозміна початково плоскої пружної поверхні і перерозподіл тиску $p(x, t)$ між контактуючими ділянками тіл.

Оскільки рух відбувається у напрямку перпендикулярному площині xO , то можна знехтувати впливом сил тертя на розподіл контактних тисків.

Зауважимо, що знос $u(x, t)$ поверхні пружного тіла в момент часу t , такий тиск $p(x, t)$ на спряження є періодичними функціями з періодом \underline{b} .

Для контакту спряження тіл можна записати в будь – який момент часу

$$u_1(x, t) + u_2(x, t) = \eta(t), \quad (3)$$

де $u_i(x, t)$ - пружні переміщення в напрямку осі z ; $\eta(t)$ – зближення контактуючих тіл.

При дії на границю пружної напівплощини періодичного по осі x нормального тиску $p(x, t)$ на границі визначаються з наступного виразу [4]:

$$u(x, t) = -\frac{2(1-\nu^2)}{\pi E} \int_0^b p(\xi, t) \ln 2 \cdot \left| \sin \frac{\pi(\xi - x)}{b} \right| d\xi \quad (4)$$

Запишемо умову рівноваги у вигляді:

$$p(t) = \int_0^b p(x, t) dx \quad (5)$$

Систему рівнянь (1-5) розглянемо, як замкнену для визначення невідомих функцій контактного тиску $p(x, t)$, зносу $u_2(x, t)$ і зближення контактуючих тіл $\eta(t)$ у будь – який момент часу.

При незмінних зовнішніх умовах процес зношування можна розділити на дві стадії: напрацювання й усталений режим. Остання стадія характеризується постійною швидкістю зношування в усіх точках області контакту в кожний момент часу:

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} \Big|_{t \rightarrow \infty} = \varphi(t) \quad (6)$$

Використаємо співвідношень (1) і (2), щоб отримати вираз для тиску $p_\infty(x, t)$ при усталеному режимі зношування:

$$p_\infty(x, t) \begin{cases} p^* \left[\frac{\varphi(t)}{K_{u1}} \right]^{1/2}, & x \in [nb, a + nb]; \\ p^* \left[\frac{\varphi(t)}{K_{u2}} \right]^{1/2}, & x \notin [nb, a + nb]; \end{cases} \quad (7)$$

Функцію $\varphi(t)$ можна визначити з умови рівноваги (5), поклавши $p(t) \rightarrow p_\infty, t \rightarrow \infty$:

$$\varphi(t) = K_u = \left[\frac{p_\infty}{p^* [aK_{u1}^{-1/\alpha} + (b-a)K_{u2}^{-1/\alpha}]} \right]^\alpha \quad (8)$$

Із співвідношення (3-8) можна визначити знос $u_2(x, t)$ пружного тіла II в усталеному режимі, коли тиск вздовж осі x $p_\infty(x, t)$ розподіляється у відповідності за виразом (7), $u_2(\alpha, t) = \eta_\infty(t) - f(x)$:

$$f(x) = -\frac{2(1-\nu^2)^{p*}}{\pi E} \cdot \left[\left(\frac{K_u}{K_{u1}} \right)^{1/\alpha} \int_0^a \ln 2 \left| \sin \frac{\pi(\xi-x)}{b} \right| d\xi + \left(\frac{K_u}{K_{u2}} \right)^{1/\alpha} \int_0^b \ln 2 \left| \sin \frac{\pi(\xi-x)}{b} \right| d\xi \right], \quad (9)$$

де $f(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} u(x, t)$ - усталена форма зношеної поверхні.

Стала K_u , що дорівнює швидкості зближення контактуючих тіл I і II при зношуванні для достатньо великого проміжку часу t , визначається виразом (8): $\eta_\infty(t) = K_u t$, що безпосередньо прямує з співвідношень (6), (8), (9).

Введемо безрозмірні параметри $N = \frac{a}{b}$; $m = \frac{K_{u2}}{K_{u1}}$ ($m < 1$) й подано інтеграли у виразі (9) за допомогою функції Лобачевського $L(y)$:

$$L(y) = -\int_0^y \ln \cos t dt, \quad |y| \leq \pi/2. \quad (10)$$

Використаємо також функціональні залежності:

$$L(\pi - x) = \pi \ln 2 - L(x); \quad L(-x) = -L(x); \quad L\left(\frac{\pi}{2}\right) = \left(\frac{\pi}{2}\right) \ln 2.$$

Тоді для спрацьованої поверхні, маємо:

$$f(x) = \frac{2(1-\nu^2)K_u^{1/\alpha} P^* b}{\pi E K_{u2}^{1/\alpha}} \left(n^{1/\alpha} - 1 \right) \left[(1-N) \ln 2 - \frac{1}{\pi} \left[L\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi x}{b}\right) + L\left(\frac{\pi}{2} - \pi N + \frac{\pi x}{b}\right) \right] \right]. \quad (11)$$

Для подальших обчислень зручно $L(y)$ подати у вигляді ряду:

$$L(y) = y \ln 2 - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{\sin 2ny}{n^2}. \quad (12)$$

Якщо підставити (12) і (8) в (11), то отримаємо:

$$f(x) = \frac{2(1-\nu^2)p_\infty(1-m^{1/\alpha})}{\pi^2 E [1-N(1-m^{1/\alpha})]} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \pi n N \cos \pi n (N - 2x/b)}{n^2} \quad (13)$$

Можна бачити, що при $N = 0$ та $N = 1$ функція $f(x) = 0$. Це говорить про те, що у разі відсутності локального зміцнення поверхня пружного тіла залишається при зношуванні плоскою.

При решті значень N функція $f(x)$ є періодичною з періодом b . Значення функції $f(x)$ в точках $x = 0$, $x = a$, $x = b$ співпадають і визначаються за формулою:

$$f(x) = f(0) = f(a) = f(b) = -\frac{(1-\nu^2)p_\infty(1-m^{1/\alpha})}{\pi^2 E [1-N(1-m^{1/\alpha})]} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin 2n\pi N}{n^2} \quad (14)$$

Обчислимо похідну функції $f(x)$:

$$f'(x) = -\frac{4(1-\nu^2)p_\infty(1-m^{1/\alpha})}{\pi^2 E b [1-N(1-m^{1/\alpha})]} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\pi N \sin n\pi (N - 2x/b)}{n} \quad (15)$$

Легко визначити, що в точках $x = \frac{a}{2} + nb$ та $x = (a+b)/2 + nb$ похідна функція $f'(x) = 0$ і функція в них приймає екстремальні значення:

$$f(a/2) = -\frac{2(1-\nu^2)p_\infty(1-m^{1/\alpha})}{\pi^2 E [1-N(1-m^{1/\alpha})]} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\pi N}{n^2} \quad (16)$$

$$f\left(\frac{a+b}{n}\right) = -\frac{2(1-\nu^2)p_\infty(1-m^{1/\alpha})}{\pi^2 E [1-N(1-m^{1/\alpha})]} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\sin n\pi N}{n^2} \quad (17)$$

Використаємо вирази (16) і (17), для визначення величини перепаду значень функції в точках екстремуму:

$$f(N) = \left| f(a/2) - f\left(\frac{a+b}{n}\right) \right| = \frac{4(1-\nu^2)P_\infty(1-m^{1/\alpha})}{\pi^2 E [1-N(1-m^{1/\alpha})]} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\pi N}{(2n-1)^2} \quad (18)$$

Для побудови графіків функцій $\Phi(N)$ і $f(x)$ введемо заміну. Можна бачити, що $m_1 = 1 - m^{1/\alpha}$ і побудувати графіки функцій $\Phi(N) = \frac{\pi^2 E}{4(1-\nu^2)P_\infty}$ і $f(x) = \frac{\pi^2 E}{(1-\nu^2)P_\infty}$ при різних значеннях m_1 , максимальна величина перепаду висот досягається при певних значеннях коефіцієнту зношування.

При знятті навантаження з попередньо спрацьованого пружного тіла його поверхня буде мати хвилясту форму. Об'єм впадин на поверхні є характеристикою її маслоємності.

Знайдемо площу між кривою $y = f(x)$ і прямою $y = f\left(\frac{a+b}{2}\right)$ на довжині b :

$$S = bf\left(\frac{a+b}{2}\right) - \int_0^b f(x) dx \quad (19)$$

Оскільки $f(x)$ є періодичною з періодом b і подається формулою (13), то

$$\int_0^b f(x) dx = 0 \quad (20)$$

Отже об'єм впадин на спрацьованій поверхні, на одному її періоді, характеризується величиною:

$$S = \frac{2(1-\nu^2)P_\infty(1-m^{1/\alpha})b}{\pi^2 E [1-N(1-m^{1/\alpha})]} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{\sin n\pi N}{n^2} \quad (21)$$

Аналіз розрахунків за формулою (21) показує що при зміні $N \in (0,1)$, тобто при зменшенні ширини смуги, що підлягає локальному зміцненню від b (повна обробка поверхні) до 0 (необроблена поверхня), об'єм впадин на зношеній поверхні спочатку збільшується, а потім знижується до нуля. При $N = N^*$ має місце \max об'єм впадин.

Величина N^* залежить від співвідношення коефіцієнта зношування m зміцненої та незміцненої зони і знаходиться в межах $0,6 < N^* < 1,0$ при зміні m від 0 до 1. Значення N^* зростає зі зменшенням m .

Таким чином, для досягнення певного об'єму впадин на зношуваній поверхні або підібрати співвідношення коефіцієнту зношування, або при заданому m підібрати потрібну ширину смуги, що підлягає локальному зміцненню.

Швидкість зношування в усталеному режимі характеризується ефективним коефіцієнтом зношування K_w , який може бути подано у вигляді:

$$K_u = K_{u1} m \left\{ \frac{P_\infty}{P^* b [1 - N(1 - m^{1/\alpha})]} \right\} \quad (22)$$

При зміні параметра N від 0 до 1 величина $\frac{K_u}{K_{u1}} \left(\frac{P^* b}{P_\infty} \right)$ при фіксованому m , що змінюється від m до 1.

Висновки:

Аналіз результатів дає можливість сформулювати наступне:

1. При зношуванні неоднорозміцненої поверхні виникає експлуатаційна хвилястість, параметри якої залежать від співвідношення коефіцієнту зношування окремих її ділянок і їх характерних розмірів.

2. Відстань між вершинами і западинами хвиль, а також об'єм западин тим більше, чим більше відрізняються коефіцієнти зношування ділянок поверхні, а їх максимальні значення залежать від співвідношення характерних розмірів ділянок поверхні (западни досягають максимуму або об'єму при $0,6 \leq N \leq 1$ в усьому діапазоні значень m).

3. Досягнення заданого значення коефіцієнту зношування K_W може здійснитися або за рахунок зміни ступеню зміцнення матеріалу (при фіксованому N), або за рахунок зміни співвідношення розмірів зміцненої і незміцненої зон (при фіксованому m), або поєднанням цих прийомів.

Список літератури

1. Горячева И.Г., Добычин М.М. Контактные задачи в трибологии. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
2. Гаркунов Д.П. Триботехніка. М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
3. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах [Текст] : [монографія] / Аулін В. В. - Кіровоград : Лисенко В. Ф. [вид.], 2014. - 369 с.
4. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення [Текст] : монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф. [вид.], 2016. - 303 с.

КОНСТРУКТОРСЬКІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ, ДЕТАЛЕЙ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ

УДК 678.631.1

ДЕЯКІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ЗАСТОСУВАННЯМ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

О.Д. Деркач, канд. техн. наук, доц.,
О.О. Кругман, студ.,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Вступ

Підвищення надійності механізмів і машин пов'язане з удосконаленням не тільки конструкції вузлів і агрегатів. Важливу роль грають також і матеріали, які застосовуються при їх проектуванні. Високі вимоги до економічності, ергономічності та енергоємності нових машин спонукають до зменшення споживання конструкційних сталей і використання нових, більш прогресивних матеріалів. Як правило це – високомолекулярні складні матеріали – полімерно-композитні матеріали (ПКМ), застосування яких і забезпечує вирішення проблеми довговічності, технологічних і екологічних задач, зниження трудомісткості виготовлення деталей та експлуатації машин в цілому. До того ж при виробництві деталей з ПКМ впровадження рециклінгу є ефективним.

Аналіз стану питання

Виявлено світову тенденцію до підвищення характеристик і обсягів виробництва ПКМ. Так, попит на вуглецеві волокна (які є ефективним наповнювачем конструкційних пластиків) до 2022 року становитиме до 117 000 тонн [1] і надалі тільки зростатиме. За високого світового попиту на ПКМ виникає гостра необхідність утилізації або переробки відпрацьованих з них виробів. Тут же наголошено, що рециклінг вуглецевих волокон є економічно доцільним [1].

Сучасні ПКМ інтенсивно застосовуються виробниками практично будь-якої техніки. Так, компанія Space X зробила ефективним космічний бізнес, у тому числі завдяки використанню і створенню нових ПКМ [2].

В конструкції мобільної сільськогосподарської техніки сучасні виробники також розширюють асортимент деталей, виготовлених з ПКМ [3 – 6].

Сьогодні ПКМ, що застосовуються в сільськогосподарському машинобудуванні, можна умовно розділити на три основні групи (рис.), які виконують найважливішу роль у машинобудуванні. Це – група декоративних ПКМ (виконують функції ненавантажених, дизайнерських елементів); функціональні (паливні та масляні баки, насіннепроводи, гофри, елементи важелів та інші деталі, що сприймають помірне навантаження і вплив хімічних речовин) і конструкційні (деталі, що сприймають значні навантаження і працюють у важких експлуатаційних умовах).

Очевидно, що підвищення технічного рівня с.-г. техніки забезпечується впровадженням конструкційних ПКМ, розробленням нових, з адаптованими під конкретні умови експлуатації з програмованими властивостями.

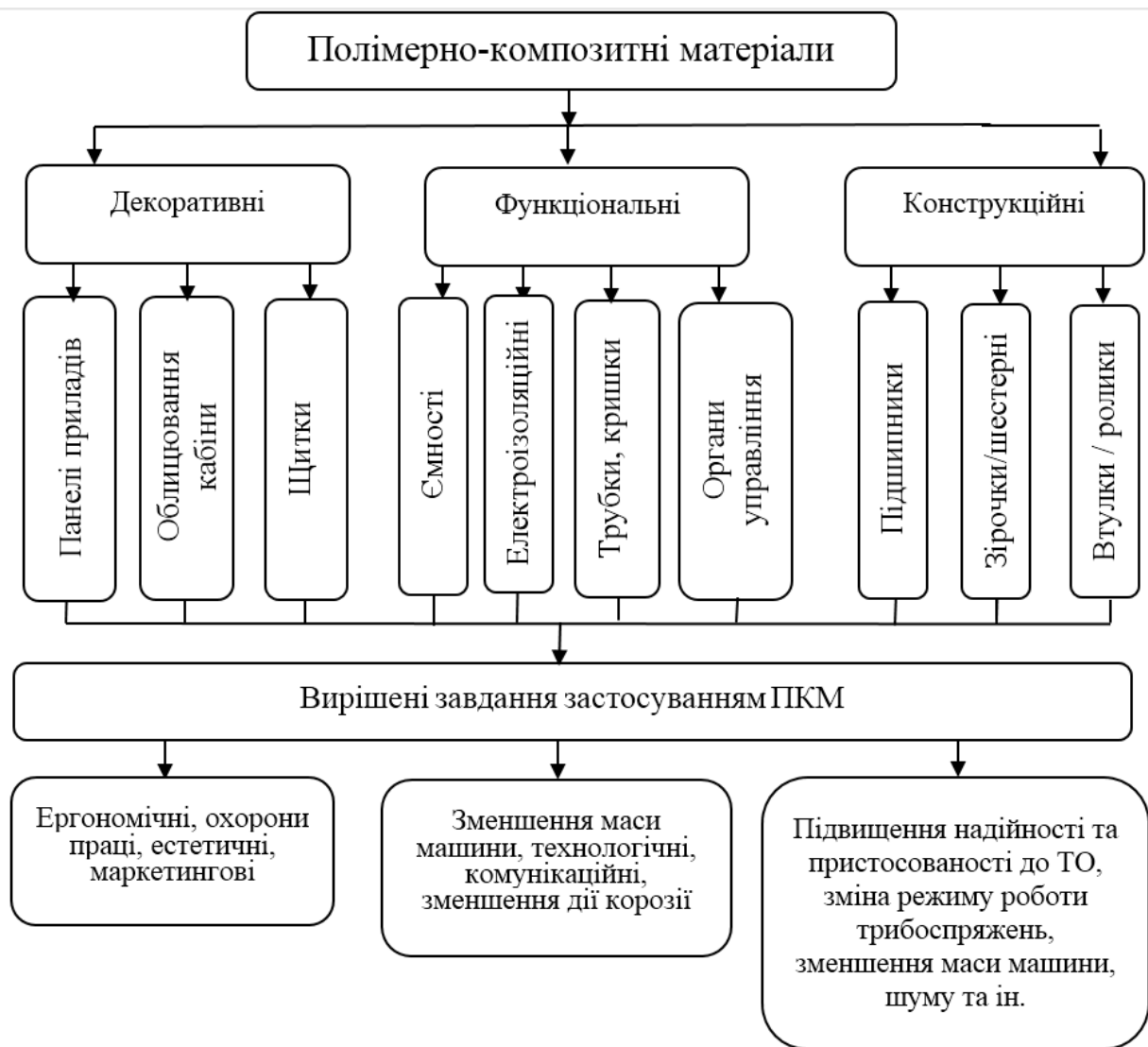


Рисунок – Класифікація полімерно-композитних матеріалів, що застосовуються у сільськогосподарському машинобудуванні

Постановка проблеми

Виявити основні підходи підвищення експлуатаційних властивостей мобільної сільськогосподарської техніки шляхом впровадження конструкційних полімерно-композитних матеріалів в трибоспрядження

Мета роботи полягала у порівняльному аналізі надійності с.-г. техніки від застосування конструкційних пластиків та металів у трибоспрядженнях.

Результати вирішення основних завдань

Аналіз стану питання показав, що подальше удосконалення конструкцій традиційними матеріалами вичерпане. Застосування ж ПКМ на етапі наукового обґрунтування та проектування с.-г. техніки забезпечує зміну режимів роботи трибоспряджень, що підвищує їх надійність. В табл. 1 наведені деякі характеристики окремих конструкційних ПКМ та для порівняння – сталі 20, як традиційного матеріалу, що використовується в сільгоспмашинобудуванні.

Таблиця 1 – Деякі характеристики конструкційних ПКМ та сталі 20.

Параметр	Назва матеріалу і значення			Метали (на прикладі сталі 20)
	УПА-6-40С	УПА-6-30С	РЕ-1000	
Щільність, г / см ³	1,4	1,2	0,93	7,8
Границя міцності при стисканні, МПа	166	128...148	19	410...520
Коефіцієнт тертя:				
- тертя без змащування	0,16...0,24	0,18...0,26	0,4...0,5	0,15...0,45
- при змащуванні водою	0,02...0,03	0,06...0,08	0,06...0,08	-
- при змащуванні оливою	0,01	0,018...0,03	0,02...0,04	0,03...0,05
Здатність до рециклінгу (повторної переробки)	Здатні			Не здатні
Величина усадки, %	0,65...0,79	0,68...0,8	0,05	немає

З табл. 1 видно, що створені сьогодні конструкційні ПКМ мають високі характеристики і здатні забезпечити зростання технічного рівня нових машин. Так, модифіковані в лабораторії полімерних композитів ДДАЕУ ПКМ на основі вуглепластиків УПА-6-30(40), забезпечили довговічність трибоспряджень паралелограмного механізму посівних комплексів «Агро-Союз Turboser II 19-60», утричі більшу ($\geq 17\ 000$ га наробітку без зупинки на ТО), ніж у серійних. При цьому внесені зміни в систему ТО, а саме – виключення операцій зі змащування шарнірів вказаного механізму в 240-а точках [7]. При цьому, були отримані вищі агротехнічні показники сівби (точність укладання насіння по глибині, темп робіт). Сьогодні аналогічні ПКМ застосовуються при реновації посівних машин і комплексів John Deere 7000 (7200), 1895; сімейства Kinze та ін.

Матеріал РЕ-1000 застосовується для виготовлення відвалів лемішних плугів. Такі відвали забезпечують суттєве зменшення тягового опору плуга за рахунок низького коефіцієнта тертя в системі «РЕ-1000 – ґрунт», високих антиадгезійних властивостей даного ПКМ до ґрунту і вологи (води). За рахунок поєднання достатніх міцнісних та пружних властивостей для роботи в даних умовах, такі відвали автовібрацією забезпечують більш високу якість оранки, ніж традиційні. Економія пального за їх використання складає 2...3 л/га.

Також застосування ПКМ для виготовлення, наприклад, паливних баків в тракторах John Deere, дозволило вирішити питання технологічні (виготовлення), енергоємності виробництва (виробництво деталей з ПКМ менш енергоємне у 4...5 разів), дизайнерські (складна і органічна форма баку).

Отже, підвищення довговічності с.-г. техніки вітчизняних виробників має віршуватися за рахунок системних підходів із обов'язковим застосуванням нових матеріалів з високомолекулярних сполук та їх варіацій – полімерно-композитних матеріалів конструкційного призначення.

Висновки

1. Встановлено, що для підвищення технічного рівня вітчизняної сільськогосподарської техніки необхідно застосовувати конструкційні полімерно-композитні матеріали на етапі наукового обґрунтування та проектування.

2. Показано, що застосування конструкційних полімерно-композитних матеріалів забезпечує зміну режиму тертя в трибоспрядженнях, що дозволяє підвищити їх надійність.

3. Доведено, що застосування полімерно-композитних матеріалів у трибоспрядженнях посівних комплексів підвищує довговічність у три рази, при цьому технічне обслуговування спряджень не проводиться.

4. Лемішні плуги, укомплектовані відвалами, виготовленими з матеріалу РЕ-1000 мають менший тяговий опір, що забезпечує зменшення витрати пального на рівні 2...3 л/га.

5. Модернізовані полімерно-композитними матеріалами посівні та орні агрегати показали високу агротехніку операцій «сівба» та «оранка».

Список літератури

1. Plastics Today / [Electronic source]. Access mode: <https://www.plasticstoday.com/recycling/recycled-carbon-fiber-key-mass-market-applications/7344798259925>. The date of last review: 17.02.2019 р.
2. Vance, A., Mask, Elon. 2015. Tesla, Spase X, and the Quest for a Fantastic Future. NY: Harper Collins, 402.
3. Kobec A.S. Decreasing the environment influence on composite materials / A.S. Kobec, A.D. Derkach, D.A. Makarenko, A. Shapoval, O.S. Kabat. Nauchni Izvestiya. ISSUE 16 (202). June 2016. IV International Scientific Journal and technical Congress "Agricultural Machinery", 22-25.06.2016, Varna, Bulgaria. P. 13-15.
4. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Проблеми трибології. Том 90 № 4 (2018), с. 65-69.
5. Кобец А., Деркач А., Кабат О., Муранов Е., Шаповал А. Идентификация полимерного материала Tekrone. Machines. Technologies. Materials. International scientific conference. 13-16.03.2019, Borovets, Bulgaria. Year III, Issue 1 (12), borovets, bulgaria 2019, volume 1 ISSN 2535-0021 (print) ISSN 2535-003x (online) p.149-150.
6. Derkach O.D., Makarenko D.O., Litvintseva Yu.O., Derkach V.D. Upgrading of machines for surface tillage (for cultivators). Геотехнічна механіка. Міжвідомчий збірник наукових праць. Випуск №138.
7. Деркач А.Д., Макаренко Д.А., Шаповал А.Н. Разработка системы повышенной корректности копирования поверхности почвы. Материалы Междунар. научно-техн. конф. посв. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве.: – Минск, 2017. – С. 180-184.

ЗАСТОСУВАННЯ 3D ДРУКУ У ПРОТОТИПУВАННІ ВУЗЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Д.І. Крутоус, асп.,

О.Д. Деркач, канд. техн. наук, доц.,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Підвищення надійності сільськогосподарської техніки вітчизняного виробництва сьогодні є актуальним завданням для науковців і машинобудівників. А до посівних машин і комплексів висуваються особливі вимоги: повне забезпечення агроімог до посіву, висока надійність, ремонтпридатність у польових умовах, тривала перерва між технічними обслуговуваннями техніки тощо [1]. Одним із способів підвищення надійності техніки є створення вузлів, які не потребують обслуговування або протягом всього терміну експлуатації, або принаймі протягом сезону. Зарубіжні виробники для цього широко застосовують полімерно-композитні матеріали з високими фізико-механічними та трибологічними властивостями.

До групи ризиків деталей і систем у посівних машинах, що призводять до зниження надійності, є елементи проводки, контактні групи та датчики, які працюють у висіваючих вузлах весь час піддаються впливу навколишнього середовища (ультрафіолетового випромінювання, вологи, температурних впливів). Для забезпечення якісної роботи електромеханічної складової необхідно забезпечити якісний і безперервний сигнал.

Наприклад, сервісна служба компанії Claas висунула вимоги до підвищення якості роботи електричної проводки після проведення аналізу статистики відмов техніки. Суть вимог така: через кожні 5 років необхідно проводити повну заміну всіх контактних груп електропроводки, так як більше 40% відмов було пов'язано саме з неякісним сигналом або обривом електричного кола [2]. Те ж стосується і вітчизняної техніки, яка, у переважній більшості є копією зарубіжних машин.

Для продовження терміну служби техніки необхідно впроваджувати більш довговічні системи. Таким рішенням для посівних комплексів може стати логічна система, побудована за принципами пневмоніки. Особливістю даної системи є те, що вона побудована за принципом взаємодії повітряних потоків, переходів з ламінарного в турбулентні [3]. Елементи цих логічних ланцюгів виготовляються методом лиття для великих серійних виробництв, методом числового програмного управління фрезерування для дрібносерійного і штучного виробництва. Однак і дрібносерійне, і штучне способи виготовлення є витратними з точки зору прототипування і розробки нових вузлів системи.

Для цього ми пропонуємо використовувати 3D-друк полімерно-композитних деталей на етапі проектування.

Для зменшення собівартості виробництва експериментальних зразків і малосерійних деталей, можна використовувати 3D принтери, матеріалом для яких використовується вторинна сировина.

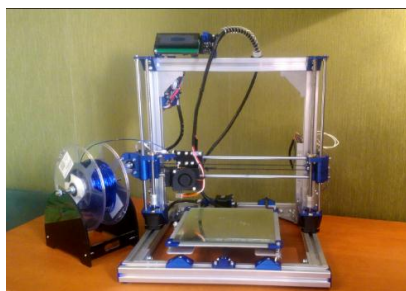


Рисунок 1 – Загальний вигляд 3D-принтера, на якому виготовляються експериментальні зразки

Особливістю роботи даного обладнання полягає у принципі пошарового нанесення розігрітого полімерного матеріалу та композицій. Існує кілька різновидів технологій 3D-друку, але ми розглянемо можливості найбільш розповсюдженої технології – FDM (Fused deposition modeling). Сировиною для принтерів які працюють за даною технологією може бути будь-який технічний або інженерний термопласт з температурою плавлення до 300 °С. Похибка виробів виготовлених методом пошарового нанесення пластика на відкаліброваному обладнанні варіюється від 300 до 50 мікрон в залежності від встановленого режиму друку деталі (грубо: низьке, середнє, високе).



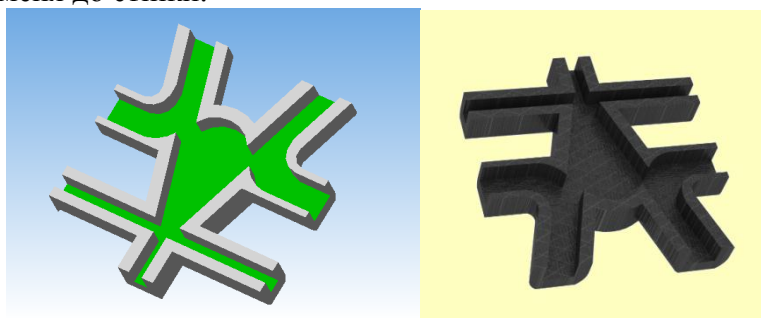
а б в

Рисунок 2 – Приклад різних режимів друку: а - висота шару нанесеного матеріалу 200 мікрон (низька якість); б - висота шару нанесеного матеріалу 100 мікрон (середня якість); в - висота шару нанесеного матеріалу 50 мікрон (висока якість)

Якщо необхідно досягти більшої якості виробів, то конструктивно закладаються допуски на механічну та хімічну обробку. Існує цілий ряд матеріалів (ABS, ABS +, ABS-Flex) які легко обробляються хімічно та механічно. Також існують матеріали (PLA, PET), які можливо використовувати у харчовій промисловості при ремонті і модернізації техніки.

Для вирішення задач виготовлення прототипів корпусів та деталей, які не піддаються під час роботи механічному впливу було обрано матеріал «ABS+», який має менший відсоток лінійної усадки (0,5-1%) у порівнянні з ABS (до 5%) [4].

Було спроектовано та надруковано 3D-модель моностабільного елемента з прилипанням струменя до стінки.



а б

Рисунок 3 – Моностабільний елемент з прилипанням струменя до стінки: а - 3D-модель елемента; б - надрукована деталь на 3D-принтері із висотою шару нанесеного матеріалу 50 мікрон

Надрукований зразок буде в подальшому проходити випробування. Собівартість однієї деталі складає 13 гривень.

Також, 3D-друк дає можливість отримати натурні зразки з різних матеріалів (рис.4), що дозволяє оперативно проводити лабораторно-стендові випробування та приймати рішення.

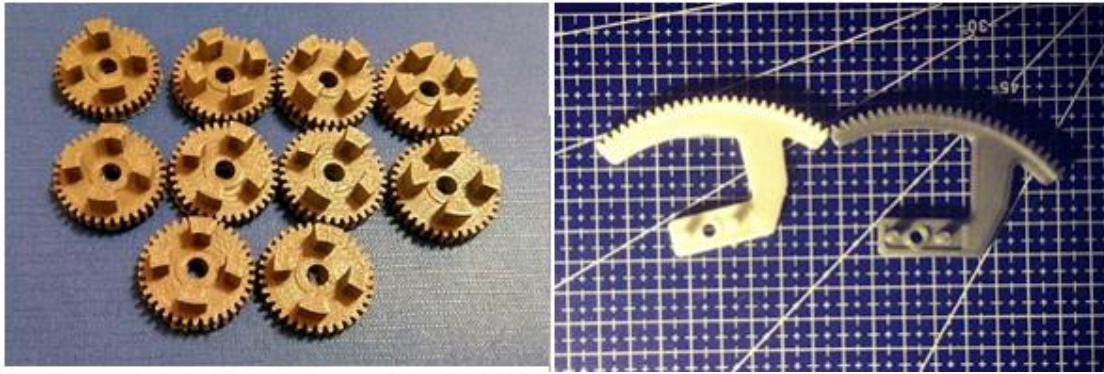


Рисунок 4 – Деталі рухомих з'єднань, виготовлені за допомогою 3D друку

Отже, можемо зробити висновок, що використання 3D-друку для виготовлення експериментальних зразків значно знижує собівартість, скорочує терміни проведення досліджень, що позитивно вплине на подальше обґрунтування рішень та впровадження результатів наукових досліджень.

Список літератури

1. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Проблеми трибології. Том 90 № 4 (2018), с. 65-69.
2. Сучасна електрика, гідравліка і мехатроніка в техніці CLAAS. Семінар компанії Claas: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/seminar-kompanii-claas> (дата звернення 04.04.2019).
3. Глушков В.М., Амосов Н.М., Артеменко І.А. Енциклопедія кібернетики. Том 2. Київ, 1974 . 57 с.
4. Технічні характеристики матеріалу ABS+ та ABS. Monofilament: веб-сайт. URL: <https://monofilament.com.ua/products/standartnye-materialy/abs-plus/abs-plus-naturalnyj> (дата звернення 05.04.2019).

ВПЛИВ ПЕЦИКЛІНГУ НА КОНСТРУКЦІЙНІ ПЛАСТИКИ

О.Д. Деркач, канд. техн. наук, доц.,
Д.О. Макаренко, канд. техн. наук, доц.,

Є.С. Муранов, асп.,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

К.В. Калга,

Комунальний заклад «Центр еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді»

Дніпровської районної ради Дніпропетровської області

Аналіз стану питання. До початку двадцятого століття технологічний прогрес базувався виключно на використанні природних матеріалів – дерева, каменя, металів.

З давніх часів людина використовувала і природні полімери: целюлозу, каучук, шкіру. Синтетичні полімери вперше були отримані тільки в першій половині двадцятого століття і цей час потрібно вважати початком століття синтетичних полімерних матеріалів.

В теперішній час особливе місце в модернізації машин, підвищення їх надійності, зниження металоемності належить пластмасам. Завдяки унікальним можливостям пластмас, удосконалюється конструкція моделі, поліпшується їх якість, знижується собівартість, збільшується продуктивність праці.

При будь-якій господарській діяльності утворюються відходи - промислові та побутові, які можуть бути потенційною сировиною. Відходи виробництва - це залишки сировини, матеріалів, які утворюються в процесі отримання певного продукту і частково, або повністю, втратили свої первісні властивості.

Науково-технічний прогрес в промисловості і зменшення природної сировини можуть змінити існуючу оцінку та роль відходів, і раніше непридатні для подальшого виробництва вони повинні стати економічно вигідною сировиною.

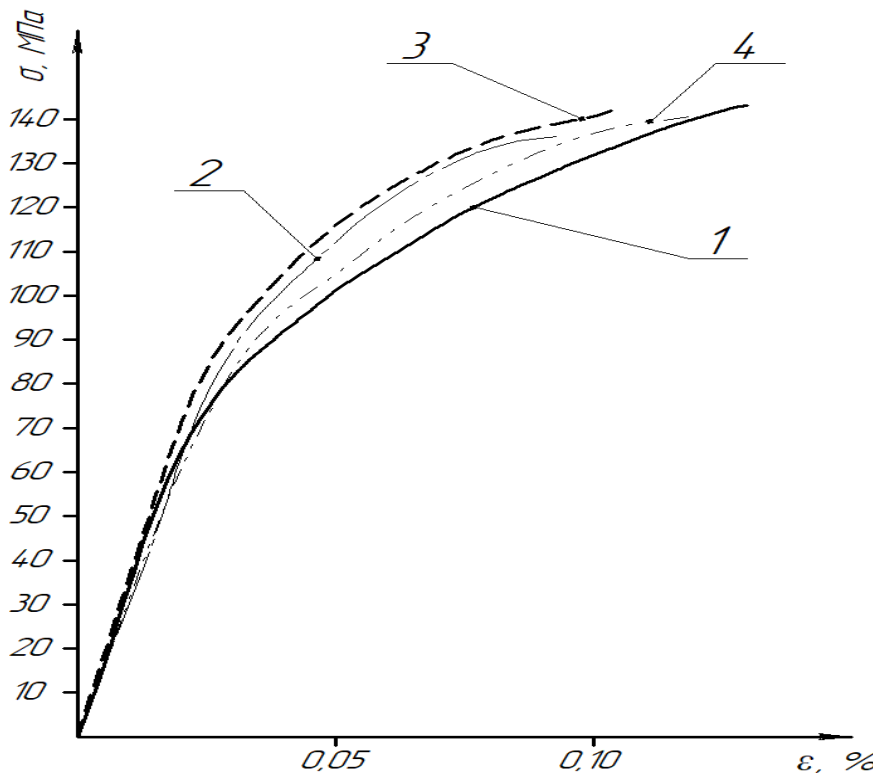
Використання полімерних матеріалів в сільськогосподарському машинобудуванні з кожним роком розширюється, що дозволяє підвищувати надійність техніки, поліпшувати умови праці механізаторів і агротехнічні показники машин, а також зменшити працездатність виготовлення деталей, економити метал, знижувати собівартість виробів. Згідно даних опублікованих в роботах сучасних вчених, об'єм використання пластмас в сільськогосподарських машинах тільки в період з 1970 р по 1980 р підвищився на 140% і в наш час продовжує рости і розширювати межі свого використання.

Проте в даний час проблема переробки відходів полімерних матеріалів набуває актуального значення не тільки з позицій охорони навколишнього середовища, але і пов'язана з тим, що в умовах дефіциту полімерної сировини пластмасові відходи стають потужним сировинним і енергетичним ресурсом.

Використання відходів полімерів дозволяє істотно економити первинну сировину (насамперед нафта) та електроенергію.

Результати досліджень. Для дослідження був вибраний композитний матеріал марки УПА-6-30 з додаванням в нього різної кількості відходів цього матеріалу, а саме в кількості: 10, 50, і 100% мас. Після виготовлення всіх зразків були проведені дослідження властивостей матеріалу.

Для дослідження границі міцності при стисканні використовували зразки циліндричної форми, діаметром 10 і висотою 15 мм. Результати зображені на рисунку 1.



1 – УПА-6-30; 2 – УПА-6-30+10% мас.; 3 – УПА-6-30+50% мас.; 4 – 100% мас.

Рисунок 1 – Результати міцнісних властивостей досліджуваних композицій

Суть методу визначення ударної в'язкості заключалась у випробуванні, при якому зразок, лежачи на двох опорах (відстань між опорами 40 мм), руйнується при ударі маятника, причому лінія удару посередині між опорами. Прилад фіксує значення енергії удару для руйнування зразка (кДж/м²).

Аналізуючи значення відносної деформації можна зробити висновок, що з додаванням матеріалу після вторинної переробки властивості не значно відрізняються від базового (УПА-6-30).

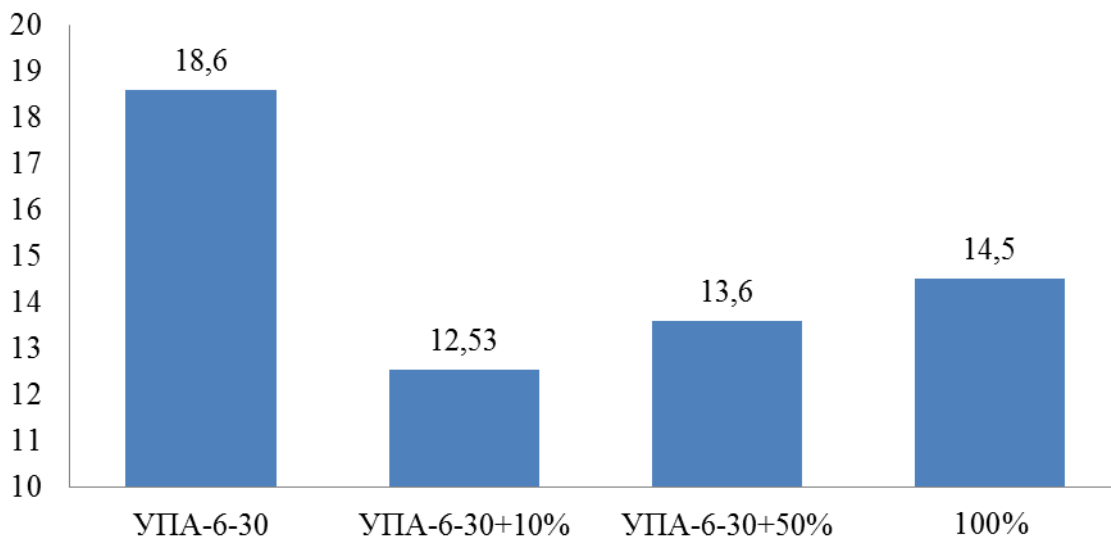


Рисунок 2 – Відносна деформація, %

Щодо границі текучості то можна сказати, що з додаванням матеріалу після вторинної переробки спостерігається тенденція до зниження цього показника від 6% до 8%.

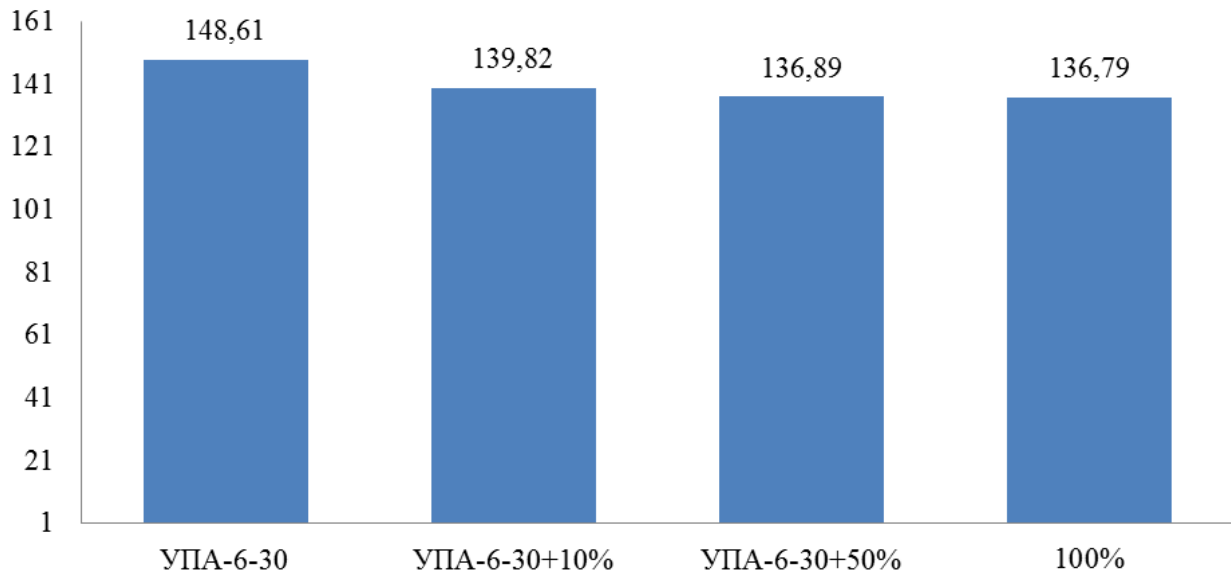


Рисунок 3 – Границя текучості досліджуваних зразків, МПа

По отриманих результатах перевірки ударної в'язкості можна спостерігати, що з додаванням до базового матеріалу 50% мас. матеріалу після вторинної переробки, ударна в'язкість знаходиться ближче до чистого базового ніж інші (УПА-6-30+10% і 100% мас.). Це пояснюється зшиванням в'язучого. Результати досліджень ударної в'язкості показані на рис.4.

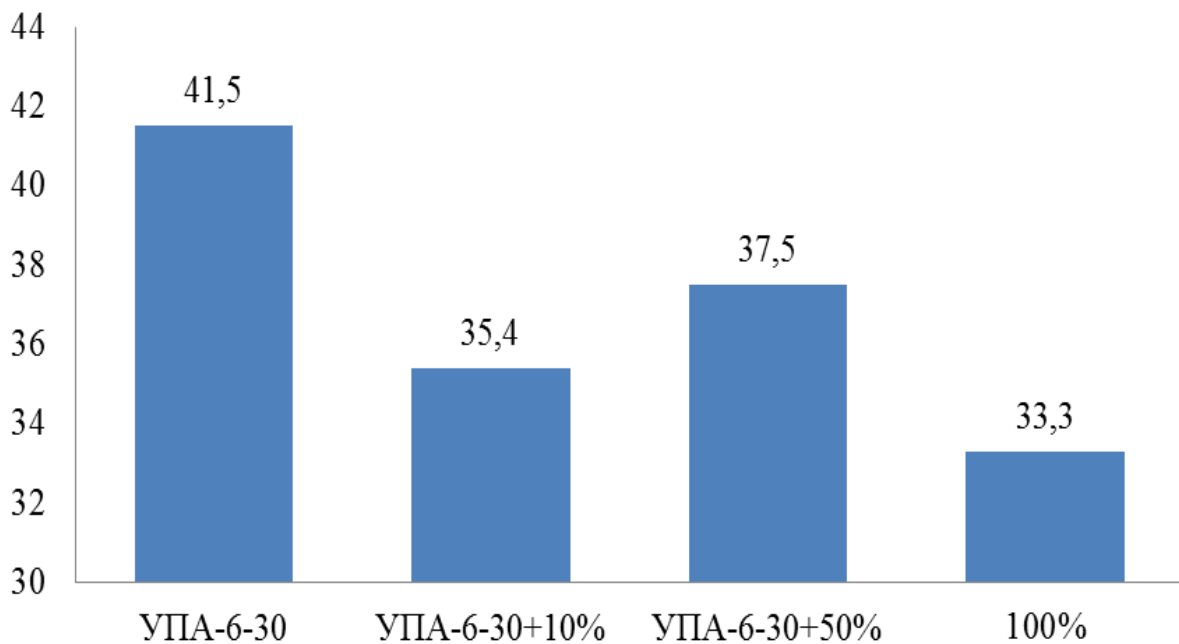


Рисунок 4 – Результати вимірювання ударної в'язкості кДж/м²

Висновки:

В ході досліджень композитного матеріалу марки УПА-6-30 та його відходів встановлено, що з додаванням до базового матеріалу (УПА-6-30) матеріалу після вторинної переробки фізико-механічні властивості змінюються у бік зменшення та знаходяться в межах від 6 до 8%, що підтверджує поставлену мету.

Практичне застосування

Після проведених досліджень можна стверджувати, що є доцільним повторне використання матеріалу УПА-6-30 для виготовлення нових деталей та з додаванням його в

різній кількості до базового. Дане твердження доведено дослідженнями викладеними вище, тим самим зберігаючи екологічну ситуацію в країні та зменшивши витрати енергії на переробку.

Список літератури

1. Деркач О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2006. – 20С.
2. Макаренко Д.О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Центральноукраїнський національний технічний університет – Кропивницький, 2018. – 20 С.
3. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях: Монография. – М.: Химия, 1982. – 220 с.
4. Кестельман Н.Я. Термическая обработка полимерных материалов в машиностроении. М.: Машиностроение, 1968, – 266 с.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СИСТЕМИ ШЛАКОВИДАЛЕННЯ КОТЛІВ ТЕЦ

В.В. Юрків, студ.,
Д.Л. Луцак, канд. техн. наук, доц.,
П.М. Присяжнюк, канд. техн. наук, доц.,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Система шлаковидалення котлів ТЕЦ призначена для видалення продуктів згорання твердого палива, які поступають безпосередньо з днища котла. Видалення вказаних продуктів згорання є одним з важливих етапів процесу отримання теплової енергії, адже він впливає на ефективність роботи як котлів так і ТЕЦ в цілому. Шлаковий транспортер є невід'ємною складовою частиною системи шлаковидалення, що призначений для приймання та подальшого транспортування шлаку та золи, що неперервно поступають з камер згорання котлів [1]. Таким чином, підвищення зносостійкості розглянутого обладнання є актуальною проблемою, оскільки заміна шнеків (рис. 1), що є основними робочими органами шлакотранспортера, супроводжується простим усієї парогенеруючої системи, що в свою чергу призводить до скорочення продуктивності ТЕС в цілому та до зростання собівартості виробленої енергії.

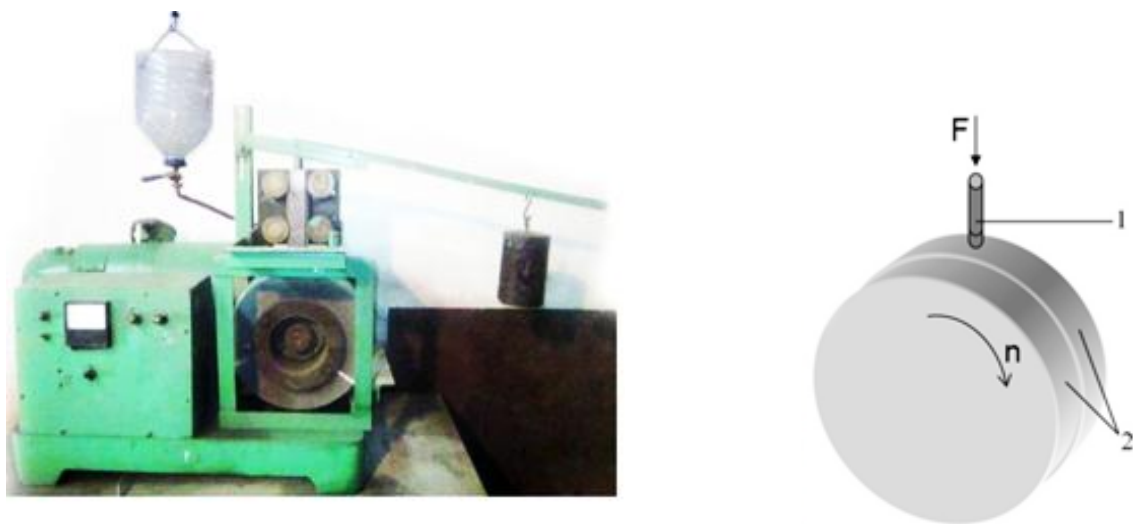


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд відпрацьованого шнека шлакотранспортера системи шлаковидалення котлів ТЕЦ

Основні технічні характеристики системи шлаковидалення наступні: продуктивність системи – 4 м³/год; частота обертання шнека – 4,0 об/хв; довжина шнека – 5000 мм; діаметр спіралі шнека – 600 мм, матеріал валу шнека – сталь 40Х.

В результаті проведеного аналізу умов роботи шлакотранспортера було встановлено, що основними видами зношування його робочих органів є гідроабразивне, корозійне та утомне зношування. Аналіз можливих технологій зміцнення робочих поверхонь шнека шлакотранспортера показав, що оптимальною технологією є електродугове наплавлення, яке характеризується високою продуктивністю, можливістю нанесення металевого покриття значної товщини та відносною низькою вартістю обладнання для реалізації даної технології.

З метою вибору оптимального наплавлювального матеріалу було проведено лабораторні дослідження з визначення відносної зносостійкості серійних наплавлювальних матеріалів вітчизняного та закордонного виробництва, що призначені для експлуатації в умовах абразивного зношування. Дослідження проводили з використанням установки МТ-1 (рис. 2), що реалізує тертя ковзання досліджуваного зразка по боковій поверхні абразивного круга. При цьому методика випробувань передбачала попереднє притирання всіх зразків на крузі №2 до повного контакту поверхонь зразка і круга та послідує проведення випробувань на крузі №1 з прикладеним навантаженням. Виготовлення дослідних зразків проводилось з використанням графітових півформ, що запобігають витіканню металу зварювальної ванни під час наплавлення.



а
б
1 – досліджуваний зразок; 2 – абразивні круги (№1 та №2)

Рисунок 2 – Загальний вигляд (а) та схема (б) установки МТ-1

Перелік досліджуваних серійних наплавлювальних матеріалів наведено в таблиці 1. Переважна більшість даних матеріалів представляють собою високохромисті наплавлювальні матеріали на основі заліза, що забезпечують формування покриттів з грубодисперсними структурними складовими евтектичного типу, які володіють низькою тріщиностійкістю. Це не дозволяє забезпечити високої стійкості в умовах абразивного зношування. Крім того, мікротвердість карбідів хрому, що становить 16-18 ГПа, є однією з найнижчих серед карбідів перехідних металів IV-VI груп періодичної системи хімічних елементів, а розчинення заліза в карбідах хрому при напавленні додатково її знижує [2].

Таблиця 1 – Перелік досліджуваних серійних наплавлювальних матеріалів

Марка матеріалу	Система легування	Виробник
T-590	<i>Fe-Cr-C-B-Mn</i>	ПлазмаТек, Україна
ESAB ОК 84.80	<i>Fe-Cr-Mo-Nb-W-C</i>	ESAB, Швеція
Lastek 2400	<i>Fe-Cr-V-Mn</i>	Lastek Belgium NV, Бельгія
ЕП-ТБ-1-6	<i>Fe-Cr-C-B</i>	Епсілон ЛТД, Україна
ЕП-ТБ-2-40	<i>Fe-Ti-Cr-B-C</i>	Епсілон ЛТД, Україна

Результати проведених досліджень (рис. 2) показали, що найвищим значенням зносостійкості володіють покриття, напавлені електродами марки ЕП-ТБ-2-40. Мікроструктура вказаних покриттів характеризується наявністю карбідів титану та карбоборидів хрому, що рівномірно розподілені в евтектичній матриці. Дані тугоплавкі сполуки утворюються в результаті реалізації процесу самопоширюваного високотемпературного синтезу в порошковому осерді наплавлювального матеріалу під

тепловим впливом електричної дуги [3]. Твердість наплавленого покриття становить 62-65 HRC. Таким чином, дані покриття можуть ефективно експлуатуватись в умовах абразивного зношування.

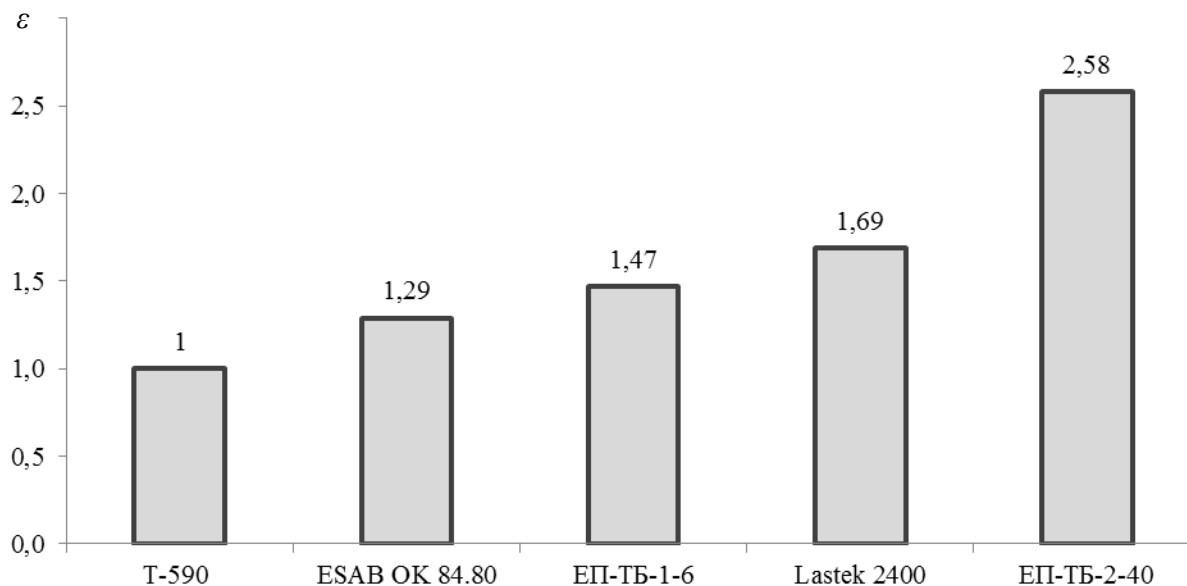


Рисунок 2 – Результати лабораторних досліджень з визначення відносної зносостійкості ϵ наплавлених покриттів

На основі отриманих результатів досліджень було розроблено технологічний процес зміцнення шнеків шлакоотпортера з використанням наплавлюваних матеріалів марки ЕП-ТБ-2-40. Даний технологічний процес передбачає 8 операцій, включаючи проміжний та вихідний контроль з метою виключення браку деталей, що підлягають наплавленню. Проведені промислові випробування шнеків шлакоотпортера, що були зміцнені згідно розробленої технології, підтвердили її ефективність. Зокрема було встановлено підвищення стійкості вказаних робочих органів в 2,1 раз в порівнянні з шнеками, що наплавлялись матеріалом марки Т-590.

Список літератури

1. Жихар, Г. И. Котельные установки тепловых электростанций : учебное пособие для вузов / Г. И. Жихар. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 523 с..
2. Бережний С. П. Зносостійкість сплавів, відновлення та зміцнення деталей машин / С.П. Бережний, О.С. Капустін, В.В. Наумик. – Запоріжжя: Мотор Січ, 2006. – 420 с.
3. Луцак Д. Л. Застосування самопоширюваного високотемпературного синтезу в технологіях нанесення зносостійких / Д. Л. Луцак, Я. А. Криль, О. В. Пилипченко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2015. – № 2(55). – С. 43-50.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ ШЕСТЕРЕННОЇ ГІДРОМАШИНИ

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

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

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

Центральноукраїнський національний технічний університет

Незважаючи на тривалу історію розвитку і значну кількість досліджень в напрямку удосконалення шестеренних гідромашин [1 - 4], до сих пір не поясненими залишаються ряд особливостей їх роботи. До цих особливостей слід віднести: утворення і зміну геометричних параметрів відсіченої порожнини, зменшення робочого об'єму в порівнянні з очікуваним значенням, нарешті, причини виникнення пульсації подачі і тиску.

Пояснити ці процеси можливо наявністю відносного ковзання робочих сторін евольвентних профілів зубів шестерень один відносно одного [5, 6]. І, якщо для звичайного зубчатого зачеплення це явище впливає, хіба що, на знос евольвентних робочих профілів [5, 6], то в шестеренних гідромашинах ця особливість роботи зубчатого зачеплення має більш істотний вплив на характер руху робочої рідини.

В наукових працях дана особливість роботи евольвентного зачеплення з незрозумілих причин не враховується при розробці математичних моделей роботи шестеренних гідромашин. Результати досліджень цього питання дозволять надати подальшого розвитку теорії шестеренних гідромашин.

Основні напрямки теоретичних досліджень наступні:

- дослідження характеру подачі з урахуванням вищевикладених особливостей в роботі шестеренних гідромашин;
- дослідження особливостей зміни відсіченої порожнини;
- дослідження пульсації подачі і тиску;
- дослідження динаміки навантаження на підшипники насоса і мотора;
- дослідження динаміки крутного моменту, що розвивається шестеренним гідромотором;
- дослідження потужності, що розвивається шестеренним гідромотором.

Виконання досліджень за вказаними напрямками проводили шляхом використання традиційного математичного апарату: геометрії, тригонометрії та теорії евольвентного зубчастого зачеплення.

Отже, знайдемо взаємозв'язок між кутом повороту ведучої шестерні φ_1 і кутами повороту радіусів ρ_1 і ρ_2 (рис. 1).

Такий взаємозв'язок може бути отриманий з визначення евольвенти [5 - 10].

Для ведучої шестерні можливо записати вираз з урахуванням інволюти кута [10]

$$\chi_1 = \varphi_1 + \operatorname{inv}\alpha - \operatorname{inv}\chi_1. \quad (1)$$

Розкривши поняття інволюти, $\operatorname{inv} x = \operatorname{tg} x - x$ отримаємо:

$$\chi_1 = \varphi_1 + \operatorname{tg}\alpha - \alpha - \operatorname{tg}\chi_1 + \chi_1, \quad (2)$$

$$\chi_1 = \operatorname{arctg}(\varphi_1 + \operatorname{tg}\alpha - \alpha) \quad \text{або} \quad \chi_1 = \operatorname{arctg}(\varphi_1 + \operatorname{inv}\alpha). \quad (3)$$

З (2) можемо отримати і залежність φ_1 від χ_1

$$\varphi_1 = \operatorname{tg}\chi_1 - \operatorname{tg}\alpha + \alpha \quad \text{або} \quad \varphi_1 = \operatorname{tg}\chi_1 - \operatorname{inv}\alpha. \quad (4)$$

Аналогічно, встановимо залежність між кутами χ_2 і φ_2 .

$$\chi_2 = \varphi_2 - \operatorname{inv}\chi_2 + \operatorname{inv}\alpha. \quad (5)$$

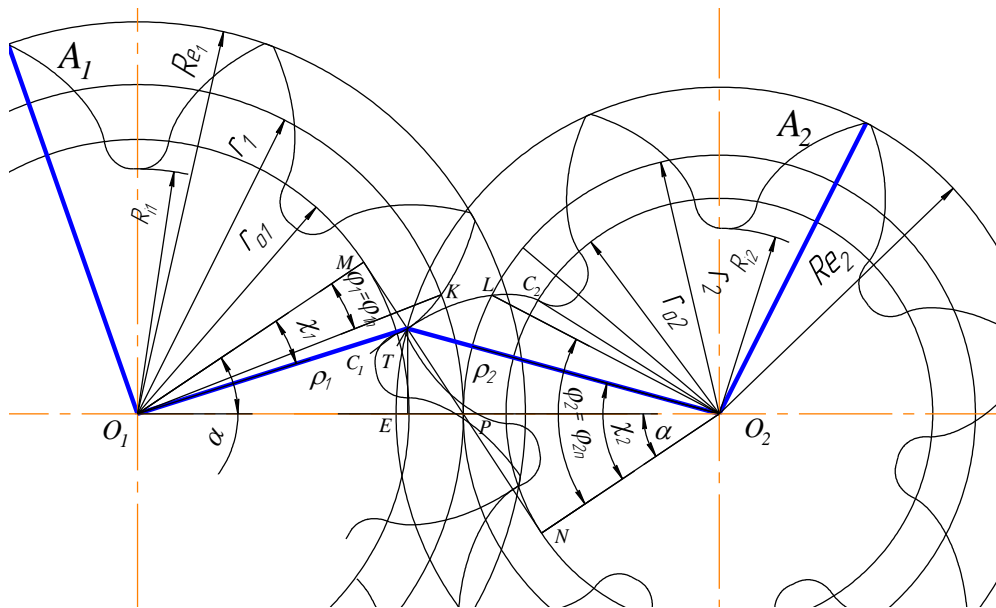


Рисунок 1 - Схема зубчастого зачеплення шестеренної гідромашини

З урахуванням поняття інволюти з (5), отримаємо:

$$\chi_2 = \varphi_2 - \text{tg}\chi_2 + \chi_2 + \text{tg}\alpha - \alpha \quad (6),$$

$$\chi_2 = \text{arctg}(\varphi_2 + \text{tg}\alpha - \alpha) \quad \text{або} \quad \chi_2 = \text{arctg}(\varphi_2 + \text{inv}\alpha) \quad (7)$$

З (6) можемо отримати і залежність φ_2 від χ_2

$$\varphi_2 = \text{tg}\chi_2 - \text{tg}\alpha + \alpha \quad (8)$$

$$\text{або} \quad \varphi_2 = \text{tg}\chi_2 - \text{inv}\alpha \dots \dots \dots (9)$$

Була отримана залежність кута χ_2 (7) від змінної φ_2 . Знайдемо залежність кута χ_2 від змінної φ_1 , тобто залежність виду $\varphi_2(\varphi_1)$. Для цього, скористаємося поняттям передавального відношення, в результаті отримаємо

$$\varphi_2(\varphi_1) = \alpha + \frac{(\alpha - \varphi_1)}{i} \quad (10)$$

Для зубчастого зачеплення з шестернями з однаковим числом зубів $i = 1$, а тому

$$\varphi_2(\varphi_1) = 2\alpha - \varphi_1 \quad (11)$$

Тоді, залежність (7) можливо представити для загального випадку у вигляді:

$$\chi_2(\varphi_1) = \text{arctg}\left[\frac{(\alpha - \varphi_1)}{i} + \text{tg}\alpha\right] \quad \text{або} \quad \chi_2(\varphi_1) = \text{arctg}\left[\alpha + \frac{(\alpha - \varphi_1)}{i} + \text{inv}\alpha\right]. \quad (12)$$

Для шестерень з однаковим числом зубів $i = 1$ і залежності (12), можливо переписати у вигляді:

$$\chi_2(\varphi_1) = \text{arctg}(\alpha - \varphi_1 + \text{tg}\alpha) \quad \text{або} \quad \chi_2(\varphi_1) = \text{arctg}[2\alpha - \varphi_1 + \text{inv}\alpha] \quad (13)$$

Далі, знайдемо залежності довжин радіусів ρ_1 і ρ_2 від положення точки зачеплення на лінії зачеплення MN (рис. 1) і від кута повороту ведучої шестерні φ_1 . Це положення можливо визначити лінійною координатою на лінії зачеплення MN - $x = PT$ [9, 10]. В результаті отримаємо:

$$\rho_1 = \sqrt{(r_{01} \text{tg}\alpha - r_{01}(\alpha - \varphi_1))^2 + r_{01}^2}. \quad (14)$$

$$\rho_2 = \sqrt{(r_{02} \text{tg}\alpha + r_{02}(\varphi_2 - \alpha))^2 + r_{02}^2}. \quad (15)$$

Залежності (14) і (15) можливо переписати у вигляді:

$$\rho_1 = r_{01} \sqrt{(\text{tg}\alpha - \alpha + \varphi_1)^2 + 1}. \quad (16)$$

$$\rho_2 = r_{02} \sqrt{(\text{tg}\alpha + \varphi_2 - \alpha)^2 + 1}. \quad (17)$$

Вираз (17) можливо записати в залежності від φ_1 у вигляді

$$\rho_2 = r_{02} \sqrt{\left(\operatorname{tg} \alpha + \frac{(\alpha - \varphi_1)}{i} \right)^2 + 1}. \quad (18)$$

Таким чином, були отримані залежності для визначення радіусів ρ_1 і ρ_2 (14 - 18) і кутів їх повороту χ_1 і χ_2 .

Іноді необхідно мати залежності, які б відображали взаємозв'язок між радіусами ρ_1 і ρ_2 і кутами їх повороту χ_1 і χ_2 .

З прямокутного трикутника $\triangle O_1MT$ маємо

$$\rho_1 = \frac{r_{01}}{\cos \chi_1}. \quad (19)$$

Аналогічно, з прямокутного трикутника $\triangle O_2NT$, маємо

$$\rho_2 = \frac{r_{02}}{\cos \chi_2}. \quad (20)$$

Далі, визначимо іншу форму запису виразів для довжин і кутів повороту χ_1 і χ_2 радіусів ρ_1 і ρ_2 .

І, навпаки, знаючи довжину радіусів ρ_1 і ρ_2 , Можливо знайти кути їх повороту χ_1 і χ_2 у вигляді:

$$\chi_1 = \arccos \frac{r_{01}}{\rho_1}. \quad (21)$$

$$\chi_2 = \arccos \frac{r_{02}}{\rho_2}. \quad (22)$$

Висновки.

1. Аналіз джерел науково-технічної інформації показав, що в існуючих моделях робочого процесу шестеренних гідромашин не враховано особливості евольвентного зубчастого зачеплення, яка полягає в тому, що евольвентні профілі зубів в своєму русі виконують взаємне ковзання.

2. Для вивчення цієї особливості була поставлена і успішно вирішена задача визначення залежностей кутів повороту χ_1 і χ_2 радіусів ρ_1 і ρ_2 , що з'єднують осі обертання шестерень з точкою зачеплення T від кута повороту ведучої шестерні φ_1 або координати положення точки зачеплення зубів T на лінії зачеплення. При цьому, враховано проковзування евольвентних профілів зубів шестерень.

3. Знайдені залежності довжин радіусів ρ_1 і ρ_2 , що з'єднують осі обертання шестерень з точкою зачеплення T , від кута повороту ведучої шестерні φ_1 або координати положення точки зачеплення зубів T на лінії зачеплення.

4. Отримані вирази дозволять удосконалити існуючі математичні моделі руху робочої рідини в шестеренних гідромашинах, що дасть можливість досліджувати ряд процесів в гідромашинах, а саме:

- характер подачі з урахуванням розглянутих особливостей в роботі шестеренних гідромашин;
- особливості зміни відсіченої порожнини;
- пульсацію тиску і подачі робочої рідини;
- характер зміни навантаження на підшипники насоса і мотора;
- характер зміни крутного моменту, що розвивається шестеренним гідромотором;
- характер зміни потужності, що розвивається шестеренним гідромотором.

Список літератури

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: [справочное пособие] / Башта Т.М. – М.: Машиностроение, 1977. – 672 с.
2. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем: [учебник для вузов] / Башта Т.М. – М.:Машиностроение, 1974.– 606 с.
3. Кулешков Ю.В. Дослідження поведінки математичної моделі питомого робочого об'єму шестеренного насоса типу НШ від параметрів зубчастого зачеплення. / Кулешков Ю.В., Черновол М.І., Руденко Т.В. Гуцул В.І., Осін Р.А. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація Випуск 23 Кіровоград 2010, С. 278 – 390.
4. Кулешков Ю.В. Повышение удельной подачи шестеренного насоса. / Кулешков Ю.В., Руденко Т.В. Осин Р.А. // MOTROL Motorization and Power Industry in Agriculture/ Volume 11A/ Simferopol – Lublin 2009. S. 193 – 206.
5. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / Артоболевский И. И. – [4-е изд. перераб. и доп.] – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с. Артоболевский]. Понимание этой особенности позволит по-новому взглянуть на работу шестеренных гидромашин.
6. Гавриленко В.А. Основы теории эвольвентной зубчатой передачи. / Гавриленко В.А. М., «Машиностроение», 1969.- 431 с.
7. Чиняев И.А. Роторные насосы: [справочное пособие] / Чиняев И.А. – Л.: Машиностроение, 1969. – 216 с.
8. Основы теории и конструирования объемных гидropередач / [Кулагин Л.В., Демидов Ю.С., Прокофьев В.Н., Кондаков А.А.]; под ред. д.т.н., проф. В.Н Прокофьева. – М.: Высшая школа, 1968. – 399 с.
9. Рыбкин Е.А., Усов А.А. Шестеренные насосы для металлорежущих станков. – М.: Машгиз, 1960. – 189 с.
10. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. – М.: Машиностроение, 1964. – 236 с.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТИПІВ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ КОНТАКТНОГО НАВАРЮВАННЯ ПОКРИТТІВ

М.В. Красота, канд. техн. наук, доц.,

Р.А. Осін, канд. техн. наук, доц.,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Одними з високоефективних технологічних методів відновлення та зміцнення поверхонь деталей вважаються контактні методи [1]. Вони засновані на принципі контактного точкового або шовного зварювання, у результаті чого є можливість формувати тонкі, рівні, термомеханічно зміцнені шари металопокриття, що не вимагають наступної термічної обробки.

Як присадочні матеріали при нанесенні покриттів контактними методами можуть застосовуватися дроти, порошки та стрічки.

Найбільш доступним і дешевим матеріалом є сталеві дроти, що випускаються металургійною промисловістю в самій широкій номенклатурі діаметрів і хімічних складів, область застосування яких досить широка.

Спосіб контактного наварювання дротів, або КНД, ефективно застосовується для відновлення більшості валів автомобільної, сільськогосподарської техніки, дорожніх машин, що працюють як на зношування, так і при динамічних і повторно-змінних навантаженнях. Виключення становлять важко навантажені колінчаті вали, особливо великі, тобто діаметром більш 120-150 мм, а також деталі із зносами робочих поверхонь більш 0,8-1 мм на сторону. Собівартість відновлення виробів за допомогою КНД не перевищує 20-40 відсотків нових при рівному ресурсі [2].

Для нанесення покриттів можуть використовуватися як суцільнометалеві так і композиційні порошкові дроти [2, 3].

Оболонка порошкового дроту захищає матеріал від надмірного окислення при нагріванні, створює напружений стан близький до всебічного стиску, попереджує електророзрядний процес, який призводить до перегріву та розплавлення частинок. Вона також сприяє нагріванню та попередньому ущільненню порошкового шару до проходження електричного струму через порошок під час контактного наварювання. Це дозволяє уникнути передчасного зварювання частинок між собою та підвищити щільність покриття.

Достатня електропровідність є однією з основних вимог, що висуваються до матеріалів, які наносяться КНД. Тому, для виготовлення зносостійкого композиційного покриття у якості керамічного наповнювача, використовують технічну кераміку переважно карбіди та оксиди. Крім високої твердості та зносостійкості, ці матеріали мають значно вищу електропровідність у порівнянні, наприклад, з оксидами чи нітридами.

Застосування порошкових зносостійких матеріалів при контактному наварюванні нанесенні покриття дає великий технічний і економічний ефект: як правило підвищуються надійність і ресурс вузлів тертя, враховуючи характерні для цих матеріалів високі допустимі питомі навантаження при терті спряжених робочих поверхонь [5].

Для одержання покриття методом електроконтактного наварювання порошків (КНП) можуть застосовуватися різні матеріали:

- однокомпонентні порошки з легованих сплавів або порошки, що використовуються в порошковій металургії. Порошки, їх суміші і пасти повинні мати заданий хімічний і оптимальний гранулометричний склад, (відсутність сепарації окремих елементів), гарні технологічні властивості (сипучість, пресуємість, електропровідність);

- порошкові суміші, які можуть бути дво або багатокомпонентні і складаються з різних металевих і неметалевих порошків. У сумішах в якості зміцнюючого компоненту

служує один або декілька порошоків тугоплавких з'єднань. В якості зв'язуючого матеріалу застосовують чисті порошки заліза, кобальту, міді;

- пасти-лігатури, які виготовляють замішуванням на якій-небудь зв'язуючій основі (гліцерині, спирті тощо) порошоків різних легуючих компонентів. Їх зручно використовувати для нанесення на поверхні заготовок зі складною конфігурацією;

- сумісне застосування порошкової шихти і пасти лігатури. В цьому випадку досягається багат шарова будова навареного шару, що важливо для деталей у яких ріжуча кромка повинна самозаточуватися;

- композиційні порошкові матеріали.

Одним з видів застосовуваних як присадочних матеріалів, для відновлення деталей контактної наварюванням, є стрічки з різних марок сталей, а також порошкові стрічки. Перевага таких матеріалів - дуже мала початкова пористість, а також підвищена продуктивність наварювання.

Поряд з перевагами спосіб контактного наварювання стрічок має наступні недоліки [6]: при наварюванні стрічок на оптимальних режимах часто не вдається виключити дефекти у вигляді тріщин, викришувань навареного шару; у зоні контакту стрічки з деталлю практично відсутня пластична деформація присадочного металу, що є обов'язковою умовою якісного з'єднання металів у твердій фазі; фазові й структурні перетворення, що відбуваються на поверхнях деталей при контактному наварюванні, супроводжуються значними об'ємними змінами матеріалу, що приводить до виникнення залишкових напружень і інші недоліки.

Вибір того чи іншого матеріалу для контактного наварювання визначається конкретними умовами роботи і конструктивними особливостями деталі, що відновлюється або зміцнюється. Отже, при виборі того чи іншого матеріалу для контактного наварювання слід керуватися експлуатаційними характеристиками отриманого покриття, економічними чинниками, такими як вартість матеріалу, а також продуктивністю процесу з використанням конкретного виду матеріалу.

Список літератури

1. Э.С. Каракозов Состояние и перспективы восстановления деталей электроконтактной приваркой материалов/ Э.С. Каракозов, Р.А. Латыпов, Б.А. Молчанов - М.: Информагротех, 1991. 85 с.
2. В.В. Булычев Восстановление циклически нагруженных валов с применением процесса электроконтактной наварки проволокой/ В.В. Булычев, И.Н. Зыбин, В.В. Зезюля // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: Материалы 7 – й международной практической конференции – выставки. Санкт – Петербург. 2005. С. 24 – 28.
3. І.Ф. Василенко. Дослідження властивостей композиційних покриттів, нанесених контактним наварюванням порошкових дротів// Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. КНТУ, 2014, вип. 27, - с. 60-67.
4. Н.Н. Дорожкин. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками. – Минск: Наука и техника, 1975, - 152 с.
5. Лопата Л.А., Красота М.В. Застосування композиційних дифузійно-легованих порошоків при відновленні деталей машин електроконтактним припиканням/ Л.А. Лопата //Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково технічний збірник. - Кіровоград, КДТУ, 2001 - Вип. 30. - с. 165-169.
6. Юферов, К. В. Влияние режимов электроконтактной приварки высокоуглеродистой стальной ленты на качество покрытия / К. В. Юферов // Труды ГОСНИТИ. – 2012. – Т. 109, Ч. 2. С. 47–5.

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ТОПЛИВОПОДАЧИ НА ДВИГАТЕЛЯХ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «УКХ
«МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД»**

Л.Г. Сапун,
А.В. Захаров, канд.техн. наук, доц.,
И.О. Захарова,
Т.А. Варфоломеева,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Необходимость обеспечения низкого расхода топлива, снижения эмиссии вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) и бесшумной работы двигателя предъявляет очень высокие требования к двигателю и системе впрыска топлива. Эти требования могут быть выполнены, главным образом, организацией работы системы впрыска топлива, которая должна мелкодисперсно распылять топливо форсунками при высоком давлении впрыска. При этом количество впрыскиваемого топлива очень точно дозируется, а форма характеристики впрыска – строго выдерживаться, включая предварительный впрыск, основной и т.д.

Результаты совместных исследований с фирмой Robert Bosch GmbH позволили адаптировать топливную аппаратуру этой фирмы для двигателей производства ОАО «УКХ «Минский моторный завод» (ММЗ).

Из нескольких топливоподающих систем различного типа была выбрана система топливоподачи Common Rail. Основной её особенностью является наличие аккумулятора высокого давления топлива – «рэйла». Данная система оказалась наиболее приемлемой для двигателей ММЗ, так как при большой универсальности может применяться без существенных изменений конструкции двигателя [1].

Система Common Rail Bosch подразделяется на три системных блока: 1 – датчики и задающие устройства, 2 – блок управления, 3 – исполнительные механизмы рисунок 1.

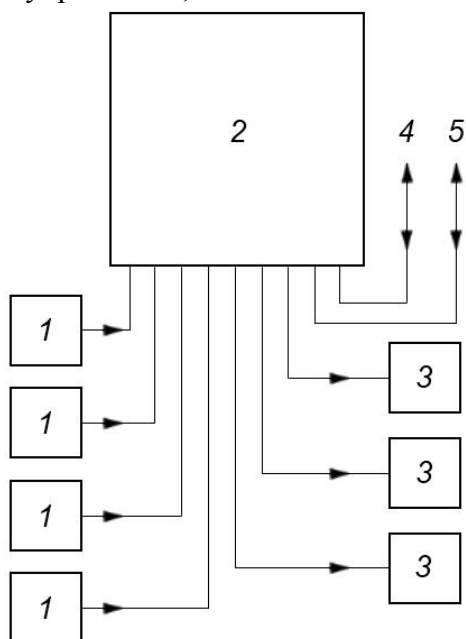


Рисунок 1 – Структурная схема аккумуляторной системы топливоподачи

1. Датчики и задающие устройства регистрируют условия эксплуатации (например, частоту вращения коленчатого вала двигателя) и задаваемые величины (например, положение клапана рециркуляции). Они преобразуют физические величины в электрические сигналы.

2. Электронный блок управления (ЭБУ) обрабатывает сигналы датчиков и задающих устройств по определённым программам, реализующим алгоритмы управления и регулирования. ЭБУ управляет исполнительными механизмами с помощью электрических выходных сигналов. Кроме того, блок управления взаимодействует с другими системами транспортного средства 4, а также участвует в диагностике 5 системы управления.

3. Исполнительные механизмы преобразуют электрические выходные сигналы блока управления в действие механических устройств.

Аккумуляторная система топливоподачи Common Rail позволяет обеспечить более широкие, в отличие от вариантов с механическим регулятором топливного насоса высокого давления, требования по впрыску топлива:

- повышенное давление впрыскивания (1600...1800 Бар и выше);
- изменяемый момент начала впрыскивания;
- регулирования давления впрыскивания (230...1800 Бар) в зависимости от условий эксплуатации.

Аккумуляторная система топливоподачи Common Rail включает в себя:

- контур низкого давления, а также агрегаты подачи топлива;
- контур высокого давления, включая топливный насос высокого давления топливный аккумулятор высокого давления, форсунки и топливопроводы высокого давления;
- систему электронного регулирования работы двигателя, датчики управления и исполнительные механизмы;
- системы подачи воздуха и отводы отработавших газов.

Действие аккумуляторной системы впрыска топлива основано на разделении процесса создания высокого давления и процесса впрыскивания. Непрерывно работающий топливный насос высокого давления с приводом от дизеля создаёт необходимое давление впрыскивания, обеспечивая постоянную величину давления в топливном аккумуляторе независимо от частоты вращения коленчатого вала и расхода топлива. Регулирование давления происходит с помощью клапана. Топливо по топливопроводам высокого давления поступает к форсункам, которые впрыскивают его непосредственно в камеру сгорания цилиндров двигателя. Система электронного регулирования работы двигателя отдельно управляет работой всех узлов.

Установка аккумуляторной системы топливоподачи Common Rail Bosch на двигателях ОАО «УКХ ММЗ» началась преимущественно с автомобильных четырехцилиндровых двигателей [2]. Модернизация системы питания автомобильного дизеля, например Д-245.12С по предварительным расчетам позволит за счет оптимизации угла опережения впрыска и разделения цикловой подачи на четыре впрыска, повысить эффективную мощность двигателя на 8-9%, удельный эффективный расход топлива снизить на 3%. Показателей токсичности по выбросам CO, CH, NOx достичь соответствия правилу Евро-2 таблица 1.

Таблица 1 – Сравнительных показателей серийного и модернизированного двигателя

Мотор	Эффективная мощность N _e . кВт	Удельный эффективный расход топлива g _e , г/кВт·ч	Стандарт по токсичности выбросов	NOx	CO	CH	PT
Д-245.12С	80	236	Евро-0	11,8	2,1	0,46	-
Д-245.12СМ	88	229	Евро-2	7	4	1,1	0,15

На рисунке 2 представлена внешняя скоростная характеристика дизеля с аккумуляторной системой топливоподачи.

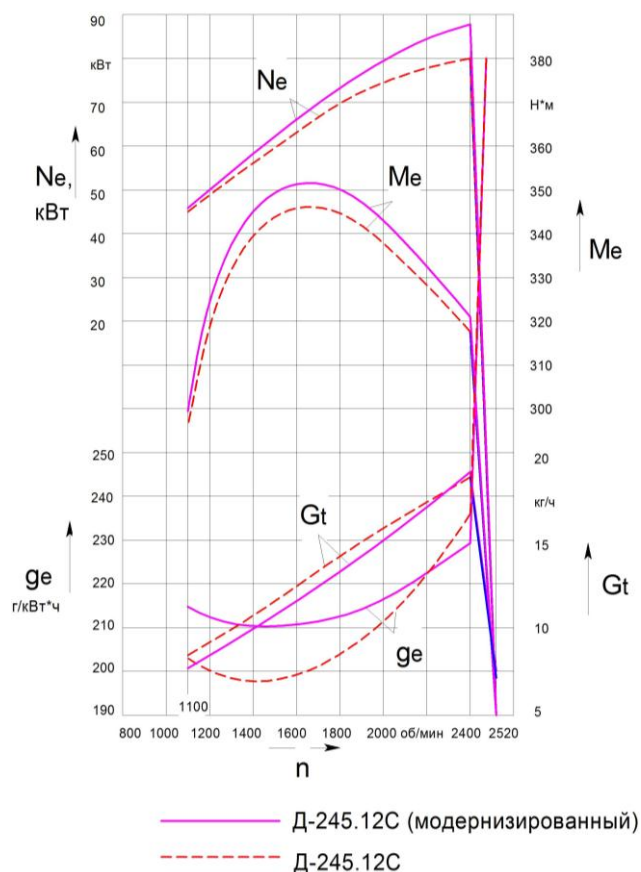


Рисунок 2 - Внешняя скоростная характеристика дизеля

Выводы

Внедрение аккумуляторной системы топливоподачи Common Rail Bosch на современных двигателях ММЗ позволяет увеличить ресурс благодаря более «мягкому» процессу сгорания топлива в цилиндре. Датчики электронной системы управления контролируют давление и температуру масла, температуру охлаждающей жидкости, а также частоту вращения коленчатого вала двигателя. Это позволяет предотвратить выход из строя двигателя при возникновении внештатной ситуации путём прекращения подачи топлива (остановки двигателя). Применение форсунки с быстродействующим электромагнитным клапаном позволяет увеличить скорость срабатывания, точность дозирования и управления процессом впрыска топлива. В результате этих мер повышаются топливно-экономические и мощностные показатели двигателя, уменьшается токсичность отработавших газов.

Список литературы

1. Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail. Учебное пособие / Перевод с английского. – М. ЗАО «Легион – Автодата», 2014 – 94.с: пл.
2. Сапун Л.Г., Журавский Е.Ю. Аккумуляторная система Common Rail Bosch дизельных двигателей ОАО «УКХ Минский моторный завод» Л.Г. Сапун, Е.Ю. Журавский // Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: збірник тез. III Всеукраїнська науково-практична конф., Житомир, 29-30 березня 2017 року. – С. 82-84.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ АГРЕГАТА ПО ОСЯМ ТРАКТОРА С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ КИНЕМАТИКОЙ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА

А.В. Захаров, канд.техн.наук, доц.,
Л.Г. Сапун,
И.О. Захарова,
Т.А. Варфоломеева,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Из анализа данных по испытаниям тракторов с агрегатами комбинированными почвообрабатывающе-посевными очень важным моментом является равномерное распределение массы агрегата по осям трактора [1]. В процессе работы это усложняется тем, что бункер, навешенный на переднюю навеску трактора опорожняется от семян во время работы и имеет разную массу. Поэтому выполним расчет опорных реакций на оси трактора с комбинированным посевным агрегатом, при изменяющейся кинематики переднего навесного устройства.

Исходные данные для агрегата «БЕЛАРУС 3022»+ АПП-6АБ (рисунок 1) [2]. Эксплуатационная масса трактора (G , кг) – 12290.

Масса бункера ($G_{пну}$, кг):

- 1 вариант – 320;
- 2 вариант – 1092;
- 3 вариант – 1640.

Масса задненавесной машины ($G_{зну}$, кг) – 6085

Расстояние между осями трактора (L , мм) – 2960.

Дополнительное перемещение переднего навесного устройства относительно передней оси трактора (y_0 , мм) – 0...600 тогда расстояние от передней оси трактора до центра тяжести бункера – 2550 3150мм.

Расстояние от задней оси трактора до центра тяжести задней навешенной машины ($a_{зну}$, мм) – 2110.

Расстояние от центра тяжести трактора до задней оси трактора (a , мм) – 1168.

При навешенном агрегате АПП-6АБ на трактор «Беларус 3022» в статике уравнение моментов относительно точки приложения реакции Y_i :

$$G_{IIO} \cdot (Y_0 + L) - Y_i \cdot L + G \cdot a - G_{QO} \cdot a_{QO} = 0 \quad (1)$$

Уравнение проекции всех сил на вертикальную ось:

$$Y_i + Y_E = G + G_{IIO} + G_{QO} \quad (2)$$

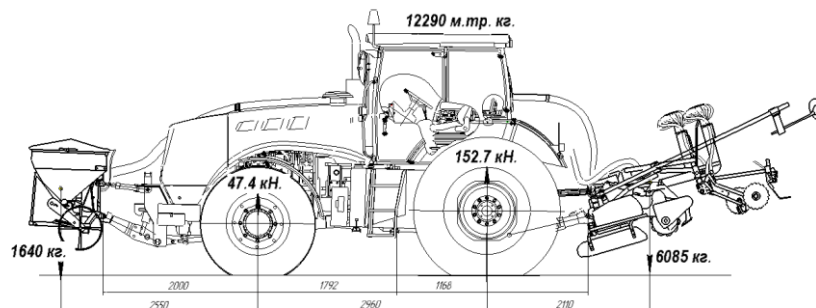


Рисунок 1 – Схема для определения опорных реакций по осям трактора «БЕЛАРУС 3022» с почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-6АБ

Выразим Y_i и Y_E

$$Y_i = \frac{G_{iio} \cdot (Y_0 + L) + G \cdot \dot{a} - G_{qo} \cdot \dot{a}_{qo}}{L}; \quad (3)$$

$$Y_{\dot{E}} = \frac{(G + G_{iio} + G_{qo}) \cdot L + G_{qo} \cdot \dot{a}_{qo} - G_{iio} \cdot (Y_0 + L)}{L + \dot{a}} \quad (4)$$

Результаты расчетов опорных реакций по осям трактора при трех вариантах массы бункера ($G_{\text{бну}}$) посевного агрегата АПП–6АБ приведены на графиках (рисунок 2 и 3).

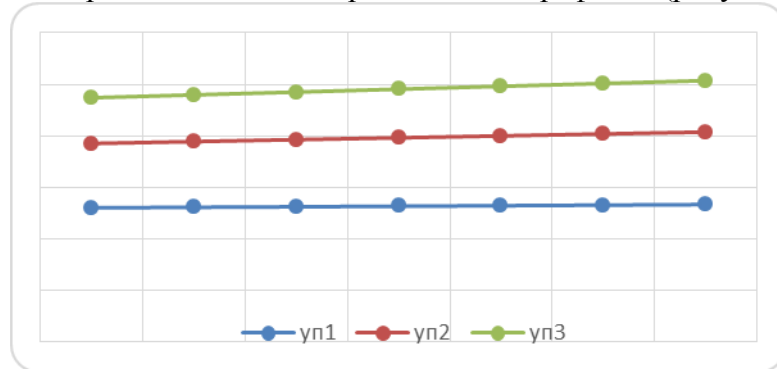


Рисунок 2 – Опорные реакции на переднюю ось трактора

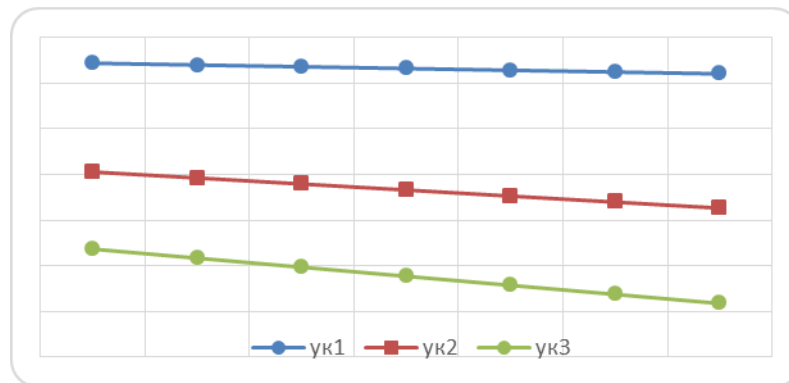


Рисунок 3 – Опорные реакции на заднюю ось трактора

Выводы

В результате дополнительного перемещения переднего навесного устройства относительно передней оси трактора (0...600 мм) достигается дополнительная догрузка передней оси от 0,65 до 3,32 кН в зависимости от загрузки бункера.

На основании проведенных предварительных расчётов (тяговой характеристики и технико-экономических показателей) установлено, что дополнительная догрузка передней оси трактора «Беларус 3022» позволит повысить тяговую мощность трактора на 8,5% и снизить потери скорости на буксование при работе в агрегате на 12%, гектарный расход топлива на 8,5%, а производительность увеличить на 5,7%.

Список литературы

1. Волошин Ю.Л. «Активные системы подрессоривания тракторов и требования к их оптимизации»: Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2016, № 2, стр.30-34.
2. Руководство по эксплуатации. Трактор «Беларус 3022» и его модификации. / отв. ред. И.Н. Усс, / ПО «Минский тракторный завод», 2008.-394с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АГРЕГАТА С РАЗНЕСЕННЫМИ НА НАВЕСКИ ТРАКТОРА КОМБИНИРОВАННЫМИ С/Х МАШИНАМИ

А.В. Захаров, канд.техн.наук, доц.,
Л.Г. Сапун,
А.В. Ващула,
И.О. Захарова,

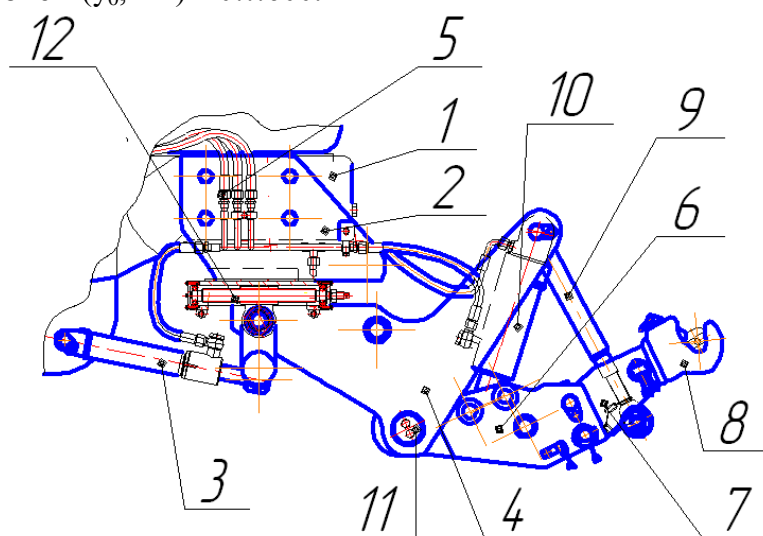
Белорусский государственный аграрный технический университет

Использование передней навески трактора при агрегатировании с/х машинами широко стало применяться с 50-х годов, хотя начало свое получило еще в 30-ые годы, используясь в упрощенном виде в поливном хлопководстве. Основной идеей этого способа агрегатирования являлась образование компактного, высокоманевренного МТА, состоящего из предельно упрощенной рабочей машины и трактора оборудованного дополнительными механизмами. В настоящее время современный энергонасыщенный трактор с разнесённой на переднюю и заднюю навеску комбинированной почвообрабатывающе-посевной машиной представляет собой сложный и высокопроизводительный комплекс.

При анализе работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин с колесными тракторами ведущих мировых производителей выявлено отсутствие переналадки переднего навесное устройства для присоединения крупногабаритного бункера для семян или прикатывающего катка или ротационного рыхлителя, что достаточно сильно влияет на распределение массы по осям трактора, а следовательно и на эффективность его работы [1,2].

На примере трактора «Беларус 3022» и агрегируемого с ним комбинированного посевного комплекса АПП-6АБ предложена конструкция модернизированного переднего навесного устройства (ПНУ) (рисунок 1). ПНУ предназначено для работы трактора в составе комбинированных агрегатов и служит для присоединения к трактору навесных сельскохозяйственных машин, расположенных впереди трактора, а также для установки дополнительного балласта.

Перемещения переднего навесного устройства относительно передней оси трактора кривошипным механизмом (y_0 , мм) – 0...600.



1 – полурама; 2 – несущий кронштейн; 3 – гидроцилиндры; 4 – складывающийся кронштейн; 5 – маслопроводы; 6 – держатели нижних тяг; 7 – нижние тяги; 8 – автоматические захваты; 9 – верхняя тяга; 10 – гидроцилиндры двойного действия; 11 – вал; 12 – кривошипный механизм.

Рисунок 1 - Конструкция модернизированного ПНУ трактора «Беларус 3022»

Трактор с ПНУ комплектуется передним независимым валом отбора мощности, установленным на переднюю плоскость полурамы 1.

Присоединение сельхозмашин к ПНУ аналогично присоединению к заднему навесному устройству.

ПНУ монтируется на передней плоскости полурамы и крепится дополнительными кронштейнами к боковой поверхности полурамы. В нижней части складывающегося кронштейна ПНУ имеются две проушины через которые проходит поперечный вал кривошипного механизма 12. Два гидроцилиндра по одному с каждой стороны через кривошип перемещают по направляющему винту поперечный вал и установленные на него детали ПНУ.

Маслопроводы 5 соединяют две секции распределителя с гидроцилиндрами 3 и 10 навесного устройства.

Гидроцилиндры двойного действия, с одной стороны крепятся к кронштейну 4, а штоком соединены с рамой нижних тяг 7, установленной на валу 11 в нижней части кронштейна.

Верхняя тяга 9 крепится двумя пальцами к верхней части кронштейна 4 ПНУ.

Шарниры захватов нижних тяг навесного устройства следует установить на нижнюю ось сельскохозяйственной машины, медленно подъезжать к машине с максимально опущенными захватами нижних тяг пока зев захватов не расположится под шарнирами на оси машины. Для проведения стыковки следует осуществлять подъем передних концов тяг до тех пор, пока шарниры не будут зафиксированы в захватах нижних тяг.

В процессе работы, механизатор, управляя гидроцилиндрами 3, перемещает в продольной плоскости переднее навесное устройство, например с семенным бункером вперед от передней оси трактора по мере его опорожнения. Если семенной бункер загружен полностью тогда назад в исходное положение.

Вывод

Предложенная конструкция переднего навесного устройства с изменяющейся кинематикой имеет возможность продольного перемещения вместе с навешенной машиной относительно передней оси трактора «Беларус 3022». В результате возникающей дополнительной догрузки передней оси трактора масса агрегата более равномерно распределяется по его осям, снижается буксование и повышаются эксплуатационные показатели агрегата.

Список литературы

1. Руководство по эксплуатации. Трактор «Беларус 3022» и его модификации. / отв. ред. И.Н. Усс, / ПО «Минский тракторный завод», 2008.-394с.
2. Межгосударственный стандарт. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6 – 8. Типы основные параметры и размеры. ГОСТ 10677-2001. Введ. 01.03.03. Москва: Госстандарт РФ: Издательство стандартов, 2003. – 7с.

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ ТРАКТОРА СО СДВОЕННЫМИ ВЕДУЩИМИ КОЛЕСАМИ

А.И. Бобровник, *д-р.техн.наук, проф.*,

Н.А. Поздняков,

Белорусский национальный технический университет,

Т.А. Варфоломеева,

А.В.Захаров, *канд.техн.наук, доц.*,

В.М. Головач,

М.А. Шпак,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Использование сдвоенных колес при работе машинно-тракторных энергонасыщенных агрегатов позволяют снизить негативное воздействие ходовых систем на почву за счет снижения удельного давления, а так же повысить тягово-сцепные свойства трактора и тем самым, улучшить эффективность его работы [1].

Способы движения МТА при выполнении технологических процессов полевых работ предполагают криволинейные участки движения с выглублением (отключением) рабочих органов при поворотах или разворотах. При этом удельный вес криволинейного движения по времени, в зависимости от конфигурации поля и выбранного способа движения может достигать 5...10% [2].

Конструкция механизма сдваивания предусматривает жесткое соединение сдвоенных колес с полуосью с возможностью отключения при помощи муфты блокировки (МБ) наружного колеса 2 (рис. 1) от внутреннего 1, при котором наружное колесо отключается от режима ведущего и выполняет функции опорного. Такое отключение необходимо для устранения потерь мощности из-за значительной разницы в линейных скоростях сдвоенных колес при криволинейном движении. С другой стороны, отключение наружного колеса от ведущего режима снижает тягово-сцепные свойства трактора.



Рисунок 1 – Устройство сдваивания ведущих колес с механизмом блокировки

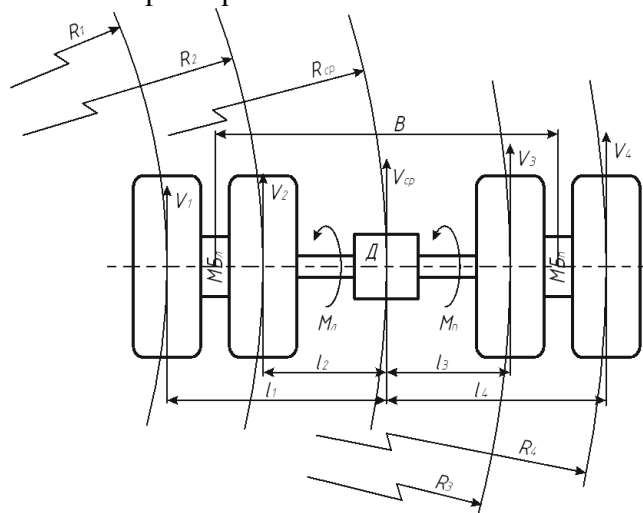


Рисунок 2 – Схема мощностей, подводимых к ведущим колесам трактора при повороте

Предлагаемое к использованию устройство [3] позволяет по команде оператора или автоматической системы управления выполнять блокировку или разблокировку наружного колеса с полуосью при помощи МБ. Задачей данной работы является установление зависимостей потерь мощности в заблокированном механизме сдваивания ведущих колес трактора при его движении на технологических поворотах (разворотах).

Режим движения трактора при повороте будем характеризовать параметрами (рис. 2):
 - средней поступательной скоростью V_{cp} , определяемой вектором, приложенным к продольной оси трактора;
 - средним радиусом поворота R_{cp} , измеренном между центром поворота и продольной осью трактора.

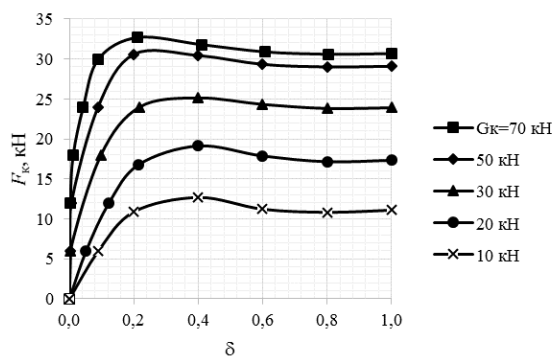


Рисунок 3 – Тяговая характеристика шины 620/70R42

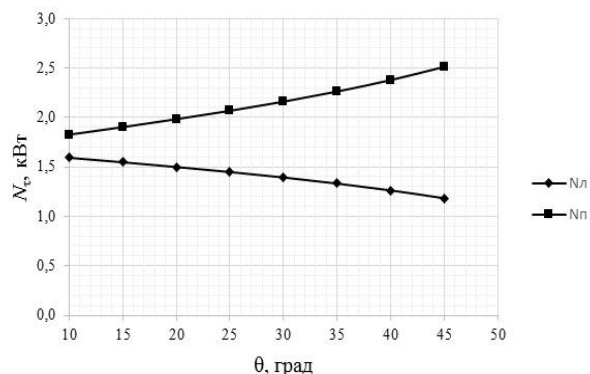


Рисунок 4 – Графики зависимости потерь мощности в сдвоенных ведущих колесах от угла поворота управляемых колес

Частота вращения каждой из полуосей ведущего моста будет определяться равнодействующей момента сопротивления вращению полуоси. При равной угловой скорости вращения сдвоенных колес увеличенная скорость внешнего по отношению к центру поворота колеса равносильна увеличению его кинематического радиуса r_k , таким образом, $r_{k1} < r_{k2}$ и $r_{k3} < r_{k4}$.

Как известно [4], величина буксования каждого из колес δ зависит от нормальной нагрузки G_k и реализуемой колесом касательной силы F_k . При допущении равных нагрузок на каждое из колес и принятом выше допущении о равных условиях сцепления колес, при использовании симметричного дифференциала буксования δ всех колес будут равны.

Увеличенный кинематический радиус внешнего колеса вызывает его дополнительную тангенциальную деформацию и может быть оценен [4] величиной $\Delta r_k = (1 - \delta) \cdot F_k / \lambda_\tau$, где F_k – касательная сила тяги, реализуемая колесом; λ_τ – тангенциальная жесткость шины, Н/м.

Величина касательной силы тяги при известных буксовании δ и нормальной нагрузке G_k может быть определена по результатам испытания шины (рис. 3).

Тогда потери мощности на тангенциальную деформацию наружного колеса может быть определена как

$$N_\tau = \Delta V \cdot F_k = \omega \cdot \Delta r_k \cdot F_k = (1 - \delta) \cdot \frac{\omega \cdot F_k^2}{\lambda_\tau}, \quad (1)$$

где ΔV – кинематическая скорость тангенциальной деформации шины; ω – угловая скорость вращения полуоси.

При заданных режимах поворота V_{cp} и R_{cp} при заблокированных МБ угловые скорости вращения полуосей можно определить по зависимостям:

- левой (на рис. 2)

$$\omega_{л} = \frac{V_{cp} \cdot \left(1 - \frac{tg\theta}{L} \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{2} \right) \right)}{r_k \cdot (1 - \delta)}; \quad (2)$$

- правой (на рис. 2)

$$\omega_{\pi} = \frac{V_{\text{ср}} \cdot \left(1 + \frac{\text{tg}\theta}{L} \cdot \left(\frac{l_3 + l_4}{2} \right) \right)}{r_{\text{к}} \cdot (1 - \delta)}, \quad (3)$$

где θ – угол поворота управляемых колес; L – колесная база трактора; $l_1 \dots l_4$ – координаты установки ведущих колес относительно продольной оси трактора.

Подставляя выражения (2) или (3) в (1) получаем выражения для оценки потерь мощности на тангенциальную деформацию наружных шин при заблокированном механизме сдвигания:

$$N_{\text{вл}} = \frac{F_{\text{к}}^2}{\lambda_{\tau}} \cdot \frac{V_{\text{ср}} \cdot \left(1 - \frac{\text{tg}\theta}{L} \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{2} \right) \right)}{r_{\text{к}}}; \quad N_{\text{тп}} = \frac{F_{\text{к}}^2}{\lambda_{\tau}} \cdot \frac{V_{\text{ср}} \cdot \left(1 + \frac{\text{tg}\theta}{L} \cdot \left(\frac{l_3 + l_4}{2} \right) \right)}{r_{\text{к}}},$$

и приходим к выводу, что исследуемые потери мощности зависят от величины реализуемой касательной силы тяги и тангенциальной жесткости колеса и не зависят от величины буксования.

Разблокировка дифференциала в используемых системах управления происходит при угле поворота рулевого колеса на угол $\theta > 10^\circ$. Расчет значений потерь мощности при различных углах поворота θ представлен на рис. 4. Расчет выполнялся для трактора БЕЛАРУС 3022 при движении с полуприцепной машиной, рабочие органы которой выглублены для технологического поворота (разворота) при скорости $V_{\text{ср}} = 2,5$ м/с (9 км/ч).

Как видно из рис. 4. потери мощности на внутренней (левой) полуоси снижаются при увеличении угла поворота. Это объясняется снижением угловой скорости вращения полуоси. Как следствие увеличения относительной угловой скорости наружной (правой) полуоси приводит к увеличению потерь мощности с увеличением угла поворота. Однако суммарная мощность потерь левой и правой полуосью увеличиваются. С целью снижения этих потерь необходимо использовать систему управления муфтой блокировки механизма сдвигания колес.

Список литературы

1. Бобровник, А. И. Улучшение эксплуатационных качеств ходовых систем тракторов «Беларус» / А.И. Бобровник, Т.А. Варфоломеева, М.А. Струк // Мелиорация. – 2015. - №2. - С. 173-186.
2. Операционные технологии: учеб.-метод. пособие / Т.А. Непарко, В.Д. Лабодаев, А.В. Новиков. – Минск: БГАТУ, 2010. – 64 с.
3. Устройство для улучшения опорно-сцепной проходимости движителя/ пат. ВУ 17002 С1 2013.04.30 Респ. Беларусь, МПК В 60С 3/00/ М.А. Прищепов; С.К. Карпович; А.И. Бобровник; В.П. Бойков; В.Г. Ермаленок; В.С. Лешков; Т.А. Варфоломеева; заявитель Бел. гос. аграрн.-техн. ун-т. – № а 20101359; заявл.22.09.10; опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 156-157.
4. Тракторы; Теория; Учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» /В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В. В. Гуськова. - М.: Машиностроение, 1988. - 376 с.: ил.
5. Забродский В. М. и др. Ходовые системы тракторов /В.М.Забродский, А. М. Файнлейб, Л. Н. Кутин, О.Л.Уткин-Любовцев. - М.: Агропромиздат, 1986. - 272 с.

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИ МОЙКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПЛОДОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

В.С. Корко, канд.техн.наук, доц.,

П.В. Кардашов,

И.Б. Дубодел, канд.техн.наук, доц.,

Белорусский государственный аграрный технический университет

С натуральными овощами, фруктами, ягодами в организм человека попадают различные чужеродные вещества, токсины различной природы: механические (почва, экскременты птиц, насекомых), химические (токсичные металлы, пестициды, соединения азота, гормональные препараты и т.п.), биологические (микроорганизмы, вирусы, насекомые, гельминты, микотоксины и др.). При переработке плодоовощной продукции все чаще используют различные пищевые добавки, консерванты, раскислители и другие не всегда полезные для организма человека вещества [1, 2]. В реально складывающихся условиях обеспечение качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов становится важнейшей стратегической задачей государства.

Так как основная масса природных и техногенных загрязнений, а также защитных покрытий (воска, парафина и т.п.) находится в кожуре или на ее поверхности, начальным этапом промышленной и кулинарной переработки плодоовощной продукции является мойка водой, растворами щелочей, поверхностно-активными веществами и т.п.

Нами исследованы электротехнологии активации жидких сред для их применения в процессах мойки и обеззараживания с помощью ультразвуковых и электролизных установок.

Установка для ультразвуковой обработки материалов состоит из источника питания, преобразователя электрических колебаний в механические, акустического трансформатора (концентратора), рабочего инструмента. Источники питания (ультразвуковые генераторы) преобразуют электрическую энергию переменного тока промышленной частоты в энергию тока высокой частоты, равной частоте ультразвука. Эффекты ультразвуковых колебаний в различных средах проявляются в механических, акустических, термических и биологических действиях.

В жидкостях под действием ультразвука возникают значительные разности давлений в локальных зонах и сопутствующие механические, термические и физико-химические явления, в частности акустическая кавитация (образования в жидкости пульсирующих парогазовых пузырьков), интенсивное перемешивание, переменное движение частиц, интенсификация химических реакций, массообменных процессов и т.п. [3]. При этом за короткое время в микрообъеме среды выделяется мгновенная энергия, достаточная для возбуждения, ионизации и диссоциации молекул воды, газов и других веществ. Результатом этих процессов является активация жидкости, значительно усиливающая ее моющие, стерилизующие свойства (при очистке, мойке), а также стимулирующие некоторые биологические эффекты при обработке продукции (например, увеличение всхожести семян, энергии роста растений).

В качестве моющих и дезинфицирующих растворов могут также применяться растворы гипохлорита натрия и анолита, полученные электрохимическим путем [3, 4]. Для производства гипохлорита натрия используют электролизные установки, в которых продукты электролиза раствора соли $NaCl$ свободно смешиваются в электрохимическом процессе.

При электролизе раствора соли $NaCl$ под действием постоянного тока происходят процессы диссоциации молекул $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$; $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$. Ионы движутся к соответствующему электроду – положительные $Na^+, H^+ \rightarrow$ к катоду, отрицательные

Cl^- , $OH^- \rightarrow$ к аноду. На электродах выделяется хлор и водород $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$; $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$. В объеме раствора хлор соединяется с водой, образуя соляную и хлорноватистую кислоты $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HClO + HCl$, а также на основе Na получается щелочь и гипохлорид натрия $Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$; $NaOH + HClO \rightleftharpoons NaClO + H_2O$. Хлорноватистая кислота и гипохлорид натрия являются сильными окислителями. Их растворы используют для мойки и дезинфекции материалов и оборудования.

При электролизе с разделительной мембраной (рисунок) водных растворов соли $NaCl$ обеспечивается активация сред в прианодном и прикатодном пространствах: анолит обогащается оксидантами ($HClO$, Cl_2O , ClO_2 , Cl и др.) и приобретает кислотный показатель, а католит насыщается щелочными элементами ($NaOH$, OH , H_3O_2 , HO_2 и др.).



Рисунок - Схема электрохимического реактора для электроактивации раствора

Наряду с кислотностью и щелочностью изменяются химическая и биологическая активность растворов, их физические свойства, происходит **активация**. Анолит обладает мощными, бактерицидными свойствами, католит стимулирует процессы регенерации и развития клеток, активирует биологические процессы [3].

Экспериментальные исследования процессов мойки и обеззараживания яблок, огурцов, картофеля, салата, подтверждают вышеизложенные предпосылки.

Например, после мойки яблок обычной водой в течение 2 мин. количество микроорганизмов составляло, КОЕ/г, в начале: МАФАМ - $5 \cdot 10^2$, дрожжей и плесеней - $1,5 \cdot 10^2$; через один месяц хранения: МАФАМ - $3 \cdot 10^3$, дрожжей и плесеней - $4 \cdot 10^3$.

В результате обработки ультразвуком частотой 18 кГц в течение 2 мин. получены соответственно следующие показатели, КОЕ/г: в начале МАФАМ - $2 \cdot 10^1$, дрожжей и плесеней - $0,22 \cdot 10^1$; через месяц хранения МАФАМ - $1,1 \cdot 10^2$, дрожжей и плесеней - $2,5 \cdot 10^2$. Сравнительный органолептический анализ показал, что после ультразвуковой мойки поверхность яблок более чистая, особенно в труднодоступных зонах плодоножек и соцветий. Аналогичные по эффективности с ультразвуковой обработкой результаты получены при использовании анолита с показателями $pH=4,0$ и $ОВП=+800$ для мойки яблок в течение 2 мин.

Таким образом, при использовании для активации жидких сред технологических действий ультразвуковых колебаний и электрохимических процессов при электролизе можно существенно ускорить и удешевить традиционные технологические процессы при одновременном повышении качества конечного продукта и уменьшении энергоемкости и загрязненности среды.

Список литературы

1. Донченко, Л.В. Безопасность пищевой продукции: учебник для СПО. В 2 ч. Ч.1. / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – Москва: Юрайт, 2018. – 264с.
2. Шилов, Г.Ю. Современные методы дезинфекции салатных культур, овощей и фруктов / Г.Ю. Шилов. Пищевая промышленность, №8, 2013, - С. 13-17.
3. Электротехнологии: пособие / И.Б. Дубодел, Е.М. Заяц, П.В. Кардашов, В.С. Корко, Е.А. Городецкая. - Минск: БГАТУ, 2014. – 252с.
4. Рогов, В.М. Электрохимическая технология изменения свойств воды / В.М. Рогов, В.Л. Филипчук. - Львов: Выща школа, 1989. - 128 с.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

**В.В. Носко,
Д.С. Пращеник,**

Белорусский государственный аграрный технический университет

Обеспечение высокого качества машин, узлов и агрегатов (показателей назначения, технологичности и надежности), их конкурентоспособности при сравнительно небольших затратах является главной задачей современного отечественного машиностроения.

Условия работы зерноуборочных комбайнов разнообразны и отличаются специфическими особенностями. Работа в абразивной среде, неоднородность обрабатываемого продукта, перепады температур, сложный рельеф местности выдвигают при эксплуатации сложные задачи по совершенствованию конструкторско-эксплуатационных свойств комбайнов и повышению их надежности.

В связи с этим исследование качества зерноуборочных комбайнов и их функциональных узлов с разработкой эффективных методов повышения надежности имеет большое научно - практическое значение [1].

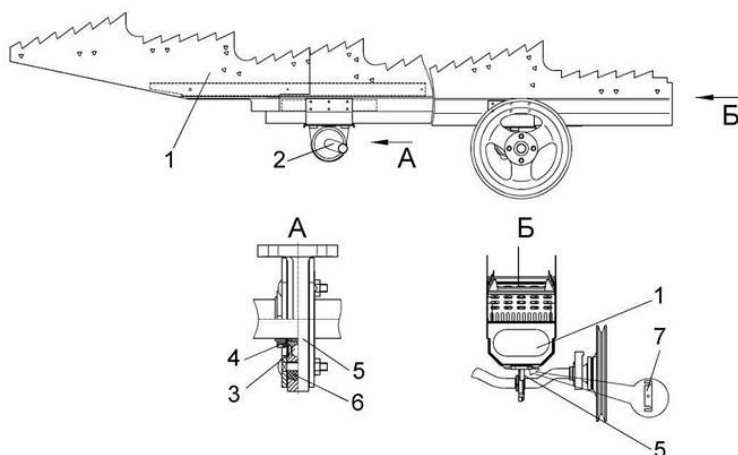
Соломотряс предназначен для выделения зерна из вороха, поступающего из молотильного барабана. Качество работы соломотряса определяется прежде всего полнотой выделения зерна (а следовательно, и величиной потерь) и степенью засоренности мелкого вороха, требующего очистки. Кроме того, к соломотрясу предъявляется ряд требований. Поскольку это рабочий орган комбайна, он должен обладать большой надежностью, а это диктует необходимость иметь простую конструкцию и высокую удельную производительность (так как размеры соломотряса часто определяют габариты комбайна).

Наиболее широко распространенным видом соломотрясов стал клавишный. Его рабочим органом является клавиша, представляющая собой металлический короб с каскадами и жалюзийным нерегулируемым решетом на поверхности. Зерно, прошедшее через отверстия решета, попадает на днище клавиши и скользит по нему к началу верхнего решета очистки комбайна. У некоторых современных комбайнов устанавливают клавиши с открытым днищем. Тогда между соломотрясом и очисткой приходится размещать скатную доску. При такой конструкции соломотряса исключается попадание семян, прошедших через зазоры между клавишами, в конец очистки, что в конечном итоге ведет к снижению потерь зерна в комбайне. Соломотряс может быть одновальным и двухвальным. Чаще всего клавиши опираются на два коленчатых вала. В этом случае каждая точка соломотряса совершает круговое движение. Современные соломотрясы имеют валы, колена которых повернуты относительно друг друга на 90° (четырёхклавишные), 120° (трехклавишные) и 72° (пятиклавишные). Клавиши такого соломотряса работают практически независимо друг от друга, т. е. каждая подбрасывает только ту солому, которая лежит на ней.

Анализ статистических данных по видам отказов и наработки на отказ показал, что: наиболее частым отказом соломотрясов является поломка (разрушение) коленчатых валов и клавиш; коленчатые валы разрушаются по точкам приварки упорных колец, а клавиши "складываются" пополам, причем началом надрыва является дно клавиши; наработка на отказ составляет от нескольких часов (на этапе обкатки узла) до сотни часов, причем не наблюдается закономерности распределения поломок во времени эксплуатации; износ шеек и вкладышей имеет характерный односторонний износ.

Классическую клавишу 1 (рисунок 1) монтируют на подшипниках 3 одноразовой смазки с разрезными конусными втулками 4. В подшипниковых опорах 5 на ведомом валу 2 между подшипником и корпусом вводят резиновую втулку 6. Последняя компенсирует за

счет своей упругой деформации все неточности в размерах валов и расстояния между опорами на клавише. Для устранения перекоса клавиш устанавливают прокладки 7 [2].



1 - клавиша; 2 - вал ведомый; 3 - подшипник; 4 - разрезная конусная втулка; 5 - опора подшипника; 6 - втулка резиновая; 7 – прокладки.

Рисунок 1 – Соломотряс

Упростить конструкцию соломотряса и увеличить его ремонтпригодность позволяет установка клавиш соломотряса на деревянные подшипники скольжения (рисунок 2), которые состоят из двух частей и регулировочных прокладок между ними. Шайбами, приваренными к валам, указанные подшипники удерживаются от смещения в осевом направлении.

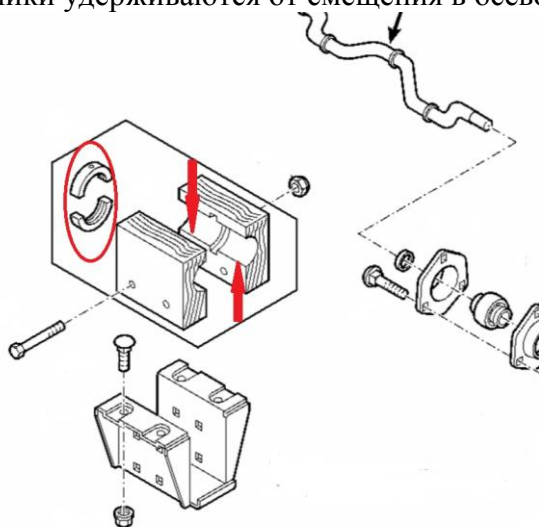
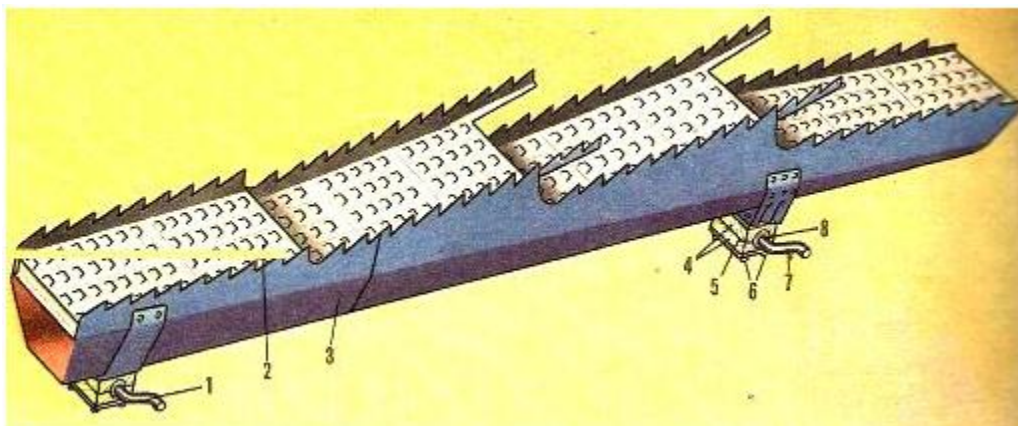


Рисунок 2 – Деревянный подшипник скольжения

Клавиши соломотряса установлены на двух коленчатых валах, которые закреплены на боковинах молотилки, с помощью шарикоподшипников одноразовой смазки. В корпусах подшипников ведомого вала установлены резиновые амортизаторы, которые компенсируют возможные перекосы клавиш из-за неточностей сборки или изготовления деталей. Частота вращения валов равна 195 об/мин. Клавиши к коленчатым валам присоединены с помощью деревянных подшипников (рисунок 3).



1 – передний коленчатый вал соломотряса; 2 – поверхность клавиши; 3 – корпус клавиши; 4 - вкладыши подшипника клавиши; 5 – регулировочная прокладка; 6 – болты крепления клавиши; 7 – задний коленчатый вал; 8 - шайба

Рисунок 3 – Клавиша соломотряса

Инженерные подходы совершенствования соломотрясов, в основном, направлены на незначительные изменения конструкций для решения локальных задач. Многообразие конструкций деталей и узлов создавалось с целью улучшения качества сепарации без решения задач по повышению надежности соломотряса. Частные решения повышения долговечности предполагают применение дорогостоящих подшипниковых узлов или же материалов, не предназначенных для работы в условиях повышенного абразивного износа и хранения при низких температурах в зимний период.

Деревянные подшипники очень простое и эффективное решение.

Для выяснения явлений, связанных с работой неметаллических подшипников и эффективного использования преимуществ в различных областях машиностроения и приборостроения необходимо провести ряд экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Липский, Н.Ю. Определение основных параметров настройки зерноуборочного комбайна / Н.Ю. Липский. – Мн. : БГАТУ, 2004.– 12 с.
2. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1218 «Палессе GS-12». Инструкция по эксплуатации. – 182с.
3. Черныш, А. П. Повышение надежности клавишных соломотрясов зерноуборочных комбайнов "Енисей" конструкторско-технологическими методами : дис. к.т.н.: 05.20.03 / А. П.Черныш. – Кемерово, 2006. – 370 л.

РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ

Ю.Н. Рогальская,
В.Н. Еднач, канд.техн.наук, доц.,
Белорусский государственный аграрный технический университет

Введение

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур во многом зависит не только от качества посевного материала, но и непосредственно от процесса посева. Во время посева зачастую происходит травмирование семян, что в конечном итоге приводит к снижению урожайности возделываемых культур.

В настоящее время широкое применение получили сеялки с пневматическими высевальными системами. Применение пневматических высевальных аппаратов сеялок точного высева снижает процент травмирования семян в 10 раз по сравнению с механическими системами высева.

Основная часть

Проведённый патентный поиск показал что существует пневматическая сеялка, включающая пневматическую систему с централизованным дозированием семян, вертикальный подающий трубопровод, распределительную головку с отводящими патрубками и шарнирно закрепленным в ней делителем потока в виде конуса, причем конический делитель потока закреплен на вертикальной оси с возможностью вращения под действием аэросмеси и имеет на поверхности параллельные винтовые канавки, по глубине соизмеримые с толщиной семян, отличающаяся тем, что на внутренней поверхности вертикального подводящего трубопровода закреплена винтовая ленточная спираль с направлением навивки, совпадающим с направлением навивки параллельных винтовых канавок конического делителя потока. На рисунке 1 представлена технологическая схема пневматической сеялки. [1]

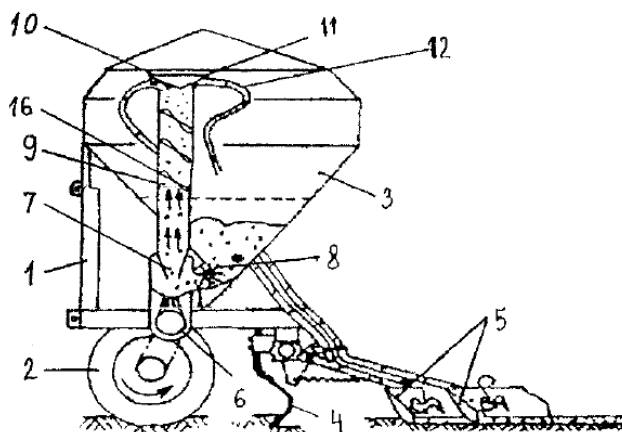


Рисунок 1 – Технологическая схема пневматической сеялки

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к пневматическим сеялкам.

Известно распределительное устройство пневматической сеялки, включающее пневматическую систему с централизованным дозированием семян, вертикальный подающий трубопровод, распределительную головку с отводящими патрубками и шарнирно закрепленным в ней делителем потока в виде конуса, причем конический делитель потока

закреплен на вертикальной оси с возможностью вращения под действием аэросмеси и имеет на поверхности параллельные винтовые канавки, по глубине соизмеримые с толщиной семян.

При работе пневматической сеялки с таким распределительным устройством вращающийся конический делитель потока будет оказывать расположенными на его поверхности параллельными винтовыми канавками повреждающее воздействие на семена, так как при соприкосновении с ними вектор скорости семян будет резко меняться, а само это изменение будет носить ударный характер.

Задача, которую решает полезная модель, заключается в снижении повреждаемости семян. Поставленная задача решается с помощью пневматической сеялки, включающей пневматическую систему с централизованным дозированием семян, вертикальный подающий трубопровод, распределительную головку с отводящими патрубками и шарнирно закрепленным в ней делителем потока в виде конуса, причем конический делитель потока закреплен на вертикальной оси с возможностью вращения под действием аэросмеси и имеет на поверхности параллельные винтовые канавки, по глубине соизмеримые с толщиной семян, где на внутренней поверхности вертикального подающего трубопровода закреплена винтовая ленточная спираль с направлением навивки, совпадающим с направлением навивки параллельных винтовых канавок конического делителя потока.

На рисунке 2 представлена конструкция распределительного устройства.

Сеялка имеет раму 1, опирающуюся на приводные колеса 2, на которой закреплены бункер для семян 3, следорыхлители 4 и сошники 5 с загортачами. Пневматическая система включает вентилятор 6, эжекторное устройство 7, дозатор семян 8 и вертикальный подающий трубопровод 9. На конце трубопровода 9 установлена распределительная головка 10 с делителем потока 11 в виде конуса. По окружности к распределительной головке 10 подсоединены отводящие патрубки-семяпроводы 12, связанные с сотниками 5. Конический делитель потока 11 имеет вертикальную ось 13, закрепленную вторым концом на крышке распределителя с помощью упорного подшипника 14. На конической поверхности делителя выполнены параллельные винтовые канавки 15, по глубине соизмеримые с толщиной семян. На внутренней поверхности вертикального подающего трубопровода 9 закреплена винтовая ленточная спираль 16 с направлением навивки, совпадающим с направлением навивки параллельных винтовых канавок 15 конического делителя потока 11.

При движении сеялки вращение от колеса 2 передается на катушку дозатора семян 8 и требуемое количество семян вводится в эжекторное устройство 7. Сюда же вентилятором 6 нагнетается воздух, который захватывает высеваемые семена и перемещает их по вертикальному подающему трубопроводу 9 к распределительной головке 10.

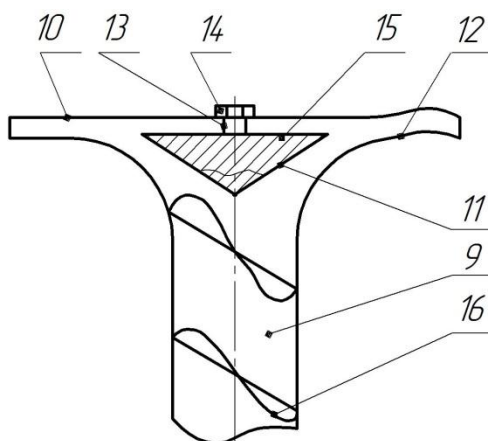


Рисунок 2 – Распределительное устройство

При этом за счет взаимодействия с закрепленной на внутренней поверхности вертикального подающего трубопровода 9 винтовой ленточной спиралью 16 аэросмесь получает вращение, совпадающее с направлением навивки и вращения параллельных винтовых канавок 15 конического делителя потока 11, что приводит к снижению их повреждаемости, так как семена ударяются о гребни параллельных винтовых канавок под острым углом, близким к углу их навивки, и далее равномерно распределяются в канавках, не меняя резко при этом вектора скорости. Винтовые канавки 15 равномерно распределяют семена по отводящим патрубкам-семяпроводам 12, и они далее подаются воздухом к сошникам 5, высеянные семена заделываются в почву загортачами.

Заключение

Предлагаемая конструкция распределительного устройства поможет уменьшить процент травмирования семян, а также сделать движение семян более упорядоченным.

Список литературы

1. Патент на полезную модель РБ 6046U, МПК А 01С 7/00, 28/02, 2010.
2. Патент на полезную модель РБ 3353U, МПК А 01С 7/00, 15/04, 2007.

МОБИЛЬНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО АГРЕГАТИРОВАНИЯ С ОБОРОТНЫМ ПЛУГОМ

О.И. Мисуно, канд.техн.наук, доц.,
Белорусский государственный аграрный технический университет

Основная обработка почвы как в нашей стране так и за рубежом в большинстве случаев выполняется лемешно-отвальными плугами, которые в своём развитии прошли длительный путь и достигли определённого совершенства. При этом технологический процесс вспашки выполняется, в подавляющем большинстве случаев, только за счёт мощности передаваемой на рабочую машину через прицепное устройство трактора. Сейчас выпускаются плуги, включающие до двенадцати унифицированных корпусов, применяемые как для вспашки почв средних по механическому составу, так и почв с большим удельным сопротивлением и засорённых камнями.

Наиболее распространённым энергетическим средством в растениеводстве является трактор. С техническим прогрессом в тракторостроении неразрывно связаны разработка, создание и совершенствование сельскохозяйственных машин и агрегатов, вообще, и машин для основной обработки, в частности. Тракторостроение характеризуется в настоящее время ростом единичной мощности двигателей выпускаемых тракторов, т.е. происходит переход от тяговой к тягово-энергетической концепции развития. Сосредоточение больших мощностей в одном агрегате является объективным результатом научно-технического прогресса приводящего к сокращению численности работников, занятых в сельскохозяйственном производстве. При энергонасыщении трактора повышение производительности происходит вследствие возрастания рабочей скорости. Однако с повышением скорости сельскохозяйственных агрегатов появляются свои недостатки, которые не позволяют рационально использовать возрастающие мощности тракторов:

- возрастает тяговое сопротивление орудия;
- уменьшается коэффициент использования рабочего времени смены;
- увеличивается мощность, затрачиваемая на самопередвижение трактора, что приводит к уменьшению крюковой мощности и к снижению КПД ходовой системы трактора;
- возрастают нагрузки на детали сельскохозяйственных машин и тракторов, ухудшаются условия труда механизаторов и обслуживающего персонала;
- увеличиваются динамические нагрузки на узлы и детали сельхозмашин и тракторов, что в свою очередь увеличивает стоимость машины из-за возрастания металлоёмкости или применения высококачественных материалов.

Исследования производительности энергонасыщенных тракторов при работе с почвообрабатывающими орудиями, показывают, что производительность увеличивается только на 50-70% по сравнению с тракторами этого же тягового класса, хотя мощность последних меньше в два раза. При этом наибольший прирост производительности получается при увеличении ширины захвата агрегата. Такое положение объясняют повышением непроизводительных затрат энергии с увеличением скорости движения. Дальнейшее повышение рабочих скоростей сдерживается отсутствием машин для основной обработки почвы, обладающих значительно меньшей, чем существующие лемешно-отвальные плуги, интенсивностью роста удельного сопротивления при увеличении скорости движения. То есть, простое увеличение скорости агрегата не даёт ожидаемого прироста производительности при агрегатировании их с тяговыми орудиями. Интенсивность действия лимитирующих факторов в процессе развития мобильной сельскохозяйственной техники

непрерывно растёт, что приводит к снижению степени прироста производительности труда машин.

Анализ исследований по использованию энергонасыщенных тракторов с существующими конструкциями лемешно-отвальных плугов на основной обработке почвы показывает:

1. Эффективно реализовать всю мощность двигателя трактора на пахоте не представляется возможным из-за чрезмерного буксования движителей, обусловленного большой величиной тягового сопротивления почвообрабатывающего орудия.

2. Рост производительности пахотных агрегатов отстает от темпов роста энергонасыщенности тракторов вследствие того, что с повышением мощности значение максимального тягового КПД трактора смещается в сторону увеличения рабочих скоростей движения. А последнее, как известно, влечет за собой рост тягового сопротивления плуга.

3. Дальнейшее развитие мобильной сельскохозяйственной техники на той же энергетической базе и на тех же технологических принципах еще способно увеличить производительность, но ценой все больших и больших затрат.

Рост энергонасыщенности тракторов требует разработки новых схем построения пахотных агрегатов. Тягово-энергетическая концепция трактора требует своей системы агрегатирования, чтобы эффективно использовать мощность двигателя в технологическом процессе. Рациональным направлением повышения производительности пахотных агрегатов является построение их по модульной схеме на основе мобильных энергетических средств (МЭС). В состав МЭС входят: энергетический модуль (энергонасыщенный пропашной трактор) и технологический модуль (еще один, фактически третий ведущий мост, соединенный непосредственно с трактором) оборудованный навесной системой для агрегатирования с плугом. Привод технологический модуль (ТМ) получает от двигателя трактора. Масса ТМ используется для создания дополнительной силы тяги трактора. При таком построении отсутствует необходимость соответствия между массой и мощностью двигателя энергетического модуля (ЭМ), свойственное тяговой концепции. Подобная схема построения пахотного агрегата реализована с МЭС-200 (ЭМ – трактор МТЗ-142 тягового класса 2 с двигателем мощностью 142 кВт) [1], МЭС-300 (ЭМ – трактор Т-150К тягового класса 3 с двигателем мощностью 162 кВт) [2]. При модульной схеме построения агрегата значительно повышается тяговая мощность. МЭС-200 эффективно работает с плугами предназначенными для тракторов класса 3, МЭС-300 – класса 5. На пахоте МЭС обеспечивает повышение производительности на 40–60 % по сравнению с базовыми тракторами, снижается также удельный расход топлива. Повышение эффективности работы на пахоте обеспечивается увеличением сцепного веса МЭС за счет добавления веса ТМ примерно на 40–50 %.

По результатам совместной работы ЧАО «АвтоКрАЗ» и НПЦ «ИМЭСХ» было создано мобильное энергетическое средство МЭС-330 «Автотрактор» на базе автомобильного шасси повышенной проходимости КрАЗ-6322 массой 11700 кг, мощностью двигателя 243 кВт (330 л.с.), колесной формулой 6х6 [3]. В задней части шасси установлено навесное устройство типа НУ-3 для агрегатирования навесных и прицепных сельскохозяйственных машин. При работе МЭС-330 с плугом Нектор-1000 обеспечиваются хорошие эксплуатационные и энергетические показатели.

Перспективное направление для использования высокоэнергонасыщенных тракторов «Беларус» открывает модульная схема построения пахотного агрегата, включающая энергетический модуль 1 (источник энергии, в качестве которого используется трактор «Беларус» класса 5) и технологический модуль 2, получающий привод от энергетического модуля. Между модулями навешивается оборотный плуг 3 (рис. 1). В настоящее время в сельском хозяйстве для выполнения основной обработки почвы используются оборотные плуги с шириной захвата от 2,4 м до 5 м и массой от 2 т до 7 т. Обычно они имеют опорную тележку. Если обеспечить привод (гидравлический или электрический) колесам опорной тележки плуга, то она может использоваться в качестве технологического модуля. При таком

схеме построения мобильного энергетического средства для агрегатирования с оборотным плугом отпадает необходимость соответствия между массой энергетического модуля и мощностью его двигателя, так как тяговое усилие создается массой всего агрегата, включая массу рабочей машины и технологического модуля. На технологическом модуле может навешиваться не только основная секция плуга, но и дополнительная, а также различные технологические емкости, что дополнительно увеличит сцепной вес агрегата.

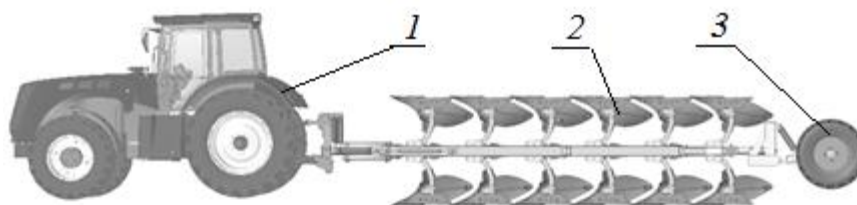


Рисунок 1 – Общий вид мобильного энергетического средства на базе трактора «Беларус» для агрегатирования с оборотным плугом

Таким образом, схема построения МЭС для агрегатирования с оборотным плугом, когда последний навешивается между модулями, позволяет теоретически максимально увеличивать массу технологического модуля, массу рабочей машины (ширину захвата), максимально снижать массу энергетической части при повышении мощности, уменьшить длину агрегата и повысить его маневренность.

Список литературы:

1. Выбор рациональной схемы агрегатирования мобильного энергетического средства с плугом / Г. М. Кутьков, Е. В. Габай, В. И. Калиновский, И. И. Кандрусев, В. Д. Черепухин, В. Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1990, № 3. С 21–23.
2. Модульное энерготехнологическое средство МЭС-300 кл. 3–5 / Г. М. Кутьков, А. В. Рославцев, В. Г. Иваницкий, В. Т. Надыкто, В. Д. Черепухин, В. А. Хаустов, С. Л. Абдула, Е. Э. Гурковский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998, № 2. С 16–20.
3. Экспериментальные исследования мобильного энергетического средства МЭС-330 «Автотрактор» на пахоте / В. В. Адамчук, С. П. Погорельый, Р. Е. Черняк, С. В. Дунь // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межведомственный тематический сборник, выпуск 51. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 25-28.

НАГРУЖЕННОСТЬ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ПОВОДКОВОГО МОМЕНТА

Ю.Д. Карпиевич, *д-р.техн.наук, доц.*,

И.И. Бондаренко,

Д.Г. Лопух,

М.А. Каптур, *студ.*,

Н.Н. Казеко, *студ.*,

Белорусский национальный технический университет,

Белорусский государственный аграрный университет,

ГНУ «ОИИ НАН Беларуси»

Введение

Несоосность установки ведомого диска сцепления, а также, перекося ведомого диска при выключенной муфте приводят к неполному выключению муфты сцепления и возникновению поводкового момента.

Основная часть

В статье представлены результаты моделирования процесса буксования муфты сцепления грузового автомобиля при наличии поводкового момента муфты.

Как показывают стендовые испытания, величина поводкового момента для моторно-трансмиссионной установки в составе двигателя Д-245.9, сцепления Hammer MF-362 и коробки передач САЗ-695Д составляет до 1,5 Нм.

Для определения параметров процесса работы муфты (мощности и работы трения) во время переключения передачи нами была разработана динамическая модель моторно-трансмиссионной установки автомобиля. Применена упрощенная двухмассовая модель [1].

Уравнения движения масс данной динамической модели имеют следующий вид:

$$J_1 \cdot \frac{d\omega_1}{dt} = M_1 - M_{mp}; \quad J_2 \cdot \frac{d\omega_2}{dt} = M_{mp} - M_2,$$

где J_1 - представляет собой момент инерции вращающихся и поступательно движущихся деталей двигателя внутреннего сгорания, а также маховика и ведущих элементов муфты сцепления;

J_2 - момент инерции лабораторных инерционных масс, имитирующих инерционные массы, связанные с ведомыми элементами муфты;

ω_1 и ω_2 - угловые скорости ведущих и ведомых дисков муфты сцепления;

M_1 и M_2 - приведенные к валу муфты крутящие моменты двигателя M_D и суммарного сопротивления M_C ;

M_{TP} - момент трения муфты.

Для муфт сцепления основными характеристиками нагруженности являются работа сил трения A_{mp} и мощность сил трения N_{mp} , характеризующие износ и нагрев поверхностей трения.

Для моделирования наихудших условий работы муфты сцепления зададимся временем синхронизации $t_C = 2c$. [2]

Для расчета приращения температуры на поверхности ведомого диска сцепления приняты следующие исходные данные исходя из конструктивных особенностей и параметров материалов муфты сцепления:

- начальная температура дисков $t_{нач} = 0$ °С,

- толщина дисков $h = 11$ мм,

Теплофизические характеристики стали:

$c\gamma$ – объемная теплоемкость, $3,98 \cdot 10^6$ Дж/м³ К;

λ – коэффициент теплопроводности, 43,6 Вт/м К;

k – коэффициент распределения тепловых потоков 1,0;

a – коэффициент температуропроводности $0,11 \cdot 10^{-4}$ м²/с;

Для автоматизации процесса расчета показателей нагруженности сцепления применена система визуального объектно-ориентированного программирования Dilphi.

Результаты моделирования процесса буксования муфты сцепления при переключении передачи представлены на рис. 1. Приращение температуры на поверхности диска составляет 0,04°С.

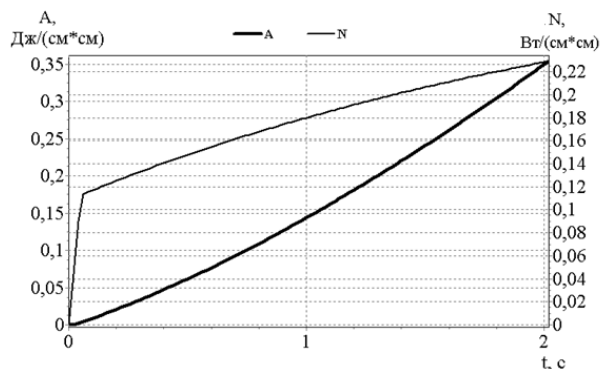


Рисунок 1 – График изменения удельной работы и мощности трения муфты сцепления в процессе буксования

Заключение

Результаты моделирования показывают, что за время переключения (включения) передачи передаваемый момент муфты составляет 1,8 Нм. При этом удельная работа трения муфты достигает максимального значения $0,35$ Дж/см², мощность трения – $0,22$ Вт/см².

Список литературы:

1. Ксенович И.П., Гоберман В.А. и др. Наземные тягово-транспортные системы. Том 2. Аспекты технико-эргономического и экологического проектирования и конструирования наземных тягово-транспортных систем. – М. “Машиностроение”, 2003. – 879 с.
2. Шарипов В.М., Эглит И.М. Синхронизаторы. Учебное пособие для студентов специальности 150100 “Автомобиле- и тракторостроение”. – М.: МГТУ “МАМИ”, 2001. – 28 с.

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

УДК. 631.334

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СУЧАСНИХ ПОВНО ПРИВОДНИХ ТРАКТОРІВ З КОЛІСНОЮ ФОРМУЛОЮ 4К4А ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЇХ БАЛАСТУВАННЯ

П.М. Кухаренко, канд. техн. наук, доц.,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Сучасні тенденції комплектування машинно-тракторних агрегатів (МТА) у господарствах України спрямовані на нарощування частки використання тракторів відомих світових фірм. Зокрема на ринку України широко представлені трактори фірми John Deere. Комплектування машинно-тракторних агрегатів, з такими тракторами, при виконанні широкого комплексу технологічних операцій в рослинництві, має свої особливості. Ці особливості, в першу чергу, полягають в відповідному алгоритмі експлуатаційних налаштувань трактора для роботи з конкретним типом та моделлю сільськогосподарської машини.

Особливістю комплектування орних МТА з сучасними повно приводними тракторами, високої тягової потужності, класичної компоновки 4К4а є можливість баластування трактора. Тобто забезпечення широкого діапазону зміни маси трактора в залежності від роботи, що виконується і знарядь, що застосовуються, за рахунок чого досягається найбільш ефективно використання тягової потужності і забезпечується економія палива. Такий підхід дає можливість значно розширити діапазон тягових зусиль тракторів, який має обмеження перш за все надійністю силових механізмів тракторів. Тому виробники, не обмежуючи ширини захвату агрегатів, висувають жорсткі умови до швидкісного режиму руху агрегатів.

Проведення баластування трактора повинне супроводжуватися врахуванням його впливу на кінематичну невідповідність і динамічну нерівномірність навантаження коліс. Кінематична невідповідність рушіїв тракторів колісної формули 4К4а – явище досить розповсюджене, але вивчене ще не в достатній мірі. Воно викликає під час роботи МТА значну перевитрату палива та призводить до прискороного зносу пневматичних шин переднього ведучого мосту за рахунок буксування та юзу.

Виходячи з вище сказаного, основна мета проведених досліджень полягала в вивченні особливостей баластування тракторів при їх роботі в складі орних МТА, що здійснюють технологічний процес оранки ґрунтів з різними параметрами питомого тягового опору.

Наявність кінематичної невідповідності коліс погіршує тягові показники трактора та погіршує показники експлуатаційної надійності основних силових агрегатів. Якщо в результаті кінематичної невідповідності передні та задні колеса працюють з різним буксуванням, то зчіпні якості відстаючих коліс використовуються в меншій мірі, ніж зчіпні якості коліс які забігають. Чим більша кінематична невідповідність, тим більш нерівномірно використовуються зчіпні якості коліс обох осей. Найбільш негативно впливає на тягові показники трактора юз відстаючих коліс. В цьому випадку ведучими колесами залишаються тільки колеса які забігають, так як відстаючі колеса котяться з юзом, а значить, вони стають веденими.

Тому для покращення тягово-зчіпних властивостей трактора у складі МТА та покращення показників експлуатаційної надійності його основних силових агрегатів необхідно комплексно вирішувати задачу баластування за наступним алгоритмом:

- в залежності від типу знаряддя, встановити загальну експлуатаційну вагу трактора та статично розподілити її між мостами згідно рекомендацій;
- після навішування сільськогосподарської машини провести додаткове баластування з метою розосередження навантаження по осях трактора при комбінованому (передньому, задньому і міжосьовому) навішуванні машин, що дозволить забезпечити оптимальне навантаження на колеса трактора;
- після визначення навантаження на шину, з врахуванням динамічного розподілу експлуатаційної ваги МТА при його русі в робочому стані, необхідно встановити рекомендований тиск в шинах коліс;
- по завершенню баластування та регулювання тиску в шинах необхідно здійснити контроль буксування ведучих коліс.

При проведенні оранки трактором John Deere 8335R з плугом John Deere 3810, з жорстко фіксованою шириною захвату корпусів та глибиною оранки на різних типах ґрунтів (по значенню питомого тягового опору плугу), було виявлено варіювання кінематичної невідповідності між колесами заднього та переднього мостів, як наслідок різного розподілу опорних реакцій ґрунту при однакових варіантах баластування.

За результатами проведених досліджень можна відмітити наступне:

- з урахуванням динаміки зміни швидкісного режиму руху агрегату величина та кут дії рівнодіючої сил опору плугу змінюється пропорційно зміні значенню питомого тягового опору;
- значення плеча, на якому ці сили прикладаються змінюється в широкому діапазоні, що безумовно здійснює значний вплив на величину нормальних реакцій на рушіях трактора;
- висота розташування оборотного механізму плугу здійснює вплив на напрямок дії рівнодіючої сил опору плугу та на величину її вертикальної складової;
- Загальний алгоритм баластування тракторів повинен враховувати не тільки перерозподіл мас агрегату в статиці, а і враховувати дію динамічних навантажень, що здійснюють суттєвий вплив на кінематичну невідповідність рушіїв тракторів.

Список літератури

1. Кухаренко П.М. «Використання техніки в АПК». Методичні вказівки "Оптимізація паливної економічності тракторів John Deere" ДДАЕУ, 2017. - 36 с.
2. Кухаренко П.М. Практикум з експлуатації машин та обладнання, ДДАЕУ, 2017.-150с.
3. Кухаренко П.М. Сучасні підходи ефективної експлуатації та енергозбереження широкозахватних сільськогосподарських агрегатів//Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.-Харків.-2017.-Вип.181.-С.148-156.
4. http://manuals.deere.com/omview/OMRE558762_19/?tM=HO.

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМ ТА АГРЕГАТИВ МАШИН

В.В. Аулін, *д-р техн. наук, проф.*,
А.В. Гриньків, *канд. техн. наук, с.н.с.*,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Щоб якісно з'ясувати теоретичні передумови діагностування спочатку потрібно зафіксувати визначення помилки функціонування системи та агрегату. Помилка - це аномалія в їх поведінці. За більшістю визначень в науково-технічній літературі для високої ефективності протікання експлуатації є неприпустимим відхилення хоча б однієї характерної риси системи від прийнятного, звичайного, стандартного стану. Помилки проявляються у вигляді різних впливів на технічний стан систем та агрегатів машин. Ці ефекти є діагностичними симптомами. Отже ефект помилки, несправності технічної системи може спостерігатися через симптоми. Це свідчить про те, що несправності формують різні діагностичні симптоми. Одна несправність може привести до багатьох симптом. Один симптом може бути результатом декількох помилок, несправностей. Таким чином, існує складна взаємодія багато до багатьох відповідностей між несправностями і діагностичними симптомами. Різні стратегії виявлення і діагностування несправностей використовуються в наукових дослідженнях і промисловості, а вибір їх підходів обумовлений складністю системи. У широкому сенсі методи виявлення та діагностування несправностей (ВДН) можна розділити на три категорії: кількісні, якісні і спрямовані на апріорну інформацію розвитку процесів.

Перші дві категорії разом складають діагностику, засновану на модельному принципі. Модель зазвичай формується на фундаментальному розумінні динаміки системи. Ця діагностична схема потребує точних моделей підконтрольного процесу, а також напівкількісних або якісних моделей. Третя категорія, що включає методи, засновані на апріорній інформації розвитку процесів, не приймає ніякої форми модельної інформації і спирається тільки на апріорну інформацію. Кожен метод конструє вимірювання як залишковий, статистичний та енергетичний рівні або фільтрований сигнал, що може бути використано для виявлення несправності. Зазначені особливості оцінюються за допомогою відповідних діагностичних заходів. Кількісні методи відображають фізичне розуміння сутності технічної системи з точки зору кількісної інформації, пов'язаної з входами, виходами і нормальним її функціонуванням.

Кількісні моделі працюють над генеруванням і аналізом невідповідностей між фактичним і очікуваним функціонуванням контрольної системи. Невідповідності такого характеру в більшій мірі відхиляються при наявності і розвитку несправності, що в кінцевому випадку призведе до виявлення самого концентратора несправності. Контрольні залишки отримуються шляхом установки декількох датчиків і використанням фактичних вимірювань входів і виходів або шляхом розробки точних фізичних моделей, отриманих з диференціальних рівнянь, що описують поведінку контрольної системи. Останній метод є більш популярним через низький рівень витрат і високу ефективності. Якісні методи включають проектування моделей на основі бази знань, евристичних суджень і адаптивного навчання. По суті, вони включають в себе розробку експертної системи, яка імітує людське прийняття рішень, засноване на множині логічних правил "якщо-то". В той час умовні або логічні фільтри збільшують різноманіття в міру ускладнення систем. Це обумовлює використання алгоритму, відомого як міркування про "викрадення", який включає в себе гіпотезу про причини аномалії на основі того, що було помічено. Основним недоліком цих

моделей є відсутність фізичної розуміння сутності системи, яка вимагає постійного оновлення початкової бази знань.

Протилежний підхід до якісних і кількісних методів ВДН формують методи, засновані на апіорній інформації розвитку функціонально важливих процесів. Ці методи вимагають доступу до значного обсягів інформаційних архівних даних про початкову складову системи та її функціонування. Існують способи перетворення цих даних в більш зручні форми і представлені як апіорні знання для діагностичної схеми. Цей процес в більшості літературних джерел має назву "витяганням" ознаки. Для вилучення та оцінки цих ознак з даних і характеристики справного або несправного стану контрольної системи та агрегату використовуються різні статистичні та нестатистичні методи. Такий широкий поділ методів ВДН на кількісні, якісні та апіорні включає в себе значну кількість методик і алгоритмів для виявлення і діагностуванням несправностей. Серед всього спектру процесів для досягнення характеристики справного технічного стану та виявлення несправностей доцільно виділити наступні методи, в силу їх стійкості, надійності і популярності:

- методи засновані на моделях фізичного опису процесу;
- методи засновані на алгоритмах моделей класифікації: нейронні мережі, метод опорних векторів, лінійний дискримінантний аналіз.

Список літератури

1. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №8. – С. 9-20.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Бруцький О.П. Прогнозування діагностичних параметрів технічного стану систем і агрегатів транспортних засобів // Вісник інж. академії України. – 2016. – №4. – С. 202-206.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Замота Т.М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості // Вісник інж. академії України. – 2015. – №3. – С. 66-72.
4. Аулин В.В., Гринькив А.В. Использование теоретико-информационного подхода для анализа технического состояния топливной системы автомобиля // "MOTROL" journal according of the Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, CULS. 2016. Vol.18. №2. p.63-69.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. – 2016. – №2 (77). – С.36-41.
6. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення. Монографія. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2016. 304с.
7. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів // Збірник наук. праць КНТУ. Техніка в с-г. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2016. – №29. С. 25-32.
8. Аулін В.В., Гриньків А.В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану транспортних засобів на основі теорії сенситивів // Науковий журнал "Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів". – №5.– Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 109-116
9. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування підходу системи адаптивного керування технічним станом засобів транспорту // Збірник тез Десятої міжнародної науково-практичної конференції "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2017)", 16-17 травня 2017 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2017. – С.15-17.
10. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування методу і системи діагностування стану мобільної сільськогосподарської техніки Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. /Вип. 163. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. – Харків. – 2015.-С.39-44.
11. Гринькив А.В., Аулин В.В. Связь информационной энтропии с показателями надежности агрегатов и транспортных средств // Материалы X межд. научно-техн. конф. "Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта, ПГУАС. г. Пенза. 2015. С.39-44.
12. Аулін В.В., Каліч В.М., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Прогнозування залишкового ресурсу агрегатів та систем транспортних засобів сільськогосподарського виробництва за їх технічним станом // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 45, ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.28-36.
13. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лукашук А.П., Чернай А.Є. Формування діагностичної бази даних трансмісії

- транспортних машин за критерієм статистичної інформативності // Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 28-29 березня 2018 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2018.– С. 308-311.
14. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Чернай А.Є., Замота Т.М. Обґрунтування критеріїв інформативності і відносної чутливості діагностичних параметрів технічного стану трибосистем агрегатів транспортних машин // Проблеми трибології (Problems of Tribology). - 2018. - № 3. - С.23-32
 15. Аулін В.В., Замота Т.М., Гриньків А.В., Замота О.М., Чернай А.Є. Преимущества интеллектуальной стратегии технической эксплуатации с точки зрения экономической эффективности // Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. 2018. - Випуск 192. - С.29-40
 16. Аулін В.В., Замота Т.М., Лисенко С.В., А.В. Гриньків, АС Чернай Трибологические переходы при приработке поверхностей трения сопряжений деталей // Проблеми трибології (Problems of Tribology). 2017. - № 4. – С.87-96
 17. Аулін В.В., Гриньків А.В. Реалізація удосконалення стратегії технічної експлуатації засобів транспорту та її техніко-економічна оцінка // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017, С. 12-13
 18. Аулін В.В., Гриньків А.В., Ляшук О.Л., Великодний Д.О., Аулін В.В., Гриньків А.В., Великодний Д.А. Принципові основи організації та вдосконалення системи технічного сервісу транспортних машин // Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: зб. тез V Всеукр. наук.-практ. конф., 28-29 бер. 2019 р., м. Житомир/М-во освіти і науки України, Житомир. агротехн. коледж.-Житомир: ЖАТК, 2019.-С. 245-248.
 19. Аулін ВВ, Гриньків А.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/. – вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С 126-131.
 20. Пат. 98561 Україна, МПК F01M 1/00. Спосіб діагностування технічного стану системи мащення дизеля / В. В. Аулін, В. В. Слонь, С. В. Лисенко, Д. В. Голуб, І. О. Плохов, І. В. Бичовий, А. В. Гриньків ; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т. - № u 201413616 ; заявл. 18.12.2014 ; опубл. 27.04.2015 ; Бюл. № 8.
 21. Aulin V.V., Grinkiv A.V. Problems and tasks of efficiency of system of technical exploitation of mobile agricultural and motor transport technique // Вісник Житомирського Державного Технологічного Університету: Технічні науки. 2016. – №77(2). – С. 36-41
 22. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичні положення щодо розпізнавання класу технічного стану транспортних засобів діагностуванням // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С.159-160.

СТАН ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОГО ТРАВМАТИЗМУ В УКРАЇНІ

Ю.О. Тарасенко, студ.,

О.В. Бевз, канд. техн. наук, доц.,

Центральноукраїнський національний технічний університет

За даними ВООЗ, у світі в дорожніх аваріях щороку гине близько 1,35 млн. осіб а десятки мільйонів дістають поранення чи інвалідність щороку або їхнє життя змінюється через отримані травми. Ці втрати істотно впливають на життя сім'ї та суспільства загалом. Прогнози експертів ВООЗ показують, що ці цифри можуть збільшитись на 62 % протягом найближчих 20 років, а у країнах з низьким та середнім доходом - на 81 %, якщо не буде вжито рішучих профілактичних заходів.

Кількість жертв ДТП лише протягом останніх трьох років щороку зростала на 100 тисяч осіб, зазначають експерти ВООЗ. Найбільше в аваріях гине дітей і молодих людей у віці від 15 до 29 років. Найбільш незахищеними групами є мотоциклісти (23 % смертельних випадків), пішоходи (22 % смертельних випадків) і велосипедисти (4 % смертельних випадків). Якщо терміново не вжити заходів, вже до 2030 року число смертності на дорогах збільшиться втричі (до 3,6 млн. осіб на рік).

Головною причиною такої сумної статистики та перспективи є те, що в багатьох країнах світу, особливо в країнах, що розвиваються, досі діє неналежне законодавство в дорожній сфері. Глави держав ще в 2010 році домовилися до 2020 року докласти всіх зусиль для зменшення кількості смертельних випадків і травмування внаслідок дорожньо-транспортних пригод. Однак за сім років (станом на 2017 рік) лише 17 країн світу, які потребують поліпшення дорожнього законодавства, привели принаймні один зі своїх законів у відповідність з найкращою практикою щодо пристебнутих ременів, керування транспортними засобами у нетверезому стані, швидкості, мотоциклетних шоломів або дитячих затримних пристроїв.

Так, за останніми даними ВООЗ:

- 105 країн мають належні закони про пристебнуті ремені, які застосовуються до всіх водіїв і пасажирів;

- 47 країн мають належні закони, що визначають національну максимальну швидкість у міських межах на рівні 50 км/год. і наділяють місцеву владу повноваженнями для введення додаткових швидкісних обмежень;

- 34 країни мають належні закони щодо керування транспортними засобами в нетверезому стані, обмежують вміст алкоголю в крові (САК) на рівні, що не перевищує 0,05 г/дл, а також встановлюють для молодих і водіїв-початківців більш низькі рівні САК, що не перевищують 0,02 г/дл;

- 44 країни мають закони про шоломи, які застосовуються до всіх водіїв, пасажирів і типів доріг і двигунів та вимагають, щоб шолом було пристебнуто;

- 53 країни мають закони про дитячі затримні пристрої для пасажирів транспортних засобів, які базуються на даних про вік, зріст або вагу і застосовують обмеження на перевезення дітей на передньому сидінні в залежності від їхнього віку або зросту.

Варто відзначити, що дотепер між країнами з високим рівнем доходу та країнами з низьким і середнім рівнем доходу спостерігається великий розрив за рівнем смертності на дорогах. В останніх, за даними ВООЗ, відбувається 90 % всіх випадків смерті внаслідок ДТП. Це при тому, що на країни, що розвиваються, припадає лише 54 % транспортних засобів у світі.

Так, найнижчі рівні смертності спостерігаються в Європі, особливо у найбільш багатих країнах цього регіону, а найвищі - в Африці.

На жаль, Україна є одним із лідерів у світі за рівнем смертності на дорогах разом з Росією, Вірменією, Індією та США.

Показники смертності у нас в 3-4 рази вище, ніж в європейських країнах. Для порівняння: в Бельгії фіксується 6,7 смертельних випадків на 100 тис. осіб на рік, в Австрії – 5,4, у Франції – 5,1, в Німеччині – 4,3, Данії – 3,5, тоді як в Україні цей показник становить 13,5. Економічні збитки від дорожніх пригод та травматизму у світі оцінюються в 518 млрд. дол. США у рік. Щорічно через ДТП країна втрачає 5 млрд. дол. або 2,5% ВВП [1].

Попередній аналіз статистичних даних за 2018 рік показує позитивну динаміку, а саме – зменшення кількості ДТП та кількості загиблих у ДТП в порівнянні з минулими роками, як показано на рис. 1 [2].



Рисунок 1 – Динаміка ДТП по Україні за 2010-2018 рік

Порівняльна кількість ДТП та їх наслідків по Україні за 2017-2018 рік представлена на рис. 2 [2].



Рисунок 2 – Порівняльна кількість ДТП та їх наслідків по Україні за 2017-2018 рік

Щоденно під колесами автомобілів в Україні у середньому гине одна дитина, ще 15 одержують каліцтва.

Статистика жорстока, але незаперечна: ризик постраждати від ДТП - один із найвищих.

Найкращим способом самозахисту від ДТП є виконання правил виживання на вулиці. Для цього необхідно відпрацювати в собі рефлексорне дотримання пішохідної дисципліни, яка вимагає наступне:

- незалежно від наявності машин не можна переходити дорогу на червоне світло;
- не можна вибігати на проїжджу частину з тротуару, можна лише спокійно вийти, попередньо оцінивши обстановку;
- на вулиці будь-який вид транспорту може приховувати інший, що рухається із більшою швидкістю, тому не можна також виходити на проїжджу частину через перешкоду, коли ні водій, ні пішохід не бачать один одного;
- ходити можна тільки по тротуарах, а якщо вони відсутні - по узбіччю, обличчям до транспорту, що рухається, тоді не тільки водій побачить пішохода, але й пішохід - водія;
- переходячи вулицю, слід подивитися праворуч, а дійшовши до середини - ліворуч;
- на дорозі відстань залежить від швидкості, тому треба навчись обраховувати, коли до машини буде далеко, а коли близько, при цьому пам'ятати, що навіть при швидкості 60 км/год. гальмівний шлях автомобіля складає більше 15 м.

Основні види дорожньо-транспортних пригод:

- зіткнення;
- наїзд на пішохода;
- наїзд на перешкоду;
- перекидання;
- наїзд на велосипедиста;
- наїзд на транспортний засіб, що стоїть.

Частина дорожньо-транспортних пригод з постраждалими за видами пригод на дорогах України за 2018 рік представлена на рис. 3 [2].



Рисунок 3 – Частина дорожньо-транспортних пригод з постраждалими за видами пригод на дорогах України за 2018 рік

Причини дорожньо-транспортних подій.

Найбільш розповсюджені причини ДТП стосуються дій водія транспортного засобу.

Серед них: перевищення швидкості; виїзд на смугу зустрічного руху; недотримання дистанції; керування транспортом у стані алкогольного сп'яніння тощо.

Серед причин, пов'язаних з поведінкою водія, такі як перевтома, сон за кермом, недостатність досвіду водія, відсутність культури їзди тощо.

Серед причин, що стосуються стану транспортних засобів, - несправні гальма і кермове управління, несправні або не відрегульовані фари та інші світлові прилади, невідповідний протектор шин. Ці причини проявляють себе у 3 % ДТП.

Що стосується причин та чинників, пов'язаних с дорогою (дорожні умови і обладнання доріг), то вони, згідно з статистикою, справляють вплив на 8 % подій.

Основною причиною майже всіх ДТП являється порушення Правил дорожнього руху.

Автомобільний травматизм та його види.

В основу класифікації автомобільної травми закладені способи її виникнення. За різних обставин дорожньо-транспортних пригод розрізняють такі види автомобільної травми:

1. Травма, спричинена частинами автомобіля, що рухається:

- від зіткнення автомобіля з пішоходом (наїзд);

- від стиснення тіла між автомобілем й іншими предметами.

2. Травма всередині автомобіля:

- в салоні (кабіні) внаслідок зіткнення автомобілів між собою або з якого-небудь перешкодою;

- в салоні (кабіні) внаслідок перекидання автомобіля.

3. Травма при випадінні з автомобіля (з кузова, салону, кабіни).

4. Ушкодження від зіткнення людини з автомобілем, що рухається.

Ушкодження при цьому виді травми відбуваються в декілька етапів, які відрізняються механізмом травматичного впливу:

- первинний контакт з авто;

- закидання людини на авто;

- падіння людини на ґрунт;

- ковзання по ґрунту.

Ушкодження при цьому виді травми виникають зазвичай від притиснення людини кузовом автомобіля до нерухомих предметів, тобто за механізмом стиснення. Обсяг ушкодження визначається ступенем стиснення, площиною контакту та положенням постраждалого. При даному виді автотравми дуже рідко утворюються специфічні ушкодження. Найбільш часто ушкоджуються грудна клітка та органи черевної порожнини. Стисненню інколи передують удари, але його наслідки зазвичай маскуються ушкодженнями від стиснення.

За даними ВООЗ біля 30 % осіб, які загинули при ДТП, могли б бути врятовані, якби їм протягом першої години вірно надали першу допомогу. Надання допомоги протягом перших 10 хвилин з моменту травми знижує смертність на 50 %.

При наданні першої допомоги свої дії слід спланувати таким чином:

- винести потерпілого з небезпечного місця;

- швидко оцінити стан потерпілого, намітити послідовність і об'єм допомоги;

- при відсутності дихання і серцевої діяльності негайно приступити до проведення реанімаційних заходів (штучне дихання – 8-12 разів, закритий масаж серця – 60 разів за хвилину);

- зупинити кровотечу;

- захистити рану від забруднення;

- провести протишокові заходи;

- здійснити транспортну іммобілізацію;

- забезпечити термінову і оптимальну доставку потерпілого в лікувальний заклад.

У випадку ДТП у місті, де прибуття машини швидкої медичної допомоги очікується протягом 20-30 хвилин, немає потреби витягати потерпілих з автомобіля, якщо вони при свідомості, не стиснені деформованими частинами автомобіля і не потребують реанімаційних заходів або зупинки кровотечі. Якщо ж в автомобілі відчувається запах горілої електропроводки або розлитого бензину, потерпілих потрібно негайно перенести в безпечне місце.

Зважаючи на таку статистику, перед державою стоїть складне та дуже відповідальне завдання зі збереження життя та здоров'я людей, вирішення якого вимагає належної організації заходів із підвищення безпеки дорожнього руху, ефективного розподілу функцій усіх причетних органів, зміну ставлення громадян до забезпечення безпеки на дорогах.

Список літератури

1. Педен М. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / М. Педен, Р. Скарфилд, Д. Слит и др.; пер. с англ. - М: Весь мир, 2004. - 280 с.
2. Статистичні дані ДТП центру безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем при МВС України.

ХОДОВІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ

О.О. Солонченко, студ.,
М.В. Красота, канд. техн. наук, доц.,
Р.А. Осін, канд. техн. наук, доц.,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Насьогодні автомобільним транспортом перевозиться понад 80% всього обсягу вантажів, транспортом загального користування - більше 75% пасажирів.

Незважаючи на це автомобільний транспорт залишається найнебезпечнішим видом транспорту. За кількістю ДТП на одиницю автомобільної техніки Україна випереджає цілий ряд країн Європи.

Змінити ситуацію можливо, шляхом підвищення безпеки руху автомобілів.

Із загальної кількості ДТП, що сталися через технічну несправність, 40-50% обумовлені несправностями гальмівної системи. Відзначимо, що відмови гальмівних систем є вкрай небезпечними при експлуатації автотранспортного засобу (АТЗ). ДТП, викликані відмовами гальмівних систем, мають найбільш важкі наслідки.

Наведені дані про ДТП, що сталися з причин незадовільного технічного стану гальмівних систем, дані про їх несправності говорять про те, що гальмівні властивості АТЗ, стан їх гальмівної системи є найважливішим, визначальним активну безпеку фактором.

Для підвищення безпеки автотранспортних засобів (АТЗ) в умовах експлуатації необхідна підтримка їх гальмівних систем в технічно справному стані, що можливо на основі якісного контролю та інформативної діагностики [1-4].

Для визначення технічного стану гальм використовують три методи:

- 1) в дорожніх умовах - ходові випробування;
- 2) в процесі експлуатації за рахунок вбудованих засобів діагностування;
- 3) в стаціонарних умовах з використанням гальмівних стендів.

Контроль ефективності гальмування робочої гальмівної системи (РГС) проводиться методом дорожніх чи стендових випробувань.

Контроль ефективності гальмування допоміжної гальмівної системи (ДГС) проводиться методом дорожніх випробувань. Критерієм ефективності гальмування ДГС є значення усталеного сповільнення АТЗ.

Контроль ефективності гальмування стоянкової гальмівної системи (СГС) проводиться методом дорожніх чи стендових випробувань. Критерієм ефективності гальмування СГС є значення загальної питомої гальмівної сили.

Ходові методи використовують, як правило, для «грубої» оцінки гальмівних якостей автомобіля. При цьому результати випробувань можуть визначатися візуально за гальмівним шляхом і синхронністю початку гальмування коліс при різкому однократному натисненні на педаль гальма (зчеплення вимкнено), а також з використанням переносних приладів - деселерометрів (або деселерографів).

Слід відмітити, що діагностування за гальмівним шляхом повинно проводитися на рівній, сухій, горизонтальній ділянці дороги, вільній від транспорту, що рухається.

Цей спосіб випробувань все ще має доволі широке розповсюдження, хоча і має наступні досить суттєві недоліки:

- при гальмуванні неможливо відслідковувати стабільне натиснення на педаль гальм з однаковим зусиллям, внаслідок чого результати вимірювань значно розрізняються на кожному з гальмувань.

- гальмівний шлях в значній мірі залежить від досвіду водія автомобіля, стану покриття дороги і умов руху.
- визначається лише загальне сповільнення автомобіля. Неможливо диференційовано визначити відхилення гальмівних зусиль на окремих колесах, що визначається стійкість руху автомобіля при гальмуванні.
- при випробовуваннях ймовірна небезпека виникнення нещасних випадків.
- значні витрати часу на випробування при великому зношуванні шин і підвіски внаслідок блокування коліс.
- при поганих кліматичних умовах (дощ, сніг, ожеледиця) проводити вимірювання взагалі неможливо.

Однак, незважаючи на перераховані недоліки, ходові методи все ж можуть бути незамінними в деяких випадках. Зокрема, на відміну від стендових методів, при ходових випробовуваннях можливо найбільш точно відтворити умови спрацьовування антиблокувальної системи (ABS).

При існуючих методах контролю, водій автомобіля, як правило, дізнається про несправності ABS тільки в процесі екстреного гальмування на дорозі з малим коефіцієнтом зчеплення, що само по собі дуже небезпечно. Відмова ABS призводить до блокування коліс, які гальмуються, що створює аварійну ситуацію, а відсутність регуляторів гальмівних сил на автомобілях з ABS ще більше їй посилює.

У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває питання розробки методу контролю гальмівної ефективності та стійкості автомобілів з ABS при спільному функціонуванні гальмівної і антиблокувальної систем.

Ефективність гальмування, керованість і курсова стійкість транспортного засобу, обладнаного АБС, забезпечується шляхом створення певної величини проковзування коліс.

Для реалізації методики оцінки працездатності гальмівної системи, обладнаної ABS, необхідні значення, що дозволяють оцінити нормативні параметри (усталене сповільнення, час спрацьовування гальмівної системи, зусилля на органі управління, швидкість автомобіля і швидкість коліс транспортного засобу), а також величину проковзування коліс при гальмуванні, яка виявляється при спрацьовуванні ABS і яку не можливо отримати при стендових методах.

Таким чином, на основі ходових методів, можливо створювати методики та вимірювальні комплекси, які з достатньою точністю дозволять виконувати діагностування гальмівних систем, обладнаних ABS.

Список літератури

1. Генбом, Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей/Б.Б. Генбом. Львов: Вища школа, 1974. - 234 с.
2. Красота М.В. Исследование влияния загрязнений электромагнитных форсунок на параметры бензиновых двигателей/Красота М.В., Шепеленко И.В., Матвиенко А.А., Аль Соодани Салем М. Муташаир//Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. КНТУ. – 2013. - с. 125-134.
3. Гернер, В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/В.С. Гернер. Харьков, 1970.-153 с.
4. Говорущенко, Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н.Я. Говорущенко. М.: Транспорт, 1970. - 254 с.
5. Кунин, М.Ф. Оценка работоспособности антиблокировочной тормозной системы (АБС) по нормативам технического регламента с использованием устройства для измерения скорости колеса / Ю.В. Баженов, М.Ф. Кунин // БТИ. – 2011. – № 12(198). – 0,25 п.л. – ISSN 2072 – 8115.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОСИСТЕМ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ АВТОМОБІЛІВ

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

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

Р.А. Осін, *канд. техн. наук, доц.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Експлуатаційні властивості спеціалізованих автомобілів багато в чому визначаються технічним станом і рівнем працездатності машин, які залежать як від надійності конструкції, так і від заходів щодо забезпечення їх працездатності в процесі експлуатації.

Забезпечення ефективного функціонування є важливою умовою технічної експлуатації машин, оскільки знання й застосування оптимальних методів і стратегій дозволяє підвищувати ресурс, скоротити простої машини в технічному обслуговуванні й ремонті, знизити витрати на їхнє проведення й забезпечити необхідну експлуатаційну надійність.

Одним з важливих елементів, що забезпечує якісне функціонування спеціалізованих автомобілів є гідравлічний привід. Гідропривід застосовується в механізмах піднімання кузова, кранів, робочих органів та інших системах спеціалізованих автомобілів. Забезпечення високої швидкості виконання технологічних операцій цих автомобілів дозволяє збільшити їх продуктивність, зменшити простої.

Гідросистеми знайшли широке розповсюдження в автомобільному транспорті, зокрема в допоміжних гідроприводах спеціалізованих автомобілів.

В цих машинах гідроприводи використовуються для силових трансмісій, силових механізмів спеціалізованого рухомого складу (механізм піднімання кузова самоскиду, механізми піднімання кранів-маніпуляторів, бортів, лопат тощо), в підсилювачах рульового керування.

Самоскиди, які застосовуються на цей час, мають повністю механізований підйом платформи, для чого використовується енергія автомобільного двигуна.

Енергія, необхідна для піднімання платформи, передається гідравлічним пневматичним, електричним, механічним і комбінованим приводами. На більшості сучасних самоскидів застосовуються гідравлічні піднімальні механізми. Привод насоса гідравлічних піднімальних механізмів здійснюється, як правило, від двигуна автомобіля через коробку відбору потужності. У деяких випадках для привода насоса на самоскидах великої вантажопідйомності використовують окремий (автономний) двигун.

Застосування гідравлічних піднімальних механізмів дозволяє знизити витрати часу на піднімання і опускання платформ, підвищити надійність і безпеку роботи. Внаслідок незначного зношування деталей термін служби гідравлічних піднімальних механізмів відповідає терміну служби самоскида, а іноді й перевищує його.

Основними параметрами ефективності гідросистеми спеціалізованого автотранспорту є ККД гідропривода, корисна потужність гідроциліндра робочого органа, потужність насоса. Більшість цих параметрів залежить від величини подачі насоса.

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

Одними з таких об'ємних машин є шестеренні насоси (НШ). До найважливіших конструктивних переваг НШ слід віднести: надзвичайну простоту конструкції, кількість

різних деталей насоса, як правило, не більше десяти; мінімальна кількість рухомих деталей: всього дві деталі – ведуча та ведена шестерні, що здійснюють обертальний рух; відсутність зворотно-поступального руху, який зв'язаний з дією сил інерції; простота і низька собівартість виготовлення; непримхливість в експлуатації; висока надійність; високі питомі технічні характеристики [1-3].

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

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

Подальше підвищення технічного рівня НШ дозволить їм зайняти ще більшу нішу на транспорті.

Для підвищення ефективності гідроприводів доцільно підвищувати такі характеристики НШ, як КПД, подачу, питомий тиск тощо [4].

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

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

Таким чином, удосконалювання конструкції та принципів функціонування гідросистем спеціалізованого автотранспорту є актуальною задачею. Підвищення ефективності функціонування гідросистем спеціалізованого рухомого складу автомобілів повинно виконуватися, в першу чергу, шляхом підвищення технічного рівня та подачі шестеренного насоса.

Список літератури

1. Насоси шестеренні об'ємного гідроприводу. Технічні умови. ДСТУ 3-25-180-97. – К.: Мінпром політики України, 1998. – 48 с.
2. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем: [учебник для вузов] / Т.М. Башта – М.:Машиностроение, 1974.– 606 с. – С. 10 – 12.
3. Башта Т.М. Расчеты и конструкция самолетных гидравлических устройств/ Т.М. Башта – [3-е изд. перераб. и доп.] – М.: Гос. научно-технич. издат. Оборонгиз, 1961. – 475 с.
4. Г.А. Ааврунин. Объемный гидропривод и гидропневмоавтоматика: Учебное пособие/[Г.А. Ааврунин, И.В. Грицай, И.Г. Кириченко, И.И. Мороз, О.В. Щербак] – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 412 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОТОРНИХ ОЛИВ В ДВИГУНАХ CUMMINS

О.Й. Мажейка, канд. техн. наук, проф.,

М.О.Грузіньш, студ.,

Центральноукраїнський національний технічний університет

В умовах постійно зростаючих цін на нафту та нафтопродукти особливо важливу роль грає питання про раціональне використання моторних мастил. Невеликі терміни експлуатації мастила призводять до його необґрунтованої перевитрати, великі – до зниження експлуатаційної надійності та довговічності двигуна.

За мету дослідницької роботи обрано покращення техніко-економічних показників експлуатації двигунів КТА-50С шляхом запровадження методу комплексної оцінки якісного стану моторного мастила для визначення його раціонального терміну використання в залежності від технічного стану двигуна.

Методами дослідження було:

- аналіз відповідної навчальної та технічної літератури;
- використання нормативно-технічної документації базового підприємства і заводу-виробника та вимог державних стандартів;
- застосування методів спектрального аналізу та експрес-діагностики якості зразків відпрацьованого моторного мастила;
- розробка рекомендацій, щодо застосування ресурсу моторного мастила.

Кар'єрні самоскиди на відкритих розробках є самостійним домінуючим видом транспорту. В останні десятиріччя спостерігається тенденція погіршення гірничотехнічних умов відкритих гірничих розробок, що пов'язано із збільшенням глибини та просторових розмірів кар'єрів. Як наслідок збільшується відстань транспортування гірничої маси (до 5км), зростає кількість закруглень та частка похилих ділянок траси (до 70-80%). При роботі на таких складних трасах самоскиди відчувають підвищенні навантаження, що відображається на надійності силових агрегатів. [1]

Діюча система заміни моторних мастил за фіксованим ресурсом не забезпечує високої надійності та мінімуму витрат. Це пов'язано з тим, що основним критерієм при плануванні технічного обслуговування є наробіток автомобіля. Якість моторних мастил, за останні часті значно покращилася, а терміни заміни мастила вже не змінювалися впродовж останніх десяти років. В результаті заміни моторного мастила при технічному обслуговуванні, високоякісні мастила, запас якості яких не вичерпаний, зливаються з двигуна.

На великовантажних автосамоскидах БЕЛАЗ 75131 встановлені двигуни Cummins марки КТА-50С, які мають наступні характеристики: 4-тактний, V-подібний (60⁰), 16-циліндровий дизельний двигун з турбонаддувом, потужністю 1600к.с., робочим об'ємом 50літрів та вагою 4858кг.

Згідно з посібником по експлуатації двигуна операції по технічному обслуговуванню ТО-1 рекомендовано виконувати через 250 мото-годин наробітку двигуна або 6 місяців. Заміна моторних мастил входить до переліку робіт, що здійснюються при ТО-1. Однак, як показує практичний опит експлуатації кар'єрних великовантажних самоскидів, мастило в одних випадках може втрачати свою роботу здатність раніше, ніж проводиться ТО-1, в інших – набагато пізніше [2].

Враховуючі рекомендації, в двигунах великовантажних автосамоскидах БЕЛАЗ 75131 в умовах підприємства ГТЦ-1 ПРАТ ПівнічЗК експлуатується моторне мастило LUKOIL AVANTGARDE ULTRA 15W-40.

LUKOIL 15W-40 це сучасне всесезонне мастило на мінеральній основі призначене для застосування у високооборотних чотиритактних дизелях з турбонаддувом, що експлуатуються у важких умовах (кар'єрні самоскиди БЕЛАЗ, бульдозери, трактори...). Має схвалення багатьох фірм-виготовлювачів двигунів, таких як: MAN M 3275, Volvo VDS-3, RENAULT TRUCKS RLD-2, Cummins 20071/2/6/7/8, MB 228.3,229.1 MTU Category 2, Global DHD 1, Caterpillar ECF-2, Mack E-OM Plus, ОАО «КАМАЗ», ОАО «Автодизель» («ЯМЗ») Euro-3/4.

Для контролю властивостей відпрацьованого мастила рекомендовано використовувати стандартні методи аналізу – визначення диспергуючих властивостей, вмісту води та механічних домішок, за показниками в'язкості.[3].

Для виконання аналізу стану відпрацьованих моторних мастил були взяті проби мастил з двох різних великовантажних автомобілів марки БЕЛАЗ 75131 при зливанні їх з двигунів під час проведення ТО.

Оцінювання якості моторного мастила проводили за зовнішніми ознаками на колір, наявність води та механічних домішок та визначали значення диспергуючих властивостей мастила [4].

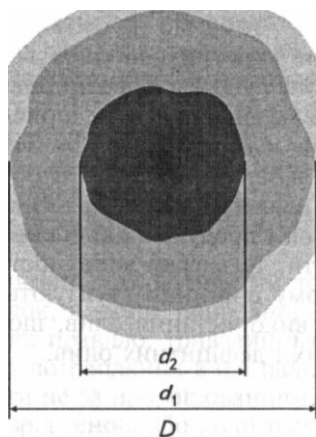


Рисунок 1 - Хроматограма оцінювання забруднення і якості оливи

Так для зразків, що перевіряємо диспергуючі властивості становлять:

Таблиця 1 – Оцінка диспергуючих властивостей зразків

	ДВ	ДСТУ	Відхилення
Зразок №1	0,45	$\geq 0,3$	-
Зразок №2	0,3	$\geq 0,3$	-

Таблиця 2. – Визначення в'язкості зразків

	Зразок №1	Зразок №2	ГОСТ 25371-97	Показники заводу-виробника	Відхилення
В'язкість, V_{100} } мм ² /с V_{40} }	12,6	12,5	10±0,5	14,2	-
	99,32	98,08	-	101,4	-
Індекс в'язкості	120	119	Не менше 90	120	-

«Старіння» оливи призводить до закоксовування поршневих кілець, їх пригорання, втрати рухомості; підвищення температури деталей циліндро-поршневої групи за рахунок погіршення тепловідводу; заклинення клапанів у направляючих втулках; прогару клапанів; забруднення сітки оливи приймачів насосів, мастильної системи, дренажних отворів в оливоз'ємних кільцях та поршнях; зміни в'язкості оливи та її температури спалаху; підвищення корозійного зношення деталей ЦПП; абразивного зношування деталей твердими

частками домішок; корозії підшипникових сплавів та іржавіння залізовмісних деталей тощо [5,6].

При жорстких режимах роботи двигуна, а також значній запиленості навколишньої атмосфери терміни заміни оливи порівняно з рекомендаціями заводів-виготовлювачів треба корегувати. Так, на базовому підприємстві ГТЦ-1 ПРАТ ПівнігЗК, не враховують умови експлуатації автосамоскидів БЕЛАЗ 75131 і проводять заміну моторного мастила через 250 мото-годин роботи, що перевищує допустимі відхилення у 10% (235,1 мото-години) та є порушенням планово-попереджувальної системи ТО та ремонту автомобілів і вимог «Положень...». Відповідно до проведених розрахунків заміну моторної оливи необхідно проводити через 213,75 мото-годин. Але, за результатами дослідження якості відпрацьованого мастила, в роботі були зроблені висновки, що проби оливи не втратили своїх експлуатаційних властивостей. Це дає змогу стверджувати, що невчасно замінене мастило не призводить до порушень у роботі двигунів та не сприяє зниженню надійності.

Висновки. Враховуючи об'єм моторного мастила (для автосамоскидів БЕЛАЗ 75131 - 195 л) та його вартість, кількість таких машин на підприємстві (спискова кількість самоскидів БЕЛАЗ в ГТЦ-1 ПРАТ ПівнігЗК складає - 45 одиниць), а також часту заміну мастила (середньо добовий наробіток складає близько 20 мото-годин за даними підприємства), то можна стверджувати про доцільність застосування подовженого терміну експлуатації моторного мастила та значну річну економію коштів оборотних фондів на матеріали. Зважаючи на те, що на сьогодні ресурс моторного мастила на підприємстві вже подовжений на 20%, у порівнянні з розрахунковим, при цьому якість відпрацьованого мастила знаходиться в межах норми, то ресурс заводу-виробника підтверджується. Якщо, навіть, замінити мастило на одну добу пізніше, це призведе ще майже до 10% економії.

Для визначення терміну експлуатації моторної оливи проводити моніторинг зміни її якості під час роботи після наробітку, що визначений заводом-виготовлювачем двигунів. Так відповідно до середньо-добового пробігу самоскидів БЕЛАЗ 75131 (20 мото-годин) аналіз якості мастила проводити один раз на добу, у міжзмінний період, для визначення своєчасності постановки автомобіля на заміну мастила.

Список літератури

1. Д.С.Колосяк, Д.В.Зеркалов „Експлуатаційні матеріали” / Підручник. – К: Арістей, 2007. – 244с.
2. С.К.Полянський, В.М.Коваленко „Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин” / Підручник. – К: Либідь, 2005. – 504с.
3. В.П.Павлов, П.П.Заскалько „Автомобильные эксплуатационные материалы”. – М: Транспорт, 1982. – 205с.
4. Тезек Ю.М. «Разработка метода оптимизации использования моторного масла в двигателях Камаз-740 в зависимости от их технического состояния» автореферат диссертации – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tekhnosfera.com/razrabotka-metoda-optimizatsii-ispolzovaniya-motornogo-masla-v-dvigatelyah-kamaz-740-v-zavisimosti-ot-ih-tehnicheskogo-so#ixzz4Yb3SKYua>
5. Ю.А. Власов «Организация системы диагностирования карьерных самосвалов по параметрам работающего масла» Журнал "Горная Промышленность" №4 (110) 2013, стр.91 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mining-media.ru/ru/article/newtech/4687-organizatsiya-sistemy-diagnostirovaniya-karernykh-samosvalov-po-parametram-rabotayushchego-masla>
6. ГОСТ 25371-97 «Нефтепродукты. Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости»

РЕГЕНЕРАЦИЯ СВОЙСТВ ОТРАБОТАННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Ю.В. Ващёнок, студ.,
В.А. Арыков, студ.,
И.А. Веренич, канд.техн.наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет

Регенерация и восстановление свойств отработанных смазочных масел и гидравлических жидкостей сельскохозяйственной техники, повторное их использование, особенно в условиях эксплуатации, может дать существенный экономический и экологический эффект, обеспечить ресурсосбережение. Поэтому разработка малогабаритных передвижных установок и новых прогрессивных методов очистки и регенерации отработанных масел в условиях эксплуатации сельскохозяйственной техники является *актуальной* проблемой.

Классификации, свойства и требования к показателям качества масел и гидравлических жидкостей даются в нормативных документах и во многих информационных источниках [1, 2, 3 и др.]. Свойства рабочих жидкостей гидроприводов условно разбивают на 4 группы: физические (тепловые), эксплуатационные, реологические и экологические [1]. Классификация техники по видам используемых топлив, смазочных материалов и жидкостей приведена в [4]. Номенклатура и ассортимент смазочных масел и технических жидкостей достаточно полно представлены в [5].

Эксплуатационные характеристики жидкости достигаются путём добавления в базовое масло присадок или комплекса присадок. Причём присадки могут являться либо взаимодополняющими, либо противодействующими друг другу. Поэтому масла от разных производителей смешивать не рекомендуется, т. к. в результате могут произойти непредсказуемые химические реакции, которые отрицательно повлияют на отдельные гидроузлы или на всю гидросистему в целом.

В процессе хранения, транспортировки и эксплуатации происходит старение жидкости, загрязнение и изменение физико-химических и эксплуатационных показателей. Исследования многих авторов показывают, что на надежность и работоспособность различных машин и гидросистем большое влияние оказывает загрязненность жидкостей и масел. Число отказов гидравлических агрегатов, вызванное присутствием в рабочей жидкости гидросистемы механических примесей, достигает 12..15 % от общего числа отказов. При соблюдении необходимых требований к чистоте гидросистемы удается повысить надежность гидроприводов и уменьшить эксплуатационные расходы в среднем на 50% . Повышение тонкости фильтрации рабочей жидкости (РЖ) в гидросистеме с 25 до 5 мкм увеличивает ресурс насосов в 10 раз и гидроаппаратуры – в 5-7 раз. [6]. Однако фильтрация (или другие средства очистки) обеспечивает наибольший эффект лишь при комплексном соблюдении требований по типам применяемых масел, правилам их хранения и транспортирования, качеству очистки и герметизации гидросистем, регламентам их эксплуатации. По данным производителей гидравлических узлов 90% насосов выходят из строя раньше положенного срока из за механических примесей в системе.

Жидкости и фильтры через определенный срок должны быть заменены новыми. Технические требования по замене базируются на продолжительности рабочего цикла и степени загрязненности жидкости. Соблюдение установленных изготовителем гидроприводов требований по замене жидкости и фильтров является необходимым условием сохранения работоспособности гидросистемы. Критериями определения интервалов замены являются: тип гидромашин, наработка, используемая жидкость и ее свойства, нормативы по

загрязнениям и анализ проб масла для контроля уровней загрязнения. Анализ отработанного масла не является единственным критерием при определении интервалов замены гидравлических жидкостей и фильтров.

При большом парке техники перед потребителем возникают вопросы: покупки свежего масла и утилизации отработавшего или восстановление свойств отработанного. Если покупка нового масла несёт только финансовые убытки, то утилизация отработанного масла, помимо финансовых затрат, несет экологическую опасность и для почвы и для водных ресурсов. Вопросы экологической химмотологии технических жидкостей и смазок рассмотрены в работе [4]. Например, один литр масла способен загрязнить до миллиона литров питьевой воды.

Отработанные масла условно можно разбить на 4 группы: 1- масла с холодных установок; 2 - моторные масла двигателей внутреннего сгорания; 3 - моторные масла газогенераторных установок; 4 - синтетические масла и синтетические жидкости. Способ и технологический процесс очистки и регенерации будет существенно зависеть от группы отработанных масел.

Для 1-й группы отработанных масел можно применить методы фильтрации, типовые схемы включения фильтров в гидросистему приведены в работе [7].

Масло прокачивается через фильтровальный материал различной структуры, в результате чего примеси задерживаются на его поверхности (поверхностные фильтры) или в глубине фильтровального материала (глубинные фильтры). Фильтры способны обеспечить высокую степень очистки (до 0,5 мкм). В качестве фильтрующей среды используют одноразовые фильтры (картонные, стекловолоконные, керамические и т.д.), а также многоразовые (сетчатые, проволочные и др.). Особенно важно проводить фильтрацию масла после ремонтных работ в гидросистеме.

Для 2-й, 3-й и 4-й групп отработанных масел необходимо использовать специальные способы очистки и регенерации [8]. Известно много способов очистки и регенерации масел: физические (отстаивание, сепарация, фильтрация), физико-химические (адсорбция, коагуляция, термовакуумная сушка, селективное растворение) и химические (кислотная обработка, щелочная обработка)

Механические примеси могут удаляться также в силовых полях при помощи центробежной очистки (в большинстве случаев очистка от механических примесей совмещена с очисткой от воды, что является преимуществом метода). Недостатки: - удаление механических примесей только до 12-13 класса чистоты (ГОСТ 17216); в то время, как большинства современных гидросистем требуется 7-8 класс чистоты и трудоемкость процесса очистки от механических примесей.

Сернокислотная очистка. В результате сернокислотной очистки образуется большое количество кислого гудрона - трудно утилизируемого и экологически опасного отхода. Кроме того, сернокислотная очистка обеспечивает не полное удаление инородных веществ из отработанных масел. В настоящее время практически не применяется[3].

Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие масло продукты на своей поверхности. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты). Недостатки данной очистки - утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду[3].

Для очистки отработанных масел от полициклических соединений (смолы), высокотоксичных соединений хлора, продуктов окисления и присадок применяются процессы с использованием металлического натрия[3]. При этом образуются полимеры и соли натрия с высокой температурой кипения, что позволяет отогнать масло. Процесс не требует давления и катализаторов, не связан с выделением хлоро- и сероводорода. Среди промышленных процессов с использованием суспензии металлического натрия в нефтяном

масле наиболее широко известен процесс Resyclon (Швейцария). Процесс Lubtex с использованием гидроксида и бикарбоната натрия (Швейцария) позволяет перерабатывать любые отработанные масла с выходом целевого продукта до 95 % .

Для регенерации масел применяются разнообразные аппараты и установки, действие которых основано, на сочетании различных методов. Необходимо отметить, что при регенерации масел можно получать масла, по качеству идентичные свежим, причем выход масла в зависимости от качества сырья составляет 80...90 %, это достаточно высокий показатель, таким образом, решается экологическая и финансовая сторона вопросов о замене свежего гидравлического масла регенерированным отработанным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ источников информации показал, что регенерация и восстановление свойств отработанных смазочных масел и гидравлических жидкостей гидроприводов и передач сельскохозяйственной техники особенно в условиях эксплуатации, и повторное их использование, может дать существенный экономический эффект и обеспечить ресурсосбережение. Стационарные установки для регенерации отработанных масел сельскохозяйственных машин экономически нецелесообразны. Для регенерации масел малых объемов в условиях эксплуатации требуется: уточнение уровней физико-химических и эксплуатационных показателей работающих продуктов, разработка новых методов и компактной системы контроля состояния и оценки текущего уровня качества масла или жидкости с целью их замены и утилизации, создания малогабаритных мобильных установок.

Такая задача поставлена перед кафедрой «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод» БНТУ и авторами данной работы.

Список литературы

1. Рабочие жидкости систем гидропривода: Учеб. пособие для студ. спец. «Гидравлические. и пневматические. машины», «Прикладная механика», «Инженерная механика» / В.А. Трофимов, О.М. Яхно, Р.И. Солонин. – К.: НТУУ «КПИ», 2009.- 184 с.
2. Никитин, О. Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов: учебное пособие для вузов по направлению 150800 "Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника" специальности 150802 "Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика"/ О. Ф. Никитин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 285 с.
3. Кламанн Д. Смазки и родственные продукты. Синтез. Свойства. Применение. Международные стандарты: Пер. с англ./ Под ред. Ю.С.Заславского. – М.:, 1988.- 488 с.
4. Фукс И.Г. Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле: Учеб. пособие./И.Г. Фукс. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004.-280 с.
5. Зарубежные масла, смазки, присадки, технические жидкости : Международный каталог. Вып. 3/00 0 /«Издательский центр «Техинформ» МАИ». - Москва: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2005. - 380 с.
6. Надежность гидравлических систем воздушных судов /Т.М. Башта, В.Д. Бабанская, Ю.С. Головки и др.; Под ред. Т.М. Башты.- М.: Транспорт, 1986.-279 с.
7. Веренич ИА. «Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 07.-«Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» /И.А. Веренич, Д.Л. Жилинин - Минск, БНТУ, 2017. - 68 с.
8. Тарасов В.В. Регенерация отработанных моторных масел тронковых дизелей в судовых условиях /В.В. Тарасов, Г.П. Кича.- Морской государственный университет им. Адмирала Г.И. Невельского.- Труды университета – Владивосток, 2016.- 47 с.

БАЙПАСНАЯ ОЧИСТКА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ ПОГРУЗЧИКА "АМКОДОР А4342С"

И.А. Веренич, канд.техн.наук, доц.,

Ю.В. Ващёнок, студ.,

Белорусский национальный технический университет

В ходе эксплуатации строительной-дорожной техники со временем в жидкости, накапливаются продукты износа металлических элементов конструкции и уплотнений, пыль, вода, растворенный воздух, продукты деструкции жидкости и др. загрязнители, ухудшающие эксплуатационные характеристики масел и гидросистем.

По статистике компаний производителей гидравлики Danfos (Дания), Parker (США), ROCLAIN HYDRAULICS (Франция), Гидросила (Украина), именно из-за механических примесей выходят из строя до 90% гидронасосов и гидромоторов.

Частицы загрязнителя, попадая в гидросистему, строительной-дорожных машин, чаще всего, работающих в запыленных условиях, разрушают качающиеся узлы (плунжеры, бронзовые подпятники, блоки, распределительные шайбы и т.д.). Детали узлов трения гидромашин и других гидравлических агрегатов при работе обволакиваются масляной плёнкой, толщина которой соизмерима с размерами частиц загрязнителя, которые попадая в зону трения, вызывают износ этих поверхностей. Различная твёрдость частиц загрязнения и их размер так же играют важную роль при определении величины повреждений. Известно, что наиболее негативные последствия возникнут в том случае, если размер частиц загрязнения соизмерим с толщиной масляной плёнки [1], толщину которой можно произвести по зависимости, предложенной в работе [2].

Так зазор между блоком и поршнями аксиального насоса составляет от 25 до 50 мкм, а зазоры в регулирующей аппаратуре насосов (регуляторы мощности и т.д.) от 15 мкм и меньше. Соответственно класс чистоты масла должен быть не более 7 (ГОСТ17216-2001). Даже свежее масло имеет класс чистоты 8-12 в зависимости от заправочных емкостей. Поэтому, производители машин и масел рекомендуют фильтровать или сепарировать даже свежее масло, т.к. класс чистоты в заправочных емкостях или канистре не нормируется. Рекомендуется контролировать уровень загрязненности рабочей жидкости при заправке и периодически при эксплуатации [3].

Когда необходимо провести тонкую очистку всего масла и удалить частицы до 15 мкм в полно поточных фильтрах, то может возникнуть большое противодавление и вывести фильтр из строя. Для тонкой очистки многих гидросистем приемлемым является включение байпасных фильтров (рисунок 1). Через байпасный фильтр проходит часть масла (около 10%) и таким образом постепенно фильтруется весь объём масла в системе.

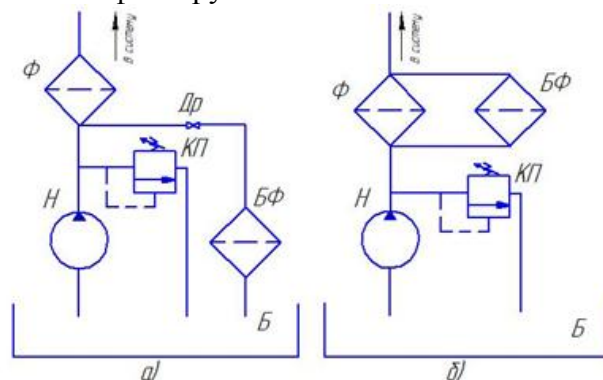


Рисунок 1 – Подключение байпасных фильтров: а) через дроссель, б) параллельно основному фильтру

Эффективность использования байпасных фильтров проверялась на универсальном стенде для испытаний и исследований фильтров рабочих жидкостей гидросистем в лаборатории кафедры «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод» БНТУ. Схема стенда и порядок подключения приведены на рисунке 2 [4].

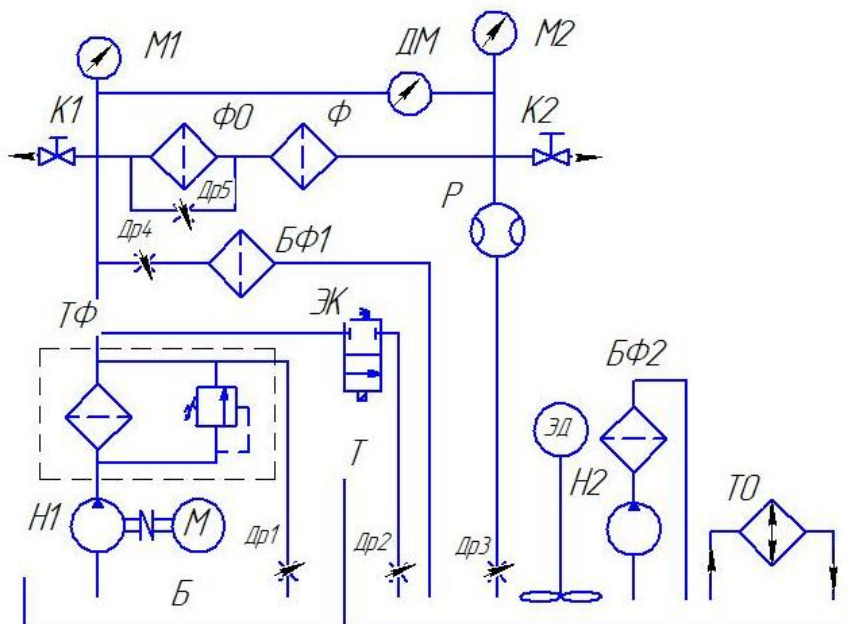


Рисунок 2 – Схема гидравлическая принципиальная универсального стенда для испытания фильтров

М – 3-х фазный асинхронный электродвигатель; Н1 – основной насос постоянной подачи с предохранительным клапаном; Н2 – насос для автономной байпасной очистки; ТФ – технологический фильтр с перепускным клапаном; ДР1...ДР5 – дроссели регулируемые; ЭК – электромагнитный клапан; ЭД – электродвигатель постоянного тока для привода мешалки; К1...К2 – краны для отбора проб масла; ТО – теплообменник; Ф – штатный фильтр гидросистемы погрузчика; БФ1 – байпасный фильтр номинальной тонкости фильтрации 25 мкм; БФ2 – байпасный фильтр вихревого типа; Р – расходомер турбинного типа; М1 и М2 – манометры; ДМ – дифференциальный манометр (датчик перепада давлений); Т – датчик температуры; Б – бак емкостью 50 л с коническим днищем и сливным краном; к стенду прилагались: тензоусилитель датчика перепада давлений, фотометрические счётные анализаторы ФС-151 и ПКЖ-901, хронометры, различные загрязнители и испытуемые фильтры.

Стенд позволяет проверять: герметичность и прочность фильтра, предельный перепад давления на фильтре, грязеемкость фильтра, ресурс фильтра, индикатор загрязнённости фильтра, номинальную тонкость фильтра, определение гидравлической характеристики фильтра, коэффициент очистки для каждой группы размеров частиц.

Повышенный износ деталей гидросистем и изменение свойств рабочих жидкостей гидроприводов происходит при нестационарных режимах работы гидроприводов, характерных для большинства приводов с переменной нагрузкой [5, 6], в том числе и мобильных строительно-дорожных машин.

Для испытания применялось отработавшее промышленное гидравлическое масло НЛР(МГЕ) 46, из фронтального универсального погрузчика «Амкодор» А342С после наработки 2000 мото / часов, работающего в запылённых условиях с нестационарными нагрузками и температурой окружающей среды от -18°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

Температура жидкости при испытаниях поддерживалась теплообменником на уровне $+20^{\circ}\text{C}$, $+40^{\circ}\text{C}$ и $+60^{\circ}\text{C}$. В качестве дополнительных загрязнителей использовались строительная пыль, металлический порошок 15-20 мкм, вода и дизтопливо, которые перемешивались мешалкой. В процессе испытаний регистрировались: температура масла,

перепад давления на фильтрах, брались пробы масла для определения плотности, содержания воды, кинематической вязкости, температуры вспышки. Измерения физико-химических показателей грязного и очищенного масел проводились на аккредитованном оборудовании научно-исследовательской испытательной лаборатории гидропневмосистем и нефтепродуктов (НИИЛ ГПСН БНТУ).

С помощью фильтрации удалялись механические загрязнители, вода и дизельное топливо. Вода удалялась через 30 мин, в то время как дизельное топливо удалялось очень плохо даже за 90 мин. Вязкость жидкости в зависимости от времени испытаний менялась за 7 часов с полнопоточными фильтрами на 4 мм²/с, а с байпасным фильтром по схеме (рисунок1,б) - на 2 мм²/с. В таблице 1 приведены результаты испытаний.

Таблица 1 – Результаты испытаний отработанного масла HLP(MGE) 46.

№	Количество частиц				Класс чистоты
	От 5 до10	От 10 до25	От 25 до 50	От 50 до 100	
До фильтра БФ1					
1	15656	8513	847	96	10
2	15702	8434	786	101	10
3	15672	8479	811	94	10
После фильтра БФ1					
1	1867	913	76	7	7
2	1938	1046	84	14	7
3	1894	1022	81	6	7
После фильтра БФ2					
1	945	474	45	1	6
2	1053	449	51	2	6
3	937	481	49	1	6

Заключение

По итогам испытаний сделаны выводы: байпасной очисткой с помощью 2-х фильтров повышен класс чистоты испытуемого масла HLP-46 (MGE 46) на 2 класса.

Для окончательного решения о включении дополнительных байпасных фильтров в конкретную гидросистему необходимы эксплуатационные испытания и после этого ставить вопрос об увеличении срока замены масла.

Список литературы

1. Надежность гидравлических систем воздушных судов /Т.М. Башта, В.Д. Бабанская, Ю.С. Головки и др.; Под ред. Т.М. Башты.- М.: Транспорт, 1986.-279 с.
2. Кламанн Д. Смазки и родственные продукты. Синтез. Свойства. Применение. Международные стандарты: Пер. с англ./ Под ред. Ю. С. Заславского. -М.: Химия, 1988. -488с.
3. Коваленко, В. П. Очистка нефтепродуктов от загрязнений/ В. П. Коваленко, В. Е. Турчанин. - М.: Недра, 1990. - 160 с.
4. Веренич И.А.Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» / И.А. Веренич, Д.Л. Жилянин.- Минск: БНТУ, 2017. - 68 с.
5. Веренич И.А. Изменение свойств рабочей жидкости при нестационарных режимах работы гидропривода / И.А. Веренич, М.А. Тини // Вестник белорусско-российского университета. - №3. - 2006. - с. 64 - 72.
6. Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов / М.Е. Гойдо _ Москва: Машиностроение, 2009. – 304 с.

СИСТЕМА СМАЗКИ ГАЗОВЫХ ДВС

А.С. Шепелюк, студ.,
И.А. Веренич, канд.техн.наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания наряду с бензиновым и дизельным топливами все большее распространение получают газовые топлива. Наиболее эффективно решение данной проблемы может быть достигнуто путем замещения нефтяного топлива альтернативным – сжиженным нефтяным (СНГ) или сжатым природным газом (СПГ), являющимися полноценным моторным топливом. Целесообразность использования газа в качестве топлива для ДВС говорит широкое использование его в Беларуси, Германии, Италии, США, Японии, Канаде, Нидерландах и других странах [1].

Сжиженный нефтяной и сжатый природный газы имеют большую удельную теплоту сгорания чем традиционные дизель и бензин. Удельная теплота сгорания сжатого природного газа составляет 48 МДж/кг, сжиженного нефтяного газа – 46 МДж/кг, в то время как у бензина – 44 МДж/кг и дизельного топлива – 42,7 МДж/кг. Октановое число сжатого природного газа находится в диапазоне 110 – 125, сжиженного нефтяного газа – 102 – 112, что заметно выше чем у бензина – 92 – 98 [2]. Более высокое октановое число позволяет создавать двигатели с большей степенью сжатия, которая влияет на коэффициент полезного действия тепловых двигателей. [3]

Применение ДВС как на сжиженном нефтяном, так и на сжатом природном газе получает распространение на коммерческом, личном транспорте и на сельскохозяйственных машинах. С распространением таких двигателей стоит вопрос правильной их эксплуатации, которая во много определяет уровень работоспособности и техническое состояние. Долговечность двигателя во многом определяется исправной работой системы смазки, качество которой зависит и от применяемого там моторного масла. Основными задачами моторного масла является смазывание трущихся деталей, охлаждение их поверхностей и удаление продуктов износа [4]. Применяемые виды топлив для различных конструкций двигателей и условий их работы, отличаются по физико-химическим свойствам и составу, что предопределяет необходимость использования моторных масел с предпочтительными свойствами. Поэтому в двигателях, работающих на газовом топливе необходимо использовать свои типы моторных масел. При выборе моторного масла необходимо учитывать, что в двигателе, работающем на газу более высокие температуры в цилиндрах, чем в бензиновых и дизельных агрегатах. Под действием высоких температур существует опасность того, что масло выгорит, образовав золу, которая выступит в качестве мелкого абразива и повредит детали цилиндропоршневой группы. Велика вероятность забивания масляных каналов, что приведет к масляному голоданию. При высоких температурах запускаются процессы окисления азота, что приводит к повышенному содержанию в выхлопных газах оксидов азота вредно влияющего на смазывающий материал и окружающую среду [5]. В газовых топливах имеется некоторое количество сернистых соединений, по итогу после сгорания топливной смеси образуются оксиды серы, которые агрессивно воздействуют как на сам двигатель, так и на моторное масло. Также в результате сгорания газовой смеси образуется значительное количество водяного пара, что вызывает затруднение фильтрации моторных масел большинством существующих конструкций масляных фильтров. Производители ДВС на газовом топливе рекомендуют свои сроки замены масла и фильтров. Моторные масла должны иметь хорошие противопенные

свойства, так как при высоких температурах возможно возникновение кавитации в масляном насосе.

На основании вышеперечисленных факторов к моторным маслам для двигателей, работающих на природном газе (метане) или на сжиженном нефтяном газе (смесь бутана с пропаном), предъявляются специальные требования. Масло должно быть стойким к высокой температуре и воде. Смазка должна иметь хорошие моющие свойства, содержать компоненты, замедляющие старение и дающие смазке возможность сохранять хорошую устойчивость на фоне протекающих окислительных процессов. Сульфатная зольность масел для газовых двигателей обычно не выше 0,8%, а щелочное число не менее 6 мг КОН/г. Более высокое содержание сульфатного зольного остатка становится причиной повреждения клапанов и поршней, загрязнения свечей и к ухудшению качества работы каталитического нейтрализатора [6]. Щелочное число количественно характеризует нейтрализовать кислоты. Чем оно выше, тем большее количество кислот, образующихся при окислении масла и сгорании топливной смеси, может быть переведено в нейтральные соединения. В противном случае эти кислоты вызвали бы коррозионный износ деталей двигателя и вдобавок усилили бы образование различных отложений на их поверхностях. Автопроизводители формулируют свои требования к маслам для газовых двигателей в фирменных спецификациях или допускают к применению масел, прошедших эксплуатационные испытания на автомобилях их производства. Например, фирменные спецификации выпущены многими компаниями в том числе такими как MAN, Renault и др. Их обозначения MAN M3271-1 и PGD соответственно.

Компания ESSO MOBIL выпускает ряд моторных масел на минеральной и синтетических основах для газовых двигателей. Например, Mobil Pegasus 1 масло на основе синтетического беспарафинового базового масла и комплекса присадок. Это масло используется для широкого ряда моделей газовых двигателей, в частности, для высокооборотных, четырехтактных турбонаддувных и безнаддувных, работающих и на обедненных смесях. Может быть использовано в двигателях, работающих на топливном газе из альтернативных источников, но с низким содержанием сероводорода. Одобрено: Deutz MWM (для газовых двигателей, работающих на любых газах с малым содержанием загрязнений); MAN M3271-1; Volvo (CNG). Масло Mobil Pegasus 610 на основе минеральных базовых масел в сочетании с композицией присадок для газовых двигателей, работающих на топливе, содержащем умеренное количество сероводорода, содержащем другие коррозионно-агрессивные компоненты, газе из отходов или биогазе. Данное масло соответствует требованиям Deutz MWM (для двигателей при работе на газах с высоким содержанием загрязнений). Масло Mobil Pegasus 705 на основе минеральных базовых масел и системы присадок, разработанное для защиты узлов и деталей двигателей и снижения уровня отложений в камере сгорания. Используется для высокооборотных газовых двигателей, работающих на обедненных или смесях, чувствительных к износу седел клапанов, для циркуляционных систем и рабочих цилиндров, двух- и четырехтактных газовых двигателей с искровым зажиганием и для двигателей, работающих на топливе с низким уровнем сероводорода. Соответствует требованиям Caterpillar; Deutz MWM (для газовых двигателей, работающих на любых газах с малым количеством загрязнений).

Компания Total также выпускает моторные масла для поршневых двигателей работающих на газовом топливе. К примеру, Total Nateria ML 412 минеральное высокозольное масло. Используется для газовых двигателей с искровым зажиганием, работающих на природном газе. Total Nateria ML 408 Минеральное масло средней зольности. Применяется для газовых двигателей с искровым зажиганием, работающих на биогазе с контролируемым содержанием сероводорода. Оно соответствует требованиям Jenbacher Technical instructions №1000-0125 и №1000-1105. Минеральные малозольные масла Total Nateria MH 30 и Total Nateria MH 40 используются в современных газовых двигателях с искровым зажиганием, работающих на природном газе. Они соответствуют требованиям: Caterpillar (серии 3300-3500); Cummins (кроме серий B и C); Deutz-MWM группа D (кроме

серий 232 и 816); Iveco-AIFO. Характеристики вышеперечисленных масел представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики масел для газовых двигателей [7].

Марка	Класс SAE	Кинематическая вязкость, мм ² /с		Индекс вязкости	Температура, °С		Сульфатная зольность, %	Щелочное число, мг КОН/г
		40°С	100°С		вспышки	застывания		
Mobil Pegasus 1	40	93,8	13,0	137	238	-48	0,51	6,50
Mobil Pegasus 705	40	126,0	13,2	98	252	-18	0,52	5,60
Mobil Pegasus 610	40	131,0	13,3	98	257	-18	0,98	10,80
Total Nateria ML 412	40	139,0	14,2	98	240	-12	1,30	12,10
Total Nateria ML 408	40	142,0	13,8	96	220	-12	0,90	8,10
Total Nateria MH 30	30	106,0	11,8	100	240	-15	0,43	5,5
Total Nateria MH 40	40	142,0	14,8	105	250	-12	0,43	5,5

Заключение

Из анализа информационных источников вытекает, что для ДВС работающем на газовом топливе, рекомендуются использовать высококачественные моторные масла, стойкие к выгоранию при высоких температурах характерных для газовых двигателей, оксидам азота, оксидам серы и применять высококачественные фильтры. Приведенные в таблице моторные масла соответствуют современным техническим стандартам, отвечают уровню качества моторных масел, что является приемлемым их использование в двигателях внутреннего сгорания работающем на газовом топливе. Помимо перечисленных масел существуют и другие масла, соответствующие предъявляемым к ним требованиям предприятий- изготовителей двигателей.

Список литературы

1. Савич, Е.Л. Легковые автомобили: учебник / Е.Л. Савич. – Минск: Новое знание, 2013. – 758 с.
2. Беляев, С. В., Давыдков Г. А. Проблемы и перспективы применения газомоторных топлив на транспорте//С.В. Беляев, Г.А. Давыдков.- Resources and Technology:- 2010.-с. 13-16.
3. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. 1. Теория рабочих процессов: Учебник для вузов/ В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян и др.; под ред. В.Н. Луканина.- Москва, 2005.-479 с.
4. Григорьев, М.А. Качество моторного масла и надежность двигателей /М.А. Григорьев. – Москва: Изд-во стандартов, 1981. – 232 с.
5. Konnov A. A., Javed M. T., Kassman H., Irfan N. NOx Formation, Control and Reduction Techniques// Handbook of Combustion. Volume 2: Combustion Diagnostics and Pollutants.- Wiley, 2010.- P.439–464.
6. Рекомендации фирмы Камминз по применению и анализу моторных масел. Service Bulletin Number 4960819-07, 2009. – 23 с.
7. Зарубежные масла, смазки, присадки, технические жидкости : Международный каталог. Вып. 3/00 0 /«Издательский центр «Техинформ» МАИ». - Москва: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2005. - 380 с.

МЕХАНІЗМ ПРОЦЕСУ ОБЛІТЕРАЦІЇ В ПРЕЦИЗІЙНИХ СПРЯЖЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
А.В. Гриньків, *канд. техн. наук, с.н.с.*,

А.Є. Чернай, *асп.*,

А.П. Лукашук, *асп.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Досліджено процес облітерації зазорів в прецизійних трибоспряженнях деталей. Виявлена роль в'язких включень в робочих рідинах, у тому числі і асфальто-смолянистих утворень.

Основними чинниками, що визначають зусилля зсуву в прецизійних трибосистемах, є:

– геометричні характеристики деталей трибоспряжень і зазор між ними;

– фізико-хімічні властивості робочої рідини і ступінь її чистоти;

– температура, значення і стабільність тиску рідини;

– час знаходження деталей у спокої і характер їх відносних переміщень в процесі роботи.

Крім того, однією з складових зусилля зсуву є сила, необхідна для руйнування прошарку з полярних молекул і різних частинок.

Облітерація зазорів, між деталями прецизійних трибоспряжень полягає в утворенні на спряжених поверхнях адсорбційних граничних шарів полярно активних молекул рідини. Обумовлено це явище силами молекулярної взаємодії на межі розділу рідкої і твердої фаз. При зіткненні твердих тіл з навколишнім середовищем в результаті взаємодії поля твердої фази з полями атомів і молекул середовища на поверхні твердого тіла спостерігається скупчення молекул рідини, що зростає з часом.

Перехід молекул при адсорбції з рідкої фази на поверхню твердого тіла пов'язаний з різкою зміною умов їх існування. Молекула, що здійснює в об'ємі рідини тепловий безладний рух і що знаходиться під всебічним впливом полів сусідніх молекул, при адсорбції піддається односторонній дії сильного локального поля, здатного змінити розподіл заряду і, отже, змінити і структуру. При цьому, адсорбційна адаптація полярних молекул жирних кислот на поверхні металевої решітки виражається в їх орієнтації.

Молекули, здійснюючи тепловий рух в рідкому середовищі, зустрічаються з поверхнею металу, як з твердою стінкою нескінченно великої маси. Наближаючись до поверхні кристалічного зерна, полярна молекула піддається дії його молекулярного поля. При цьому в молекулі відбувається перерозподіл зарядів і вона, орієнтуючись по напрямку поля, підходить до поверхні з прискоренням і завдає удару. Удар може бути не пружним, якщо молекула, будучи оберненою полярним кінцем до поверхні, фіксується (адсорбується) одним з центрів тяжіння, тобто в деформованому стані енергія удару частково перетворюється на внутрішню енергію молекул або витрачається на утворення нестійкого перехідного стану - короткоживучої квазімолекули, в якій міжатомні зв'язки (їх число, довжина, вузли) змінені в порівнянні з початковими молекулами. Стабілізація такого перехідного комплексу або його розпад по новому шляху і є хімічний акт продуктів реакції. При цьому молекула орієнтується вертикально відносно поверхні.

Якщо ж молекула при ударі звернена до поверхні неполярним кінцем або удару завдається в області відносного низького значення потенціалу поля, то взаємодія є пружною. В цьому випадку деформація повністю зворотна і ніяких хімічних змін не відбувається. Будова і внутрішня енергія молекул до і після удару однакові. Сили, що виникають при цьому, повідомляють молекулі прискорення протилежного знаку, але вона знов йде в рідину. В умовах статистичного переважання непружних ударів число молекул, фіксованих і стійко орієнтованих поверхнею, з часом може зрости.

Після утворення конденсованого мономолекулярного шару, тобто після заповнення молекулами всіх вільних місць на адсорбуючій поверхні, при достатньо високій концентрації їх в об'ємі формуються подальші ряди мультимолекулярного граничного шару. Такі ряди побудовані у вигляді паралельних шарів дзеркально-орієнтованих молекул.

В'язкість граничних шарів відрізняється від об'ємної в'язкості рідини. Ці шари здатні витримувати великі нормальні навантаження без руйнування і володіють властивістю пружного опору зрушенню. При цьому зусилля, необхідне для відносного переміщення деталей, зростає і тим значніше, чим більше це опір.

Якщо товщина адсорбованих граничних шарів набагато менша, ніж розмір зазору, то вони не здійснюють помітного впливу на витрату рідини через зазор. У міру зменшення співвідношення між товщиною вказаних шарів і розміром зазору (зменшується прохідний перетин) вплив облітерації стає все істотнішим. Найбільша товщина граничного шару, що обумовлює ступінь облітерації зазору, визначається тим, що активність поля поверхні деталей по відношенню до молекул рідини зменшується із збільшенням відстані між ними.

Товщина адсорбованого шару для високомолекулярних рідин (наприклад, дизельного палива) може складати 0,1...10 мкм. Зарощування зазору між спряженими деталями (прецизійні трибоспряження, наприклад, плунжерна трибопара) шириною до 10 мкм може відбутися за декілька хвилин.

Інтенсивність процесу на спряжених поверхнях полярно активних молекул залежить від витрати рідини крізь зазор, які зростають з його збільшенням. Також впливають на інтенсивність процесу облітерації збільшення перепаду тиску рідини і зменшення її в'язкості. З підвищенням температури робочої рідини процес облітерації посилюється.

На інтенсивності облітерації впливає довжина зазору, властивості спряжених поверхонь деталей і наявність в робочій рідині асфальто-смолянистих речовин, здатних до окислювальної полімеризації, особливо при підвищених температурах.

Поступове накопичення в зазорах малорухливих прецизійних трибоспряжень асфальто-смолянистих утворень, випадаючих з рідин нафтового походження у вигляді нерозчинних частинок, може привести до істотного підвищення тертя між деталями.

Якщо деталі прецизійних трибоспряжень дати спокою, процес облітерації зазору повторюється.

Таким чином, процес облітерації зазорів в прецизійних трибоспряженнях деталей істотно посилюється в результаті забруднення робочої рідини в'язкими включеннями, які, фільтруючись в капілярній щілині, закупорюють її і сприяють утворенню на поверхнях деталей багат шарової адсорбції полярно активних молекул. При цьому істотно збільшується зусилля тертя, що виникає в прецизійних парах у зв'язку з гідравлічним затисканням.

Список літератури

1. Борисов Г. А. Механизм процесса облитерации / Г. А. Борисов, В. В. Миронов // Ремонт, восстановление, модернизация 2005. №4. С. 38-39
2. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий. Киев: Техника, 1970. – 395 с.
3. Лозовский В. Н. Надежность золотниковых и плунжерных пар. М.: Машиностроение, 1974. – 128 с.
4. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах [Текст] : [монографія] / Аулін В. В. - Кіровоград : Лисенко В. Ф. [вид.], 2014. - 369 с.
5. Аулін В.В. Фізичні основи явищ самоорганізації і облітерації мастильних середовищ в зазорах трибосполучень деталей / В.В. Аулін // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2009. – №4 – С.103-111.
6. Аулін В.В. Процеси облітерації і самоорганізації мастильних середовищ трибосистем / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Инженерия поверхности и реновация изделий. Материалы 9-й междунауч.-техн.конф., 25–29 мая 2009, г. Ялта. – Киев: АТМ України, 2009. – С.19-23.
7. Аулін В.В. Зменшення негативного впливу явища облітерації на рівень надійності золотникового механізму / В.В. Аулін, А.С. Чернай / Тези доповідей IV-ої міжнар. інтернет-конф. "Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій", 11.11.2016 року: збір. наук. праць. Частина 1. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – С.26.

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ

О.Л. Ляшук, *д-р.техн.наук, доц.*,
А.Б. Гупка, *канд.техн.наук, ст. вкл.*,
В.В. Гупка, *асист.*,

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя.

Постановка проблеми. В загальній проблемі тертя та зношування важливе місце займає трибологічна надійність важконавантажених трибоспряжень деталей двигунів автомобілів. Поряд з конструкторськими та технологічними методами ефективними є експлуатаційні методи підвищення антифрикційних, протизносних властивостей трибоспряжень деталей. При цьому актуальною є проблема розробки, дослідження нових, більш ефективних мастильних композицій із відповідним комплексом трибологічних властивостей для підвищення задиростійкості і зносостійкості трибоспряжень деталей двигунів, зниження механічних витрат на тертя і витрат мастильних матеріалів на вигар.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення проблеми підвищення експлуатаційної надійності трибоспряжень деталей вимагає системного підходу з розробкою комплексних методик дослідження та кінетичних критеріїв оцінки. Структурно-енергетичний підхід дозволив оптимізувати шляхи пошуків оптимальних рішень [1]. Постійно зростає питома потужність двигунів, підвищується теплове і механічне навантаження на деталі трибоспряження, що веде до ряду негативних наслідків [2,5]. Ефективними є шляхи розробки та дослідження нових мастильних матеріалів, присадок до них, визначення інверсії їх впливу на триботехнічні параметри процесів в зоні фрикційного контакту [3]. У сукупності з конструкторськими та технологічними засобами це дозволить створити цілісний комплекс технічних рішень, розширити банк триботехнічних даних, розробити практичні рекомендації по вирішенню питань прикладної триботехніки [4].

Мета дослідження. Метою даної роботи є розробка комплексної методики дослідження та критеріїв оцінки визначення та порівняння триботехнічних властивостей мастильних матеріалів для важконавантажених трибоспряжень деталей двигунів.

Результати дослідження. В роботі визначали і порівнювали триботехнічні властивості дослідних мастильних композицій. Об'єктами випробувань були: моторна олива в'язкісного класу SAE 5W-30 (торгова марка Ford Formula E) і 5 (п'ять) приготованих на її основі мастильних композицій, які включали (або передбачали включення) спеціального трибологічного складу, призначеного для поліпшення антифрикційних та протизносних властивостей змащувальних деталей двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). Зазначену вище моторну оливу використовували в якості бази порівняння. Всі тестовані композиції були попередньо приготовлені шляхом їх змішування з базовою моторною оливою в рекомендованих концентраціях. Для виключення суб'єктивного фактору, під час аналізу результатів випробувань мастильні композиції не включали інформацію про назви товарних марок (крім базової) і були пронумеровані послідовно від 1 до 5. Базовому варіанту моторної оливи при випробуваннях був присвоєний номер 0.

Програмою випробувань передбачали:

- перевірку хімічної стабільності об'єктів до початку проведення випробувань;
- визначення антифрикційних властивостей досліджувальних об'єктів шляхом зняття і зіставлення діаграм Штрібека;
- оцінка протизносних властивостей за лінійним зносом чавунного (нерухомого) зразка машини тертя за інших рівних умов;

– призначення рейтингу трибологічних властивостей на основі паспортизації.

Випробування проводили на стандартній машині тертя типу МІ-6 (міжнародний клас Алмен-Віланд згідно ASTM D-3233) . На машині тертя проводили вимірювання моменту (коефіцієнту) тертя і величини зносу змащувального трибоспряження металевих зразків типу «нерухома колодка - обертовий диск». Застосовувані матеріали трибоспряження зразків: верхній зразок (нерухома колодка) – чавун СЧ 16, нижній зразок (обертовий диск) - сталь Ст.30. Частота обертання нижнього зразка – 225 об/хв. (постійна), геометрична площа контакту зразків 10^{-4} м^2 . Тип застосовуваної оливної ванни – теплоізольована. Маса вантажів на нижньому важелі балансира 5,19 кг. Відносна похибка вимірювання коефіцієнта тертя $\pm 3\%$. Вимірювання ширини смуги зносу за допомогою мікрометра – абсолютна похибка $\pm 0,05$ мм. Час роботи машини тертя в стані навантаження складає 3 хв. Припрацювання зразків пари тертя під, вагою каретки, відбувається протягом 5 хв. Навантаження на трибоспряження зразків, під час випробувань на зносостійкість, складає 1500 Н. Тривалість кожного випробування на зносостійкість зразків трибоспряження – 30 хв. Температура навколишнього повітря під час випробувань – 20 °С.

Кожне наступне випробування проводиться на новому трибоспряженні зразків із однієї і тієї ж партії виготовлення. Перед заливанням оливи у ванну об'єкт випробувань ретельно перемішується у вихідній ємності. Зміні об'єкта випробувань передуює промивка масляної ванни очищувачем Vegol 226 з наступним протиранням насухо. До початку випробувань олива для дослідження була витримана в однакових упаковках на сонячному світлі протягом одного тижня, після чого для них були визначені візуально показники хімічної стабільності (табл.1).

Із аналізу представлених результатів випливає, що далеко не всі об'єкти випробувань виявили хімічну стабільність за показниками осадоутворення і пошарового поділу при дії ультрафіолетового випромінювання та відсутності перемішування. Так, склад 2 виявив схильність до випадання твердого осаду на дні як основної, так і додаткової ємності, призначеної для використання після обкатки трибоспряження деталей. Крім осаду в основній ємності візуально спостерігалася пошарова відмінність.

Таблиця 1 – Показники хімічної стабільності.

№	Осад	Пошаровий поділ	Текучість $t_T, \text{с}$	Прозорість P_{np} , бали	Примітка
0	Відсутній	Відсутній	27	10	
1	Відсутній	Відсутній	30	8	
2	Є	Є	33	7	Осад у вигляді твердих дрібнодисперсних часток як в основному, так і в додатковому складах оливи
3	Відсутній	Відсутній	34	9	
4	Відсутній	Є	36	6	
5	Відсутній	Відсутній	38	9	

Примітка: t_T – час витікання в секундах фіксованого об'єму 5мл мастильної композиції через калібрований отвір діаметром 2 мм. Більшому часу витікання відповідала менша текучість і навпаки.

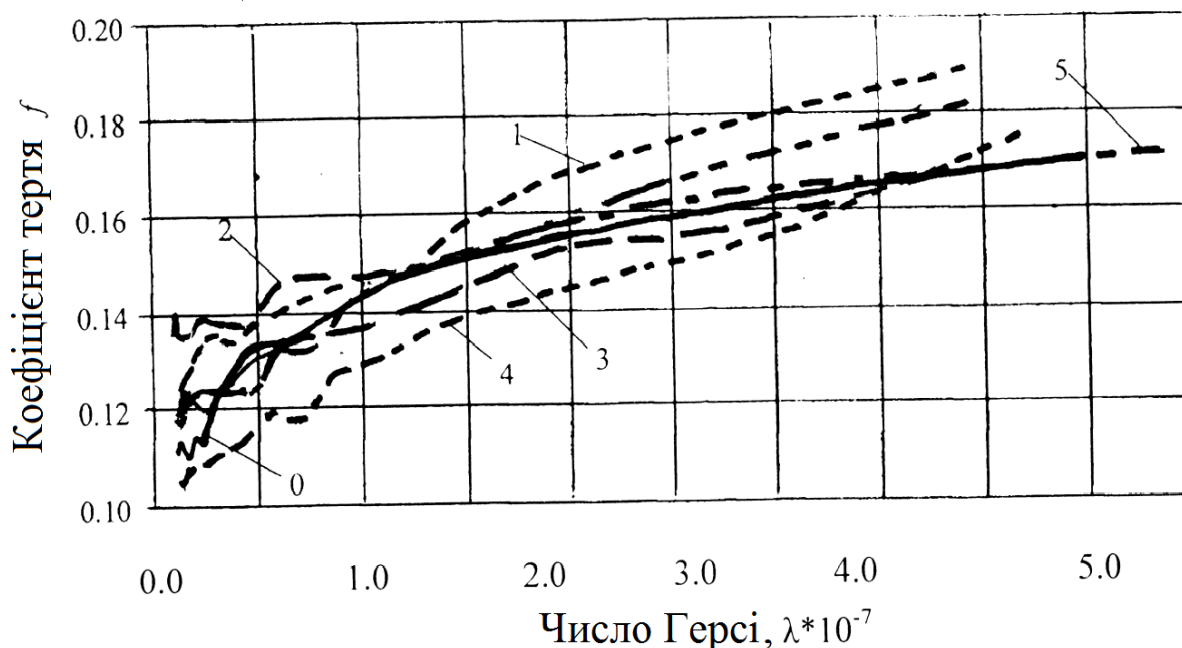
P_{np} – оцінка прозорості мастильної композиції, проведена візуально у порівнянні з базовою оливою. Мастильна композиція, яка володіє меншою оптичною прозорістю в порівнянні з базою оливою (10 балів), привласнювався менший бал. Зазначена поведінка мастильної композиції складу 2 надалі може негативно відбитися на роботі системи мащення трибоспряжень деталей двигуна; мінімізувати очікуваний ефект від зниження параметрів тертя та зношування через фізико-хімічний антагонізм компонентів трибологічного складу та моторної оливи. При використанні складу 2 наявне прогнозування підвищеної зольності і коксівності моторної оливи в умовах реальної експлуатації двигуна.

Що стосується складу 4, то після тижневого відстоювання, шарове розділення компонентів трибологічного складу мастильної композиції та основи (моторної оливи). Причому перший, мабуть через більшу щільність розташується нижче рівня шару моторної оливи. Цей факт також може кваліфікуватися як недостатність хімічної стабільності мастильної композиції і прояв антагонізму до формули моторної оливи. При експлуатації двигуна схильність до пошарового розділення мастильної композиції 4 може знизити її трибологічну ефективність, особливо в результаті тривалих перерв у роботі двигуна.

Показник текучості мастильної композиції в порівнянні з базою оливою чітко характеризує те, як трибологічний склад впливає на початкову в'язкість моторної оливи. Результати замірів текучості показали, що всі без винятку трибологічні склади, незважаючи на відому незначимість їх рекомендованої концентрації, в тій чи іншій мірі збільшили в'язкість моторної оливи. Найбільш значне збільшення викликав склад 5, найменше - склад 1. Загущувальна дія моторної оливи антифрикційних присадок, факт відомий і часто спостерігається на практиці може мати, у залежності від умов експлуатації і технічного стану двигуна, як позитивний, так і негативний вплив на показники роботи двигуна.

Зміна оптичної прозорості як додатковий показник стабільності мастильних композицій загалом добре корелює з показниками осадоутворення і пошарового поділу. Виявлено, що найкраща прозорість збереглася у тих складах, де були відсутні вказані порушення: склади 1, 3 і 5. Як впливає із порівняння з класичною діаграмою Штрібека (рис.1) – залежності коефіцієнта тертя трибоспряження зразків від параметра навантаженості або числа Герсі. Вона має в загальному випадку три характерні зони (режими тертя). Види отриманих діаграм Штрібека для мастильних композицій відрізняються тим, що не мають правої гілки, тобто ділянки граничного тертя. Це можна пояснити достатньо високими вихідними антифрикційними властивостями базової моторної оливи і, тим більше, отриманими на її основі мастильними композиціями 1-5.

Таким чином, у ході даних випробувань мастильних композицій дослідження забезпечували роботу трибоспряження зразків (деталей) у двох режимах: змішаному (зона мінімуму діаграми) і гідродинамічному (зона правої гілки діаграми). Характер зміни кривих залежності коефіцієнта тертя від навантаження в цілому подібний, але значно відрізняється за рівнем, що вказує на наявне розходження антифрикційних властивостей досліджених мастильних композицій.



0 – базова моторна олива; 1-5 композиційна моторна олива
Рисунок 1 – Діаграма Штрібека для об'єктів випробування 0-5

З рис.1 видно, що нижче за всіх за рівнем коефіцієнта тертя проходить діаграма Штрібека для мастильної композиції 4, вище - діаграми мастильних композицій 1 і 2. Більш чіткий розподіл інших кривих 3 і 5 по відношенню до базової моторної оливи (крива 0) візуально зробити не можливо через їх досить щільну орієнтацію відносно кривої 0.

Відмінність антифрикційних властивостей досліджуваних мастильних композицій представлених об'єктів дають середні значення коефіцієнтів тертя, які розраховані для кожної з діаграм Штрібека, і наведені нижче в трибологічному паспорті (табл.2). Обробка даних трибологічного паспорта показала, що значне зниження середнього коефіцієнта тертя, в порівнянні з базою, забезпечила тільки мастильна композиція 4 (з 0,133 до 0,124 або на 6,7%). Ефективність інших мастильних композицій за цим же показником була, або в межах похибки виміру (композиції 1, 3, 5), або мала негативне значення (композиція 2).

Протизносні властивості мастильних композицій оцінювали по середній ширині смуги зносу h верхнього (нерухомого) чавунного зразка змашувального трибоспряження, що отримується при інших рівних умовах випробувань для кожної композиції. Як впливає з діаграм зносу (рис. 2) при випробуванні мастильні композиції проявили досить різні протизносні властивості. Наприклад, склади 1 та 2 погіршують протизносні властивості базової оливи, для якої ширина смуги зносу становить 2,6 мм, довівши її до 2,9 і 3,0 мм відповідно, тобто погіршуються на 11,5% і 15,4% гірше, композиції 3, 4 і 5 поліпшили зазначені властивості базової оливи, знизивши смуги зносу до 2,4; 2,0 і 2,1 мм відповідно, тобто спостерігається явне покращення властивостей на 7,7%, 23,1% і 19,2%.

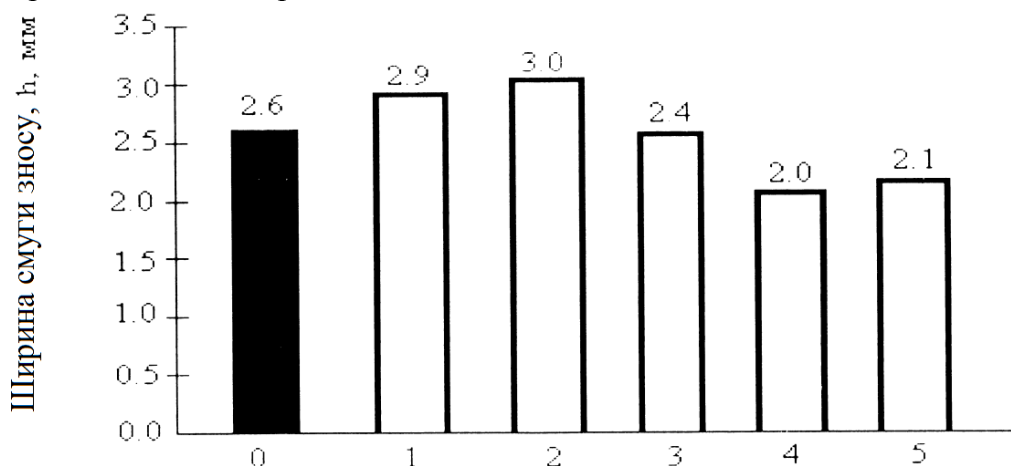


Рисунок 2 – Середня ширина смуги зносу верхнього (нерухомого) чавунного зразка трибоспряження для базової оливи (0) і мастильних композицій (1-5)

Трибологічні властивості оцінювали як сукупність антифрикційних та протизносних властивостей, середні значення показників яких відображені в трибологічному паспорті об'єктів випробувань (табл.2).

При цьому мінімальне значення балу – 1. Рівність значень відповідних балів означає, що різниця значень контрольного показника мастильної композиції і базової оливи не перевищують похибки вимірювання цього показника. Автоматизована обробка даних трибологічного паспорта, виконана з додатковим урахуванням результатів наведених вище похибок вимірювання коефіцієнта тертя і ширини смуги зносу, дозволила визначити підсумкове місце кожної мастильної композиції і розподіли їх в трибологічному паспорті в міру погіршення трибологічних властивостей. З результатів проведеної трибологічної паспортизації випливає, що:

- найкращі трибологічні властивості виявила мастильна композиція 4 (1-е місце), за нею композиція 5 (2-е місце), далі - композиція 3 (3-є місце);
- за композицією 3 слідує базова моторна олива (4-є місце);
- мастильні композиції 1 та 2 по трибологічних властивостях поступилися базовій моторній оливі, зайнявши в розподілі два останні місця - відповідно 5-є і 6-є.

Таблиця 2 – Трибологічний паспорт випробувань мастильних композицій.

№	Середній коефіцієнт тертя	Бал А	Середня ширина смуги зносу, мм	Бал З	Сума балів	Підсумкове місце (мінімум суми балів)
0	0,133	2	2,6	4	6	4
1	0,141	2	2,9	5	7	5
2	0,144	3	3,0	6	9	6
3	0,134	2	2,4	3	5	3
4	0,124	1	2,0	1	2	1
5	0,135	2	2,1	2	4	2

Примітка: Бал А (антифрикційність) – відповідає значенню коефіцієнта тертя і призначається за правилом - чим менший коефіцієнт тертя, тим менший бал.

Бал З (зносоустійкість) – відповідає значенню ширини смуги зносу і визначається за правилом - чим менша ширина, тим менший бал.

Висновки

1. Представлені мастильні композиції, при випробуваннях на машині тертя МІ-6 за методикою зіставлення діаграм Штрібека та оцінки ширини смуги зносу змащувального зразка, виявили по відношенню до базової моторної оливи, різні антифрикційні та протизносні властивості.

2. Кращу сукупність зазначених властивостей і перевищення їх у порівнянні з базовою моторною оливою проявили (у порядку зменшення ефекту) три мастильні композиції: 4, 5 і 3. Трибологічні властивості мастильних композицій 1 і 2 виявилися співрозмірними або поступалися аналогічним показникам базової моторної оливи. Композиція 4 забезпечила в середньому зниження коефіцієнта тертя на 6,7%, зниження величини зносу на 23,1%.

3. В рамках оцінки хімічної стабільності були виявлені порушення у вигляді пошарового поділу (композиція 4) або пошарового розділення з одночасним випадінням дрібнодисперсного твердого осаду (композиція 2), що може позначитися на роботі системи змащення пар тертя двигуна, а тому потребує додаткової перевірки ефективності трибологічних складів в умовах випробувань мастильних композицій.

Список літератури

1. Каплун В.Г. Трибологічні аспекти експлуатаційної надійності важко навантажених пар тертя / В.Г. Каплун, Б.В. Гупка, А.Б. Гупка, А.О. Оксентюк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Серія: Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві, – Харків, 2012 – №122 – С. 26-34.
2. Кузьменко А.Г., Дыха А.В. Контакт, трение и износ смазанных поверхностей. Монография. Хмельницкий: ХНУ. 2007. 344 с. 3. Александров Е.Е., Кравец И.А, Лысиков Е.П. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей: монография. Х.: НТУ "ХПИ", 2006. 544 с.
3. Галахов М.А., Бурмистров А.И. Расчет подшипниковых узлов. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
4. Галахов М.А., Усов П.П. Дифференциальные и интегральные уравнения математической теории трения. М.: Наука, 1990. 280 с.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

В.В. Аулин, *д-р. техн. наук, проф.*,
Т.Н. Замота, *д-р. техн. наук, проф.*,
А.В. Гринькив, *канд. техн. наук, с.н.с.*,
А.А. Караичев, *здоб.*,
Е.О. Кириченко, *студ.*,

Центральноукраинский национальный технический университет

Введение. В процессе эксплуатации сопряжения деталей систем и агрегатов автомобилей подвергаются естественному износу, возникают условия для ухудшения эксплуатационных характеристик и наступления катастрофического их изнашивания. Основным условием надежной работы автомобиля является грамотная эксплуатация, своевременное выявление и устранение неисправностей на основе диагностирования технического состояния.

Диагностирование является элементом технического обслуживания и текущего ремонта и предназначено для обнаружения скрытых неисправностей в системах и агрегатах автомобиля без дополнительной их разборки. В технической диагностике располагает теорией, методов и средств определения технического состояния автомобиля в целях его безопасной эксплуатации, проверки соответствия показателей эксплуатационных свойств нормативным значениям, определения неисправностей, оценки стоимости автотранспортных средств (АТС) и восстановительных работ при устранении дефектов и т.п. [1].

На сегодняшний день используются встроенные и внешние средства диагностирования систем и агрегатов. Они позволяют диагностировать автомобиль в процессе эксплуатации. Сочетание встроенных и внешних средств диагностирования значительно повышает уровень достоверности получаемой информации, что повышает качество технического обслуживания и ремонта (ТО и Р).

Анализ литературных источников. Применяемые средства диагностирования различают по степени охвата объектов диагностирования; по характеру взаимодействия между объектом и средством диагностирования; по степени автоматизации (рис. 1).

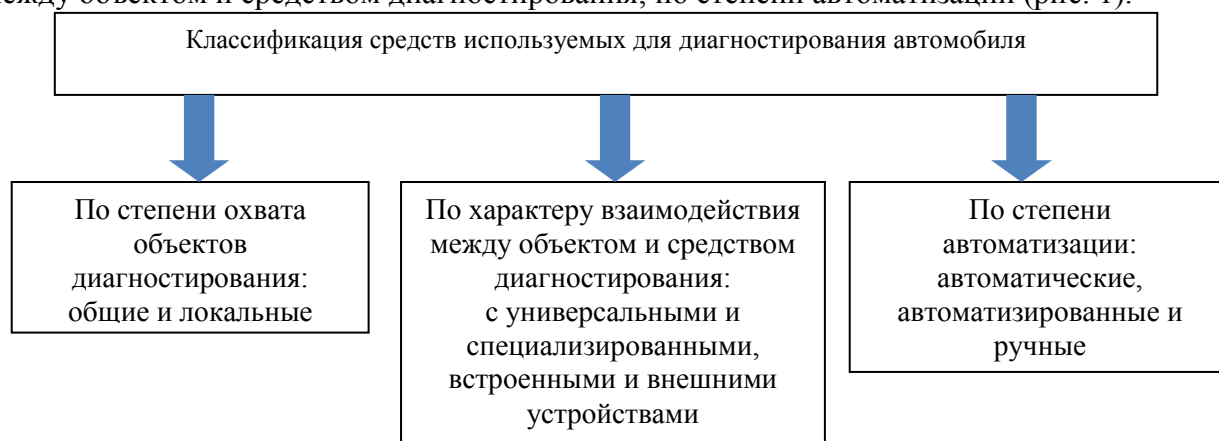


Рисунок 1 – Классификация средств диагностирования автомобиля

Диагностирование включает в себя три основных этапа: фиксация отклонений диагностических параметров от их номинальных значений; анализ характера и причины возникновения этих отклонений; установление величины ресурса исправной работы [2].

Диагностические средства делятся на бортовые и не бортовые. Среди известных современных методов диагностирования, преобладающее использование имеет

компьютерная диагностика. Электронные бортовые системы автомобиля оснащены системами самодиагностики. Эти системы необходимы для управления исполнительными механизмами автомобиля, непрерывного тестирования в момент запуска и работы двигателя. Системы самодиагностики информируют о возможных неисправностях узлов и агрегатов, а также отслеживают межсервисные интервалы и напоминают водителю о необходимости своевременного прохождения технического обслуживания автомобиля [3].

Различают следующие устройства для компьютерной диагностики: стационарные и автодиагностические сканеры, которые могут быть автономными и адаптивными (рис. 2).

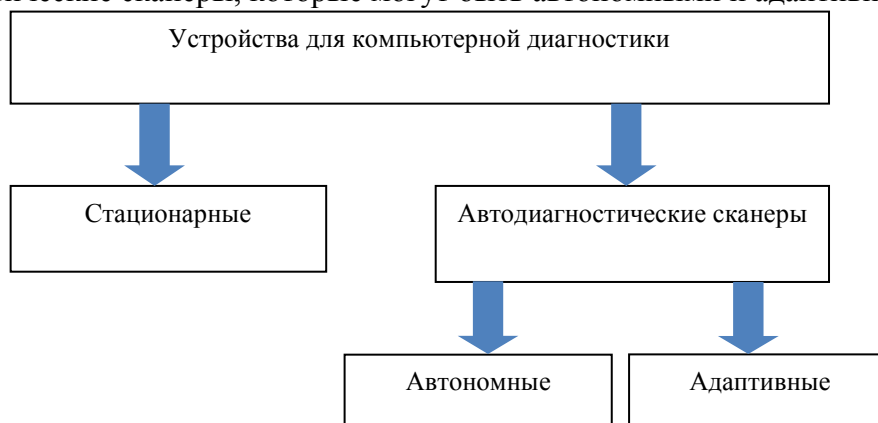


Рисунок 2 – Классификация устройств диагностирования автомобиля

Компьютерная диагностика автомобиля позволяет производить тестирование различных электронных систем и исполнительных механизмов автомобиля, влияющих на работу бортовых систем, а также выявить неисправности, связанных с работой электронных систем автомобиля. На основании полученных данных составляется диагностическая карта неисправностей для последующего ремонта и устранения неполадок, связанных с автомобильным электрооборудованием и исполнительными системами [4].

Станции технического обслуживания автомобилей используют различные диагностические адаптеры, дилерские сканеры и приборы дилерского уровня, предназначенные для диагностики определенной марки или группы автомобилей.

Согласно многочисленным литературным источникам и отзывам технических специалистов [5,6,7,8] эффективный алгоритм проведения компьютерной диагностики автомобиля состоит из следующих этапов:

- 1) сбор данных о технической эксплуатации автомобиля до момента проверки;
- 2) определение имеющихся и сохранённых ошибок;
- 3) просмотр потока данных (Data Stream);
- 4) логирование данных «в движении»;
- 5) сравнение полученных в ходе диагностики данных с требованиями технических условий на эксплуатацию и ремонт автомобиля;
- 6) проведение испытаний узлов и агрегатов после технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р);
- 7) применение специализированных средств диагностики (осциллограф, омметр, газоанализатор и т.д.), если предыдущие этапы компьютерной диагностики обнаружили неисправность, но не удалось определить ее причину.

Существующая система диагностирования технического состояния автомобиля имеет ряд недостатков. Она может приводить к субъективным выводам о необходимости вида ТО, перечня работ и оптимального момента их проведения.

Поэтому **целью** данной работы является поиск путей улучшения современной системы диагностирования автомобилей.

Результаты исследований. В эксплуатации автомобиля получение диагностической информации основано на анализе данных получаемых с помощью встроенной бортовой

компьютерной системы и органолептических методов. При обнаружении сигнала об отказе проводится проверка авто-диагностическим сканером. Полученная информация формирует перечень необходимых работ по устранению неисправностей при ТО и Р. Если вышеперечисленные методы не позволяют решить возникшую проблему, то прибегают к более углубленной диагностике с применением специальных средств и методик. Разработанный авторами алгоритм проведения полной диагностики автомобиля представлен на рис. 3.

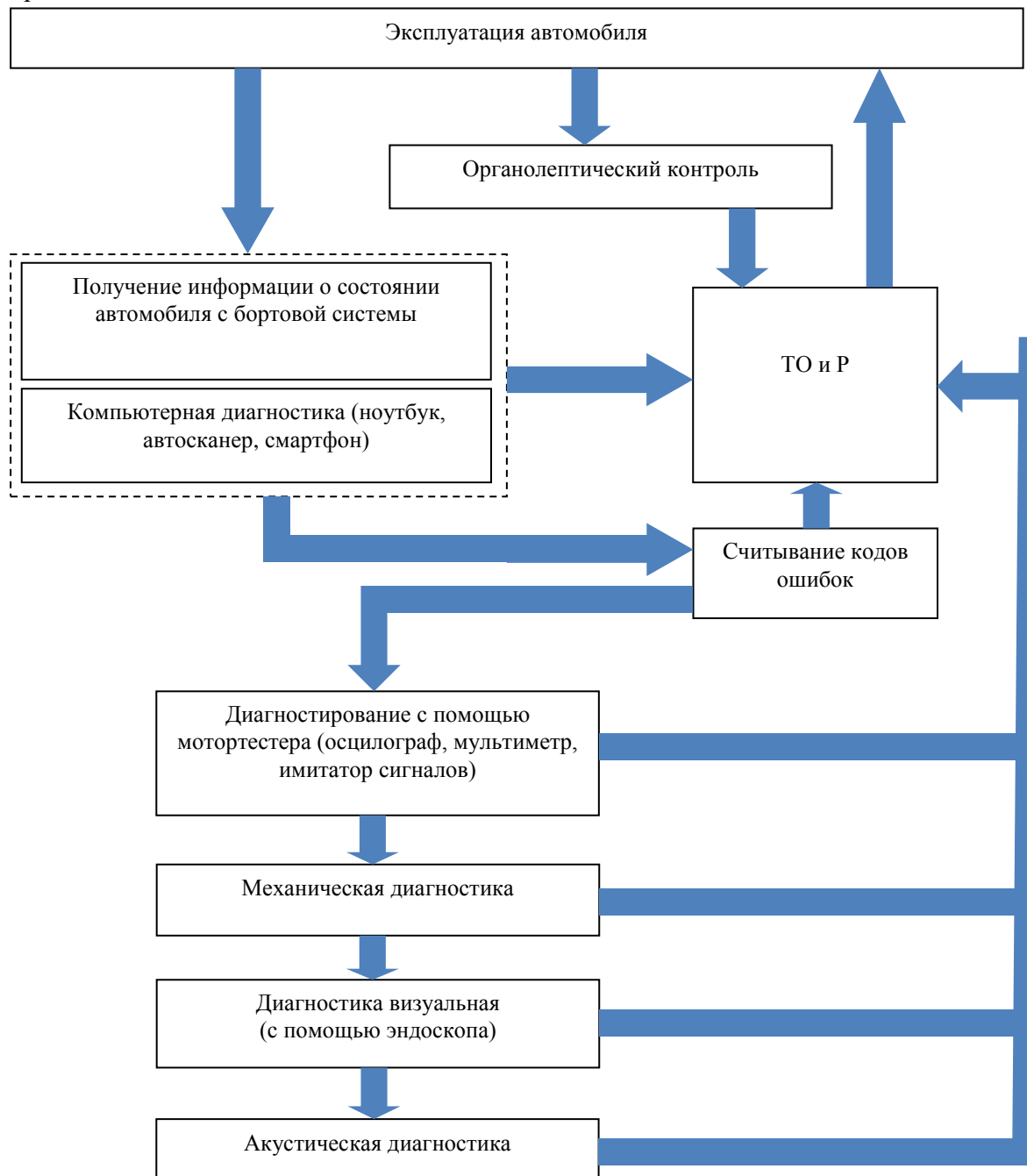


Рисунок 3 - Разработанный алгоритм проведения полной диагностики автомобиля

Проблемой существующих систем диагностирования автомобиля является то, что получить достоверную информацию от всех ресурсопределяющих агрегатов и систем не представляется возможным. Применяемая компьютерная диагностика, бортовая система контроля дают периодические данные о наличии так называемых "ошибок". Окончательное принятие решения о необходимом виде и объеме ТО и Р, его своевременности зависит от квалификации технического работника, что может быть не совсем объективным.

Значительный поток информации о техническом состоянии транспортного средства приходится на органолептические методы, что в свою очередь снижает шанс получить достоверную информацию об основных системах и агрегатах автомобиля. Бортовая система современного автомобиля не позволяет получить полный объем полноценных данных от всех работающих узлов, систем и агрегатов. Совместное использование бортовой системы и органолептических методов не всегда позволяет определить момент ухудшения технического состояния автомобиля и своевременно устранить поломку. Ситуацию может исправить увеличение количества датчиков в критически важных узлах. Это увеличит объективный (на основе компьютерной диагностики) контроль.

В качестве примера можно привести данные по соотношению количества диагностируемых параметров по системам автомобиля Nissan X-Trail (с кузовом Т-30) с помощью объективного (на основе компьютерной диагностики) и субъективного (органолептического) контроля представлено на рис. 4 [8].

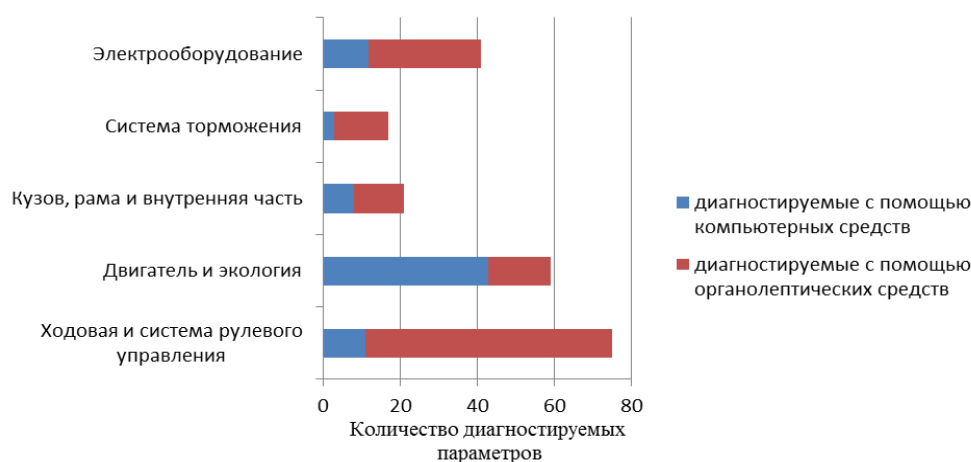


Рисунок 4 – Соотношение количества диагностируемых параметров по системам автомобиля Nissan X-Trail (с кузовом Т-30) с помощью объективного (на основе компьютерной диагностики) и субъективного (органолептического) контроля

Общее количество параметров, которые диагностируются у той или иной системы еще не свидетельствует о достоверности получаемой информации. Достоверность информации определяется прежде всего контролем объективными средствами. Полнота диагностирования с помощью механизированных средств технического состояния ходовой системы с системой рулевого управления – 14, двигателя и экологию – 73, системы электрооборудования – 29.

Поломки основных систем автомобиля по разному влияют на его работоспособность. Современная диагностика должна перекрывать критически важные системы для работы автомобиля. Анализ системы диагностирования должен выявить те агрегаты и системы, информация о техническом состоянии которых является недостаточно объективной. Поток отказов по этим системам различен. Выявлено, что ходовая система и система рулевого управления отказывает в 18% случаев поломок, на двигатель и экологию приходится 27% отказов, а на электрооборудование - 30%. Наблюдается несоответствие потока отказов, количества диагностируемых параметров (и количество параметров получаемых с помощью объективных средств контроля) [8].

Разработан алгоритм анализа недостатков существующих этапов компьютерной диагностики (рис.5). Анализ представлен в виде 5 этапов:

- на первом этапе используются все доступные средства компьютерной диагностики и считываются не только коды ошибок, но и все цифровые данные, прямо или косвенно относящиеся к возникшей проблеме. В данном случае очень важно понимать какую информацию отображает сканер и насколько полно он интерпретирует найденные

неисправности. Для правильного решения возникшей проблемы важна квалификация специалиста, проводящего компьютерную диагностику;

- на втором этапе все полученные данные необходимо дополнительно подвергнуть электрической (аналоговой) проверке, если предыдущий этап не устранил проблему. Необходимо провести проверку электрической системы автомобиля (генератора, аккумулятора, проводов и контактов), для определения ее полной исправности. При отрицательном результате полученная цифровая информация недостоверна или сомнительна;

- на третьем этапе необходимо, чтобы сканер или софт установил коммуникацию с проверяемым контролером, то есть разрешил просмотр данных в режиме реального времени (эта функция называется Data Stream – отображение потока данных или логирование). Она может использоваться для проверки сигналов датчиков и других элементов систем управления в режиме реального времени. На дисплей сканера выводятся сигналы датчиков автомобиля и параметры системы впрыска топлива в течение некоторого времени в режимах холостого хода, а также увеличения и сброса скорости вращения вала двигателя.

- на четвертом этапе после этого необходимо провести анализ полученных результатов, и сделать выводы о правильности работы системы, наличии и характере дефектов.

- на пятом этапе следует удалить из памяти контроллера коды ошибок и провести повторную инициализацию системы.

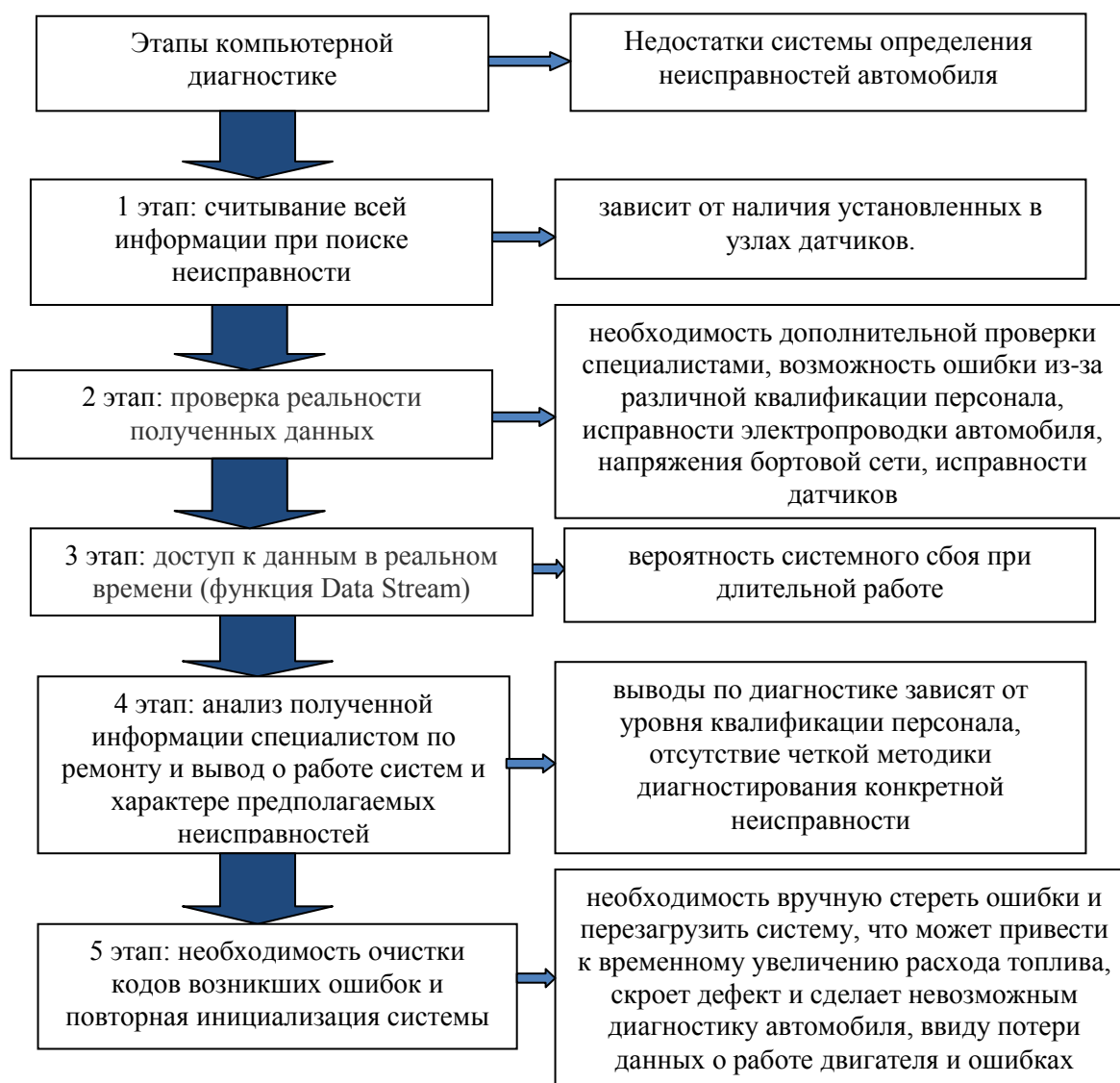


Рисунок 5 - Анализ недостатков существующих этапов компьютерной диагностики

Выводы

Для улучшения технологического процесса диагностирования автомобилей при эксплуатации можно предложить следующие пути решения данной проблемы.

1. Повысить процент диагностической информации с помощью объективного (на основе компьютерной диагностики) контроля. Для этого необходимо усовершенствовать существующую систему диагностирования. По данным учета потока отказов систем автомобилей и сопоставления его с возможностью бортовой системы контроля, необходимо установить дополнительные датчики (датчики Холла для измерения угловых зазоров; температурные датчики для контроля перегрева узлов и агрегатов; датчики для определения диэлектрической проницаемости масел в картерах двигателя, КПП и мостов, и т. п.) на системы со значительным потоком отказов и недостаточной диагностируемостью.

2. По анализу полученной информации, прогнозируется остаточный ресурс и делается вывод о необходимости конкретного вида технического обслуживания или ремонта.

3. Необходимо разработать четкую методику диагностирования конкретной неисправности с учетом дополнительной системы датчиков для снижения влияния уровня квалификации персонала на принимаемые решения по выбору требуемых операций ТО и Р.

Список литературы

1. Пестриков В.М., Евкарпиев В.Е., Особенности диагностики современных автотранспортных средств / В.М. Пестриков, В.Е. Евкарпиев // Техничко-технологические проблемы сервиса - Изд-во: "Санкт-Петербургский государственный экономический университет", №4(30), 2014. – С. 14 - 19.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В. Розробка методики вибору інформативних систем і агрегатів засобів транспорту та діагностичних параметрів їх технічного стану. Зб. тез доповідей XIII Міжнар. наук. конф. "Рациональне використання енергії в техніці" з нагоди 86-ї річниці від дня народження Момонтенка Миколи Петровича (1931-1981) TechEnergy 2017. 17-19 травня 2017 р Національний університет біоресурсів і природокористування України. м.Київ. К.:НУБіПУ. 2017. С.57-59.
3. Аналитические исследования эксплуатации автотранспортных средств: монография / Г.Н. Груздов и др. Москва: РУСАЙНС, 2015. 144с.
4. Предко А.В., Грицук Ю.В., Грицук И.В., Волков В.П. Мониторинг, диагностирование и прогнозирование параметров технического состояния транспортных средств в условиях ITS. Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. Сборник научных трудов по материалам ежегодных конференций. 27–28 апреля 2015 г. Воронеж. 2015. Вып. 2. С. 126–131.
5. Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Беляев Э.И. Повышение коэффициента технической готовности парка автомобильной техники средствами интеллектуализации транспортной системы. Фундаментальные исследования. 2013. № 10-2. С. 282-287.
6. Интенсивность нарастания поломок исследуемых автомобилей в зависимости от пробега. [Электронный ресурс] // Немецкая компания по независимой диагностике автомобилей DEKRA. URL: <https://www.used-car-report.com/en/> (Дата обращения: 07.03. 2019)
7. Аулин В.В.,Замота Т.Н., Гриньків А.В., Караичев А.А. Характерные отказы и структура диагностической информации о техническом состоянии автомобилей NISSAN X-TRAIL / В.В. Аулин, Т.Н.Замота, А.В. Гриньків, А.А. Караичев // Збірник наукових матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Іновативні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту», 14-15 листопада 2018 року. – Кропивницький, 2018. – С. 256 - 264.
8. Аулин В.В.,Замота Т.Н., Гриньків А.В., Караичев А.А. Повышение эффективности получения достоверной диагностической информации о техническом состоянии автомобилей NISSAN X-TRAIL / В.В. Аулин, Т.Н.Замота, А.В. Гриньків, А.А. Караичев // (В печати).

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

УДК:656.073.7

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕРМІНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Д.А. Заморій, студ.,
Д.О. Великодний, канд. техн. наук,
Криворізький державний педагогічний університет

Вимоги ринкової економіки ставлять в ряд першочергових завдань ефективність функціонування мережі терміналів. Для розвитку термінальної системи найбільш актуальною проблемою є організація ефективної роботи терміналів в умовах змішаних перевезень. Ефективність функціонування термінальної системи в повній мірі залежить від інформаційного забезпечення на основі розвитку навігаційних супутникових систем, систем електронного обміну даними транспортних вузлів й систем інформаційного супроводу перевезень вантажів. Обробка інформації, програмне забезпечення будується шляхом єдиної мережі передачі даних за допомогою комп'ютерного обладнання та відповідних комп'ютерних технологій, які дозволяють автоматизувати процеси збору, зберігання, обробки та використання інформації по всій діяльності термінальної системи. Наприклад, якісне та ефективне функціонування терміналу й обслуговування вантажовідправників та вантажоодержувачів залежить від наявної інформації про обсяги обробки вантажів, величини вантажообігу в одиницю часу, номенклатури вантажів, ступеня нерівномірності прибуття й відправлення вантажів та інших параметрів, з допомогою яких визначається місткість терміналу, чисельність персоналу, механізація вантажно-розвантажувальних робіт, застосування тари, упакування, піддонів.

На основі наявної інформації можуть вирішуватися безліч завдань, спрямованих на ефективне функціонування термінальної системи, за допомогою математичних моделей [1,2]. Таким чином, на основі отриманої інформації проводяться математичні розрахунки оптимізації параметрів термінальної системи, включаючи набір її елементів (склади, майданчики, механізми та ін.). Для вирішення завдань підвищення ефективності функціонування термінальної системи необхідно за допомогою інформаційних технологій виявляти причини, що стримують цей процес та намічати шляхи для їх усунення. При розв'язанні цих проблем необхідний рівень знань не тільки в області комп'ютерних технологій, але і в області автомобільного транспорту, що дозволяють визначати параметри за критерієм ефективності вирішення завдань й одержуваних результатів. Важливе значення має вибір й обґрунтування раціональної структури інформаційної системи, а також розробка найбільш раціональних алгоритмів управління перевізним процесом та розробка математичних моделей вирішення завдань в термінальних системах.

Таким чином, для реалізації функцій управління в термінальній системі слід мати такі інформаційні підсистеми: перспективного планування й розвитку системи управління терміналу при перевезенні вантажів; диспетчерського управління перевезеннями; фінансово-економічного аналізу функціонування терміналу. Ґрунтуючись на принциповій методології розробки математичних моделей для вирішення завдань в термінальних системах необхідність універсального підходу до визначення функцій в системі вантажообігу.

Список літератури

4. Павленко О.В. Методика формування ресурсозберігаючої технології доставки вантажів транспортно-логістичним центром / Павленко О. В., Калініченко О. П., Нефьодов В. М. // ХНУМГ імені О.М. Бекетова, Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст», № 142. – 2018. – С.96-102.
5. Pavlenko, O., Velykodnyi, D. The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic. International journal for traffic and transport engineering. Belgrade, Serbia, 7(2), 2017. P. 164–176.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

О.О. Хлівний, студ.,
Д.О. Великодний, канд. техн. наук,
Криворізький державний педагогічний університет

Сучасний стан перевезень у місті важко уявити без стабільного функціонування міського пасажирського транспорту (МПТ). Сьогоднішній ритм життя висуває високі вимоги до рівня мобільності населення. Першочерговими завданнями МПТ є: забезпечення зручного та швидкого доступу до місця роботи; сфери обслуговування; культурних та освітніх закладів. До основних характеристик МПТ слід віднести: високий рівень надійності та безпека руху; висока маневровість рухомого складу; найбільша зручність для пасажирів; висока частота та регулярність руху; найменші затрати часу для пересадки та переходу на інші маршрути [1,2]. Однією з основних проблем ефективності системи МПТ, що негативно впливає на подальший розвиток й організацію перевезень пасажирів є низька транспортна доступність. Показник загальної транспортної доступності характеризує якість міської транспортної інфраструктури, що визначається у витратах часу на поїздку та рівня зручності використання МПТ в необхідний час. Витрати часу на поїздку включають: час підходу до зупинки; час очікування; час пересування та пересадку. Система МПТ може бути ефективною коли можливе переміщення в будь-який пункт призначення за нормативний час. Разом з тим слід зазначити, що побудова системи перевезень тільки з позиції комерційної вигоди для підприємства - перевізника може привести до того, що неврахованим залишається соціальний фактор системи МПТ й перш за все його спрямованість на задоволення потреби пасажирів в перевезеннях. Підвищення ефективності функціонування обслуговування пасажирів спрямоване на забезпечення транспортної доступності та можливості користування його послугами, оскільки в системі МПТ важливим для пасажирів є отримання якісної послуги за прийнятною ціною. Зменшення загальної кількості рухомого складу, яке для підприємств - перевізників може вважатися економічним, знижує рівень одержуваних транспортних послуг шляхом зростання величини соціальних витрат, а саме через збільшення часу очікування на зупинках, зниження рівня комфорту при проїзді. Тому, побудова ефективної МПТ дозволить збільшити рівень транспортної доступності та мобільності пасажирів й поліпшити інші показники, що характеризують ефективну роботу.

Таким чином, можливо визначити перспективу напрямків подальшого розвитку МПТ: необхідно врахувати інтереси пасажирів, які потребують певного рівня якості, а також транспортних підприємств – перевізників, зацікавлених в зниженні власних витрат на перевезення. Отже при цьому, підвищення ефективності функціонування обслуговування пасажирів повинна бути орієнтована на зниження впливу негативних факторів функціонування системи, врахування інтересів підприємств - перевізників при підвищенні рівня якості надання транспортних послуг.

Список літератури

1. Vdovychenko V., Samchuk G., Velikodnyi D. Formation of system efficiency of urban public passenger transport under conditions of open competition. *Innovative Economy: Processes, Strategies, Technologies: International scientific conference, Part I*. Kielce, Poland: Baltija Publishing, 27 January 2017. P. 150-152.
2. Великодний Д.О., Вдовиченко В.О. Підвищення ефективності взаємодії міського пасажирського транспорту в пересадочному транспортному вузлі. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Вінниця: ВНТУ. 15-16 квітня 2016. С. 25-27.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ТАРИФНОЇ ПОЛІТИКИ НА МІСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

І.О. Хітров, канд. техн. наук, доц.,

В.О. Дорошук, стар. викл.,

І.В. Нечипорук, студ.,

Національний університет водного господарства та природокористування

Відомо [1-3], що від міського пасажирського транспорту залежить господарська і соціальна обстановка в місті, розвиток продуктивних сил.

Аналізуючи закордонні системи [4-5], можна перейняти їхній досвід і застосувати їх на практиці в Україні. Аналіз тенденцій розвитку пасажирського транспорту в Європі вказує на те, що Чеська Республіка та ряд інших країн ЄС мають певні особливості становлення та організації роботи міського пасажирського транспорту.

Найбільш вагомою характеристикою системи пасажирських перевезень в Чеській Республіці, яка суттєво відрізняється від української [2,3, 4-5], є застосування інтермодальної транспортної системи. Переміщення пасажирів здійснюються за єдиним тарифом. Величина тарифу в даній країні залежить не від дальності поїздки, як в Італії, Німеччині та інших європейських країнах, і навіть не є однаковою для всіх пасажирів, незалежно від дальності перевезення. Вартість проїзду пасажирів встановлюється відповідно до тривалості його подорожі та кількості пересадок, які ним будуть зроблені.

Цікавим є досвід Фінляндії [4]. Рівень обслуговування пасажирів підвищується завдяки будівництву пересадочних вузлів та станцій, які об'єднують різні види транспорту. Фінська транспортна система одна з перших почала використовувати електронні способи оплати за проїзд.

Тариф – це офіційно встановлений розмір оплати, оподаткування чого-небудь. Пасажирський тариф – це система цін, яка включає затверджені у встановленому порядку розміри плати за перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу, а також правила їх обчислення та застосування. Ціна – це вартість товару чи послуги у грошовому виразі [1, 2, 3]. Отже, ціна відповідає потребам ринку, а тариф більш підходить адміністративним методам регулювання економіки.

На практиці автобусні підприємства застосовують систему єдиного тарифу та систему диференційованих тарифів [2].

Нині в Україні проводиться пошук оптимальної моделі впровадження системи «Е-квитка» (електронного квитка), яка дозволяла би запровадити систему оплати за проїзд з урахуванням наявної правової бази та з оптимальними економічними і технічними показниками.

Окрім того, слід проводити дуже складну організаційну та методичну роботу щодо запровадження гнучкої тарифікації проїзду в міському транспорті, персоналізації та видачі електронних карток пасажирам, реєстрації та обліку проїзду пасажирів пільгових категорій.

Список літератури

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник / В.К. Доля. – Харків: Видавництво «Форт», 2011. – 504 с.
2. Макаренко М. В. Економіка пасажирських перевезень: навчально-методичний посібник / М. В. Макаренко, О. В. Пилипенко, В. П. Гудкова. – Київ, 2013. – 277 с.
3. Слободяник Ю. В. Фінансовий механізм функціонування підприємств пасажирського транспорту в сучасних умовах : Монографія / Ю. В. Слободяник. – Суми: УАБС НБУ, 2007. – 164 с.
4. П.Македа Орг. пасажирського транспорту: досвід Фінляндії та можливості його застосування в Україні.
5. Амоша О. І., Філіппова О. С. Європейський досвід забезпечення ефективного функціонування підприємств міського пасажирського транспорту / О. С. Філіппова, О. І. Амоша. - Макіївка 2010. С. 179-189.

ВИБІР РЕЖИМІВ РОБОТИ АВТОБУСІВ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Є.І. Тхорук, канд. техн. наук, доц.,
С.М. Пашкевич, асист.,
Ю.Л. Піщальок, студ.,

Національний університет водного господарства та природокористування

Проаналізувавши стан міських пасажирських перевезень, можна констатувати наступні проблеми: нераціональність співвідношення різних видів і типів рухомого складу, які обслуговують міські автобусні маршрути; недостатнє оновлення рухомого складу електротранспорту; відсутність динаміки нарощення кількості рухомого складу автотранспорту великої і середньої місткості; неефективність механізму управління транспортною мережею міста.

Якщо врахувати той факт, що потік пасажирів у місті розподіляється нерівномірно: по довжині маршруту, годинах доби, днях тижня, важливим є визначення режимів руху автобусів, а можливо і їх комбінацій.

На пасажирському транспорті розрізняють три основні режими руху між зупиночними пунктами: звичайний, експресний і маршрутне таксі [2].

Зміна вимог до пасажирської системи міста привела до перегляду пасажирами мотивів вибору виду сполучення [2]. Відомо, що поєднання (комбінування режимів руху) збільшує продуктивність автобусів, та зменшує потрібну їх кількість, що зменшує не лише витрати на експлуатацію, але і соціальні витрати (вплив на екологію).

Вихідними даними для організації комбінованих режимів руху є паспорт автобусного маршруту, інформація про пасажиропотоки, нормативи часу на швидкісні, експресні та укорочені маршрути [3].

Для аналізу ефективності впровадження комбінованих режимів руху автобусів на міських маршрутах необхідно визначити час обороту і кількість автобусів на маршруті для виконання перевезень. Час обороту автобуса в звичайному та експресному режимах руху визначається за формулами, год.:

$$t_{об(зе)} = t_{пyx} + t_{зуп} + t_{відст}, \text{ та } t_{об(експ)} = t_{пyx} + t_{зуп(експ)} + t_{відст}, \quad (1)$$

де $t_{пyx}$ – час руху автобуса за оборот, год.; $t_{зуп}$ – час витрачений на простій на зупинках, год.; $t_{відст}$ – час відстою автобуса на кінцевих зупинках, год.

Необхідна кількість автобусів для перевезення пасажирів у звичайному та експресному режимах руху визначається за формулами:

$$A_{зе} = t_{об} \cdot 60 / I_{max} \text{ та } A_{експ} = A_{зе} (1 - k_i), \quad (2)$$

де I_{max} – максимально допустимий інтервал руху, хв.; k_i – частка автобусів, які зупиняються на i -му зупинному пункті.

Таким чином, впровадження комбінованих режимів руху на міських маршрутах підвищує ефективність використання рухомого складу і режиму роботи водіїв, знижують витрати часу пасажирів на поїздки.

Список літератури

1. Лежнева О.І. Ефективність експресних маршрутних перевезень пасажирів у найбільших містах : автореф. дис. канд. техн. наук : спеціальність: 05.22.01/ О.І. Лежнева. – Харків, 2007. – 18 с
2. Доля, В. К. Пасажирські перевезення: підручник / В.К. Доля. – Харків: Вид-во «Форт», 2011. – 504 с.
3. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Романюк С.О. Управління розвитком виробничої системи міських пасажирських перевезень.
4. Гульчак О.Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів: автореф. дис. канд. техн. наук спеціальність: 05.22.01/ О.Д. Гульчак.– К., 2005.– 19 с.

SUSTAINABLE URBAN SUPPLY CHAIN ON THE BASE OF TWO-ECHELON SYSTEM

A. Botsman, stud.,

S. Lyfenko, stud.,

A. Rossolov, Associate Professor, PhD

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

In the context of urban logistics, freight traffic is the one of the sources of traffic congestion, safety problem and environment pollution. To reduce all these negative aspects, as a rule, various measures regarding to the sustainable development of the city are used [1-2].

This study is aimed on developing the approach to reduction the negative impact on the environment of the freight transport in the city area by introduction the two-echelon delivery system. At the second echelon it is proposed to use the cargo bikes instead trucks allowing to reduce the volume of the exhaust gases in the atmosphere.

To form the methodology of two-echelon delivery system construction on the first stage of research it was studied the current approaches and models in this field. As a criterion for assessing the application of a two-echelon system, as usually is used the minimum variable costs [3] and time expenditures. Besides that, the amount of carbon monoxide emissions [4] must be taken into account. Also, it was defined that the location of consolidation centers [5] plays the important role in supply chain efficient functioning. The problem of determining the location of transfer centers can be solved at the stage of VRP tasks allowing to minimize the general transport work both for two echelons.

Within the framework of theoretical studies was developed a mathematical model of delivery system with two echelon system, represented by the demand system and the system of transport services. The demand system depends on the number of consumers in the research area. The service system in turn is represented by two subsystems, namely trucks and cargo bicycles. The second subsystem represents an array of different types of bikes characterizing the different load-carrying capacities and dimensions of the cargo place. The subsystem of servicing "trucks" is characterized by capacity, technical speed of the vehicle, mass of daily emissions of pollutants and a time window within which delivery should be carried out.

As the study area it was selected the central part of the city Brovary with an area of 3.88 km² and 35 catering establishments. The density of the service objects location is 9,03 units per one km². After that, we identified 3 possible locations of consolidation centers on the boundaries of the studied area (down town).

In frame of the experimental part of the study it were made three alternative route systems based on the Clark-Wright algorithm, taking into account the location of the transport nodes. The main elements for conducting routing were the generated order volumes according to the uniform distribution law, the selected types of vehicles, constructed traffic network graphs and the determined matrix of the shortest distances. After that it were made calculations of technical and operational indicators for the first and second echelons, such as turn-around time, and transport work. The results of calculations of technical and operational indicators are shown in Fig. 1.

As it was mentioned above, the criterion to choose the rational location of a transfer center is the minimum integral estimation for all the technical and operational parameters of the routes systems, since each of them has the same factor of weight. So, according to the determined criterion the second variant of the transfer center location became the rational one.

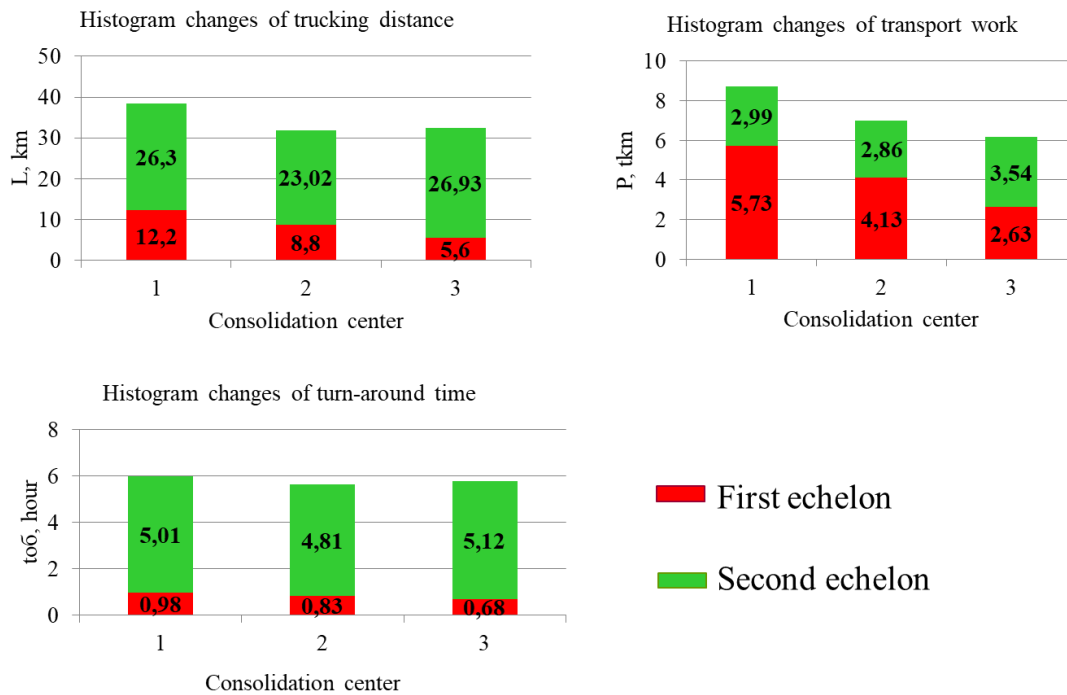


Figure 1 – Histogram changes in technical and operational performance

In order to determine the effectiveness of the implementation of this delivery system it was made an assessment of the environmental impact of the system. By the methodology of the Institute of Complex Transport Problems considering the indicator of relative aggressiveness of impurities, the reduction amount of harmful substances entering the atmosphere with exhaust gases of trucks operating on compressed natural gas was determined. The total amount of annual emissions of harmful substances, namely carbon monoxide, nitrogen oxide (by mass) and carbohydrate vapor of gasoline (carbon), which will be reduced at the expense to the use of ecological transport in the second echelon, will be 2.42 tons per year for the territory 3.88 km².

The conducted estimation of the volume of reduced harmful substances allows us to form an optimistic screenplay of the functioning of two echelon supply systems, proving its significance.

References

1. Russo F. A classification of city logistics measures and connected impacts / F. Russo, A. Comi. // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2010. – №2. – C. 6355–6365.
2. Conway A. Cargo cycles for local delivery in New York City: Performance and impacts / A. Conway, J. Cheng, C. Kamga, D. Wan. // *Research in Transportation Business & Management*. – 2017. – № 24. – p. 90-100
3. Anderluh A. Synchronizing vans and cargo bikes in a city distribution network / A. Anderluh, V. C. Hemmelmayr, P. C. Nolz // *Central European Journal of Operations Research*. – 2017. – № 25(2). – p. 345-376.
4. Goodchild A. An analytical model for vehicle miles traveled and carbon emissions for goods delivery scenarios / A. Goodchild, E. Wygonik, N. Mayes. // *European Transport Research Review*. – 2018. – № 10(1).
5. Iwan S. Zarządzanie dostawami ostatniego kilometra realizowanymi z wykorzystaniem rowerów towarowych / S Iwan // *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. – 2015. – № 383 – p. 867–880.

ASSESSMENT OF TRAFFIC NOISE POLLUTION IN URBAN RESIDENTIAL**E. Lezhneva, PhD, Associate professor,***Kharkiv National Automobile and Highway University,***E. Vakulenko, PhD, Associate professor.***O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

Road transport is one of the main sources of environmental pollution. With the increase in the number of vehicles and the speed of their movement through the streets of industrial cities, the world community identified noise as one of the main factors that aggravate the standard of living of people in cities. It is impossible to physically avoid noise pollution, it is possible only to subjectively ignore it. In conditions of road traffic on the city streets, the noise level emitted by transport flows into the environment are influenced by factors such as the characteristics of the traffic flow and the characteristics of the environment [1 - 11]. For the estimation of noise pollution of the environment and rationale for the use of noise protection systems, a typical section of the urban area was selected in the Kharkiv residential area. The research was conducted in the neighborhood, which is located in the Slobodskii district of the Kharkiv city and is surrounded by the Kirova street, Derzhavinska street, Plekhanivska street and Haharina avenue. The study was conducted in a sequence that is presented in Fig.1.

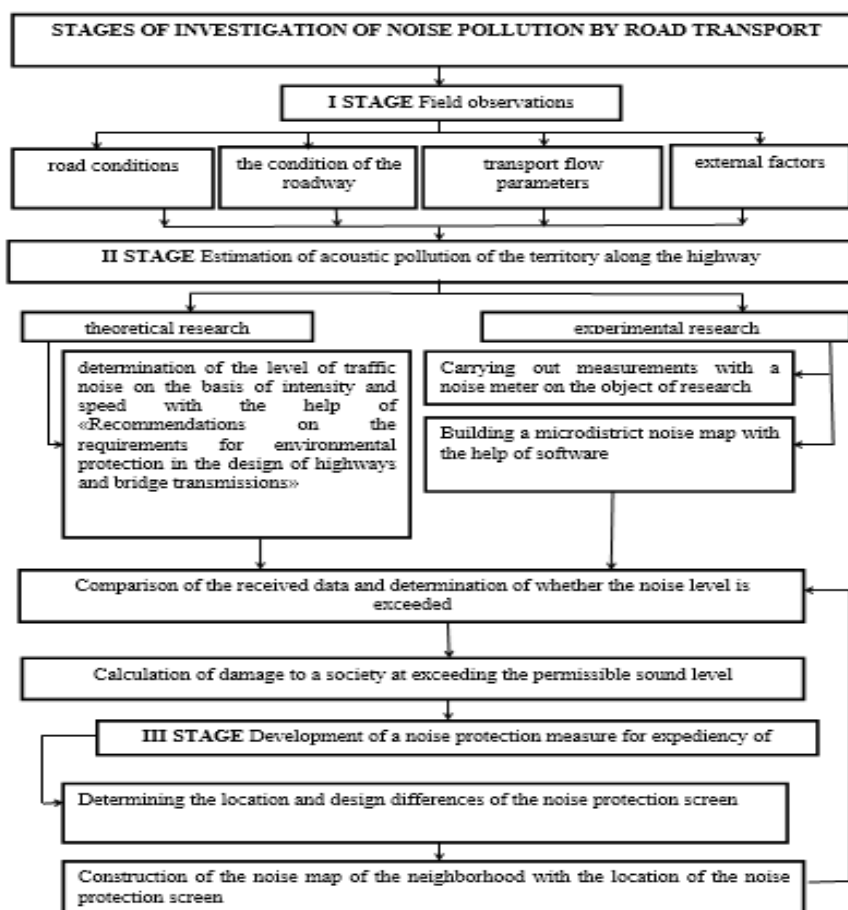


Figure 1 – Stages of the research

According to the results of the research, it was found that the residential areas are subject to increased levels of sound. Haharina avenue is in the zone of acoustic discomfort (noise level 80 dBA), which exceeds the permissible noise level – 70 dBA. The results of calculations allow us to

estimate the extent of man-caused impact during the operation of the highway on the state of the environment – 39 USD per hour per every 100 people.

As a measure to combat traffic noise in the territory along the highway, the location of the noise protection screen is justified. It has been established that placing a combined noise protection screen will reduce the noise level by about 8-15 dBA. The results of the studies allow the introduction of administrative and legislative measures to ensure the standard sound levels for residential areas adjacent to highways and to ensure environmental safety in the organization of traffic on the streets of large cities.

Studies were conducted for one of the districts of the city of Kharkov, although for other areas you can get other results that depend on: characteristics of the traffic flow, characteristics of the environment, weather-climatic conditions, territory along the highway. Variation the parameters of these characteristics lead to a change in the noise level in a given area.

The feasibility of creating a noise map for the whole city will assessing the influence of each of the listed factors on the noise level and thereby form the degree of influence of factors on the noise level. The noise map allows you to find the most problematic and costly places for city dwellers, which allows you to focus the attention of local authorities on solving noise-related priorities. The use of different methods of dealing with noise has a different effect of reducing the noise level for different territories. Creating a benchmark map in terms of noise level will allow reducing the noise level in a urban residential will also help to increase the level of comfort for inhabitants, which will affect the value of real estate in this area.

References

1. STANSFELD, S. A., & MATHESON, M. P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British medical bulletin*, 68(1), 243-257.
2. BERGLUND, BIRGITTA, THOMAS LINDVALL, AND DIETRICH H. SCHWELA, eds. *Guidelines for community noise*. World Health Organization, 1995.
3. BALDAUF, R., THOMA, E., KHLYSTOV, A., ISAKOV, V., BOWKER, G., LONG, T., & SNOW, R. Impacts of noise barriers on near-road air quality. *Atmospheric Environment*, 42(32), 7502-7507, **2008**
4. CALIXTO, A., DINIZ, F. B., & ZANNIN, P. H. The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting. *Cities*, 20(1), 23-29, **2003**
5. KOTZEN, B., & ENGLISH, C. *Environmental noise barriers: a guide to their acoustic and visual design*. CRC Press, **2014**
6. AHAC, S., HALADIN, I., LAKUŠIĆ, S., & DRAGČEVIĆ, V. Croatian Experience in Road Traffic Noise Management-Concrete Noise Barriers. *Romanian Journal of Transport Infrastructure*, 3(1), 1-11, **2014**.
7. REMMER, D., & ROCHA, J. Photovoltaic noise barrier-Canada. In *SESCI 2005 Conference* (pp. 20-24) 2005, july
8. BECA, I. M., & ILIESCU, M. The Sunet System for Monitoring Noise Pollution in Cluj Napoca. *Romanian Journal of Transport Infrastructure*, 6(2), 33-44, 2017
9. CIHLÁŘOVÁ, D., FENCL, I., ČÁPAYOVÁ, S., & POSPÍŠIL, P. (). Use of Adhesion Promoters in Asphalt Mixtures, *Slovak Journal of Civil Engineering*, 26(1), 19-24, 2018. doi: <https://doi.org/10.2478/sjce-2018-0003>
10. GARG, N., SINHA, A. K., DAHIYA, M., GANDHI, V., BHARDWAJ, R. M., & AKOLKAR, A. B. Evaluation and Analysis of Environmental Noise Pollution in Seven Major Cities of India. *Archives of Acoustics*, 42(2), 175-188, 2017
11. DEN BOER, L. C., & SCHROTEN, A. Traffic noise reduction in Europe. *CE Delft*, 14, 2057-2068, 2007

TOWARDS THE PROBLEM OF URBAN PASSENGER TRANSPORT PRIORITY DEVELOPMENT

A. Butsaeva, *stud.*,

D. Kopytkov, *Assoc. Prof., Ph. D.*

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

At the present stage of the social development, the quality of urban passenger transport services (UPT) determines the prospects of the social progress, increase of material well-being, population living standards and efficiency of social production through the creation of conditions to liberate the population personal time. But recently, there has been a tendency for a significant deterioration of the UPT technical and operational performance not only due to the lack of necessary financing and rolling stock aging, but also due to the uncontrolled development of private motor transport and the violation of the rational "private cars-to-public transport" ratio on the urban roads.

In the world, the urban public transportation development has been recognized as the first and most effective means to prevent so-called "traffic jams", improve the environmental situation and the quality of transport services to the population, in general [1].

The fact that the area per a car passenger is 95 times more the area per a subway passenger and from 13 to 18 times more per a tram passenger testifies to the car inefficiency in the urban arrangement. The carrying capacity of urban transportation lanes (depending on the transportation mode and the traffic intensity) is 10 – 100 times higher than the carrying capacity of private transport lanes. The high carrying capacity of the UPT makes it possible to fully satisfy the demand for urban passenger transportation by mass transit means without increasing the required transport space. Even the bus, which is one of the lowest carrying capacities as compared to other UPT modes, can carry 30 – 40 times more passengers at peak hours taking 3 – 4 times road space less than a private car.

In general, since the car turned into a means of mass population rides, the functioning of large cities has been accompanied by a number of problems caused by mass motorization, namely: the cars are the main source of air pollution, and, as a result, cause a significant deterioration in the health of urban residents; the increase in travel time due to congestion leads to the transport fatigue and the inefficient passenger time use; the use of private transport reduces the population physical activity, which also leads to poor health etc. [2].

In addition, the urban transportation has the lowest consumption of natural resources per a passenger transporting and is more environmentally friendly – per a passenger a bus requires about 25 times less fuel than a private car. Therefore, the task of urban transport developing has some priority for other transport tasks in the modern city (for example, the road network expanding task).

One of the effective ways of unloading the road network, reducing the negative environmental and noise impact, and improving the transportation performance in the cities, first of all, is to prohibit the use of private cars in the central parts of large cities, and, secondly, to introduce the fees for using a car in the so-called UPT areas [3]. However, the first option can cause an extremely negative private car owners' response, and requires the high mass transit and road network standards, while the second option is not radical, and may be acceptable for many cities of Ukraine.

The car use prohibition provides for the organization of private cars' parking in places that would provide a free access to urban transport stops (interchange hubs) at least as a compensation for excluding the opportunity to travel in own car. In this regard, it is necessary to determine the "gravitation centers", in which the private motor transport parking should be concentrated, and where the owners should leave their vehicles and use only UPT in the trips. The selection criterion

for such centers is the availability of a transport mode to embrace the passenger traffic, which already consists of regular users of this of transport mode, as well as an additional passenger traffic to be a certain number of car users. For example, in Kharkiv, such a criterion is the arrangement of subway stations, which has the highest carrying capacity of other UPT modes. At the moment, this off-street transport mode has already acquired a high level of services in the city and continues developing in the future. But the land UPT modes can also be taken into account, which are also concentrated at subway stations in accordance with the mode interaction principle. It should be noted that the owner of a private car leaving it in the parking lot and becoming an ordinary passenger chooses which an urban transportation to use originating from the convenience, time, fare as well as other criteria.

Thus, the total economic benefit for the private and urban passenger transport to interact can be expressed as

$$E = \left(\sum_{i=1}^n \Delta I_i + S + \Delta C_{env.} \right) - \sum_{j=1}^n C_{plj}, \quad (1)$$

where ΔI_i is the income increase due to an additional sale of tickets on the i^{th} urban passenger transport mode, UAH;

S is the possible surcharge for the private cars' use in the so-called "UPT areas", UAH;

$\Delta C_{env.}$ is the environmental cost reducing, UAH;

C_{plj} is the cost to arrange the j^{th} parking lot of private cars, UAH;

n is the number of private car parking lots.

Thus, the increase in the public transport share in urban passenger traffic allows unloading the road network. It this can be achieved through the ban on the use of private cars in the central parts of the city and the concentration of private cars at the so-called "centers of gravity" – subway stations or large hubs of other urban passenger transport modes, which will ensure the further car owners' travel to the city center only by means to increase the general UPT utility. The utility should be expressed in monetary terms to obviously compare the "results-and-cost" ratio.

References

1. Cities on the move: a World Bank urban transport strategy review. – Washington: World Bank, 2002. – 206 p.
2. Вучик В. Транспорт в городах, удобных для жизни / В. Вучик. – М. : Территория будущего, 2011. – 576 с.
3. Walters A. *The economics of road user charges* / A. Walters // *World Bank Staff Occasional Papers*. – 2008. – No. 5. – pp. 191 – 217.

TRANSPORT ACCESSIBILITY AS THE REFLECTION OF THE STOP POINTS SPATIAL CHARACTERISTICS

V. Lohvinenko, *stud.*,
A. Rossolov, *Associate professor, PhD*,
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Every passenger trip by public transit is a part of the overall activity of any resident in the modern city. In spite of different type movements, they all have the same aim. Each passenger seeks to minimize the costs within every journey, that is why the public transit accessibility plays a major role in this problem solve [1 – 3]. The purpose of the study is to develop the models for assess the transport accessibility of the public transport route network based on the spatial characteristics of the transport interchanges and the stop points. Besides that, the formation of a set of actions for improvement of the transport services efficiency by public transport has been proposed. Parametrization of stop points based on spatial characteristics in order to develop models for estimation the transport accessibility of the route network on public transport in case of city Uzhorod (Ukraine). The main parameter for assess the transport accessibility of the city was chosen density of placement of stop points in the city area and its impact on travel time. The criterion of efficiency is the average travel time of passengers on the network in case accessibility evaluation is the following:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Z d_{ij}}{Z^2} \rightarrow \min, \quad (1)$$

where: d_{ij} – travel time between i and j transport zones, t_{ij} – number of trips between i and j transport zones, Z – number of the transport zones.

The models for estimation the rational number of stop points and their density at the transport network are proposed. The formalization of the walk distance to the nearest stop points is made on the basis of the possible location of the origin of movement relative to the stop points of the route network [4]. The character of the distribution of stop points on the bus network of Uzhorod is determined and the influence of this parameter on the level of transport accessibility of the route network is determined. The regularities of the rational number change of the of stop points of the city transit depending on the average distance of passenger trip are investigated in the research. Analysis of the stop points density influence on transport accessibility is executed according to two scenarios: exclusion stop points from the network and inclusion stop points to it (table 1).

Table 1 – The results of scenarios assessment

State of the system	Average distance between stops, meters	The percentage of distance between stops change, %	General mathematical expectation, meters	Total variance, meters ²	Average journey time, minutes	Δt , minutes
Current	0,572	-	3619,54	3084957,94	22,5	-
Scenario 1	0,510	+17,8	3498,31	2714755,86	24,6	+2,1
Scenario 2	0,674	-10,8	3563,64	2993195,59	22,3	-0,5

Experimental studies allowed to confirm the theoretically substantiated dependence of transport accessibility on the number of served stop points within the urban passenger transport routes. As a result of the evaluation of two alternative scenarios, it was found that pedestrian accessibility (the passenger's approach to the nearest stop point) is less significant for transport accessibility (as the assumption in the study is equal to the travel time in the vehicle). This result was obtained as a result of modeling the total travel time, provided that the vehicle's idle time at the stop point is one minute. Of course, in the framework of further research, it is necessary to conduct a statistical assessment of the indicator's variability influence on the total time of movement on the network. It will allow making a comprehensive assessment of the dependence of the total transport accessibility (travel time on the network) from the idle time of transport vehicles at stop points and, directly, the number of data stop points (dislocation density).

As a result of research, a close relationship has been revealed between the density of stop points and the time of movement of passengers through the network.

Increasing pedestrian accessibility by increasing the density of stop points allows reducing the people's time for approaching to stop points. However, the implementation of this procedure can lead to negative consequences, namely, to decreasing of the active transport accessibility (increasing in travel time on the network). In the framework of the research, two alternative scenarios for serving the population of the city of Uzhgorod (Ukraine) by public passenger transport were evaluated. The first scenario assumed increasing of the stop point's dislocation density (by 17% compared with the current option). The second scenario, vice versa, suggested decreasing of the stop point's density (by 10% compared to the current network option). As a result, "Scenario 1" led to increasing of the average travel time on 2 minutes. While "Scenario 2" allowed reducing the average time of movement on 0,5 minutes. Thus, the nonlinear nature of the influence of flotation of the stop point's placement on the value of the average time of movement is revealed.

References

1. Pitot M. Land Use & Public Transport Accessibility Index (LUPTAI) Tool – The development and pilot application of LUPTAI for the Gold Coast / M. Pitot, T. Yigitcanlar, N. Sipe, R. Evans – Planning Institute of Australia 2006.
2. Shi J. Accessibility of a destination-based transportation system: A large airport study / J. Shi, X. Ying. – Tsinghua Science and Technology, China, 2008.
3. Scheurer J. Benchmarking accessibility and public transport network performance in Copenhagen and Perth / J. Scheurer. – Australasian Transport Research Forum, Australia, 2010.
4. Rossolov A. Estimation of transport accessibility in case of rational transport hub location / A. Rossolov, N. Popova, V. Korol // Conference: VI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej MODELLING 2018 – modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, czerwiec 2018, Krakow, 2018.

ФОРМУВАННЯ КОМЕРЦІЙНО ДОЦІЛЬНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІСТІ

О.М. Єфімова, студ.,
Є.В. Нагорний, д-р техн. наук, проф.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Формування комерційно доцільних маршрутів для доставки вантажів у місті відбулося з метою підвищення ефективності перевезень вантажів. В якості об'єкту дослідження розглядався процес перевезення товарів народного споживання у місті.

Основними задачами для досягнення поставленої мети стали:

1. Опис основних методів організації перевезень вантажів під час доставки товарів народного споживання.
2. Аналіз основних проблем під час планування маршрутів перевезень вантажів вантажними велосипедами та автомобілями.
3. Вибір ефективної методики планування маршрутів перевезень вантажів для доставки товарів народного споживання.
4. Розрахунок екологічного ефекту при використанні вантажних велосипедів та ефекту від зниження собівартості.

Організація руху рухомого складу при перевезеннях повинна забезпечувати найбільшу продуктивність і найменшу собівартість перевезень. Рух рухомого складу відбувається за маршрутами. Маршрут руху - це шлях прямування рухомого складу при виконанні перевезень. Складання раціональних маршрутів руху автомобілів забезпечує скорочення непродуктивних порожніх і нульових пробігів, отже дозволяє значно скорочувати витрати [1,2].

Також при здійсненні доставки вантажів важливо не тільки сформувати раціональний маршрут, а й використати такий рухомий склад, який не завдав би шкоди навколишньому середовищі. Тому перспективним напрямком сталого розвитку міста є велосипедна логістика. Недостатність інформації про цю підсистему моделі доставки ускладнює розробку заходів в рамках міста. Саме цим обумовлюється актуальність даного напрямку досліджень.

Для здійснення доставки товарів народного споживання сформовано маршрути руху вантажними автомобілями: марки КамАЗ-4308 (один автомобіль), вантажопідйомність, якого становить 5500 кг; марки МАЗ-437040-061 (чотири автомобілі), вантажопідйомність, яких становить 4800 кг; марки МАЗ-630168 (два автомобілі), вантажопідйомність, яких становить 2500 кг. Розташування автотранспортного підприємства можна побачити на рисунку 1. На ньому також позначено відстані від АТП до клієнтури, між постачальниками та одержувачами вантажу [3].

Пропонується здійснювати доставку наступних видів вантажів: мука – 4050 т/рік, вугілля - 5430 т/рік, скляна тара – 5940 т/рік, вода “Новоіванівська” – 13840 т/рік, бакалія – 2130 т/рік, оргтехніка – 2830 т/рік.

Проектування раціональних маршрутів відбувалося на основі транспортної задачі. Спочатку за допомогою опорного плану закріплення вантажоодержувачів за вантажовідправниками, який приведений у вихідних даних, було сформовано оптимальний план повернення порожнього рухомого складу за допомогою програми mercs.exe, а потім спроектовано маршрути руху.

Для оптимального та опорного плану закріплення вантажоодержувачів за вантажовідправниками розрахована цільова функція, яка має вигляд:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де m - кількість вантажовідправників;
 n - кількість одержувачів;
 c_{ij} - значення цільового елемента;
 x_{ij} - обсяг вантажу, що перевозиться від i -ого вантажовідправника j -ому вантажоодержувачу, т.

За цими функціями відзначено, що при опорному плані кількість виконаних тонно-кілометрів більша, ніж при оптимальному плані, тому зроблено висновок, що оптимальний план розроблено вірно.

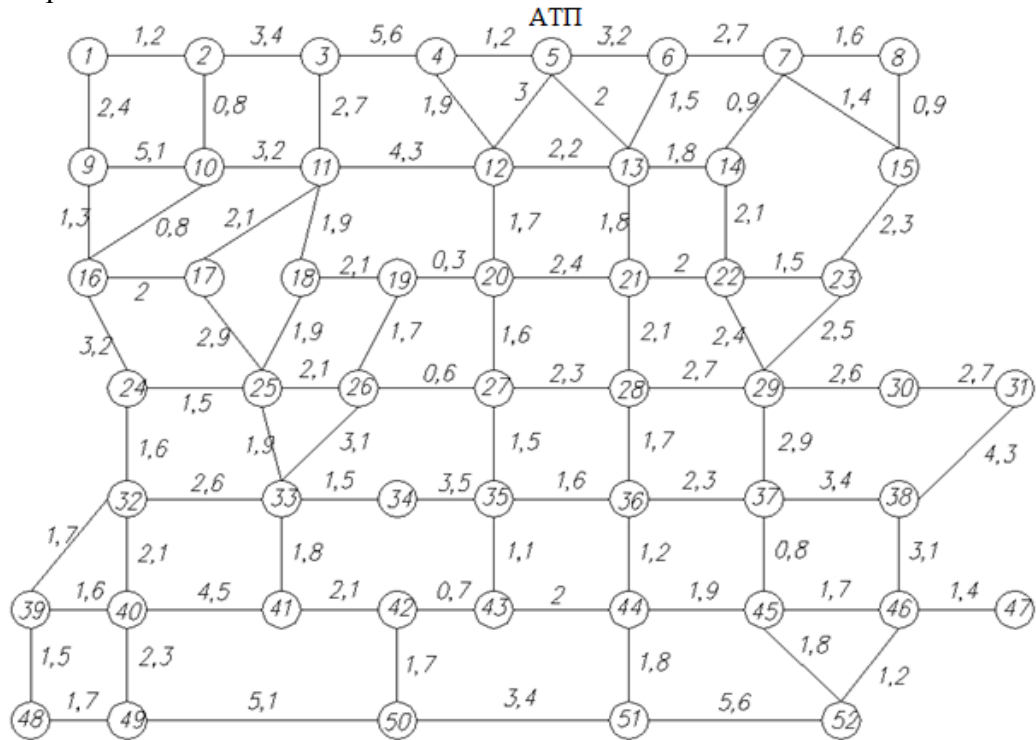


Рисунок 1 – Розташування АТП на транспортній мережі

Після цього було сформовано 5 маятникових і 1 кільцевий маршрути руху за допомогою методів таблиць – зв’язків і суміщення матриць.

Далі коловий маршрут було перевірено за коефіцієнтом використання пробігу ($\beta > \beta_{min}$), не враховуючи нульовий пробіг $\beta_{min} = 0.53$.

Коефіцієнт використання пробігу розраховано по формулі:

$$\beta = \frac{l_b}{l_m}, \quad (2)$$

де l_b – вантажний пробіг автомобіля за оберт, км;

l_m – довжина маршруту, км.

Кільцевий маршрут виявився не ефективним тому, що коефіцієнт використання пробігу менше 0,53, тому його було розкладено на маятникові маршрути

Також створено розвізний маршрут для доставки води “Новоіванівської”, обсягом 13840 т/рік, вантажними велосипедами. Перевезення здійснюють велосипеди з назвою Румар, вантажопідйомність, яких становить 0,3 т., технічна швидкість – 14 км/год., довжина – 0,75 м., ширина – 1,2 м., висота – 1 м. Ціна одного такого велосипеда становить 18900 грн.

Створення розвізного маршруту відбулося на основі інформації про найкоротші відстані між постачальниками і одержувачами вантажу. Найкоротші відстані між вершинами транспортної мережі визначено за допомогою програм Flo_put.exe та Floid.exe (прикладні програми кафедри транспортних систем і логістики, ХНАДУ).

Для створених маршрутів було виконано розрахунки техніко – експлуатаційних показників та витрат на здійснення транспортного процесу. Також розраховано собівартість перевезення 1 т. вантажу, на основі якої оцінено ефект і ефективність.

Собівартість перевезення 1 т вантажу на маршруті було розраховано по формулі:

$$S_T = (C_{зм} \cdot l_M + C_{пост} \cdot t_{об}) / (q \cdot \gamma \cdot z_i), \quad (3)$$

де $C_{зм}$ – змінні витрати, грн/км;

l_M – довжина маршруту, км.;

$C_{пост}$ – постійні витрати, грн/год.;

$t_{об}$ – час оберту, год.;

γ – статичний коефіцієнт використання вантажності;

q – номінальна вантажність автомобіля, т;

z_i – кількість їздок, од.

Пропонується впровадити систему, яка передбачає застосування екологічного виду транспорту, що не здійснює ніякого впливу на навколишнє середовище на відміну від вантажних автомобілів. Отже, оцінено екологічний ефект від використання такого виду транспортних засобів в межах міста за допомогою розрахунку зведеної маси річного викиду забруднень автотранспортними засобами, яка розраховується за формулою (M , ум. т / рік):

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (4)$$

де n – загальна кількість домішок, що викидаються в атмосферу в рік;

A_i – показник відносної агресивності домішки i -го виду, ум.т/т ;

m_i – маса річного викиду домішок i -го виду в атмосферу, т/рік.

Масу річного викиду домішок i -го виду в атмосферу розраховується по залежності:

$$m_i = m_{i-лб} \cdot L_{зар} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot 10^{-6}, \quad (5)$$

де $m_{i-лб}$ – питомий викид i -го виду домішки на 1 км пробігу АТЗ, г/км.;

$L_{зар}$ – пробіг автотранспортних засобів за рік, км;

K_1, K_2, K_3 – коефіцієнти впливу відповідно середнього віку парку автомобілів, рівня технічного стану, природно-кліматичних умов.

Ефект знайдено і від зниження собівартості шляхом заміни маятникових маршрутів розвізним:

$$E^s = S^{існ} - S^{зап}, \quad (6)$$

де $S^{існ}$ - собівартість перевезення 1 т. вантажу за існуючою методикою, грн;

$S^{зап}$ - собівартість перевезення 1 т. вантажу за запропонованою методикою, грн.

Відповідно ефективність від зниження собівартості становить:

$$E^s = \frac{S_{розп}}{S_{існ}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

Висновки: Пропонується впровадити систему перевезень вантажів вантажними велосипедами так, як обсяг викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище зменшився на 9,53 ум. т. на рік. Також необхідність впровадження цієї системи обумовлюється зниженням собівартості перевезення 1 т. вантажу на 345 грн. та підвищенням ефективності на 69,3 %.

Список літератури

1. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие. М.: ИЦ Академия, 2010. 288 с.
2. Сарафанова Е.В., Евсева А.А., Копцев Б.П. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие. М.: ИКЦ МарТ, 2006. 480 с.
3. Програма та методичні вказівки до виконання курсової роботи дисципліни "Комерційна робота на автомобільному транспорті" для студентів спеціальностей 7.100403 та 8.100403 / Нагорний Є.В., Токмиленко Т.Т. – Харків, ХНАДУ, 2006. – 53 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ОБСЯГУ ТА ПЕРІОДИЧНОСТІ ПОСТАВКИ ПАРТІЇ ВАНТАЖУ

Є.В. Цевменко, студ.,
Є.В. Нагорний, д-р техн. наук, проф.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Оптимізація обсягу та періодичності поставки партії вантажу виконується з метою удосконалення роботи виробничо-транспортного комплексу. Після ознайомлення з теоретичними основами вибору моделей оптимізації обсягу і періодичності постачань у виробничо-транспортному комплексі, було розглянуто ситуації для кожного з випадків, критерієм ефективності було обрано сумарні витрати.

В моделі оптимізації обсягу поставки до сумарних витрат було віднесено витрати на оформлення замовлення, витрати пов'язані зі зберіганням товару, транспортуванням, закупівельну вартість товару. Також, було прийнято умову, що при закупівлі певного обсягу товару, відпускна ціна знижується.

В моделі оптимізації періодичності поставки, було розглянуто ситуацію, коли виробник повинен поставляти своєму замовнику сировину протягом певного періоду, причому в разі недопостачання сировини замовник несе збитки. До сумарних витрат було віднесено витрати на зберігання сировини у замовника, витрати, що несе замовник в разі недопостачання сировини та витрати на обробку замовлення, пов'язані з оформленням документів, здачею-прийманням, транспортуванням партії вантажу.

Для визначення оптимального обсягу (q_{opt}) кожної поставки, було розглянуто виробничо-транспортну ситуацію, при якій за певний період (T), який становить 30 днів, рівномірно поставляється партія товару (Q), обсягом 1000 тонн. Опишемо кожен складову витрат.

Витрати на оформлення замовлення:

$$R_1 = \frac{C_{оф} \cdot Q}{q}, \quad (1)$$

де $C_{оф}$ – вартість оформлення кожної поставки, $C_{оф} = 100$ грн;

Q – партія товару, $Q = 1000$ т;

q – обсяг поставки, т.

Закупівельна вартість товару:

$$R_2 = k \cdot Q, \quad (2)$$

де k – вартість одиниці товару.

Витрати, пов'язані зі зберіганням товару:

$$R_3 = k \cdot \frac{T \cdot C_{зб}}{2} \cdot q, \quad (3)$$

де T – період поставки, $T = 30$ днів;

$C_{зб}$ – вартість зберігання, виражена у відсотках від вартості товару, $C_{зб} = 20\%$.

Витрати, пов'язані з транспортуванням:

$$R_4 = T_a \cdot L \cdot \frac{Q}{q}, \quad (4)$$

де T_a – тариф за перевезення, $T_a = 15$ грн/км;

L – відстань перевезення, $L = 45$ км.

Маємо ситуацію, що виникає при закупівлі товару, коли знижка за кількість обумовлює два рівні цін. Така ситуація може бути представлена в такий спосіб:

$$k = k_1 \text{ при } 1 \leq q_1 \leq b; k = k_2 \text{ при } q_2 \geq b, \quad (5)$$

де k_1, k_2 – рівень відпускної ціни при обсягах поставки q_1, q_2 відповідно, $k_1 = 1900$ грн/т, $k_2 = 1700$ грн/т;

b – граничний обсяг поставки, при якому відпускна ціна знижується, $b = 12$ т.

Таким чином, при обсязі поставки q_1 сумарні витрати складають:

$$R_{q_1} = \frac{C_{оф} \cdot Q}{q_1} + k_1 \cdot Q + k_1 \cdot \frac{T \cdot C_{зб}}{2} \cdot q_1 + T_a \cdot L \cdot \frac{Q}{q_1}. \quad (6)$$

При обсязі поставки q_2 сумарні витрати складуть відповідно:

$$R_{q_2} = \frac{C_{оф} \cdot Q}{q_2} + k_2 \cdot Q + k_2 \cdot \frac{T \cdot C_{зб}}{2} \cdot q_2 + T_a \cdot L \cdot \frac{Q}{q_2}. \quad (7)$$

Після диференціювання, моделі визначення q_{1opt} та q_{2opt} , при яких сумарні витрати мінімальні, мають вигляд:

$$q_{1opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot (C_{оф} \cdot Q + T_a \cdot L \cdot Q)}{k_1 \cdot T \cdot C_{зб}}}. \quad (8)$$

$$q_{2opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot (C_{оф} \cdot Q + T_a \cdot L \cdot Q)}{k_2 \cdot T \cdot C_{зб}}}. \quad (9)$$

Прийняття рішення щодо обсягу поставки здійснюємо за таких умов:

1. Визначаємо q_{2opt} . Якщо $q_{2opt} \geq b$, то оптимальний обсяг поставки буде q_{2opt} .

2. Якщо $q_{2opt} < b$, то при такому обсязі закупівлі зниження ціни не відбувається.

Мінімум витрат для такої ситуації відповідає обсягу поставки $q_2 = b$. Таким чином, для визначення оптимального обсягу поставок необхідно співставити значення сумарних витрат при замовленні q_1 і при замовленні $q = b$, тобто R_{q_1} і R_b .

При розглянутій виробничо-транспортній ситуації $q_{1opt} = 11,660$ тонн, $q_{2opt} = 12,327$ тонн. $12,327$ тонн $>$ 12 тонн, отже, це і є оптимальний обсяг поставки.

Для визначення оптимальної періодичності (t_{qopt}) кожної поставки партії вантажу, було розглянуто виробничу ситуацію, коли виробник повинен поставляти своєму замовнику сировину протягом певного періоду, причому в разі недопостачання сировини замовник несе збитки. Перевищення попиту над запасами припустиме.

Інтервал часу, за який накопиться деякий рівень запасу (R), становитиме:

$$t_1 = \frac{R}{q} \cdot t_q, \quad (10)$$

де t_q – періодичність постачання партій замовнику;

$$t_q = \frac{T \cdot q}{Q}. \quad (11)$$

Середній запас протягом часу t_1 дорівнює:

$$R_{t_1} = \frac{R}{2}. \quad (12)$$

Інтервал часу, коли спостерігається недостатність запасів, становить:

$$t_2 = \frac{q-R}{q} \cdot t_q. \quad (13)$$

Витрати на зберігання запасу за весь час t_1 складають:

$$C_{зб1} = \frac{R}{q} \cdot C_1 \cdot t_1, \quad (14)$$

де C_1 – вартість зберігання 1 т сировини у замовника в місяць, $C_1 = 800$ грн/день.

Середній рівень недопостачання (перевищення попиту над рівнем запасів) за час t_2 становить:

$$R_{t_2} = \frac{q-R}{2}. \quad (15)$$

Збитки замовника за недопостачання сировини за час t_2 складають:

$$C_{зб2} = \frac{R}{q} \cdot C_2 \cdot t_2, \quad (16)$$

де C_2 – збитки, що несе замовник в разі недопостачання 1 т сировини, $C_2 = 1000$ грн/день;

Цільова функція управління однономенклатурними товарними запасами може бути представлена у вигляді математичної моделі:

$$C_{заз}(q, R) = \left(\frac{R}{2} \cdot C_1 \cdot t_1 + \frac{q-R}{q} \cdot C_2 \cdot t_2 + C_R \right) \cdot \frac{Q}{q} \rightarrow \min, \quad (17)$$

де C_R – вартість обробки замовлення, пов'язана з оформленням документів, здачею-прийманням, транспортуванням партії вантажу, $C_R = 1000$ грн.

Враховуючи описані залежності для t_1 , t_2 , t_q , отримаємо:

$$C_{заз}(q, R) = \left(\frac{R^2}{2 \cdot q} \cdot C_1 \cdot T + \frac{(q-R)^2}{2 \cdot q} \cdot C_2 \cdot T + C_R \right) \cdot \frac{Q}{q} \rightarrow \min. \quad (18)$$

Розв'язання поставленої задачі полягає в пошуку екстремуму цільової функції, який знаходиться шляхом диференціювання, що дозволяє знайти модель визначення оптимальної періодичності постачання партій замовнику:

$$t_{qopt} = \sqrt{2 \cdot \frac{T \cdot C_R}{Q \cdot C_1}} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}}. \quad (19)$$

При розглянутій виробничій ситуації оптимальна періодичність постачання партії замовнику склала 0,367 дня.

Визначені оптимальний обсяг поставки партії вантажу, який склав 12,327 тонн, та оптимальна періодичність поставки партії вантажу, яка склала 0,367 дня дозволило нам скоротити сумарні витрати на виконання поставки, та тим самим удосконалити роботу виробничо-транспортного комплексу.

Список літератури

1. Нагорний Є.В. Комерційна робота на автомобільному транспорті / Є.В. Нагорний, Н. Ю. Шраменко: підручник. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 324 с.
2. Нагорний Є.В. Комерційна робота на транспорті: підручник / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко, Г.І. Нестеренко. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 268 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖОВЛАСНИКІВ ПРИ ДОСТАВЦІ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Д.О. Вітюк, студ.,
О.О. Шуліка, канд. техн. наук, доц.,
Харківський національний автомобільно-дорожний університет

Згідно схваленої Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року у якості пріоритетного напрямку визначено впровадження новітніх технологій та інформаційного супроводу перевезень, зокрема шляхом створення єдиної інформаційної системи технологічної взаємодії різних видів транспорту, вантажовласників, експедиторів та державних органів контролю на транспорті [1].

В Україні в умовах наявності стійкої конкуренції ринку надання транспортно-експедиційних послуг існує потреба в визначенні пріоритетності та чіткої структури складу послуг транспортно-експедиційного підприємства (ТЕП). При цьому аналіз особливостей здійснення транспортно-експедиторської діяльності в нашій країні і в зарубіжних країнах показав необхідність приділення великої уваги якості транспортно-експедиторського обслуговування (ТЕО), підвищення якого сприяє підвищенню рівня конкурентоспроможності ТЕП.

В залежності від переліку послуг, що входять до ТЕО, розрізняють наступні види компаній, які надають послуги з доставки вантажів автомобільним транспортом [2]: 1PL (First Party Logistics) – всі операції по доставці вантажів виконує вантажовласник; 2PL (Second Party Logistics) - експедиторське підприємство, що надає послуги з транспортування та управління складськими приміщеннями; 3PL (Third Party Logistics) - спеціалізована експедиторська компанія, що надає логістичні послуги будь-якого об'єму по транспортуванню, складуванню, наскрізному складуванню, технічному управлінню складськими запасами, упаковкою і експедицією вантажів; 4PL (Fourth Party Logistics) - ТЕП вирішує завдання при інтеграції всіх компаній, задіяних в ланці постачання вантажів; 5PL (Fifth Party Logistics) - планування, підготовка, управління і контроль за всіма складовими єдиного ланцюжка транспортування вантажів за допомогою електронних засобів інформації.

Враховуючи, що якість ТЕО – це сукупність якостей, які характеризують рівень задоволення послугою ТЕП вантажовласниками, надважливим питання є встановлення показників, за якими можна оцінювати якість надання транспортно-експедиторського обслуговування. Враховуючи аналіз існуючих критеріїв якості послуг ТЕО [3-5], у даному дослідженні запропоновано у розрахунку інтегрального показника якості ТЕО враховувати наступні часткові показники якості: інформативність, індивідуальність надання послуг, гнучкість надання послуг, імідж на ринку, своєчасність, схоронність вантажів, виконання умови «точно в термін».

Показник інформативності враховує рівень швидкості надання інформації користувачам послуг ТЕП.

До складових елементів індивідуальності надання послуг віднесені прийом вантажів до перевезення на складі відправника, підготовку вантажу до транспортування, організація завантаження на транспортні засоби, організація перевезення, організація охорони вантажу, здача вантажу і оформлення необхідної для цього документації, проведення розрахунків за всі види послуг, послуги по супроводженню вантажу, послуги по відправленню та прибуттю вантажів.

Гнучкість надання послуг дозволяє максимально ефективно задовольняти потреби користувачів послуг ТЕП через можливість існування гнучкої системи підтримки клієнтів,

можливість варіації пропонованих послуг та визначає кількість та якість встановлених змін в структуру надання послуг.

Імідж на ринку дозволяє розглянути якість функціонування системи зі сторони привабливості її вибору серед конкурентів на ринку; відображає співвідношення кількості виконаних замовлень та кількості задоволених клієнтів.

Своєчасність визначає швидкість опрацювання вхідної інформації у вигляді заявок та розробку рішень щодо формування системи надання послуг.

Схоронність вантажів характеризує кількість доставленого вантажу, фізико-хімічні властивості яких не змінилися під час доставки.

Виконання умов «точно в термін» характеризує встановлені часові рамки доставки вантажу.

Розглянувши процес надання ТЕО у вигляді контуру функціональних зв'язків формування якості транспортного-експедиторського обслуговування, у якості керованого об'єкту даної системи доцільно розглянути ринок ТЕО, на який впливають такі зовнішні чинники, як вулично-дорожня мережа, економічні показники. Споживчу підсистему формують вантажовласники, які поділені на групи за певними характеристиками. Транспортно-експедиторські підприємства формують обслуговуючу підсистему, яка розподіляє диспетчерів за групами вантажовласників та переліком робіт, які вони виконують. До системи обмежень, яка враховує виробничі потужності обслуговуючої системи та обмеження, викликані параметрами вулично-дорожньої мережі, входять наступні твердження:

- загальна продуктивність робітників ТЕП не повинна бути меншою загальної трудомісткості робіт по обслуговуванню вантажовласників;

- загальна перевізна здатність автомобілів, наявних у ТЕП не повинна бути меншою обсягу замовлень вантажовласників.

Таким чином, запропонований у дослідженнях контур функціональних зв'язків формування якості транспортного-експедиторського обслуговування дозволить ТЕП виробляти керуючий вплив на обслуговуючу підсистему для забезпечення встановленого рівня якості ТЕО при мінімальних витратах на доставку вантажів автомобільним транспортом і тим самим підвищити рівень конкурентоспроможності ТЕП на ринку доставки вантажів автомобільним транспортом.

Список літератури

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>
2. 3PL или 2PL, 1PL и 4PL – Что это за звенья цепи поставок, и для чего они нужны? [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://supplychains.ru/2014/05/28/pl-who-are-they/>
3. Нагорний Є.В. Аналіз рівня конкурентоздатності транспортного підприємства за допомогою комплексної оцінки якості обслуговування / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко, О.В. Шраменко // Вісник Київського державного політехнічного університету. – 2006. – Вип. 2 (37). – Ч. 1. – С. 105–109.
4. Продиус О.И. Система стратегического управления конкурентоспособностью предприятия / О.И. Продиус, В.В. Васина, А.А. Богослова // Науковий вісник ОНЕУ. – 2016.– №1 (233). – С. 108–120.
5. Наумов В.С. Основы повышения эффективности экспедиционного обслуживания на автомобильном транспорте: монография/ В.С. Наумов – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 150 с.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ДИАГНОСТИКИ

А.Н.Горяинов, канд. техн. наук, доц.,

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко

Цифровизация всех сфер деятельности человека способствует автоматизации многих бизнес-процессов. Подключение к информационным системам всех элементов систем транспорта дает возможность собирать, обрабатывать большие объемы информации. Это стимулирует развитие мониторинговых и диагностических систем. В то же время наличие больших объемов информации не всегда является достаточным условием для выработки адекватных управленческих решений. Особенно, если управляемые объекты являются индивидуализированными (в своем роде уникальными). Это можно отнести к транспортным системам, каждая из которых владеет набором своих параметров.

Транспортная диагностика (например, [1]), как научная дисциплина, которая формируется на фоне развития современных технологий, нуждается в формировании методологического аппарата. Учитывая междисциплинарную основу транспортной диагностики, следует заниматься апробацией различных методов и подходов из разных научных и прикладных областей, которые могут быть полезными для решения конкретных задач диагностики.

Рассмотрение вопросов использования методов статистики на транспорте натолкнуло автора на идею (гипотезу) про целесообразность применения кластерного анализа в области транспорта. Польза возможна как для решения различных задач в области транспорта в целом, так и транспортной диагностики в частности.

Остановимся на общих характеристиках кластерного анализа и возможности его использования для транспорта и диагностики.

Согласно [2, с.241; 3, с.23; 4; 5, с.42]:

- кластер – англ. cluster – группа объектов в распознавании образов, объединенных общими признаками;
- кластерный анализ – один из способов классификации объектов по их признакам;
- кластерный анализ - технология группирования объектов в неизвестные группы;
- кластерный анализ – это математическая процедура многомерного анализа, предназначенная для разбиения множества объектов на установленное или неизвестное число классов на основании критерия качества классификации;
- кластеризация - это группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных, описывающих свойства объектов.

Поиск информации по применению кластерного анализа для целей диагностики позволяет сделать вывод, что данный вопрос в научных публикациях представлен в небольшом объеме. В качестве одной из публикаций, которая касается данного вопроса, является [6].

Согласно [6]: «Задачу диагностики технических систем в общем случае можно сформулировать как необходимость определения текущего состояния объекта диагностики посредством отнесения его на основе выбранного критерия к тому или иному классу возможных состояний из заранее определенной общей совокупности состояний в некотором признаковом пространстве. В такой постановке диагностическая задача является классификационной, для решения которой используются методы теории распознавания образов».

Блок классификации состояний отдельно выделяется в структуре диагностической модели – рис. 1. В данном блоке осуществляется процедура принятия решения о принадлежности к тому или иному заранее определенному классу состояний. Кластерный

анализ выступает как один из возможных подходов к решению задачи классификации. Данный вид анализа позволяет формировать набор кластеров в диагностическом пространстве признаков. Соответственно, основой кластерного анализа в рамках диагностики является разбиение совокупности точек (диагностических признаков) на части, каждая из которых представляет собой кластер [6].

Исходя из вышеуказанного, в рамках транспортной диагностики кластерный анализ позволит выделять кластеры диагностических признаков для объектов диагностирования.

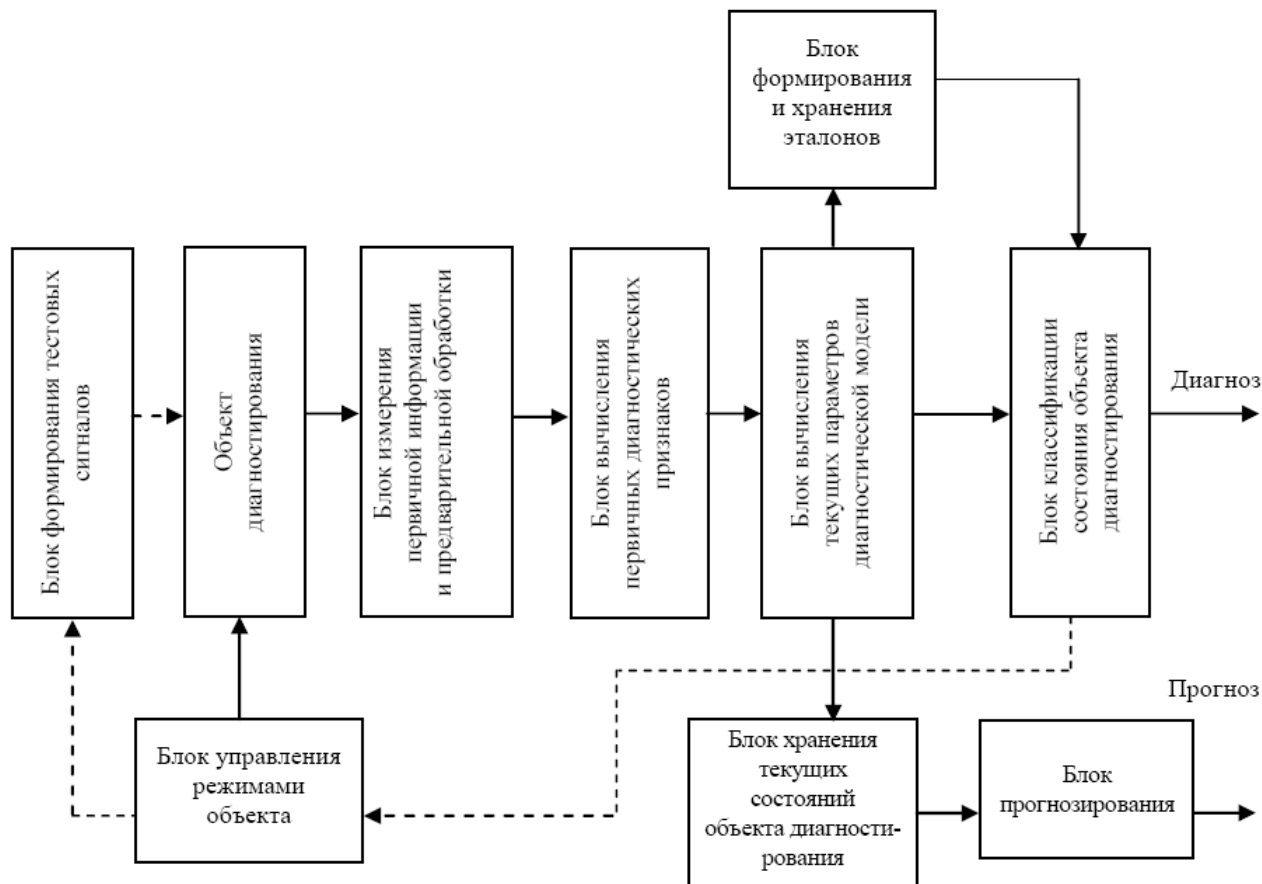


Рисунок 1 - Типовая структура диагностической системы [6]

Другим аспектом использования кластерного анализа для целей транспортной диагностики можно считать формирование структуры самого объекта диагностирования. В этой связи интересными источниками являются [5, 7].

В материале [7] рассматривается пример использования кластерного анализа в автостраховании. В частности, в качестве исходных данных используются следующие:

- марка автомобиля;
- стоимость автомобиля;
- возраст водителя;
- стаж водителя;
- возраст автомобиля.

В рамках транспортной диагностики можно аналогично рассмотреть факторы, которые характеризуют парк транспортных средств при реализации перевозок (грузов или пассажиров). В качестве дополнительных параметров можно использовать – грузоподъемность (пассажировместимость), общий пробег, интенсивность эксплуатации и другие.

В работе [5] затрагивается вопрос группировки клиентов в логистической системе. Вопросы кластеризации рассматриваются с позиций Data Mining.

Data Mining дословно переводится как «добыча данных» или «раскопка данных» и определяется как обнаружение в сырых данных ранее неизвестных, нетривиальных,

практически полезных и доступных интерпретаций знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [5, с.42].

По аналогии с группировкой клиентов в рамках транспорта (транспортной диагностики) возможна кластеризация потребителей. Например, могут быть рассмотрены такие параметры: средний объем поставки, условия разгрузки, точность соблюдения времени доставки и т.п. В данной ситуации кластерный анализ может выступать хорошей альтернативой ABC-анализу.

Другим примером использования кластерного анализа с позиций логистики и транспорта является [8]. В данной работе производилась кластеризация отдельных регионов по таким группам показателей:

- *социально-экономические*: численность населения (ЧН); среднедушевые доходы населения (Д); Валовой региональный продукт (ВРП); объем розничного товарооборота (ОР); объем обрабатывающего производства (ОБП); объемы экспортной (Э) и импортной продукции (И);

- *инфраструктурные и географические факторы*: плотность автомобильных дорог (Пл.авто); плотность железнодорожных дорог (Пл.жд); принадлежность к климатической зоне (КЗ); наличие транспортных коридоров на территории региона (ТК);

- *показатели транспортной работы региона*: объем транспортных услуг на душу населения (Vт.у); объем автомобильных перевозок (Vавто); объем железнодорожных перевозок (Vжд).

Аналогично можно проводить кластеризацию транспортных систем городов, областей и др.

Список литературы

1. Горяинов, А.Н. Транспортная диагностика. Книга 1. Научные основы транспортной диагностики (диагностический подход в системах транспорта): монография / А.Н. Горяинов. – Харьков: НТМТ, 2014. – 291 с. - <http://bit.ly/Mon-04-2014-Goryainov>
2. Соколова Л. В. Використання методів кластерного аналізу у практичній діяльності підприємств / Л. В. Соколова, Г. М. Верясова, О. Є. Соколов // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку : [зб. наук. праць] / відп. ред. О. Є. Кузьмін. - Львів: Вид- Львівської політехніки, 2011. - С. 240-246. http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/13865/1/37_240-246_Vis_720_Menegment.pdf - 02.04.2019
3. Яцкив И., Гусарова Л. Методы определения количества кластеров при классификации без обучения // Transport and Telecommunication. Vol.4, N 1, 2003 - С.23-28 - http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Research_journals/Tr_Tel/2003/V1/yatskiv_gousarova.pdf - 02.04.2019
4. Левенков К.О., Турбин А.С., Коровин Е.Н. Классификации пациентов с хроническим пиелонефритом по степени тяжести заболевания на основе кластерного анализа. Сб. науч. трудов по материалам межд. науч. конф. – Екатеринбург: Научно-издательский центр "Л-Журнал", 2017. – С.14-17. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=29022677> - 03.04.2019
5. Титова Е. Исследование групп клиентов логистической организации с применением методов кластеризации / Е. Титова, О. Дятлова // Логистика. - 2011. - № 6. - С. 42-45 - http://logistika-prim.ru/sites/default/files/42-45_1.pdf - 02.04.2019
6. Алексеев А.А., Попова Ю.Б., Шестопалов М.Ю. Алгоритмы нечеткой кластеризации в задачах диагностики технических систем // Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: Технические науки. № 3 (167), 2012 – С. 3-7 - <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-nechetkoy-klasterizatsii-v-zadachah-diagnostiki-tehnicheskikh-sistem> - 02.04.2019
7. Пример использования кластерного анализа STATISTICA в автостраховании - http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT_ID=1573 - 02.04.2019
8. Копылова О.А. Кластеризация региональных транспортно-логистических систем // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – №4. – С.73-81. <https://cyberleninka.ru/article/n/klasterizatsiya-regionalnyh-transportno-logisticheskikh-sistem> - 03.04.2019

ПРЕВЕНТИВНІ ЗАХОДИ ЯК ФАКТОР БЕЗПЕКИ УЧАСНИКІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Н.Г. Бережна, канд. техн. наук, доц.,
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка
Є.В. Бережний, заст. нач. відділу організації діяльності
груп реагування управління превентивної діяльності
Головне управління Національної поліції в Харківській області

Підвищення безпеки дорожнього руху відбувається за рахунок визначення основних напрямків діяльності структур, що за це відповідають. На перше місці потрібно винести превентивні заходи. Звичайно, необхідно також проводити освітню роботу з водіями і пішоходами; заздалегідь і в доступній формі інформувати всіх учасників дорожнього руху про можливі труднощі під час переміщення по дорогах; поліпшувати дорожню інфраструктуру; підтримувати в належному стані оснащення рятувальних служб і роботу системи оповіщення про дорожньо-транспортні пригоди.

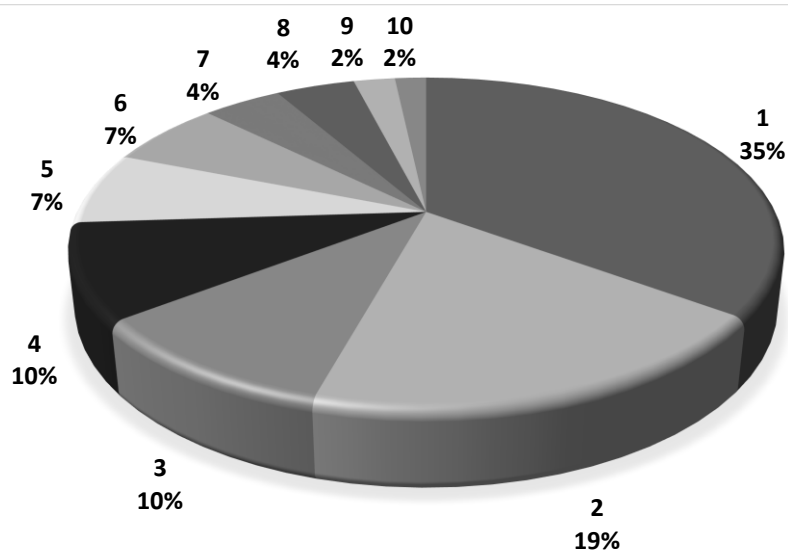
Розберемося із сучасними превентивними заходами. Превентивність, або іншими словами застереження, профілактика – це ті заходи, які направлені на зменшення ймовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод. До них віднесемо:

- використання транспортного засобу лише в справному робочому стані;
- обов'язкове виконання усіма учасниками правил дорожнього руху (водій-пішохід);
- дотримання водієм вимог нормування праці та відпочинку, а також облаштування місць для відпочинку водіїв-дальнобійників;
- безпечне позначення водія і автомобіля під час вимушеної зупинки (використання світловідбивних жилетів, знаків аварійної зупинки);
- обов'язкове позначення аварійних місць на дорозі або місць проведення ремонтних робіт, особливо в темний час доби (встановлення спеціальних знаків із світловідбивним покриттям, освітлення небезпечних місць). На особах, що проводять ремонтні роботи, повинні бути надягнені спеціальні кольорові жилети із світловідбивною смугою;
- надати можливість учасникам дорожнього руху повідомляти і фіксувати порушення правил дорожнього руху іншими учасниками. Наприклад в таксі «30-40» в місті Харкові, клієнти мають можливість зателефонувати за номером 30-50 і попередити службу безпеки дорожнього руху компанії о порушенні правил зі сторони водія таксі;
- запровадити автоматичний контроль за порушенням правил дорожнього руху його учасниками. Це стосується не лише водіїв, а і пішоходів.

Згідно даних [1] існує 10 найпоширеніших причин виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП). На рис.1. вони наведені за 2018 рік.

Проаналізувавши причини ДТП, можна зробити висновок, що першочерговим винуватцем усіх подій є людський фактор, а саме водій. Тому більшість превентивних заходів повинні бути направлені на змушення водія дисципліновано відноситися до керування автомобілем і виконувати правила дорожнього руху. Згідно діаграми слідує, що найбільший відсоток усіх ДТП (35 %) відбувалося з причини перевищення водіями швидкості. Слід зазначити, що на території України, протягом останніх двох років швидкість транспортних засобів не контролювалася.

Звичайно, не менш важливим є дотримання усіх вимог з безпеки дорожнього руху і пішоходами. Вони також є учасниками дорожнього руху.



1 - Перевищення безпечної швидкості; 2 - Порушення правил маневрування; 3 - Порушення правил проїзду перехресть; 4 - Недотримання дистанції; 5 - Порушення правил проїзду пішохідних переходів; 6 - Керування транспортним засобом у нетверезому стані; 7 - Перехід у невстановленому місці; 8 - Виїзд на зустрічну смугу; 9 - Неочікуваний виїзд на проїжджу частину; 10 - Невиконання вимог сигналів регулювання.

Рис. 1 – Відсотковий склад найпоширеніших причин ДТП в Україні

За офіційними даними [2] менше 1% зафіксованих ДТП сталося з вини пішоходів. Проте, автомобільні активісти впевнені, що ця цифра не відповідає дійсності. Пішохід може не навмисно стати причиною автодорожньої пригоди. З метою запобігання наїзду на людину, а особливо дитину, рекомендується використовувати на одязі і речах пішоходів світловідбивні засоби, особливо за умови обмеженої видимості (темна пора доби, туман, дощ). Незважаючи на невелику частку ДТП за участю пішоходів, зазначимо, що в нерівному бою їх з автомобілем, людині вижити шансів набагато менше.

Превентивні заходи направлені на надання можливості учасникам дорожнього руху запобігти виникненню ДТП, за умови дотримання правил дорожнього руху. Дисциплінованість водіїв і пішоходів – найбільший чинник, здатний зробити найкращі умови, з точки зору безаварійності на дорогах України.

Список літератури

1. <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/274143-10-nayposhirenishih-prichin-dtp-v-ukrayini>
2. <https://ranok.ictv.ua/ua/videos/bagato-avarij-na-dorogah-stayetsya-z-vini-pishohodiv/>

ПРОБЛЕМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗБОРУ ТА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ПІД ЧАС ЖНИВ

Д.О. Музильов, канд. техн. наук, доц.,

А.О. Шишняк, студ.,

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Не дивлячись на невтішні прогнози експертів про виробництво зерна в світі за останні роки, у даний час Україна є одним з лідерів з вирощування зернових культур у світі. [1] Проте, кожного року під час збору врожаю, перед аграрними підприємствами виникає ряд питань. Чим збирати врожай і як його ввезти з полів - це головні проблеми представників аграрних підприємств в жнива [2]. Для вирішення даних питань необхідна якісна організація збирально-транспортних робіт, що забезпечить безперебійний процес збору і перевезення вантажу.

На українських підприємствах прийнято використовувати транспортно-технологічні схеми, що були розроблені ще в минулому сторіччі. В таких схемах використовується велика кількість транспортно-збирального комплексу, що призводить до значних витрат на транспорті. Тому подібні схеми вже не є ефективними та раціональними у використанні в сучасних умовах ринку [3]. Раціональна технологія збору і доставки зернових вантажів має забезпечувати виконання заданого об'єму робіт у строки, що є економічно доцільними, збереження якості і кількості врожаю, забезпечити найменші витрати для отримання максимального прибутку [4].

Для розробки раціональної технології збору і доставки зернових вантажів необхідно розрахувати необхідну кількість збирально-транспортного комплексу, що буде задіяно в роботі, з урахуванням обмежень у вигляді терміну збору врожаю окремо для кожного з конкретних варіантів [5].

При формуванні раціонального збирально-транспортного комплексу необхідно враховувати такі параметри, як вибір раціональної транспортно-технологічної схеми, площа полів, засіяних зерновими, врожайність зернових культур, строки збирання врожаю, наявність необхідної техніки чи оренда додаткових транспортних одиниць з інших підприємств, віддаленість поля до місця зберігання зібраного врожаю, транспортні характеристики кожного з елементів збирально-транспортного комплексу, що було залучено до виконання роботи.

Список літератури

1. Latifundist.com[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://latifundist.com/novosti/41472-mirovoe-proizvodstvo-zerna-v-2018-g-samoe-nizkoe-za-3-goda--fao> - Назва з екрану.
2. Д.О. Музильов, А.Г. Кравцов, Н.В. Карнаух, Н.Г. Бережная, О.В. Кутья Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов - Восточно-Европейский журнал передовых технологий, Технологический центр, ЧП, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, 2016 - вип. 2 (3) - с.11-21
3. Музильов Д.О. Щодо питання побудови раціональної технології перевезення зернових культур / Д.О. Музильов, О.Є. Стебаков // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту (08.04.2014) : матеріали II-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції / Мінво освіти і науки України, Вінницький нац. техн. ун-тет. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 8.
4. Velykodnyi, D. and Pavlenko, O. (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, Vol. 7 No. 2, pp.164-175.
5. Shramenko, N., Muzylyov, D. and Karnaukh, M. (2018) 'The principles of the choice of management decisions based on fuzzy logic for cargo delivery of grain to the seaport', International Journal of Engineering & Technology (UAE), Vol. 7 No. 4.3, pp.211 - 216.

ПІДХІД ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ РЕЗЕРВОВАНИХ СПОСОБОМ ЗАМІЩЕННЯ

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,

Д.В. Голуб, *канд. тех. наук, доц.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Для підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем найдоцільнішим, з економічної точки зору, є використання ненавантаженого резерву в схемах загального і роздільного резервування заміщенням, коли у цьому випадку знаходиться один або декілька основних каналів перевезень, а один або декілька резервних каналів перевезень знаходяться у відключеному стані. Відключений стан є таким станом каналу, при якому він не функціонує, але включається в роботу у разі відмови одного з основних каналів перевезень. У випадку ненавантаженого резерву повинні миттєво бути замінені структурний елемент або з'єднання, що відмовили. Необхідно відзначити, що миттєва заміна, це ідеальний випадок, який на практиці не можливий. Підключення резервного каналу перевезень завжди вимагає певного його «розігрівання», тобто займає якийсь час, пов'язаний, наприклад, з оформленням дорожнього листа на екіпаж транспортного засобу, що знаходиться в резерві.

Принцип оцінки надійності автомобільної транспортної системи з резервуванням заміщенням заснований на використанні формули повної ймовірності і показаний на схемі з одним основним (А) і одним резервним (Б) каналами перевезень (рис. 1).

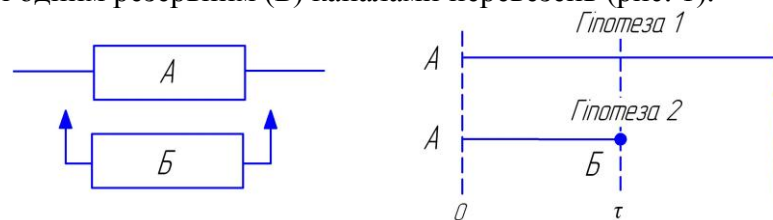


Рисунок 1 - Схема оцінки надійності автомобільної транспортної системи, резервованої за способом заміщення

З рисунку 1 випливає, що автомобільна транспортна система включає основний А і резервний Б канали перевезень. З метою спрощення оцінки надійності приймаємо наступні припущення: канали перевезень представлені не послідовним з'єднанням структурних елементів, а блоками; основний і резервний канали рівнонадійні; перемикаючі пристрої в значенні надійності ідеальні; зміна структури основного каналу перевезень в процесі його роботи не можлива.

З урахуванням прийнятих припущень відмови автомобільної транспортної системи при наступних гіпотезах: відмови каналу А протягом часу t не спостерігалось; відмова каналу А відбулася у момент часу τ , а канал Б, будучи справним до моменту заміщення τ , працював безвідмовно протягом часу $t-\tau$.

Використовуючи формулу повної ймовірності даних гіпотез, критерій надійності транспортної системи резервованої заміщенням протягом часу t дорівнює:

$$P(t) = P_A(t) + P_{B/A}(t, \tau) \cdot Q_A(t), \quad (1)$$

де $P_A(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи основного каналу перевезень протягом часу t ; $P_{B/A}(t, \tau)$ - ймовірність безвідмовної роботи резервного каналу перевезень протягом часу t , за умови, що відмова основного каналу відбулася у момент часу t ; $Q_A(t)$ - ймовірність відмови основного каналу перевезень протягом часу t .

Для визначення величини $P_A(t)$ застосовується принцип розрахунку ймовірності безвідмовної роботи технічних систем, заснований на випробуванні однотипних зразків:

$$P_A(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (2)$$

де N_0 - кількість зразків на початку випробування, шт.; $n(t)$ - кількість зразків, що вийшли з ладу за даний інтервал часу, шт.

Якщо прийняти за кількість зразків на початку випробування N_0 загальне число заявок на перевезення M , прийнятих до виконання за даний період, а кількість зразків, що вийшли з ладу $n(t)$, за різницю $(M - \sum_{j=1}^M F_j)$, то формула (2) буде еквівалентна формулі:

$$P_A(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = \frac{M - \left(\sum_{j=1}^M F_j \right)}{M} = \frac{\sum_{j=1}^M F_j}{M}. \quad (3)$$

Для технічних систем існує аналітична оцінка $P_A(t)$, основою якої є закон розподілу часу між відмовами, що у свою чергу залежить від стадії життєвого циклу технічного об'єкту. Так, наприклад, на стадії нормальної експлуатації відмови будь-яких технічних систем виникають з постійною інтенсивністю, а випадкова величина - час між відмовами, підкоряється експоненціальному закону розподілу. На стадії припрацювання час між відмовами технічної системи можна описати, як правило, законом розподілу Вейбулла-Гнеденка, а на стадії старіння - законом нормального розподілу. Ймовірність безвідмовної роботи технічних систем при цьому дорівнює:

- розподіл Вейбулла-Гнеденка:
$$P_A(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right); \quad (4)$$

- експоненціальний розподіл:
$$P_A(t) = \exp(-\lambda \cdot t); \quad (5)$$

- нормальний розподіл:
$$P_A(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right). \quad (6)$$

де t - проміжок часу між відмовами є випадковою величиною, год; a - ресурсна характеристика технічного об'єкту, год; b - параметр форми кривої закону розподілу; кількість зразків на початку випробування, шт.; λ - інтенсивність відмов технічної системи, год⁻¹; $\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$ - функція Лапласа $\Phi(x)$; μ - математичне очікування величини t , год; σ_t - середнє квадратичне відхилення величини t , год.

Наведена методика оцінки надійності автомобільних транспортних систем зі схемами резервування заміщенням дає можливість з'ясувати сутність даного виду резервування та висловити припущення щодо відмов для різних гіпотез. Використано формулу повної ймовірності гіпотез для отримання формули оцінки критерію надійності у випадку заміщення протягом часу t . При цьому використано аналогію з технічними системами та проаналізовано можливі закони розподілу, які можна використати при оцінці надійності технічних та транспортних систем.

Список літератури

1. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем [Текст] : монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за заг. ред. д. т. н., проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : КОД, 2017. - 369 с.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Н.А. Поздняков,

Белорусский национальный технический университет,

Т.А. Варфоломеева,

канд. техн. наук, доц.,

Белорусский государственный аграрный университет

Известно, что техническое совершенствование транспортных средств в настоящее время проводится во многом в направлении снижения энергопотребления и зависимости от производителей нефтяного топлива. Наиболее радикальным способом достижения указанных целей является применение электропривода. При этом, выявляемые [1] в обоснованиях концепций и опыта эксплуатации преимущества и недостатки электропривода определяют использование в настоящее время как классических источников (поршневого ДВС) так и гибридного привода и электропривода без ДВС.

Расширение использования последних двух (в большей степени последнего) источников предполагает зарядку накопителей (батарей) электросиловой части автомобиля от электросети. В этом случае эффективность использования электромобилей неразрывно связана с эффективностью энергосистемы региона, в котором они используются. Рассмотрение мирового баланса сырьевых источников для производства электроэнергии в сравнении с РФ и РБ представлен в табл. 1 [2]

Таблица 1 – Производство электроэнергии по видам источников энергии, %.

Источники	В мире		РФ		РБ	
	2015 г.	Перспектива на 2020 г.	2015 г.	Перспектива на 2020 г.	2015 г.	Перспектива на 2020 г.
Жидкое топливо	4,1	3,2	1,0	0,8	6,5	7,5
Природный газ	19,1	20,0	48,3	50,0	89,9	81,0
Уголь	40,0	39,2	18,7	17,4	3,2	1,2
Ядерное топливо	14,1	14,4	17,0	16,8	-	10,0
Возобновляемые источники	22,7	23,2	15,0	15,0	0,4	0,3
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Как видно из таблицы 1, доля углеводородных (жидкое топливо, природный газ, уголь) источников в мировом балансе составляет 65% и в ближайшей перспективе кардинально не изменится. Производство электроэнергии из углеводородных топлив осуществляется на ТЭС. Это объясняется отказом многих стран от развития атомной энергетики и высокой стоимостью (как следствие – большими сроками окупаемости) освоения альтернативных источников (солнечной, ветровой энергии и т.д.). Так же на сравнительно высоком уровне (до 70%) находятся углеводородные источники в РФ, а доля в их в РБ составляет почти 100%. Ситуация в РБ изменится лишь в 2020 г. после запуска Островецкой АЭС.

Важное значение в оценке эффективности производства электроэнергии имеет величина КПД электростанции $\eta_{ЭС}$, определяемая как отношение мощности производимой электроэнергии к теплотворной способности топлива Q_n . Особенности рабочих процессов

ТЭС определяют величины $\eta_{ЭС} = 30...38\%$ в зависимости от типа используемого топлива и нагрузки, изменяемой в связи суточными и сезонными колебаниями.

Дополнительное снижение эффективности использования электроэнергии для транспорта происходит в системе передачи и распределения электроэнергии, которое, в зависимости от расстояния и используемых способов передачи находится в пределах: от 5% (например, в Дании) до 13% (в РФ). Таким образом КПД передачи и распределения составит $\eta_{лЭП} = 87...95\%$.

Потери в последнем звене – зарядном устройстве значительно колеблются в зависимости от режимов заряда и составляют 15...20%. Следовательно, $\eta_{зар} = 80...85\%$.

Оценка эффективности использования электроэнергии для транспорта влияет, в конечном счете, на себестоимость получаемой энергии.

Рассмотрим характерный транспортный процесс, заключающийся в транспортировке груза массой m_T на расстояние L со средней скоростью V .

Затраты механической энергии (на ведущих колесах транспортного средства), необходимые для осуществления описанного процесса определяются:

$$\mathcal{E}_k = \left[k \cdot F \cdot V^2 + m_T \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta_T} \right) \cdot (\psi \cdot g \pm j) \right] \cdot L, \quad (1)$$

где $k \cdot F$ – фактор обтекаемости; ψ – коэффициент дорожного сопротивления; η_T – коэффициент грузоподъемности; j – ускорение при разгоне или торможении.

Для определения требуемого запаса энергии на борту автомобиля, необходимой для выполнения заданной работы можно воспользоваться следующими зависимостями:

- для электромобиля

$$\mathcal{E}_{зап}^{эл} = \mathcal{E}_k \cdot \frac{1}{\eta_{пр} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эд}};$$

- для автомобиля с гибридной силовой установкой

$$\mathcal{E}_{зап}^{гиб} = \mathcal{E}_k \cdot \frac{1}{\eta_{пр} \cdot \eta_{двс} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эд}};$$

- для автомобиля с двигателем внутреннего сгорания

$$\mathcal{E}_{зап}^{двс} = \mathcal{E}_k \cdot \frac{1}{\eta_{двс} \cdot \eta_{тр}},$$

где $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии; $\eta_{эд}$ – КПД электродвигателей; $\eta_{пр}$ – КПД преобразователей; $\eta_{двс}$ – КПД двигателя внутреннего сгорания.

Изменением $\eta_{тр}$ и $\eta_{пр}$ при изменении режимных параметров движения автомобиля можно пренебречь, но $\eta_{эд}$ и $\eta_{двс}$ в значительной степени зависят от режима движения в заданных эксплуатационных условиях.

При расчетах величин $\eta_{эд}$ и $\eta_{двс}$ на каждом из режимов работы соответствующих двигателей определялась степень загрузки двигателя, с учетом скоростного режима. Фрагменты результатов расчета представлены на рис. 2.

Из рис. 3 видно, что КПД бензинового двигателя в составе гибридного привода чаще принимает значения, близкие к максимальным (0,33...0,35). Это объясняется более высокой загрузкой двигателя, обусловленной необходимостью зарядки батареи. Широкие колебания КПД электродвигателя $\eta_{эд}$ электромобиля объясняются частым переходом электромашины из двигательного режима в режим генератора при рекуперации энергии торможения.

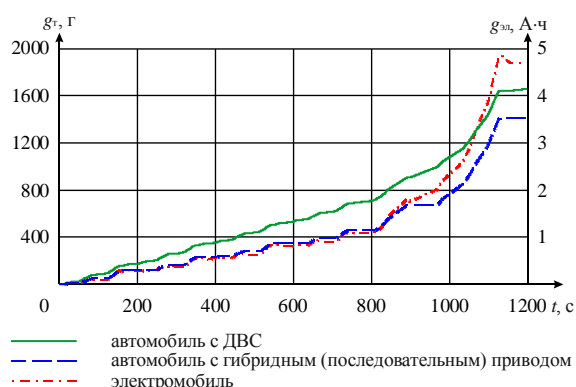


Рисунок 1 – Результаты расчетов расхода топлива ($g_t, \text{г}$) и электроэнергии ($g_{эл}, \text{А}\cdot\text{ч}$) при движении автомобилей по циклу NEDC с различными типами силовых установок

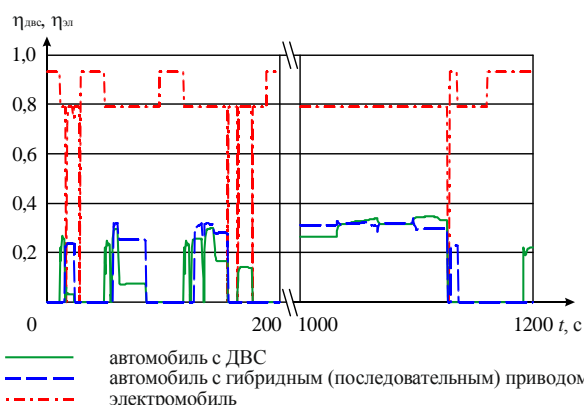


Рисунок 2 – Результаты определения КПД двигателей

Расчет эмиссии $E_{CO_2}^{ДВС}$, г углекислого газа автомобилей с ДВС и гибридным приводом

при выполнении заданной транспортной работы можно выполнить по формуле:

$$E_{CO_2}^{ДВС} = g_t \cdot H_u \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{44}{12}, \quad (2)$$

где g_t – масса израсходованного топлива за время выполнения работы, кг; H_u – низшая теплотворная способность топлива (для автомобильного бензина $H_u = 44,21$ МДж/кг); K_1 – доля углерода, участвующего в образовании CO_2 ($K_1 = 0,99$); K_2 – коэффициент выброса углерода (для автомобильного бензина $K_2 = 19,13$ кг С/кДж); $44/12$ – коэффициент пересчета углерода в углекислый газ (молекулярные веса соответственно: углерод – 12 г/моль, $O_2 = 2 \cdot 16 = 32$ г/моль, $CO_2 = 44$ г/моль).

Поскольку $\mathcal{E}_{зап}^{ДВС,гиб} = g_t \cdot H_u$, то

$$E_{CO_2}^{ДВС} = \mathcal{E}_{зап}^{ДВС,гиб} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{44}{12} \quad (3)$$

Для определения эмиссии углекислого газа при сгорании топлива, расходуемого на производство и передачу электроэнергии до батареи электромобиля при выполнении заданной транспортной работы, использовалась формула

$$E_{CO_2}^{эл} = \frac{g_{эл} \cdot U_{бат}}{\eta_{эл} \cdot \eta_{ЛЭП} \cdot \eta_{зар}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{44}{12},$$

где $U_{бат}$ – напряжение батареи, В; коэффициенты $K_1 = 0,995$; $K_2 = 15,04$ кг С/кДж для природного газа.

Результаты расчета представлены в табл. 2. Как видно из таблицы, для рассматриваемого ездового цикла эмиссия углекислого газа электромобиля значительно ниже, чем при использовании энергетических установок на основе ДВС или гибридного привода. Это объясняется, прежде всего сравнительно высоким КПД электродвигателя и энергоустановок для производства электроэнергии. Кроме того, широкие изменения режимных параметров движения автомобиля в значительной степени снижают средний за время испытаний эффективный КПД поршневого ДВС.

Таблица 2 – Результаты расчетов эмиссии углекислого газа автомобиля полной массой 3,5 т с различными типами энергетических установок.

Варианты энергетических установок автомобиля	Эмиссия CO_2 в ездовых циклах, г		
	NEDC	10-15	FTP-75
с бензиновым ДВС	5101,4	1809,9	8220,1
с гибридным приводом	4334,3	1576,1	7663,6
электромобиль при $\eta_{ЭС} \cdot \eta_{ЛЭП} \cdot \eta_{зар}$	max	1334,7	2054,2
	min	908,2	242,5
			1397,8

Вывод

Преимущества в экологических свойствах электромобиля составляет 3,8...4,2 раза. Поскольку можно считать, что образование углекислого газа при сгорании топлива имеет зависимость, близкую к линейной от расхода топлива, то и энергетическая эффективность электромобиля имеет значительные преимущества.

Список литературы

1. «Электромобиль - преимущества, недостатки, перспективы» [Электронный ресурс]. - 2018. - Режим доступа: http://innoeco.ru/postsView/Elektromobil-preimucshestva_nedostatki_perspektivy_35.html - Дата доступа: 10.10.2018.
2. Управление торможением многозвенного автопоезда с рекуперацией тормозной энергии /М.С. Высоцкий, С.В. Харитончик, Н.А. Поздняков //Механика машин, механизмов и материалов. 2011. № 4 (17), стр. 13–18.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

А.И. Бобровник, *д-р.техн.наук, проф.*,

Н.А. Поздняков,

Белорусский национальный технический университет,

Т.А. Варфоломеева,

А.В.Захаров, канд.техн.наук, доц.,

В.М. Головач,

А.С. Будчанин,

М.А. Шпак,

Белорусский государственный аграрный технический университет

В соответствии с Государственной программой развития аграрного бизнеса в республике Беларусь на 2016 - 2020 годы предусматривается совершенствование структуры посевных площадей в соответствии с зональными системами земледелия и повышение к концу 2020 года урожайности зерновых культур на 9% к уровню 2015 года, картофеля - на 25%, овощей - на 9%, плодов и ягод - в 2,5 раза, рапса - на 31%, сахарной свеклы - на 51% к уровню 2015 года. Производства зерна в объеме не менее 10 млн. тонн; посевной площади зернобобовых растений до 350 тыс. гектаров, площади посевов многолетних трав (преимущественно бобовых) на пашне - до 1 млн. гектаров, что позволит увеличить объемы накопления биологического азота в почве до 100 тыс. тонн, обеспечить до 70% потребности отрасли животноводства в растительном белке и минимизировать закупку белкового сырья по импорту; урожайности зерновых не менее 41 центнера с гектара. Для этого прогнозируется обеспечить хозяйства энергонасыщенными тракторами мощностью двигателя 250- и более л.с. не более 72,5%, кормоуборочными комбайнами с мощностью двигателя 350 и более л.с. – не более 53 %, широкозахватными почвообработывающими и почвообработывающими агрегатами соответственно не более 67,3 и 65,4%.

Практически все тракторостроительные фирмы (ОАО «МТЗ», ЗАО «ПТЗ», Claas, Case IH, Fendt, John Deere, New Holland) в последние годы уделяли большое внимание совершенствованию своей продукции.

Минский тракторный завод один из крупнейших производителей сельхозтехники, спецтехники и другого вспомогательного оборудования не только на территории стран постсоветского пространства, но и в мире. Завод выпускает трактора, которые отвечают высочайшим мировым стандартам. Особого внимания среди них заслуживают «энергонасыщенные тракторы» БЕЛАРУС 3022 и БЕЛАРУС 3522 (табл. 1.)

Конструкция, габариты и возможность комбинирования с большим числом машин, как активной, так и пассивной направленности рабочих органов, делает трактор экономичным и оптимальным выбором для использования в энергоёмких работах сельского хозяйства.

Существует ГОСТ 26955-86, который ограничивает давление движителей машин на почву, но у современных тракторов значение максимального давления на почву значительно больше допустимого. По стандартам развитых стран давление колес на почву не должно превышать 60 кПа.

Чтобы снизить отрицательное воздействие ходовых систем трактора БЕЛАРУС 3022, БЕЛАРУС 3522 уменьшают их давление на почву, используя широкозахватные рабочие орудия (это позволит уменьшить число проходов машин по полю и площадь следов колес), комбинированные сельскохозяйственные агрегаты, устанавливают шины низкого давления 0.08-0,12МПа), сдваивают или страивают колеса.

Таблица 1 – Основные показатели энергонасыщенных тракторов БЕЛАРУС класса 5

Предмет сравнения	БЕЛАРУС 3022	БЕЛАРУС 3522
Масса конструкционная, кг	10485	11500
Масса эксплуатационная, кг	11500	12300
Масса полная (max), кг	18000	14000
Длина базы, мм	3010	3000
Габаритная длина, мм	6100	
Габаритная ширина, мм	2630	2820
Габаритная высота, мм	3160	3350
Номинальная мощность, кВт (л.с.)	222,8(303)	261(355)
Запас крутящего момента, %	30%	
Мост	Цельная балка	
Навесная гидросистема	имеется	
Давление в гидросистеме (max), МПа	20	
Производительность насоса гидросистемы, МПа	100	120
Колесная формула	4x4	
КПП	Гидромеханическая, ступенчатая, с шестернями постоянного зацепления	
Емкость топливного бака, л	500	650
Наружный радиус поворота, м	5	6
Тяговый класс	5-й	
Колея по передним колесам, мм	1830-1950	2000-2150
Колея по задним колесам (спаренные), мм	1780-2120 (2404-2744)	2000-2550
Скорость движения вперед, км/ч	0,37-39,5	2,4-40
Скорость движения назад, км/ч	0,43-19,39	2,7-20,8
Грузоподъемность на оси подвеса ПНУ, кг	5000	
Грузоподъемность на оси подвеса ЗНУ, кг	10000	

Взаимодействие ведущего колеса с грунтовой поверхностью представляет сложный процесс, обусловливаемый разнообразным структурным составом грунтовой поверхности, физическими свойствами (влажность, плотность и т. д.) и сопротивлением грунтов смятию и сдвигу, а также параметрами колеса и приложенными силами и моментами. При взаимодействии ведущих колес с естественной поверхностью грунтов возникают процессы смятия и сдвига, в результате чего появляются движущаяся сила и момент сопротивления движению за счет смятия грунта опорной поверхностью колеса и образования колеи.

Практически не регулируются в процессе работы сцепные свойства ведущих колес трактора, продолжает оставаться низким их КПД. Например, на стерне при допустимом буксовании ведущих колес $\delta_{доп} = 0,16$, реализуемый коэффициент сцепления $\varphi_p = 0,6$ и $\psi = 0,1$ КПД ведущих колес.

$$\eta_k = (1 - \delta_{доп}) \left(1 - \frac{\psi}{\varphi_p}\right) \approx 0,7 \quad (1)$$

На поле, подготовленном под посев, при этом же буксовании

$$\eta_k = (1 - 0,16) \left(1 - \frac{0,15}{0,5}\right) \approx 0,6 \quad (2)$$

Средствами улучшения сцепных свойств ведущих колес являются: понижение давления в шинах в небольших пределах задних и передних колес, применение полугусеничного хода, сдваивание колес. Для энергонасыщенных тракторов широко применяются сдваивание колес.

Эксплуатация колесных энергонасыщенных тракторов со сдвоенными колесами при непрямолинейном движении на полевых работах, особенно при ранневесеннем посеве вызывает срезание верхних слоев почвы и значительное колеобразование.

Глубину колеи, образовавшейся при взаимодействии движителя с опорной поверхностью определяют по зависимости [1]

$$h = \sqrt[3]{\frac{G_i^2}{k^2 b^2 D}} \quad (3)$$

где: G - вертикальная нагрузка;
k - коэффициент деформации грунта;
D - диаметр колеса.

Для уменьшения колеобразования и среза верхних слоев почвы при неравномерном движении разработана конструкция нового опорно-сцепного устройства для сдваивания задних колес трактора «БЕЛАРУС» рисунок 1, позволяющая улучшить агроэкологические свойства агрегата, при выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ, особенно при криволинейном движении и движении на поворотах, а так же разработанное устройство позволяет значительно снизить динамические нагрузки на конечные передачи и полуоси заднего моста трактора, а, следовательно, и трансмиссии в целом, обеспечить повышение ресурса узлов трактора, увеличить ходимость шин, повысить транспортную скорость, уменьшить расход топлива, улучшить управляемость и поворачиваемость агрегата [2].



Рисунок 1 –Стенд трансмиссия и система сдваивания колес

Для перевода наружных колес на необходимый режим используется имеющаяся на тракторе пневмосистема. Возможен вариант механического включения муфт. При отключении системы привода наружных колес крутящий момент будет реализовываться только внутренними колесами.

В результате выполненных исследований определены параметры движения колесного трактора «БЕЛАРУС» класса 5 выявлены недостатки опорно-сцепных устройств со сдвоенными колесами, предложено новое устройство которое позволит улучшить агроэкологические показатели агрегата, снизить нагруженность трансмиссии трактора, повысит транспортные скорости, уменьшить расход топлива, увеличить ходимость шин при криволинейном движении агрегатов.

Список литературы

1. Тягово-сцепные свойства колесного трактора со сдвоенными шинами Бобровник А.И., Варфоломеева Т.А.//Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей: доклады междунар. науч.-практ.конф., Санкт-Петербург, в 1ч/ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет / Кафедра тракторы и автомобили, Санкт-Петербург, 2011 – С 50-56.
2. Бобровник, А. И. Улучшение эксплуатационных качеств ходовых систем тракторов «Беларус» / А.И. Бобровник, Т.А. Варфоломеева, М.А. Струк // Мелиорация. – 2015. - №2. - С. 173-186.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Г.И. Гедроить,
В.В. Михалков,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Основным фактором развития агропромышленного сектора является внедрение современных технологий производства сельскохозяйственной продукции. Такие технологии могут быть созданы только на базе высокопроизводительных, ресурсосберегающих и надежных комплексов машин, обеспечивающих высококачественное выполнение технологических операций при минимальных затратах материальных и трудовых ресурсов.

В Республике Беларусь в связи с развитием сети дорог, укрупнением хозяйств автомобили играют важную роль в реализации технологий. Базовым автомобилем является МАЗ-5516. Однако ходовая часть этого автомобиля создана для дорожных условий. Для работы в полевых условиях имеется возможность усовершенствовать ходовую часть путем установки вместо колес с шинами 12.00R20 колес с шинами 525/70R21, 16.00R20 [1]. При этом давление на почву снижается на 40...68%, однако возникает ряд конструктивных и компоновочных проблем.

Остается открытым вопрос по обеспечению работы автомобилей на влажных почвах и допустимого уровня воздействия их ходовых систем на почву. Ниже приводится обобщение информации по опыту создания специальных машин для работы в полевых условиях.

Из специальных автомобилей для выполнения полевых работ следует отметить Урал – 5557 [2]. Автомобиль выпускался с 1984 года. В основной комплектации автомобиль выпускался в виде самосвала. Однако предусматривалась модификация с оборудованием для транспортировки и внесения минеральных удобрений. Особенностью данного автомобиля являлось применение колесной формулы 6×6 и шин с регулируемым давлением воздуха 1200×500-508 (таблица 1).

Оригинальной ходовой частью была оборудована машина для внесения удобрений МВУ-30, выпускалась Минским автомобильным заводом. Для нее были созданы специальные шины 71×47-25. Колесная формула – 3×2. Машина отличалась высокой проходимостью, скоростью движения и производительностью, которая в 6...8 раз превышала производительность агрегата МТЗ-80 + 1 РМГ-4 [3]. Минский автомобильный завод продолжил работы по созданию автомобиля для полевых работ и в 2000-х годах на базе шасси МАЗ-631705 совместно с ОАО «БобруйскАгромаш» создал автомобиль для химизации МСХ-10. На данном автомобиле установлены шины 550/70R21, а также он оборудован системой централизованного регулирования давления в шинах.

Таблица 1 – Технические характеристики специальных машин для аграрного сектора.

Технические характеристики	Марка машины			
	Урал 5557	МВУ– 30	МЭС – 90 СХ (на базе ГАЗ 33086)	МСХ – 10 (на базе МАЗ 631705)
Колесная формула	6×6	3×2	4×4	6×6
Грузоподъемность, кг	7000	8000	4000	10000
Объем кузова, м ³	8,8	6,8	3,86	9
Дорожный просвет, мм	360	–	300	350
Давление воздуха в шинах, МПа	0,1...0,35	0,07...0,17	0,1...0,26	0,1...0,54
Марка шины	ИД-П 284	Ф-82	DT-46	Бел-66А
Размер шины	1200×500-508	71,0×47,0-25	500/50R22,5	550/70R21

Для аналогичных целей разработан и вариант мобильного энергетического средства МЭС-90СХ [4]. В процессе испытаний давление воздуха в шинах 600/50R22,5 снижалось до 45 кПа.

Таким образом специальные автомобили для полевых работ создавались в последние десятилетия преимущественно для внесения минеральных удобрений. Это связано с необходимостью выполнять эту операцию в оптимальные агросроки, когда влажность почвы высока, после таяния снегов. Рассмотренные образцы могут быть прототипами в разработке автомобиля с расширенными функциями для полевых работ. Грузоподъемность такого автомобиля может составить 4...10 тонн. По нашей оценке применение ходовых систем, аналогичных рассмотренным, может обеспечить допустимое давление на почву влажностью 0,6...0,7 НВ (наименьшей влагоемкости) [5]. При этом ходовая система машины типа МВУ-30 может обеспечить допустимое давление при влажности почвы до 0,9 НВ.

Выводы

В связи с развитием сети дорог и укрупнением хозяйств целесообразна разработка автомобиля для полевых работ грузоподъемностью 4...10 тонн. Необходимо предусмотреть возможность применения сменного рабочего оборудования в т. ч. для внесения минеральных удобрений.

Список литературы

1. Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 21–23 ноября 2018 года) / редкол.: В. П. Чеботарев [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2018. – 688 с. – стр. 217 – 220.
2. Автомобиль-самосвал Урал-5557 сельскохозяйственного назначения. Руководство по эксплуатации / Москва: Автоэкспорт. – 246 с.
3. <http://truck-auto.info/maz/559-mvu-30.html>
4. Зайцев, С.Д. Экспериментальная оценка тягово-сцепных качеств широкопрофильной шины / С.Д. Зайцев, Л.С. Стреблеченко, С.В. Гончаренко, В.И. Прядкин / «Тракторы и сельхозмашины», 2010. – №8. – С. 25–27.
5. Техника сельскохозяйственная. Нормы воздействия двигателей на посеву: ГОСТ 26955-86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 5 с.

ЛОГІСТИКА ПІДПРИЄМСТВ У СФЕРІ ВИРОБНИЦТВА ТА ОБІГУ

УДК 629.631.554

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ТМ «ROSHEN» В УМОВАХ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ, М. ЯГОТИН, КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Л.А. Савченко, канд. техн. наук, доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

І.І. Махмудов, канд. техн. наук

ВП НУБіП «Ніжинський агротехнічний інститут»

Вступ. Одним із важливих завдань автомобільного транспорту АПК є своєчасна доставка вантажів від виробника до замовників. До таких вантажів відносяться кондитерські вироби, що виробляються фабриками ТМ «ROSHEN». Кондитерська Корпорація «ROSHEN» – один з найбільших світових виробників кондитерських виробів. Кондитерська Корпорація «ROSHEN» у рейтингу CandyIndustryTop 100 входить у першу двадцятку. .

До складу Корпорації входять українські фабрики (Київська, дві виробничі площадки у Вінниці, та Кременчуцька); дві виробничі площадки Липецької кондитерської фабрики (Росія), Клайпедська кондитерська фабрика (Литва), BonbonettiChocoKft (Будапешт, Угорщина), а також масло-молочний комбінат «Бершадьмолоко», який забезпечує фабрики корпорації натуральною високоякісною молочною сировиною.

Об'єктом дослідження: Логістичний центр ТМ «ROSHEN» м. Яготин, Київської області.

Предметом дослідження є транспортно-виробничий процес перевезення кондитерських виробів ТМ «ROSHEN» в умовах Логістичного центру, м. Яготин, Київської області.

Наукову новизну роботи складають: Удосконалення транспортно-виробничого процесу при перевезенні кондитерських виробів в умовах Логістичного центру, м. Яготин, Київської області за рахунок зменшення витрати палива на досліджуваних маршрутах, зменшення витрат на автоперевезення.

Практичну цінність роботи складають: Застосування наявних транспортних засобів, які є на підприємстві, використання існуючого трудового потенціалу, використання ресурсів. Удосконалення транспортно-виробничого процесу при перевезенні кондитерських виробів ТМ «ROSHEN» в умовах Логістичного центру, м. Яготин, Київської області.

Вибираючи транспортні засоби треба враховувати його технічні характеристики, режим руху, відповідність вантажопідйомності автомобіля вантажам, які перевозяться, продуктивність, собівартість транспортної роботи, витрати на амортизацію та технічне обслуговування.

Аналіз маршруту руху здійснюється для автомобіля FiatDucato. Існуючий маршрут при перевезенні кондитерських виробів показано на рис.1.

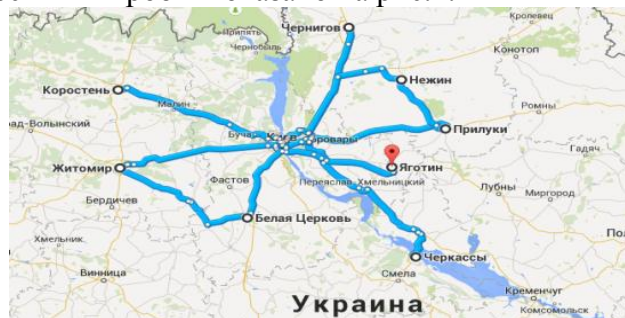


Рисунок1 – Вид існуючого маршруту при перевезенні кондитерських виробів ТМ «ROSHEN» в умовах Логістичного центру, м. Яготин, Київської області

Загальна відстань перевезення по існуючому маршруту №1 складає 1664 км. Удосконалений маршрут руху транспортних засобів при перевезенні кондитерських виробів показано на рис.2.

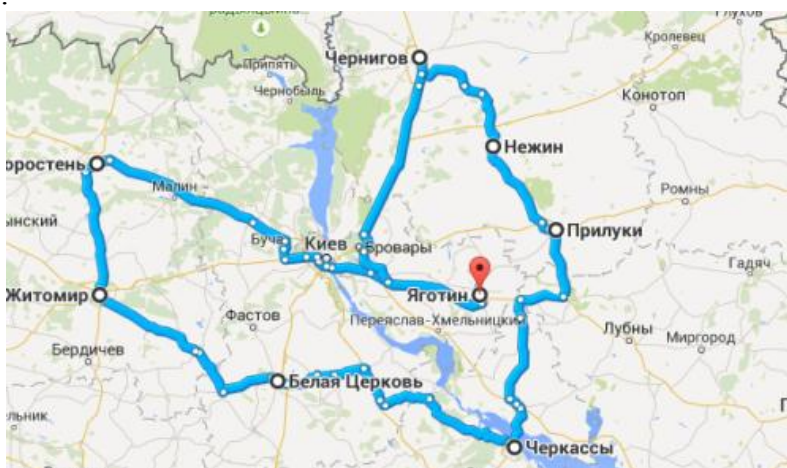


Рисунок 2 – Вид удосконаленого маршруту №2 при перевезенні кондитерських виробів в умовах Київської фабрики «ROSHEN»

Загальна відстань перевезення по удосконаленому маршруту складає 1029 км. Техніко-економічні показники роботи автомобіля FiatDucato по маршрутах наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Техніко-економічні показники роботи автомобіля FiatDucato по маршрутах.

Показники за цикл	Маршрут	
	Існуючий	Удосконалений
Час роботи автомобіля на маршруті, год	24,978	18.068
Довжина їздки, км	1664	1029
Питома витрата палива в кг/т	207.66	128.4
Загальна норма витрати палива, л	305.26	188.78
Продуктивність автомобіля, т.км	2396.16	1481.76

Економічний ефект для автомобіля FiatDucato складає 5310835.2 грн.

Висновки

На підставі використання удосконаленого маршруту та відповідних розрахунків економічного ефекту встановлено, що при використанні удосконаленого маршруту зменшуються: час роботи автомобіля на маршруті, довжина їздки, питома витрата палива, загальна норма витрати палива, продуктивність автомобіля. Це свідчить про те, що удосконалений маршрут є економічно доцільнішим при перевезенні кондитерських виробів ТМ«ROSHEN» в умовах Логістичного центру, м. Яготин, Київської області.

Річний економічний ефект від впровадження удосконаленого маршруту складає 5310835.2 грн.

Список літератури

1. Воркут А.И. «Автомобильные перевозки партийных грузов». Издательство объединения «Выща школа», 1974, 184 с.
2. Докуніхін В.З., Михайлович Я.М. Правила перевезень і класифікація вантажів. - К.:НАУ.-2008-196с.
3. Дмитриченко М.Ф., Яцківський Л.Ю., Ширяєва С.В., Докуніхін В.З. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник для ВНЗ. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. – 336 с.
4. Котелянец В.И., Пилипченко А.И. «Эффективность использования транспорта в агропромышленном комплексе». – М. : Агропромиздат, 1987. – 240 с.
5. Фришев С.Г, Докуніхін В.З. Основи транспортного процесу в АПК: Посібник для самостійної роботи студентів. – К.: Державна академія керівних кадрів, 2009. – 420 с.: іл.

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE IN LOGISTIC

O. Burov, *stud.*,
I. Tkachenko, Associate professor, PhD,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Unmanned aerial vehicle (UAV) is a new advancement in technology.

Organizations are beginning to adopt drones in the first phase of supply chain management: obtaining raw materials. Drones are also used in mining, prospecting, and land surveying applications. In farming and agriculture, UAVs are used to inspect plant health, photo-log plant growth, and map crop yields. Drones are also testing soil to help optimize water content and fertilizer usage, with the intent of improving crop yields.

In warehousing, developers at the Massachusetts Institute of Technology say UAVs are the best new way of tracking inventory anonymously. Using RFID, QR-codes, and IoT, drones can take physical inventory. Walmart Stores, for example, is currently testing drones for that purpose. Drones can move small items quickly, reducing the need for forklifts or possibly replacing the conveyor systems often used to transport boxes around distribution centers. Outside of the warehouse, drones may also be used for supply chain deliveries. For example, UAVs could ship inventory between production facilities and distribution centers, potentially expediting order fulfillment.

Drone use in manufacturing, warehousing, and distribution facilities is expected to rise in the next five years, aiding the work-in-process inventory stage of supply chain management. UAVs promise to enhance safety and security as well as promote overall efficiency. For example, drones with cameras can "walk the perimeter" of facilities, seeing areas an ordinary security camera might not reach. Inside of facilities, drones can perform safety inspections, perform maintenance and repair functions like fixing a leaky roof, or fly across a campus to retrieve a forgotten tool – all of which could potentially reduce work hours.

Conditionally there are 4 types of them:

- micro;
- mini;
- midi;
- heavy drones.

Today, the average drones of the 4th generation are able to lift and hold an item weighing up to 5 kg during a ten minute flight. At the same time, the average time for a dron is about 30 minutes and the maximum speed is about 40 km/h.

Drones in distribution centres could actually make a lot of sense, especially within warehouses that are already largely automated (meaning fewer people below the flight path). In these environments, drones could be very useful replacements for rigid, hard-to-configure conveyor systems.

At the present stage of technology development, the use of drones in logistics makes sense to calculate the contents of warehouses.

Today, the drone, or robot, flies autonomously in a gps-denied environment using advanced sensors. The company's warehouse management system (WMS) feeds existing inventory information to the PINC application via integration. When the robot receives a task to count inventory – say the number of cartons on pallets in a storage bay – the software first creates the optimal path for the drone to travel based on mapping done previously.

The drone doesn't need markers or lasers for guidance to navigate through warehouses. The robot is equipped with an optical system combined with computer vision and deep learning

technologies. When it passes through an assigned location, which it knows by the X, Y and Z coordinates, it visually inspects inventory labels and takes photos of the inventory to be counted.

The digital images are processed in real time to generate a count, which is compared against the known count in the WMS system. Since the system manages by exception, after taking inventory, the application provides an exception report to the operator who can click on the exceptions, look at a photo to confirm a count and then, if needed, update the WMS.

Drones are becoming accessible to smaller logistics operations worried about not just deliveries but running a warehouse, too, for example. Combined with good logistics software, drones can drastically improve your efficiency.

Companies been testing drones in their warehouses for a couple of years now because they know the technology is the future of warehouse management.

Adopting drones is a daunting challenge, to be sure. This is brand-new technology, and adopting it means totally changing how you run deliveries or your warehouse.

The last mile to the customer is often the most expensive and inefficient aspect of supply chain management, but drones' potential to speed up deliveries and reduce costs has some believing they will change the way the world delivers goods. And although the technology is still developing, it's easy to use and is becoming readily available. According to Roger Sollenberger of 3D Robotics, a commercial drone company, some drone-flying software is open source and "it's gotten incredibly easy to fly" – meaning anyone can create flight paths.

Shipping firms like FedEx and UPS can use drones to monitor traffic and optimize drivers' routes based on real time data, taking some hassle out of the end-stages of the supply chain. But imagine placing an order online and a drone delivering it to your front door within 30 minutes. Logistics companies like DHL and organizations like Amazon and Google are developing and experimenting with drones to do just that, especially for lightweight consumer goods.

In the near future, drones will not be able to affect global logistics. The reason is simple - masses and volumes transported loads very large for them.

Let's consider the advantages and disadvantages of using drones.

Advantages are:

1. Cost savings.
2. Exclusion of "human factor".
3. Ecology.
4. Flexibility in the supply chain.

Disadvantages:

1. Confidentiality and security.
2. Legislation.
3. Problems "in the air".
4. "Problems on the earth".
5. Collision with nature.

While drone delivery isn't out of the question, some experts say the case for using drones earlier in the supply chain may be stronger. A variety of other supply chain management drone applications are being implemented already.

Drone and traditional types of vehicles will be used together in the near future.

The use of drones is much safer for the environment.

It is obvious that there is a lot of problem: the legal framework, the large amount of contribution. But the benefits are enormous: saving in the long run, as well as automation of logistics processes.

In the near future, the drones will not appear above the head. However, there are many directions of development.

FLEET SIZE OPTIMIZATION IN ANYLOGIC ENVIRONMENT

G. Samchuk, PhD,

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

The transport systems are complex and characterized by a large number of processes, therefore the most convenient means of describing and studying such objects is to replace the real object with its simplified copy. The abstraction involves the use of certain mathematics. If the model description is possible to execute in the form of algebraic or differential equations and to obtain a solution, then such models are called analytic models. However, analytical methods cannot be performed for describing most real systems. Simulation allows to take into account all the diversity of transport processes, their stochastic nature, random variables and build more realistic and adequate models in comparison with analytical ones. An analysis of such models occurs as a result of multiple repetitions of the experiment for different values of random input variables.

The determination of the optimal fleet size is an important and urgent task. Today, the level of fleet utilization quite often does not meet a target value. Solving the task of fleet optimization ensures to reduce an enterprise cost, thus, makes it more profitable. The aim of the study is to determine the optimal fleet size for the enterprise that transports cargo from the central warehouse to the regional ones. The determination of the optimal number of trucks, that fulfill orders for transportation, requires the development of a model. As orders are sent randomly and the process of trucks loading and unloading is also stochastic it is necessary to create a simulation model.

A large amount of work cannot be done without the use of computer simulation, there for computers are a powerful modeling tool. At present, there are plenty of software products for simulation in transport and logistics. Among the most famous are the following: GPSS, PTV VISUM, VISSIM, Aimsun, AnyLogic, Arena, Vensim, etc.

One of the most effective and convenient to use among above-mentioned software products is AnyLogic, which has support for all existing simulation methods:

- Agent-Based
- System Dynamics
- Discrete Event [1].

Creation of models for a wide range of tasks is allowed by the AnyLogic libraries and graphical interface. It contains a powerful built-in library for modeling objects and processes on transport. Authors use AnyLogic for solving different problems, concerning freight and passenger transportation [2-3]. Moreover, AnyLogic contains means for generating random variables and statistical processing of the results of computer experiments.

The freight delivery from the central warehouse, which is located in the city of Kharkiv to the regional ones, located in Chuguev, Izyum, and Lozova, is modeled. The process of developing the probabilistic model for goods delivery includes a setting of central and regional warehouses location. In the beginning, all vehicles are at the central warehouse. An extensive set of graphical objects is used for visualization of vehicles, warehouses. Since AnyLogic uses GIS maps routes are automatically built as close to real as possible (Fig. 1).

Orders are created with some frequency and sent to the central warehouse by regional ones. The central warehouse allocates a truck to execute the order. The truck is loaded, transports the cargo to the regional warehouse, and unloaded, after that the message "Delivered!" is sent. Initial data also include average speed, number of trucks; time for vehicles loading and unloading; orders frequency. The number of trucks is 8 units; the average speed is 54 km/h. The loading and unloading time (T) is specified normal distribution with mean 0,5 h and variance 0,1 h, i.e. $T \sim N(0,5; 0,1)$. It is also necessary to specify the number of orders arriving per unit of time, which is equivalent to an exponentially distributed time between the arrivals of orders with mean λ^{-1} .

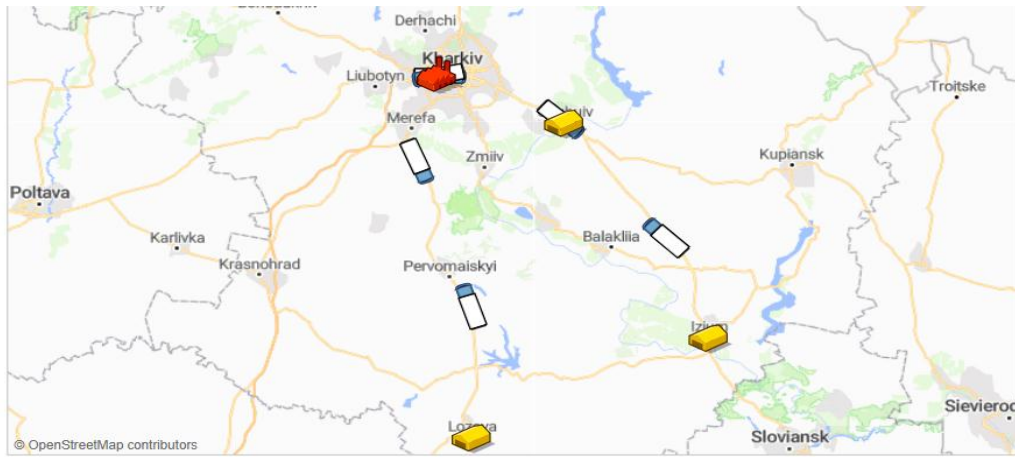


Figure 1 – Model execution with displayed warehouses and trucks

A series of experiments have been conducted at a different orders rate, which changes discretely from 1 to 5 units per hour, and average utilization was calculated. According to results, utilization varies from 0,51 to 0,63.

In order to optimize the model, it is necessary to create an optimization experiment. The objective function is a maximization of the number of trucks that meet a fleet utilization value 0,9. The number of vehicles is an optimization parameter, which is changed from 1 to 8. As a result of optimization experiments, for a specified order rate the optimal fleet size was determined (table 1).

Table 1 – Results of experiments

Order rate, unit/h	Fleet size, unit	Average utilization	Optimal Fleet size, unit	Average utilization at optimal fleet size
1	8	0,51	5	0,82
2		0,58	5	0,89
3		0,61	6	0,81
4		0,62	6	0,84
5		0,63	6	0,85

Results show that it is reasonable to use 5 vehicles for order rate 1-2 unit per hour. The average utilization value is almost target. For order rate 1-2 unit per hour, the optimal fleet size is 6 trucks. With AnyLogic one can build a model that determines the optimal fleet size and perform other tasks for the cargo transportation process.

References

1. Anylogic Simulation Software (2019). – Available from: <https://www.anylogic.com>.
2. Vladimir. Bauer , Artem V. Bazanov , Evgeniy S. Kozin , Vasilii M. Nemkov, Aleksandr A. Mukhortov (2019). Optimization Of Technological Transport Sets Using Anylogic Simulation Environment. Journal of Mechanical Engineering Research & Developments, 42(2): 41-43
3. Липенков А.В. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов: диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10 / Липенков Александр Владимирович; . – Нижний Новгород, 2015. – 154 с.

ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЮ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА

Д.Є. Гречка, студ.,

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

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Розвиток ринку логістики будь-якої країни, в тому числі і України, залежить від стану її економіки. Його оператори забезпечують взаємодію учасників економічних відносин, пов'язують виробничі ланцюжки, дозволяють товарам знайти своїх покупців. Пожвавлення ринку логістики спричинить за собою підвищення попиту на складські приміщення. Подальше збільшення товарообігу призведе до зниження вакантності наявних складів і, в перспективі, до дефіциту площ зберігання [1].

Останнім часом гравці на ринку логістичної нерухомості почали більш професійно і серйозно підходити до проектування і будівництва даного виду споруд. Логістична нерухомість є одним з найбільш перспективних секторів вітчизняної нерухомості, і це обумовлено такими особливостями: географічне положення України; високі темпи розвитку бізнесу і торгівлі, зростаюча ділова активність, дефіцит якісних площ на ринку складської нерухомості; плани щодо виходу складських операторів на український ринок; невеликий у порівнянні із Заходом термін окупності складських об'єктів (до семи років). У Європі термін окупності такого формату об'єктів становить 20-25 років; низькі витрати на будівництво складської нерухомості в порівнянні з іншими об'єктами нерухомості; висока рентабельність складської нерухомості – до 18-20 % на рік [2].

Склад – територія, приміщення (також їх комплекс), призначене для зберігання матеріальних цінностей і надання складських послуг [3]. У логістиці склад виконує функцію акумулювання резервів матеріальних ресурсів, необхідних для демпфірування коливань обсягів поставок і попиту, а також синхронізації швидкостей потоків товарів в системах просування від виробників до споживачів або потоків матеріалів в технологічних виробничих системах.

Для успішного виконання всього комплексу робіт і операцій та зниження витрат на переробку вантажів на сучасних складах з інтенсивними товарними потоками необхідно впроваджувати відлагоджений технологічний процес, який повинен базуватись на прогресивній техніці та передових методах.

Пропонується розглядати функціонування складської системи підприємства на двох рівнях. Перший: складський технологічний процес по прийнятті пустої тари, який має наступну послідовність операцій (рис. 1): 1) прибуття вантажу на склад (підготовка технічних засобів до прийому вантажу, документів, ознайомлення робітників складу з планом розвантаження); 2) перевірка вантажу в транспортному засобі (ТЗ); 3) розвантаження вантажу навантажувально-розвантажувальними механізмами (НРМ); 4) перевірка цілісності упаковки вантажу (перевіряються кріплення та наявність відповідних пломб та маркувань, виявляються зовнішні пошкодження); 5) переміщення вантажу в зону зберігання. Другий: складський технологічний процес по відправці готової продукції (рис. 2): 1) переміщення вантажу від зони зберігання до зони комплектування; 2) комплектування партії відправлення з зони зберігання (формується партія вантажу для відповідного замовлення: визначається кількість вантажу та вид тари, здійснюється упакування в тару та пломбування, готуються документи); 3) переміщення готової продукції від зони комплектування в зону відправлення; 4) перевірка вантажу за кількістю та відповідність документам; 5) навантаження вантажу в транспортний засіб і передача документів.



Рисунок 1 – Схема складського технологічного процесу по прийняттю тари з урахуванням параметрів



Рисунок 2 – Схема складського технологічного процесу по відправці готової продукції з урахуванням параметрів

Визначення ефективної організації роботи складського комплексу буде проводитися за оціночним параметром – загальні витрати [4-7], які формують множину значень відповідних витрат за кожним елементом схеми технологічного процесу:

$$V^{CK} = \{V_{1.1}^{CK}, V_{1.2}^{CK}, \dots, V_{2.1}^{CK}, \dots, V_{i,j}^{CK}\}, \quad (1)$$

де $V_{1.1}^{CK}, V_{1.2}^{CK}, \dots, V_{2.1}^{CK}, \dots, V_{i,j}^{CK}$ – відповідні витрати за відповідним i -им напрямком руху вантажу кожної j -ої технологічної операції складської системи;

Виходячи з схем складського технологічного процесу (рис.1, 2) визначаються основні складові впливу параметрів на загальні витрати:

$$V^{CK} = f(Q_{заяв}, q_e, t_{вик}^{опер}, C_p, L_{перем}), \quad (2)$$

де $Q_{заяв}$ – кількість готової продукції за заявкою, т.;

q_v – кількість вантажу (тари), м³;

$t_{вик}^{опер}$ – час на виконання певної операції, год.;

C_p – вартість виконання певної операції, грн/т·год.;

$L_{перем}$ – відстань переміщення вантажу по території складу, м.

Загальні витрати складаються з витрат на приймання вантажу на склад (V_{AS}^{CK}) та витрат на відправлення готової продукції за замовленням (V_{SH}^{CK}):

$$V^{CK} = V_{AS}^{CK} + V_{SH}^{CK}. \quad (3)$$

Кожна складова формули (3) визначається як сума витрат на виконання технологічних операцій за відповідними схемами (рис.1,2) та з урахуванням встановлених параметрів – формула (2).

Було встановлено, що поштовплення ринку логістики спричиняє за собою підвищення попиту на складські приміщення та приводить до збільшення вимог споживачів до якості надання послуг зі збереження та переробки вантажів у складських системах. Запропоновані технологічні схеми складського технологічного процесу відповідно по прийняттю тари та по відправці готової продукції, в яких враховані всі можливі технологічні операції від моменту прибуття транспортного засобу з вантажем на склад – у одному напрямку та до моменту відправки партії вантажу одержувачу. Також враховані параметри, які оцінюють виконання відповідних операцій в складській системі. Запропоновано критерії – загальні витрати, які складаються витрат на приймання вантажу на склад та витрат на відправлення готової продукції за замовленням. Визначені параметри впливу на ці витрати: кількість готової продукції за заявкою, кількість вантажу (тари), час на виконання певної операції, вартість виконання певної операції, відстань переміщення вантажу по території складу. На основі отриманих моделей планується провести визначення значення параметрів впливу, провести їх статистичний аналіз, розробити план експерименту та на основі якого визначити значення запропонованого критерію для відповідних технологій роботи складської системи.

Список літератури

1. Особливості ринку логістичних послуг в Україні. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://proconsulting.ua/ua/pressroom/osobennosti-rynka-logisticheskikh-uslug-v-ukraine>
2. Реалії та перспективи розвитку складського комплексу України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://investycii.org/investuvanya/konferentsiji/problemy-formuvanya-ta-rozvytku-inovatsijnoji-infrastruktury/realiji-ta-perspektyvy-rozvytku-skladskoho-kompleksu-ukrajiny.html>
3. Лифар В.В. Теоретичні основи функціонування логістичної інфраструктури у мережі міжнародних транспортних коридорів / В.В. Лифар // Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. Економічні науки. – 2010. – №20. – С. 93-98.
4. Нагорний Є.В. Визначення раціональної кількості ресурсів термінального комплексу на основі теорії сітьового планування / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко // Автомобільний транспорт, – 2012. – Вип. 3. – С. 83-87
5. Веремеенко Е.Г. Совершенствование транспортно-логистического обслуживания складского комплекса / Е.Г. Веремеенко, Потапов К.Ю. // Молодой исследователь Дона. 2018. – № 3(12). – С. 18-21
6. Wu Y. N. Warehouse Management System Applicable to Small and Medium Retailer Enterprises / Y.N. Wu // Advanced Materials Research. 2011. – Vols. 255-260 – P. 2867-2871
7. Stopka O. Draft Methodology for Selecting the Appropriate Storage Area Design in Intermodal Logistics Center / O. Stopka, R. Kampf // Applied Mechanics and Materials. 2015. – Vol. 708 – P. 300-305

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАМОВЛЕННЯ НА ДОСТАВКУ ВАНТАЖУ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИМ ЦЕНТРОМ

О.В. Павленко, канд. техн. наук, доц.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

В Європі транспортно-логістичні центри (ТЛЦ) почали створюватися ще на початку 80-их років ХХ ст. Першим був логістичний центр в Інгольштадті (Баварія). Місце його розташування було вибрано таким чином, щоб звести до мінімуму витрати по поставках товарів. Центр володіє хорошими залізничними та автомобільними під'їзними шляхами, має свої бази та філії поблизу місць розташування споживачів. Останні забезпечуються товарами за технологією нічних перевезень таким чином, щоб необхідні вантажі були на місці вже до початку робочого дня. Досвід країн Західної Європи показує величезну роль транспортно-логістичних центрів в ефективному обслуговуванні замовлень. Так, у Голландії діяльність транспортних логістичних центрів приносить 40% доходу транспортного комплексу, у Франції - 31%, в Німеччині - 25%. У країнах Центральної та Східної Європи ця частка в середньому становить 30%. Терміни окупності логістичного центру складають в середньому 5-9 років [1].

Правильно організований технологічний процес роботи ТЛЦ забезпечує: чітке і своєчасне проведення кількісного і якісного приймання товарів; ефективне використання засобів механізації навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт; послідовне і ритмічне виконання складських операцій, що сприяє планомірному завантаженню працівників складу і створення сприятливих умов праці; раціональне складування товарів, що забезпечує максимальне використання складських об'ємів і площ; схоронність товарів; чітку організацію централізованої доставки товарів [2].

Концепція транспортно-логістичного центру пристойно представлена Кентом Бентценом як центр в певній галузі, в якому всі види діяльності, пов'язані з транспортом, логістикою та розподілом товарів – як для національного, так і міжнародного транзиту, здійснюються різними операторами на комерційній основі. Оператори можуть бути як власниками, так орендувати будівлі і споруди, що були побудовані на території центру. Для дотримання правил вільної конкуренції логістичний центр повинен бути відкритий, щоб забезпечити доступ до всіх компаній, що беруть участь в діяльності. Логістичний центр також повинен бути оснащений усіма комунальними спорудами для здійснення своєї діяльності. Для заохочення інтермодальних перевезень для обробки вантажів, логістичний центр переважно повинен обслуговуватися безліччю видів транспорту (автомобільний, залізничний, морський, внутрішній водний, повітряний) [3].

Існує безліч підходів до визначення критеріїв ефективності транспортно-логістичних послуг. Розглянемо найбільш універсальні підходи, що можуть бути застосовані для будь-якого типу транспортно-логістичних підприємств. За методикою П.Р. Нівена, ефективність транспортно-логістичного обслуговування може бути оцінена за шістьма параметрами: вантаж – доставка необхідного вантажу; якість – доставка вантажу необхідної якості в незмінному стані; кількість – доставка вантажу в необхідній кількості; час – доставка в потрібний час; місце – доставка в потрібне місце; витрати – доставка вантажу за мінімальних витрат [4].

В роботі [5] автором розроблено методи управління механізмом перехідних процесів матеріальних потоків у разі взаємодії транспорту та складського комплексу в логістичних ланцюгах «постачальник - транспорт – одержувач», досягнення інтегрованого ефекту в транспортній системі. З метою вдосконалення міжопераційних процесів транспортно-

складського комплексу вперше з позицій системного аналізу розглянуто матеріальні потоки в інтегрованій логістичній системі «постачальник - транспорт – одержувач» на прикладі реальних металургійних підприємств Приазов'я; з метою оцінки руху матеріальних потоків інтегрованої логістичної системи прийнято критерій «just in time» (точно в строк). Наведено методику оцінки перехідних процесів, яка описує процес функціонування та управління інтегрованою системою та окремими її елементами. Розроблено методику оцінки факторів ризику в ланках логістичного ланцюга.

У статті [6] досліджуються загальні питання управління логістичними транспортно-складськими центрами. Наводиться класифікація логістичних процесів в транспортно-складських центрах. Розкриваються основні логістичні процеси в транспортно-складських системах. Розглядається принципова схема транспортно-логістичної системи доставки вантажів через термінали. Проводиться позиціонування транспортно-складського центру як елемента архітектури логістичної системи. Формулюються основи побудови ефективної системи транспортно-складського обслуговування вантажних потоків.

Транспортно-логістичні центри, по суті, є логістичними посередниками – зазвичай юридичними особами, що організовують транспортно-логістичне обслуговування, при цьому можуть самі не приймати безпосередньої участі в процесі перевезення. Такі посередники і є основними учасниками ринку транспортно-логістичних послуг [7, 8].

Аналіз розвитку ринку транспортних послуг показав, що функції організації змішаних сполучень передаються із торговельних і промислових компаній у чисто транспортні. Замовники перевезень на транспортному ринку вимагають надання високоякісної послуги. Перевізники також змушені відмовлятися від надання тільки традиційних послуг і брати на себе більшу роль у логістичних операціях. Найбільш ефективним засобом для обслуговування замовлення на доставку вантажу можна вважати ТЛЦ, який забезпечує – стабільний ринок збуту, стійкі схеми вивезення та завезення продукції, чітко встановлений графік, контроль і підтримку державними структурами, безпека виробників і споживачів. Проведений аналіз виявив проблему вибору раціональної схеми обслуговування замовлення на доставку вантажів, що надходять до ТЛЦ. Для рішення цієї проблеми далі планується розробка методики вибору раціональної схеми обслуговування замовлення на доставку вантажів, провести експериментальні дослідження, проаналізувати отримані результати та розробити практичні рекомендації.

Список літератури

1. Транспортно-логістичний центр. [Електронний ресурс] / Режим доступу <http://www.transport-logistic.com.ua>
2. Лифар В.В. Теоретичні основи функціонування логістичної інфраструктури у мережі міжнародних транспортних коридорів / В.В. Лифар // Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. Економічні науки. – 2010. – №20. – С. 93-98.
3. Bentzen K. Case study on strategic business and commercial aspects of the networks of ports, logistics centres and other operators/ Bentzen, K.; Bentzen, L.; Kapetanovic, E. H.; Heikkilä, L. - Centre for Maritime Studies, University of Turku, Finland, 2005. pp. 120-132
4. Нивен, П. Р. Диагностика сбалансированной системы показателей : Поддерживая максимальную эффективность / П. Р. Нивен ; Пер.с англ. В. О. Шагоян; Науч.ред. М. Горский. – Днепр: Баланс Бизнес Букс, 2006. – 251 с.
5. Ніколаєнко І.В. Вдосконалення міжопераційних процесів транспортно-складського комплексу: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01 / І.В. Ніколаєнко ; Київ. ун-т економіки і технологій трансп. - К., 2002. - 19 с.
6. Дмитриев А.В. Методологические основы управления логистикой транспортно-складских цунтров / А.В. Дмитриев // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – С.П., 2012. – вып. 12. – С. 76-81
7. Chu L.Y. Construction and Cooperation Mechanism of Logistics Vehicle Scheduling System Based on Ontology and Multi-Agent / L.Y. Chu // Applied Mechanics and Materials. 2017. – Vol. 865. – P. 681-688
8. Kampf R. Assessment Plan for Location of Distribution Centres / R. Kampf // Applied Mechanics and Materials. 2015. – Vol. 708 – P. 324-329

ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЮ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ЗБІРНИХ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

С.В. Шарий, студ.,
О.В. Павленко, канд. техн. наук, доц.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Зовнішня торгівля відіграє важливу роль в економіці України. Тенденцією протягом 2012-2016 років було скорочення виручки від експорту товарів з одночасним скороченням експорту основної групи товарів (рис.1) [1]. Не дивлячись на загальний негативний тренд, у 2017 році спостерігалось зростання експорту. За 2017 рік загальний експорт продукції склав 43,3 млрд дол. США, що на 19% більше ніж за 2016 рік. А за результатами 2018 року загальний експорт продукції з України становив 47,3 млрд дол. США, що на 9,2% більше порівняно з 2017 роком. Значну частину експорту, приблизно 26 %, складають товари, які відправляються дрібними партіями [2].

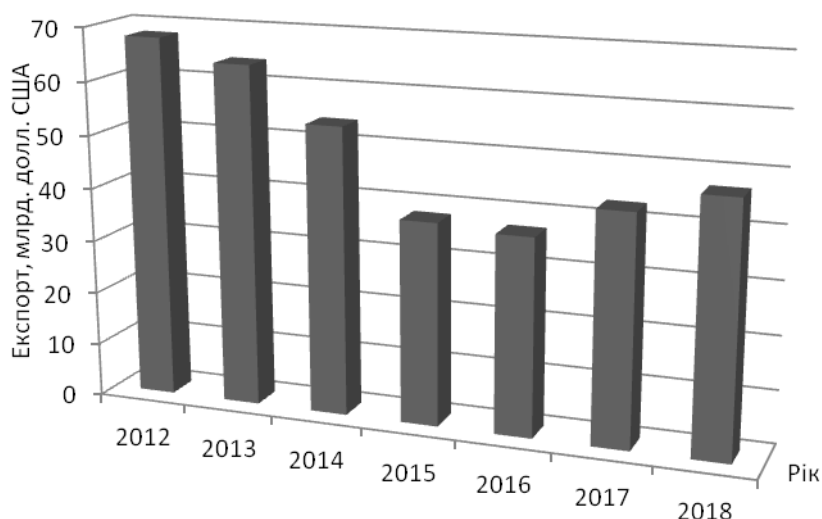


Рисунок 1 – Обсяг експорту товарів з України

З кожним роком збільшується інтерес до відправок товарів у міжнародному сполученні у контейнерах. За 2018 рік у українських портах було перероблено 846,5 тисяч TEU. У тоннах вантажообіг контейнерних вантажів склав 10,9 млн. Показник перевалки контейнерів в 2018 році став рекордним за останнє десятиліття [3]. Ефективність та якість доставки збірних вантажів у контейнерах значно залежать від оптимізації процесів координації роботи різних видів транспорту, раціонального розподілу між ними обсягів перевезень, своєчасного формування необхідних управлінських рішень.

На теперішній час зросли 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. [4]. Організація LCL логістики повинна забезпечувати задоволення потреб клієнтів у перевезенні при високому рівні якості та можливо низьких витратах [5]. 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. Важливе місце в транспортному обслуговуванні економіки займають перевезення збірних вантажів у міжнародному сполученні [6]. Таким чином, необхідно визначити за яким критерієм можна визначити ефективну схему доставки збірних вантажів у міжнародному сполученні.

Будь-який технологічний процес визначається кількістю відповідних учасників процесу доставки та їх взаємодії, в нашому випадку розглядається схема доставки з наступних складових (рис.2): вантажовідправники (ВВ); локальний транспортно-логістичний центр (ЛТЛЦ); регіональний транспортно-логістичний центр (РТЛЦ); міжнародний транспортно-логістичний центр (МТЛЦ); вантажоодержувач (ВО).

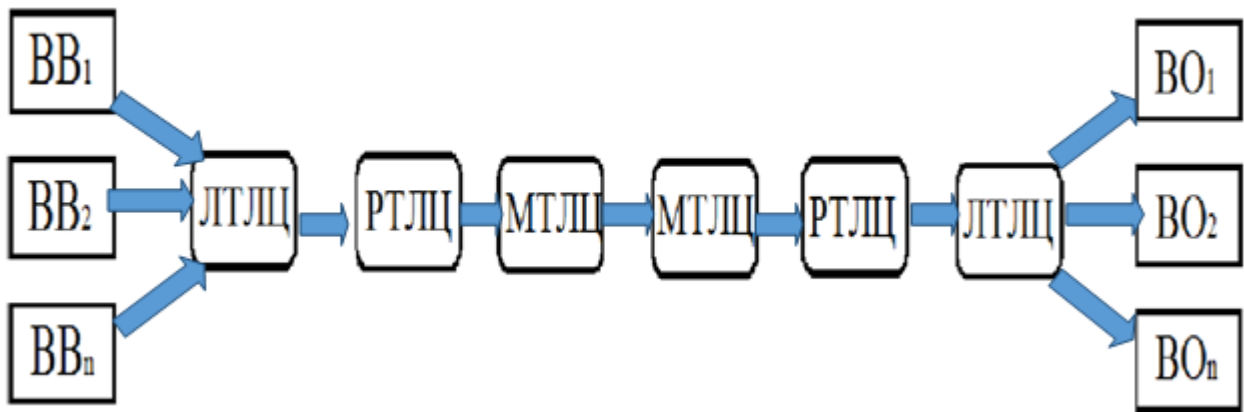


Рисунок 2 – Схема доставки збірних вантажів у міжнародному сполученні

Згідно представленої схеми сформовано перелік основних технологічних операцій при доставці вантажів за допомогою LCL логістики, які об'єднанні в три групи. Перша група: доставка вантажів від Вантажовідправника до ЛТЛЦ; формування партій відправлення в ЛТЛЦ; доставка вантажів від ЛТЛЦ до РТЛЦ; формування партії відправлень на РТЛЦ; доставка вантажів від РТЛЦ до МТЛЦ; формування партії відправлень на МТЛЦ. Друга група: доставка вантажів від МТЛЦ регіону вантажовідправника (РВВ) до МТЛЦ регіону вантажоодержувача (РВО). Третя група: розформування партій вантажу на МТЛЦ РВО; доставка вантажів від МТЛЦ до РТЛЦ РВО; розформування партій вантажу на РТЛЦ РВО; доставка вантажів від РТЛЦ до ЛТЛЦ РВО; розформування партій вантажу на ЛТЛЦ РВО; доставка вантажів від ЛТЛЦ до вантажоодержувачів.

В якості критерію вибору ефективної схеми доставки збірних вантажів у міжнародному сполученні пропонуються – сумарні витрати [7-9], які формуються з витрат на доставку збірного вантажу ($Z_{дост}$) та витрат на формування партій відправлення ($Z_{форм}$)

$$Z_{\Sigma} = Z_{дост} + Z_{форм} \quad (1)$$

Витрати на доставку збірного вантажу визначаються з урахуванням вартості виконання відповідного обсягу робіт i -ої ділянки k -го району обслуговування ($S_{дост\ i}^k$) та значення обсягу робіт (N_i^k):

$$Z_{дост} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m S_{дост\ i}^k \cdot N_i^k, \quad (2)$$

де n – кількість ділянок;

m – кількість районів обслуговування.

Обсяг робіт визначається відповідною довжиною ділянки (L_i^k), км, обсягом замовлення (Q_i^k), т. та часом виконання відповідних операцій (t_i^k), год.:

$$N_i^k = \{L_i^k; Q_i^k; t_i^k\} \quad (3)$$

Витрати на формування партій відправлення враховують вартість формування партії відправки ($S_{формj}$), грн/од. та обсяг робіт, який виконується на відповідному ТЛЦ (Z_j^g), од.:

$$Z_{форм} = \sum_{j=1}^m \sum_{g=1}^G S_{формj} \cdot Z_j^g; \quad (4)$$

де G – кількість операцій на відповідному ТЛЦ, од.

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 визначення ефективної організації доставки збірних вантажів у контейнерах та визначення критерію вибору з точки зору забезпечення технічної складової цього процесу.

Запропоновано альтернативну схему доставки збірних вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні, в якій основні функції організатора LCL технології є ТЛЦ на локальному, регіональному та міжнародному рівнях. Визначено критерій вибору ефективної схеми доставки збірних вантажів – сумарні витрати, який враховує довжину ділянки, обсягом замовлення, час виконання відповідних операцій, вартість формування партії відправки та обсяг робіт, який виконується на відповідному ТЛЦ.

В подальшому планується провести статичний аналіз керованих параметрів та здійснити моделювання.

Список літератури

1. Державна служба статистики України [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua/>
2. Експорт та імпорт 2018 – чим заробляємо, на що витрачаємо? [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://financer.com/ua/eksport-import-2018/>
3. Вантаж у контейнерах: максимум за останні 10 років України [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://cfts.org.ua/articles/gruz_v_konteynerakh_maksimum_za_poslednie_10_let_1508/106738
4. 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
5. Международные перевозки. Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [Курганов В.М., Миротин Л.Б.] / - М.: Издательский центр Академия, 2011. - 304 с.
7. Б.А. Опанчук // Развитие контейнерных перевозок в Украине: проблемы и пути их решения / Економічні інновації: Зб. наук. пр. - Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2009. - Вип. 39. - С.72-78.
8. Velykodnyi, D. The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic [Text] / O. Pavlenko, D. Velykodnyi // International journal for traffic and transport engineering. – Belgrade, Serbia, 2017, Vol. 7(2), pp. 164-175
9. Наумов В.С. Показатели оценки эффективности процесса транспортно-экспедиционного обслуживания // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. Зб. наук пр. Донецьк.: ПП «РВФ Молнія», 2009. –Вип. 1. – С. 352-358
10. Наумов В.С. Области применения показателей эффективности транспортно-экспедиционного обслуживания // Сучасні наукові досягнення -2008: Зб. матер, всеукр. наук.-практ. конф. - Миколаїв: НУК, 2008. - Т. 3. -С. 165-168.

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ РИНКУ ЗЕРНА В УКРАЇНІ

Г.Г. Козлова, студ.,
Т.В. Волкова, канд. техн наук, доц.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

В умовах глобалізації економіки, загострення світової продовольчої кризи Україна поступово повертає собі статус виробника продовольства. Втім розвиток його виробництва стримується недостатніми можливостями існуючої матеріально-технічної бази, що приводить до зниження якості транспортування продукції.

Одним із стратегічних продуктів, що пропонує на сьогодні економіка України, є зерно. Зернова галузь є базою та джерелом стійкого розвитку агропромислового комплексу та основою аграрного експорту України.

Дослідженням сучасного стану ринку зерна в Україні та питанням збільшення обсягів експорту зернових культур займається безліч вчених. Значна кількість науковців переймалася дослідженням питань формування та розвитку ринку зерна. Серед численних наукових розробок подібного спрямування можна виокремити праці таких вітчизняних учених, як П. Гайдучий, І. Кириленко, М. Лобас, Т. Лозинська, П. Саблук, В. Бойко, Б. Губський, С. Кваша, В. Суперсон, О. Шпичак, О. Лавринчук, О. Савицький та інші. На основі їх наукових розробок вирішується широкий спектр питань розвитку ринку зерна та формування національних економічних пріоритетів України з огляду на потенціал цього ринку.

Зарубіжні дослідники з питань логістики підкреслюють автономність, самостійний і системний характер цього наукового напрямку. Теоретичні аспекти класичної логістики викладені в роботах Д. Бауерсокс, М. Ліндерс, Д. Уотерса, К. Лайнос, М. Джіллінгема, Дж. Р. Стоку, Д. М. Ламберта, А. М. Гаджінського, Е. В. Крикавського.

З проблем функціонування ринкової економіки і аграрного ринку опубліковані праці Абалкін Л.І., Афанасьєва В.Н., Боева В.Р., Добриніна В.А., Ємельянова АМ, Кисельова С.В., Серкова А.Ф., Коваленко Н.Я., Гатауліна АМ, Гусманова У.

Питання економічної ефективності виробництва зерна досліджені в роботах Алтухова А.І., Белозерцева А.Г., Вермеля Д.Ф., Сьоміна О.М., Пустоева А.Л., Лисенкової Т.М., Рибалкіна П.М., Семенова А.А., Холод Л.І. та інших російських вчених. Різноманітні дослідження в області аграрної та агропромислової логістики відображені в працях С. А. Белих, Н. К. Васильєвої, В. І. Перебийніса та ін.

На сьогоднішній день розвиток агрологістики в Україні знаходиться на початковому етапі, але за умови подолання основних перешкод на шляху розвитку цього напрямку і створення умов для поліпшення системи агрологістики на підприємствах агробізнесу в Україні слід очікувати високої ефективності розвитку даної галузі в нашій країні.

На думку українських вчених в галузі логістики, існують кілька факторів, що стримують сучасний розвиток агрологістики в Україні [1]:

- 1) Економічна криза, яка ще не закінчилася;
- 2) Незавершеність вирішення питання власності;
- 3) Скорочення обсягів виробництва;
- 4) Недосконала система бухгалтерського обліку;
- 5) Недоліки у професійній підготовці кадрів і т. д

При оцінці ефективності транспорту, виборі найбільш ефективних форм і методів транспортного обслуговування необхідно враховувати якість виконання транспортних робіт.

Якість стосується послуг, транспортних засобів й інфраструктури, інформації, інтелектуальної продукції та ін. Якість закладається на етапі проектування послуг, створюється в процесі організації їх надання, а дістає вияв при обслуговуванні [1].

Основними показниками, що характеризують якість надання транспортних послуг, є пропускна здатність, безпека та надійність перевезень вантажів, прийнятна вартість перевезень (собівартість перевезень, рентабельність, прибуток), терміни доставки вантажів, регулярність вантажопотоків, забезпечення зберігання вантажів у процесі транспортування, швидкість проходження маршруту. Гарантоване забезпечення всіх зазначених вимог сприятиме збільшенню замовлень у проектах перевезень за рахунок підвищення якості транспортних послуг.

Головною метою керівників для забезпечення якості транспортних робіт має бути створення (по можливості) відповідних передумов (якісних транспортних засобів та персоналу відповідної кваліфікації), а також зменшення впливу шляхових, погодно-кліматичних умов та біологічних факторів шляхом ефективної організації всіх процесів та управління ними (використання організаційно-управлінських факторів). Це досягається виконанням дій, направлених на підготовку, організацію і виконання перевезень для встановлення, забезпечення і підтримки необхідного рівня їхньої якості, а це і являє собою управління якістю транспортного забезпечення [2]. Для підвищення якості транспортних послуг у проектах перевезень необхідно створити умови для стійкої взаємодії учасників транспортного ринку з проектно-орієнтованими та проектно-керованими підприємствами; удосконалити управління підприємством на основі впровадження системи якості, а також створити сприятливі технічні, правові, організаційні та фінансові умови розвитку проектів перевезення у межах транспортних коридорів [3].

Основними шляхами поліпшення системи агрологістики на підприємствах України є:

- 1) Реформування аграрного сектора і розробка відповідної нормативно-правової бази, що регулює роботу агрологістичних компаній;
- 2) Прийняття національної програми розвитку агрологістики за прикладом ведучих країн світу;
- 3) Розробка та впровадження належної системи фінансування агрологістики; поліпшення інвестиційної привабливості логістичного сектора;
- 4) Забезпечення агрологістичних компаній висококваліфікованими кадрами;
- 5) Забезпечення агрологістичних компаній необхідною цифровою картографічною базою, програмами до них та ін.

Згідно аналізу опублікованих праць можна відмітити, що функціонування регіонального ринку зерна України неможливо без ефективно діючої інфраструктури. Створюватися вона повинна на основі кооперації та інтеграції господарюючих суб'єктів всіх галузей АПК і при безпосередній підтримці та участі держави, що регулює виробництво та збір зерна за допомогою його закупівлі в регіональний продовольчий фонд, створення регіонального резервного фонду зерна, здійснення заставних операцій, страхування врожаїв, використання цільових зернових програм, сприяння створенню фінансово - агропромислових груп, стимулювання пропозиції зерна та попиту на нього, формування відсутніх елементів виробничої і особливо - ринкової інфраструктури.

Список літератури:

1. Перебийніс В.І., Помаз О.М. Транспортний фактор забезпечення конкурентоспроможності продукції : монографія. – м. Полтава: РВВ ПУЕТ. - с.149-161.
2. Колодійчук В. А. Логістичні витрати у зернопродуктовому підкомплексі АПК / В. А. Колодійчук // Розвиток національної економіки: теорія і практика : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 3–4 квітня 2015 р., ДВНЗ “Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника”, м. Івано-Франківськ. – Тернопіль : Крок, 2015. – Ч. 1. – С. 275–277.
3. Ігнатенко Д.О. Критерії ефективності в проектах щодо надання транспортних послуг // Вісн. Нац. транспорт. ун-ту. – К.: НТУ, 2006. – Вип. 12. – С. 253-257.

ДО ПИТАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ

**С.В.Загорський, студ.,
П.С. Сиромятніков, доц.,**

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

В економіці під логістикою розуміється наукова й практична діяльність, яка пов'язана з організацією керуванням і оптимізацією руху матеріальних (сировини, деталей, товарів, напівфабрикатів та ін.) і супутніх (інформаційного й фінансового) потоків від джерела сировини до кінцевого споживача [1-4].

Для керування рухом матеріального потоку на підприємстві необхідно знати способи впливу на цей потік:

- вибір транспортного засобу;
- вибір оптимального маршруту перевезення;
- визначення оптимального рівня запасів на складах
- вибір кількості й територіального розташування складів і оптових баз;
- визначення оптимального розміру розфасовки готової продукції.

Основною метою оптимального керування рухом матеріального потоку на підприємстві є підвищення конкурентоспроможності за рахунок:

- зниження витрат по просуванню вантажів;
- оптимізації запасів на всьому шляху проходження;
- скорочення часу проходження товарів від первинного джерела до споживача;
- підвищення якості сервісного обслуговування споживачів.

Застосування виробничої логістики пояснюємося рядом причин серед яких можна виділити три:

1. Досягнення межі ефективності виробництва, яке спрогнозувало необхідність пошуку нетрадиційних шляхів створення конкурентних переваг. Підприємці стали приділяти увагу не тільки самому товару(виробам) але і якості його поставки. Кошти, вкладені в сферу розподілу стали впливати на місце постачальника на ринку.

2. Підвищення вартості енергоносіїв змусило шукати методи підвищення економічності перевезень, потрібно було погоджувати дії всіх учасників логістичного процесу.

3. Застосування й розвиток виробничої логістики став можливим завдяки впровадженню комп'ютерних технологій, які дозволили керувати матеріальними потоками на всіх етапах переміщення.

Використання логістичної системи на підприємстві передбачає керування всіма операціями як єдиною діяльністю. Для цього необхідно організувати спеціальну логістичну службу, яка буде керувати матеріальним потоком, починаючи від формування договірних відносин з постачальниками й закінчуючи доставкою готової продукції споживачеві:

- планування й контроль випуску готової продукції, планування транспортних процесів, планування складської мережі, контроль бюджету, інформаційні системи;
- керування запасами – прогнозування попиту, керування й контроль запасів матеріалів, сировини напівфабрикатів і готового продукту, вибір тари, упаковки та ін.

Логістична служба в особі відділу або однієї людини повинна виконувати наступні функції:

- оперативно-календарне планування з детальним розкладом випуску готової продукції;
- оперативне керування технологічними процесами виробництва;
- загальний контроль якості, додержання стандартів якості продукції й відповідного сервісу;

- стратегічне й оперативне планування поставок матеріальних ресурсів;
- організація внутрівиробничого складського господарства;
- прогнозування планування й нормування витрат у виробництві;
- організація роботи внутрівиробничого технологічного транспорту;
- контроль і керування запасами на всіх рівнях внутрівиробничої складської системи й у технологічному процесі виробництва;
- внутрівиробничий фізичний розподіл матеріальних ресурсів і готової продукції;
- інформаційне й технологічне забезпечення процесів керування внутрівиробничими матеріальними потоками;
- автоматизація й комп'ютеризація керування матеріальними (інформаційними, фінансовими) потоками у виробництві.

Перерахований комплекс завдань повинен вирішуватися в рамках фірмової логістичної стратегії оптимізації керування матеріальними й супутніми їм потоками з погляду:

- оптимізації (мінімізації) рівнів усіх запасів усередині виробничо-технологічного циклу й складської системи скорочення часу виробничо-технологічного циклу;
- зменшення всіх логістичних витрат у виробництві;
- оптимізації роботи внутрішньофірмового транспортно-складського комплексу.

Складність впроваджені логістичної концепції на виробництві багато в чому залежить від впроваджені технологічної спеціалізації і в першу чергу в області транспортно-переміщуючих робіт. Облік витрат припускає виявлення всіх залучених у виробничий процес підрозділів; визначення зміни витрат, викликаного відмовою відданого бізнес-процесу; визначення витрат, які можуть бути відвернені, якщо даний товар не буде виготовлений та доставлений до споживача.

Керування матеріальними потоками повинно бути наскрізним і координуватися з одного центру.

Усі логістичні операції повинні бути повністю взаємозалежними та пов'язаними між собою. Вони повинні становити єдиний процес керування матеріальними, інформаційними й іншими видами потоків, які виникають у виробничому процесі.

Список літератури

1. Сумець О.М. Виробнича логістика: технічні системи і прийоми раціоналізації переміщення матеріальних потоків: навчальний посібник / О.М. Сумець, П.С. Сиромятніков /Для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації. – Х. : ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 100 с.
2. Сумець А. М. Сущность термина «производственная логистика» / Сумець А.М., Сыромятников П.С. // Професійний менеджмент в сучасних умовах розвитку ринку : матеріали конф. VI наук.–практ. конф. з міжнар. участю, 1 листоп. 2017 р. / Нац. фармац. ун–т. – Харків, 2017. – С. 471–473.
3. Сумець А. М. Ключевые аспекты инноваций в производственные системы / А. М. Сумець, П. С. Сыромятников // Science and education: trends and prospects : Collection of scientific articles. – Ascona Publishing, New York, United States of America, 2018. – P. 268-271.
4. Сумець О. М. Аналогова модель системи реєстрації, аналізу й контролю логістичних витрат на виробничих підприємствах / Сумець О. М., Сиромятніков П. С. // Anti-crisis management : State, Region, Enterprise: Proceeding of the International Scientific Conference / Le Mans University. – Le Mans, 2017. – Part 3. – С. 88–90. Sumets A. Specific Aspects of Logistics Enterprises in the Fat-and-Oil Industry / Alexander Sumets // Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal. – 2017. – Vol. 3, № 1. – P. 37–44.

НЕОБХІДНІСТЬ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В УКРАЇНІ

**В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф.,
А.В. Гриньків, канд. техн. наук, с.н.с.,
С.В. Лисенко, канд. техн. наук, доц.,
Є.В. Антощенко, студ.,**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Протягом останніх десятиліть у великій кількості країн усвідомлено необхідність підвищення економічної конкурентоспроможності, а також загальної якості, спроможності та ефективності як внутрішньої, так і міжнародної мобільності та логістики.

Відомо, що ефективна торговельна і транспортна логістика є ключовими для розвитку й конкурентоспроможності країн в т.ч. і України. Логістика стосується не тільки пасажирського і вантажного транспорту, але й включає широкий спектр видів діяльності державного і приватного секторів, що уможливають ефективні матеріалопотоки та відповідних інформаційного та грошових потоків.

Планування та здійснення заходів у сфері логістики вантажних та пасажирських перевезень спрямовані на доставку необхідної їх кількості, в потрібний час, у потрібне місце за оптимальною ціною із забезпеченням необхідною інформацією та дотриманням діючих соціальних, екологічних та інших норм.

Ефективно функціонуюча логістична система особливо важлива для України, оскільки міжнародна торгівля складає значну частину внутрішнього валового продукту (ВВП). Україна також є світовим постачальником харчових продуктів та провідним експортером сільськогосподарської продукції.

Зазначимо, що географічне положення України в центрі Східної Європи, на перехресті основних транспортних шляхів з Європи в Азію та від скандинавських держав до регіону Середземномор'я, є безумовно сприятливим середовищем для розвитку міжнародної торгівлі. Важливою для внутрішнього ринку є ефективна логістика, яка забезпечує доступність, безпечність та надійність транспортних та інших логістичних послуг, що допоможе українській економіці розвиватися стабільно в економічному, соціальному та екологічному аспектах.

Завдяки комплексній транспортно-логістичній системі в Україні можливі експорт, імпорт та транзит, а також внутрішній рух товарів.

Україна є частиною кількох міжнародних транспортних коридорів, таких як коридори 3, 5, 7 і 9 Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T), коридори 3, 4, 5, 7, 8 і 10 Організації співробітництва залізниць (ОСЗ), а також частина коридору Європа – Кавказ – Азія (TRASECA). Розвиток транспортного сектора України є також невід'ємною частиною Угоди про асоціацію (УА) між Україною та Європейським Союзом (ЄС).

Згідно положеннями УА передбачено необхідність регуляторної конвергенції національної нормативно-правової бази з законодавчими актами ЄС. Слід посилити спроможність органів державної влади щодо впровадження та забезпечення дотримання законодавства.

Аналіз стану проблеми логістики в Україні свідчить, що незважаючи на важливість та наявний потенціал у сфері логістичних послуг, транспортні потужності використовуються недостатньо. Транспортні інфраструктура та послуги, що доступні вантажовідправникам і постачальникам логістичних послуг в Україні, є нижчими від установлених світових стандартів. Загальні витрати на логістику зависокі, при врахуванні сукупних витрати на обробку вантажів, перевантаження, складування, інвентаризацію, а також пов'язані з ними адміністративними та надлишковими витратами.

Згідно з індексом ефективності логістики (ІЕЛ), Україна посідає лише 80-е місце з 160 країн.

Стратегія сталої логістики для України на період до 2030 року є системним національним документом реалізації логістичного потенціалу країни. Вона сприятиме створенню ефективного транспортного комплексу України, інтегрованого зі світовою транспортною мережею. Крім цього відображено концепцію задоволення потреб населення у перевезеннях та покращенню умов ведення бізнесу задля створення конкурентоспроможної та ефективної національної економіки.

Показано, що стратегія сталої логістики для України охоплює сталості: економічна, соціальна, екологічна.

При цьому під екологічною сталістю розуміють – зусилля щодо досягнення та підтримки фінансової стійкості державного сектора та економічної рентабельності логістичних операцій у державному або приватному секторі.

Соціальна логістична сталість передбачає підвищення безпеки дорожнього руху та інших видів безпеки, проблеми охорони праці та справедливої винагороди за роботу, уникнення заторів і затримок.

Поняття екологічної сталості включає підходи до мінімізації впливу викидів та інших зовнішніх впливів, пов'язаних з логістикою, яких зазнають люди, а також штучне та природне середовища.

Стратегія сталої логістики для України на період до 2030 року передбачає:

- реалізацію потенціалу країни в сфері логістики;
- посилення мультимодальності та взаємосполучуваності між різними видами транспорту;
- обслуговування, модернізація та розширення ефективної транспортної та логістичної інфраструктури й сприяння розвитку енергоефективного вантажного та пасажирського транспорту;
- поліпшення навичок та послуг, пов'язаних з транспортом та логістикою;
- всебічне сприяння торгівлі.

Зазначене стосується як фізичних, так і регуляторних перепон, але не охоплює комплексну реструктуризацію всього транспортного сектора та його комплексних об'єктів. Це що детально розробляється в Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року, а також у низці підгалузевих стратегій, наприклад, для автомобільного, залізничного, повітряного і морського транспорту, а також для портів і внутрішніх водних шляхів.

Необхідно також зазначити, що розробку Стратегії сталої логістики для України на період до 2030 року, яка доповнює Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року, підтримує Світовий Банк, усвідомлюючи її важливість для розвитку транспортної та інфраструктурної складових економіки України.

Список літератури

1. Аулін В.В. Підвищення ефективності транспортних систем в АПК на основі логістичного підходу / В.В. Аулін, Д.О. Великодний, В.О. Дьяченко / Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 135-138.
2. Aulin V. Substantiation of diagnostic parameters for determining the technical condition of transmission assemblies in trucks / V. Aulin, A. Hrinkiv, A. Dykha, M. Chernovol, O. Lyashuk, S. Lysenko / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2, Issue 1 (92). P. 4–13.
3. Аулін В.В. Теоретико-методологічні основи побудови транспортно-логістичних систем / В.В. Аулін, Д.О. Великодний, В.О. Дьяченко / Матеріали VI-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 12-13 квітня 2018 року. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – С.9-10.
4. Аулін В.В. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК / В.В. Аулін, Д.О. Великодний, В.О. Дьяченко / Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.8-11.

СТРАТЕГІЯ СТАЛОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ НА ПЕРІОД ДО 2030 РОКУ. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
Д.О. Великодний, *канд. техн. наук*,
О.А. Довгий, *студ.*,
Є.С. Галінський, *студ.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Здійснення заходів, викладених у Стратегії сталої логістики для України на період до 2030 року, вимагатиме значних фінансових та інших ресурсів від державного та приватного секторів. Обсяг фінансових ресурсів, необхідних для її реалізації можна окреслити лише в загальних рисах, оскільки існує безліч невизначеностей та альтернативних способів здійснення окремих заходів. Зазначимо, що терміни, масштаби та обсяги цих заходів залежать передусім від багатьох політичних та комерційних рішень.

Визначено, що загальні орієнтовні обсяги витрат, необхідних для реалізації Стратегії сталої логістики для України оцінюються приблизно в 110 млн. євро на рік. Очікується, що близько 730 млн. євро від загальних витрат покриються державним сектором, а решта – 770 млн. євро – приватним сектором.

На відновлення вантажних транспортних засобів автопарків України пропонується 6400 млн. євро до 2030 року. При цьому, частка приватного сектору становить 4500 млн. євро, тоді як витрати державного сектора складуть приблизно 1900 млн. євро.

Необхідні значні фінансові ресурси для реалізації намічених і необхідних заходів на додаток до інших інституційних, організаційних та людських ресурсів. Нагляд та прогнозування Кабміну також є дуже важливими для підготовки до будь-якого майбутнього впливу від регуляторних змін.

Здійснюється кілька кроків для подолання складнощів та викликів логістичного сектора та їх адміністрування в Україні. Серед перших кроків є виявлення та опис загальних, а також більш специфічних проблем, що потребують вирішення, і з огляду на це, визначення стратегічних цілей. Ці цілі мають бути пов'язані з ключовими показниками ефективності, які дозволяють стежити за прогресом на транспорті.

Після цього треба визначити необхідні заходи для досягнення цих цілей, а потім розробити більш детальний план дій щодо того, як і хто може і має досягти цих цілей. Дуже важливим також є надійний механізм подальшого відстеження досягнутого прогресу та звітування про нього. Розв'язання цих завдань, має бути контрольовано Координаційною радою з питань логістики (КРЛ), що є консультативно-дорадчий органом Кабміну.

Для того, щоб Кабмін міг виконувати Стратегію сталої логістики для України на період до 2030 року, одним з найважливіших завдань є створення необхідної інституційної рамки для реалізації стратегічних цілей. Така структура повинна мати чіткий мандат і необхідну політичну підтримку на найвищому урядовому рівні. В цьому напрямку розв'язання багатьох питань пов'язано з діяльністю кількох міністерств та підпорядкованих ними агентств. Крім Мінінфраструктури, це Мінфін, МВС, Мінагрополітики, Мінюст, МОН та Мінекології.

Кабмін має створювати або змінювати нормативно-правову базу для підтримки транспортної логістики. Після того, як ці положення будуть затверджені Кабміном та парламентом, така діяльність повинна координуватися та виконуватися підпорядкованими установами, відповідальними за впровадження, нагляд та виконання цих розроблених положень.

Після визначення та затвердження стратегічних цілей та керівних принципів, необхідний діалог з приватним сектором, сильні інституції, ефективна координація державного сектора та державна підтримка на найвищому рівні для реалізації стратегії та пов'язаних з нею заходів. Зазначене необхідне для посилення масштабів, якості та конкурентоспроможності логістичних послуг в Україні.

Ефективні вантажні та пасажирські перевезення вимагають, щоб усі ланки в ланцюжку декількох видів постачальників послуг та органів влади функціонували добре та передбачувано.

В зв'язку з цим, дієва та ефективна логістика передбачає координацію між багатьма суб'єктами державного та приватного секторів, у тому числі за кордоном. Надання широкого спектру транспортних послуг підпадають під дію численних правових та регулятивних рамок та регуляторних органів. Разом з тим, добре продумане та належним чином впроваджене регулювання забезпечує чесну конкуренцію, адміністрування фізичних потужностей та інших ресурсів, збору мита та високий рівень безпеки, в тому числі безпеки логістичних ланцюгів постачання.

Поліпшення транспортних логістики складне через широкий спектр питань, які можуть вступати в протиріччя одне з одним: зокрема у сферах економіки (фіскальна політика та рентабельність логістичних операторів та перевізників); соціальної політики (безпека руху та інші види безпеки, охорона праці та справедлива винагорода); навколишнього середовища (викиди та інші зовнішні впливи). Зазначимо, що при цьому соціальний аспект особливо важливий в Україні, оскільки рівень безпеки в транспортному секторі є низьким порівняно з іншими європейськими країнами.

Формулювання та впровадження політики в галузі транспорту ускладнюють концептуальні та методологічні непорозуміння, а також проблеми з доступом до бази даних. На концептуальному рівні обсяг сфери логістики часто недостатньо визначений, а термінологія, наприклад, розмірів логістичного ринку або рівня логістичних витрат на рівні компанії, галузі чи цілої країни, значно відрізняється.

Наявність надійної, відповідної та обґрунтованої статистики є дуже важливою для формування здорової політики, заснованої на фактах, незалежно від наявних проблем. В Україні удосконалення методів збору відповідної статистики та даних про логістичні заходи, а також забезпечення доступу до них користувачів є очевидним та невідкладним завданням методологічного та інституціонального характеру розвитку.

Одним із пріоритетів уряду України є забезпечення того, щоб Координаційна рада з питань логістики, створена під час підготовки Стратегії сталої логістики для України на період до 2030 року, мала чіткий мандат і отримувала необхідну підтримку та засоби для роботи. Вона є консультативно-дорадчим органом Кабінету Міністрів, до складу якого входять представники ключових відомств, підприємств та установ України, оскільки багато питань транспортної логістики пов'язано з діяльністю кількох міністерств та їх підпорядкованих органів, підприємств та установ.

Координаційна рада з питань логістики розглядає питання щодо зменшення бар'єрів та витрат у сфері міжнародної торгівлі та внутрішньої логістики. Серед основних завдань є і моніторинг та подальше дотримання показників ефективності знань з розвитку логістики та покращення морального і фінансового стану, а також компетентності державних службовців.

Участь приватного сектора в Координаційній раді з питань логістики є невід'ємною. Дискусійні форуми, такі як Європейська асоціація бізнесу та Американська торгівельна палата надають їй цінну дискусійну платформу. Група підтримки реформ, створена в Мінінфраструктури за фінансового забезпечення ЄС і функціонує спочатку в якості секретаріату для полегшення координації між різними зацікавленими сторонами.

Важливим є створення відповідної статистики на транспорті. Необхідні значні фінансові, організаційні та технологічні ресурси, а також розподілені інституційні обов'язки, щоб підвищити доступність та надійність даних, що стосуються логістики. Дані про рухомий склад транспорту, такі як реєстри автотранспортних засобів, суден, літальних апаратів та

рухомого складу залізниці, а також основні дані за видами транспорту наявні, але їхня якість низька. Потрібні додаткові дані про показники діяльності, продуктивність та витрати, структуру ринку та потоки вантажів, пасажирів та транспортних засобів.

Існує недостатньо даних, які б відображали поточну ситуацію. Процедури збору, обміну, агрегації та поширення даних є нечіткими та громіздкими, а тому доступ до даних затримується на тривалий час. Поліпшення стану якості, обсягу та доступу до статистичних даних є нагальним першочерговим завданням, а також для виконання вимог УА з питань транспорту та логістики. Ця робота передбачатиме участь багатьох сторін у межах Кабміну, міністерств та їх підвідомчих установ, а також Державної служби статистики України.

Основні завдання Міністерства інфраструктури охоплюють збільшення кількості перевірок безпеки на транспорті стосовно всіх видів транспорту, зокрема щодо дотримання технічних стандартів для різних типів транспортних засобів, інтенсифікацію перевірок та забезпечення виконання нормативних актів, що регулюють перевезення небезпечних вантажів, налагодження координації між міністерствами або відомствами з питань транспорту (особливо автотранспорту) та посилення ролі галузевих об'єднань, навчальних та науково-освітніх закладів у розвитку сектора автомобільного транспорту. В сфері безпеки дорожнього руху для легкових автомобілів, а також легких і важких транспортних засобів, що вимагатиме покращення узгодженості між формулюванням завдань та відповідальністю за їх виконання, особливо між Національною поліцією та Укртрансбезпекою.

В Індексі ефективності логістики за даними 2014 року за рівнем якості та компетентності у сфері логістики Україна посіла 68-е місце зі 160 країн на основі оцінок, що надходять згідно меж оцінюваних країн. Цей результат свідчить про неминучу потребу у підвищенні рівня кваліфікації та компетенцій у сфері логістики в Україні.

Важливим є забезпечення правильного виду освіти, підготовки та дипломування. Окрім проблем у предметній сфері, недостатнє володіння англійською мовою швидко стало головною перешкодою для українських перевізників та постачальників логістичних послуг, а також для відповідальних за формування політики в галузі транспорту.

Міністерство освіти і науки України є профільним міністерством, яке несе головну відповідальність за виконання завдань, пов'язаних з формуванням навичок та компетенцій. У галузі транспорту і логістики співпраця з Мінінфраструктури є суттєвою, оскільки деякі види діяльності перебувають і у сфері відповідальності Мінінфраструктури.

В даному напрямку основна рекомендація Стратегії сталої логістики для України на період до 2030 року є розробка Генерального плану освіти, підготовки та досліджень у сфері логістики.

Список літератури

1. Аулін В.В. Концептуальний підхід дослідження функціонування транспортних систем / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків / Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем", 22-23 травня 2018 р. – Харків: ХНАДУ, 2018. – С.14-17.
2. Аулін В.В. Ефективність створення та функціонування логістичних систем на АТП / В.В. Аулін, А.О. Головатий / Зб. тез доповідей XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання». – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – С. 71-73
3. Aulin V. Concept of development and formation of transport-logistic systems in the agroindustrial complex / V. Aulin, D. Velykodnyi, V. Dyachenko / Modern Management: Logistics and Education. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2018. - P.165-169.
4. Aulin V. Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation / V. Aulin, A. Hryniv, S. Lysenko, I. Rohovskii, M. Chernovol, O. Lyashuk, T. Zamota // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2019. Vol. 1 (6 - 97). - P. 7-12.
5. Аулін В.В. Підвищення надійності процесу перевезень в транспортних системах різними способами структурного резервування / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, Д.О. Великодний / Зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 21-22 лют. 2019 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. – С. 68-71.

СТАН ТА СТРАТЕГІЧНІ ЦІЛІ ЛОГІСТИКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,
Д.О. Великодний, *канд. техн. наук*,
Д.В. Голуб, *канд. техн. наук, доц.*,
В.О. Дьяченко, *асп.*,
А.О. Головатий, *здоб.*,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Виходячи із загальних проблем, пов'язаних із розвитком логістичного сектору в Україні, що є невід'ємною частиною Угоди про асоціацію (УА) між Україною та Європейським Союзом (ЄС), головними завдання на рівні Кабінету міністрів України є:

- започаткування та здійснення збору надійних статистичних даних у транспортному секторі;
- прискорення імплементації угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом;
- надання Координаційній раді з питань логістики чіткого мандату і засобів для виконання поставлених завдань;
- нагляд і контроль за досягненням найбільш вагомих ключових показників ефективного з розвитку логістики.

Ці основні завдання багато в чому збігаються із завданням національної транспортної стратегії України на період до 2030 року координації та вживанні заходів на всіх рівнях. Звісно, що оскільки є потреба в логістиці то можливо, головним обов'язком на рівні Координаційної ради з питань логістики є нагляд за цією координацією та забезпечення достатніх ресурсів для його здійснення.

У компетенції Мінінфраструктури є наступні коротко- та середньострокові цілі:

- значне збільшення можливостей щодо перевірок безпеки на всіх видах транспорту, особливо на автомобільному транспорті;
- суттєве покращення спроможності перевіряти перевезення небезпечних вантажів на всіх видах транспорту та забезпечувати додержання правил перевезення та правил руху.

Професійна, передбачувана та ефективна діяльність Державної фіскальної служби (ДФС) України та інших прикордонних служб має вирішальне значення для підвищення якості логістики в Україні при імпорті, експорті та транзиті вантажів. Ці служби також відіграють важливу роль у впровадженні Угоди про асоціацію між Україною та Європейським союзом та її торгових компонентів, наприклад, від процедури митної оцінки.

Вони повинні стати більш прозорими та ефективними, зокрема щодо еталонних цін для визначення митної вартості. Нагляд та впровадження таких заходів поширюється, головним чином, в рамках ДФС та інших прикордонних служб:

- повна інтеграція процедури "єдиного вікна" на митниці;
- підвищення передбачуваності та прозорості митної оцінки імпорту, запровадження системи контролю для підтвердження на рівні менеджменту;
- розробка системи управління ризиками в ДФС та інших прикордонних службах.

Галузь вантажних автомобільних перевезень в Україні здатна задовольнити основні потреби економіки, незважаючи на складну економічну, інституційну та регуляторну ситуацію. Симптоматичним для цієї ситуації є те, що одним з найбільших викликів для автомобільних вантажних перевезень в Україні є поганий стан обслуговування доріг, засоби покращення якого повинні бути викладені в НТСУ 2030.

Таблиця 1 – Вантажообіг та обсяги перевезень вантажів у 2017 р.* (Джерело: Державна служба статистики України)

	Вантажообіг		Обсяги перевезень вантажів	
	млн. т.км	У порівнянні з 2016 р. = 100%	млн. т	у порівнянні з 2016 р. = 100%
Усі види транспорту	343 057	106	636	102
Залізничний транспорт (УЗ)	191 914	102	340	99
Автовантажний транспорт	41 179	108	176	105
Водний транспорт	4 257	106	6	88
Трубопроводи	105 434	112	115	108
Авіаційний транспорт	273	121	0	111

* без урахування тимчасово окупованих територій АР Крим, м. Севастополя та частини зони проведення АТО.

Відповідно до офіційної статистики, вантажний автомобільний транспорт сприяє збільшенню ВВП України на 2-3% (всі види транспорту: 7%), і в ньому задіяно таку ж частку робочої сили країни (всі види транспорту: 6-7%). Майже 70% усіх внутрішніх вантажів у розрахунку на вагу перевозяться автомобільним транспортом, що відповідає лише приблизно 12% показників роботи транспорту у тонно-кілометрах.

Найважливішими товарами, що перевозяться вантажними автомобілями, є продукція металургії та інша гірничодобувна продукція (41%), сільськогосподарська продукція, продукти харчування, напої та тютюн (24%), а також хімічна продукція (10%).

Середня собівартість вантажоперевезень автотранспортом часом складає порядку 17 грн./км на внутрішніх та близько 13 грн / км на міжнародних маршрутах з відповідними тарифами (цінами) близько 20 грн. / км в обох випадках. Розподіл витрат як на внутрішньому, так і на міжнародному транспорті має приблизно такий вигляд: 17% на водія, 47% на паливе, 17% на транспортний засіб, 13% на накладні видатки та 6% інших витрат.

Пропозицію на автомобільні вантажні перевезення, в основному, забезпечують дрібні компанії: 74% компаній нараховує менш ніж 9 осіб, річний оборот 95% компаній менший за 1 млн євро, а 88% від загального обсягу вантажу, перевезеного автомобільними дорогами, припадає на перевезення за власний рахунок та на індивідуальних водіїв, що ускладнює ефективний моніторинг і забезпечення дотримання діючих правил у цій галузі.

Внаслідок політики дерегуляції початку 2000-х років, більш ніж 70% операторів автомобільних вантажоперевезень фактично не мають ліцензій, що призводить до ухилення від сплати податків, включаючи продаж палива невідповідної якості, перевезення акцизних вантажів без відповідної документації, контрабанду через кордон та використання банківських рахунків компанії за кордоном.

Розквіт корупції та низькі ціни не заохочують брати участь більших і, можливо, більш професійних іноземних операторів. Наявність кваліфікованих працівників зменшується, оскільки кількість професійних водіїв і механіків, які обслуговують автотранспортні засоби, скоротилася з більш ніж мільйона в 2011 році до менш ніж 850 тисяч у 2016 році, що частково відображає перехід на вищі платні робочі місця за кордоном.

Понад 70% вантажних транспортних засобів на автошляхах мають вагу менш ніж 10 т, три чверті з них мають вік понад 10 років, а близько половини – російського та українського виробництва. Результатом цього є низька ефективність використання палива, збільшення забруднення повітря та практика надмірного перевантаження транспортних засобів. На повне оновлення автопарку знадобиться від 13 до 25 років. Оренда та банківські кредитні ставки є високими та практично недоступними для багатьох операторів, тому пряма закупівля є найбільш оптимальним варіантом, коли це можливо.

Серйозні проблеми зі збором даних ускладнюють будь-який глибокий аналіз вантажних перевезень автотранспортом, наприклад, бракує даних щодо: кількості

підприємств вантажного автотранспорту та їх характеру, автопарків та їх розподілу, а також надійних розрахунків стосовно дорожнього руху.

Якісні дороги, підвищення професіоналізму, ефективна функція урядового контролю, та модернізація парку є ключовими до ефективної системи автомобільних вантажних перевезень.

Аналіз загальних проблем, пов'язаних з автомобільним вантажним транспортом дає можливість визначити декілька з них:

- поганий стан дорожньої мережі;
- недостатня статистика щодо дорожнього руху, автотранспортних підприємств та автопарків;
- понад половину обсягу вантажних перевезень здійснено за власний рахунок та індивідуальними водіями, що є незвичайно високою часткою;
- велика частка операторів автомобільних вантажоперевезень не мають ліцензій;
- на ринку домінують дрібні фірми, що мають зазвичай обмежені ресурси для розвитку своїх операцій;
- високі капітальні витрати і лізингові збори та, як правило, обмежена наявність фінансування для відновлення парку;
- понад 75% вантажних транспортних засобів старші за 10 років, а 25% російського та українського виробництва;
- недостатня наявність кваліфікованих водіїв, що продовжує зменшуватися;
- низька ефективність використання палива, підвищений рівень забруднення та надмірні перевантаження є поширеною практикою;
- згідно з повідомленнями, висока поширеність корупції та неформальних практик у автомобільному вантажному транспорті;
- недостатні та спорадичні перевірки автомобілів, водіїв та документів на предмет дотримання правил безпеки дорожнього руху;
- недостатнє охоплення та дотримання виконання міжнародних конвенцій у сфері автомобільного транспорту.

Виявлено, що у секторі вантажних автомобільних перевезень основні завдання, спрямовані на підвищення якості та ефективності їх роботи. Основний обсяг перевезень здійснюється приватним сектором. З огляду на нагальну потребу відновлення автопарків вимагається фіскальна та регуляторна підтримка з боку Кабміну. Необхідно вдосконалювати перевірки на дорогах та автомобільному транспорті, а також розв'язок питань, пов'язаних з міжнародними конвенціями та угодами щодо автомобільного транспорту, в першу чергу в цих питаннях відповідальними є Кабмін та Мінінфраструктури, але також і Національна поліція та Укртрансбезпека.

Часткові скасування ліцензій операторів для підприємств з вантажних автоперевезень у 2010 році створило досить хаотичну ситуацію на транспортному ринку. В той час впровадження якісного регулювання доступу до цієї професійної діяльності сприятиме регулюванню сектора вантажних перевезень і відповідності УА між Україною та Європейським Союзом.

На сьогодні розробляється надійна схема процесу реєстрації та ліцензування, підкріплену відповідною інформаційно-технологічною системою, для управління комплексним операційним банком даних в режимі реального часу, щоб зменшити шанси на незаконні втручання та корупцію. Необхідно знайти прийнятні відхилення від наявних вимог ЄС щодо фінансового стану. Коли будуть досягнуті домовленості про відповідні стандарти, що відображають українські реалії, вони повинні бути застосовані на всіх рівнях.

Ключовими коротко-середньостроковими напрямками розвитку для автомобільного вантажного транспорту є наступні:

- значне посилення габаритно-вагового контролю, контролю технічного стану транспортних засобів, перевірок сертифікації та стану водіїв;

- перегляд необхідності дотримання відповідних міжнародних конвенцій у сфері автомобільного транспорту;
- підвищення доступу до багатосторонніх і двосторонніх транспортних дозволів паралельно зі сприянням оновленню реєстрації автопарку в Україні та інші.

Слід зазначити, що підняття парку великовантажних автомобілів до міжнародних стандартів до 2030 року може допомогти вдвічі скоротити інші типи шкідливих викидів від вантажівок та зменшити викиди CO₂ на 28%. Це обумовить сучасні вантажні автомобілі збільшити продуктивність автопарку на 35%, використовуючи на 22% менше вантажівок. Цей процес вимагатиме чистого фінансування після врахування можливої ліквідаційної вартості зайвих вантажівок та заощадження коштів за рахунок підвищення ефективності використання палива.

Ключові середньо-довгострокові напрями розвитку, що дозволяють відновити український парк автомобільного вантажного транспорту полягають в наступному:

- модернізація автопарків вантажного транспорту, особливо для внутрішніх перевезень з міркувань економічного та також екологічного характеру;
- ПДВ, що складає 20% на імпортовані транспортні засоби, має бути переглянута через надзвичайну необхідність і запізніле оновлення автопарку;
- митниця повинна приймати справжню і правильно задокументовану ціну придбання імпортованих транспортних засобів у якості оголошеної вартості та інші;

Ситуацію з автомобільних вантажних перевезень в Україні можна покращити шляхом застосування таких заходів:

- стабілізація наявних державних структур та організацій, що займаються комплексом питань: нагляд, перевірка та забезпеченням дотримання виконання вимог у сфері автомобільного вантажного транспорту;
- встановлення вимог до форми і змісту координації між усіма компетентними органами, що управляють автомобільним транспортом;
- посилення участі галузевих асоціацій, навчальних закладів та освітньо-наукових установ у соціальному діалозі заради розвитку сектора автомобільного транспорту;
- розробка та впровадження ефективних інтелектуальних транспортних систем та супутньої дорожньої інфраструктури.

Список літератури

1. Аулін В.В. Підвищення ефективності управління логістичним ланцюгом постачання в транспортній системі/ В.В. Аулін, Д.О. Великодний, Д.В. Голуб, В.О. Дьяченко / Зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 21-22 лют. 2019 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. – С. 195-198.
2. Aulin V. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system / V. Aulin, O. Lyashuk, O. Pavlenko, D. Velykodnyi, A. Hrynkiv // Communication – Scientific Letters of the University of Zilina. – 2019. Vol.21 (2), P. 5-14.
3. Аулін В.В. Моделювання ланцюга постачання в транспортно-логістичній системі / В.В. Аулін, Д.О. Великодний, В.О. Дьяченко / Тези доповідей Третьої Всеукраїнської науково-теоретичної конференції "Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання", 28–30 березня 2019 року. – Дрогобич.: Посвіт!, 2019. – С.68-69.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ В МІСЬКИХ УМОВАХ

В.В. Севідова, студ.,
О.П. Калініченко, канд. техн наук, доц.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

На даний момент часу одним з найважливіших аспектів соціально – економічної політики держави є створення таких умов що би забезпечити своєчасне задоволення потреб населення в якісних продовольчих продуктах та зниження цін на ці товари. Одним з основних і важливих напрямків зазначеної діяльності є виробництво і доставка продуктів харчування до споживача.

При доставці вантажу повинні виконуватися такі основні вимоги як «від дверей до дверей», «точно в термін» і «з мінімальними витратами». Як правило перевезення таких видів вантажу в торгівельну мережу часто відбувається дрібними партіями. Тому як особливістю таких перевезень є: велика кількість пунктів реалізації на території населених пунктів; широкий асортимент продукції; різні терміни реалізації продукції (хліб, молоко і т.д.) на відміну від інших вантажів; складність задач планування, внаслідок великого числа одержувачів; партійність і висока собівартість перевезень [1].

Обсяги споживання хлібобулочних і кондитерських виробів в таких містах, як Харків значні. Правильно спланована доставка хліба і булочних виробів забезпечує безперерйну і синхронну роботу цілого ряду галузей народного господарства, серед них виробники продукції, транспортні компанії і пункти реалізації або торгуючі організації.

При організації процесу перевезення хліба автотранспортом важливу роль відіграє вибір маршруту руху. Ефективність перевезення цього виду вантажу є соціально значущим чинником, так як вартість надаваних транспортних послуг впливає на кінцеву ціну товару. У зниженні останньої ціни на товар зацікавлена кожна людина, тому проблема підвищення ефективності та зниження собівартості перевезення дрібно партійних вантажів є актуальною. На автотранспортних підприємствах при маршрутизації дрібнопартійних перевезень мало уваги приділяється використанню різних методів розв'язання оптимізаційних задач. Внаслідок цього автомобільні транспортні засоби працюють на нераціональних маршрутах, що призводить до зниження ефективності їх функціонування, підвищення собівартості транспортної продукції.

Важливою проблемою при підвищенні ефективності виконання перевезень тарно-штучних вантажів у міських умовах є проблема необхідності постійного оновлення маршрутів руху, яка вирішується за допомогою маршрутизації, та проблема вибору нераціонального рухомого складу. Особливу увагу слід приділяти маршрутизації перевезень, тому що використання раціональних маршрутів є безсумнівною перевагою централізованих перевезень над децентралізованими, що підвищує їх ефективність. Розробка маршрутів доставки вантажів дозволяє скоротити простої автомобілів під завантаженням і розвантаженням і підвищити їх продуктивність [2].

У сучасній спеціальній літературі проблемам вдосконалення перевезень вантажів в міських умовах приділяється значна увага [3-9]. Створення маршрутів дозволить точно визначити обсяг перевезень вантажів з постачальницько-збутових підприємств, кількість автомобілів, що здійснюють ці перевезення, сприяє скороченню простою автомобілів під завантаженням і розвантаженням, ефективному використанню рухомого складу. Разом з тим маршрутизація дозволяє підвищити продуктивність автомобілів при одночасному зниженні кількості рухомого складу, що надходить на підприємство при тому ж обсязі перевезень [4].

Маршрутизації перевезень повинно передувати оптимальне закріплення споживачів за постачальниками. Інколи рішення цих двох задач може суміщатись в одну. Завдання

маршрутизації тісно пов'язано із проблемою відшукування найкоротших відстаней між пунктами перевезень. Для рішення завдання знаходження найкоротших шляхів розроблені різні методи, наприклад: метод послідовних наближень, метод «мітли», метод Прима, Бержа й інших. Більша частина їх використовує ідею динамічного програмування.

При перевезенні тарно-штучних вантажів, найбільшу складність викликає складання розвізних маршрутів доставки, для великих мереж рішення даної задачі точними методами призводить до значних витрат часу. У зв'язку з цим, у сучасній літературі розглядаються питання використання евристичних методів рішення задач розвозу продукції. Серед відомих, найбільш широко використовується метод Кларка-Райта [5,8]. Важливим завданням організації перевезень є вибір ефективних транспортних засобів, найбільш відповідних конкретним умовам перевезень [4]. Завдання вибору економічно доцільного рухомого складу відповідно до конкретних умов перевезень з урахуванням реального обсягу перевезень і сформованої структури парку може бути вирішене шляхом зіставлення і порівняння роботи рухомого складу, різних типів і моделей між собою в однакових умовах перевезень.

Аналіз літературних джерел показує, що питанню вивчення ефективності транспортних засобів та їх раціонального вибору, приділяється достатньо велика увага. Вибір найбільш ефективного рухомого складу виконують шляхом порівняння результатів експлуатаційних та економічних розрахунків [7].

При формуванні маршрутів руху транспортних засобів, які виконують дрібнопартійні перевезення є можливість знизити транспортні витрати та доставити вантажі за мінімальний час. Щоб виконати це завдання використовують різні методики маршрутизації перевезення вантажів. Розробка раціональних маршрутів дозволяє своєчасно і безперебійно виконувати постачання товарів. Але існує інша проблема при використанні розвізних маршрутів, це велика кількість пунктів розвантаження, яка призводить до збільшення простоїв, а також впливає на час доставки, що збільшує витрати на доставку вантажу. Одним з рішень цієї проблеми є побудова маршруту з раціональною кількістю пунктів розвантаження що дозволить знизити витрати на доставку.

Можливо розрахувати ймовірність затримки автомобіля на кожному з пунктів розвантаження. Затримка автомобіля залежить від таких факторів як затори на дорогах, інтенсивності транспортного потоку, черги в пунктах розвантаження, кількості пунктів заїзду і багато інших. Ймовірність затримки буде зростати з кожним із включених до маршруту пунктів заїзду.

Зі збільшенням пунктів завантаження, значно підвищується ймовірність затримки автомобіля, що призводить до накопичення відхилення часу прибуття автомобіля від запланованого, а відповідно до збільшення непродуктивних простоїв, пов'язаних з невиконанням графіків завантаження вантажу. Ймовірний час затримки у першого отримувача вантажу P_{np1} (рис. 1) складається з часу відхилення від запланованого часу прибуття в пункт 1 та з можливого збільшення часу розвантаження у пункті. Аналогічним чином можливе відхилення від запланованого часу прибуття у кожний наступний пункт, що складається з відхилення від часу прибуття та часу руху на ділянці маршруту P_{31-2} .

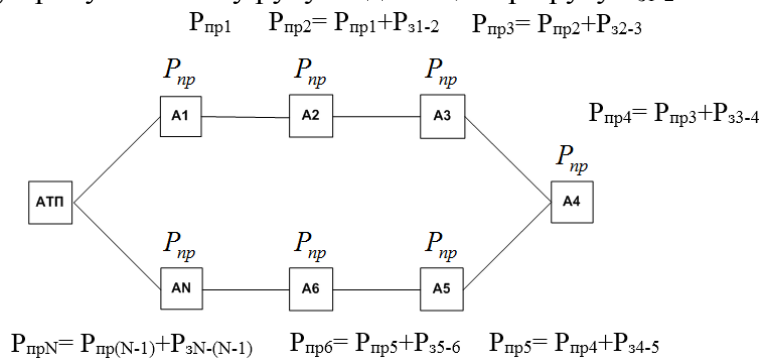


Рисунок 1 – Схема визначення можливого часу відхилення на маршруті з n-пунктами завантаження вантажу

Для визначення раціональної схеми доставки необхідно враховувати взаємний вплив таких параметрів як номінальна вантажність автомобіля, об'єм партії відправок, кількість пунктів розвантаження та витрати пов'язані із простоем автомобіля протягом вантажно – розвантажувальних робіт.

В результаті досліджень визначено, що використання автомобіля мінімальної вантажності дозволяє виконати умови доставки вантажу по часовим параметрам з найбільшою точністю, тому що вони більш мобільні, тому виконують перевезення точно за розкладом, проте у загальному вигляді збільшується час доставки через те, що автомобіль часто повертається в пункт навантаження у зв'язку з невеликою кількістю пунктів розвантаження, через це збільшуються порожні пробіги що призводить до зменшення часу вантажної їздки. Тобто можна зробити висновок що, часові та фінансові витрати в таких випадках сягають значних величин.

Якщо використовувати автомобілі з максимальною вантажністю значно зменшується кількість порожніх пробігів, проте через те що такий рухомий склад є менш мобільний, а кількість пунктів розвантаження досить велика, ймовірність затримки транспортного засобу в цих пунктах значно зростає. Це впливає на стан вантажу і також збільшує витрати на доставку вантажів, через збільшення часу непродуктивного простою під розвантаженням.

Якщо при виборі автомобіля враховувати величину штрафу за затримку автомобіля, то можливо виявити залежність, що при збільшенні пунктів заїзду буде збільшуватись ймовірність часу затримки автомобіля в цих пунктах, що призведе до збільшення витрат на доставку, тому при виборі раціонального транспортного засобу необхідно брати до уваги вплив цього показника.

Застосування сучасних методів формування розвізних маршрутів для великої кількості замовників дають найменшу похибку при оптимізації загального пробігу. З цього можна зробити висновок що при формуванні маршрутів з великою кількістю пунктів розвантаження за допомогою сучасних програм можливо значно зменшити непродуктивні простой під розвантаженням, що дозволить знизити загальні витрати на доставку вантажу.

Список літератури

1. А.І. Кузьменко. Підвищення ефективності перевезення харчових вантажів в умовах великого міста. //Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2015, вип. 156. С. 116-123.
2. Ю. Н. Семенов, О. С. Семенова. Автоматизация построения маршрутов перевозок мелкопартионных грузов. //Вестник Кузбасского государственного технического университета, №. 1 (113), 2016, С. 193-199.
3. Куш Є. І. Розробка алгоритму формування розвізних маршрутів в логістичній системі //Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2017. – №. 4. – С. 128-133.
4. Шраменко Н. Ю., Мороз М. М. Формування раціональної технології транспортно-експедиційного обслуговування вантажовласників у міському сполученні //Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2015. – №. 2. – С. 77-81.
5. Лучко М.І., Фатєєв М.І. Удосконалення транспортного обслуговування збірних та розвізних маршрутів у логістичному ланцюгу постачань // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2010. – №4 (146) – Частина 2. – С. 36-43.
6. Калініченко О.П. Рішення задач оперативного планування на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. / О.П. Калініченко. Харків: Видавництво ХНАДУ, 2015. –143 с.
7. Шаповал, Д.В. Совершенствование оперативного планирования перевозок мелкопартионных грузов автомобилями на радиальных маршрутах в городах: дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Д.В. Шаповал; науч. рук. проф. – Омск., 2012. – 138 с.
8. Ерофеевский Н.А. Суточное планирование грузовых автомобильных перевозок. / Ерофеевский Н.А. - М.: Транспорт, 2013. - 56 с.
9. Москвітіна Т.Д. Торговельна логістика: Навч.посіб./ Москвітіна Т.Д. - К.: Київ.нац.торг.-екон.ун-т, 2007. - 161с.

ЗМІСТ

	Стор.
ФІЗИЧНІ ТА МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ	7
1. Синергетичне підвищення надійності трибоспрязень деталей систем і агрегатів транспортних машин. <i>В.В. Аулін, С.В. Лисенко, І.В. Жилова, О.В. Вербицький</i>	7
2. Роль флуктуацій основних термодинамічних величин в теорії надійності трибоспрязень деталей систем і агрегатів транспортних машин. <i>В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик, М.С. Наполов, М.І. Комісаренко</i>	9
3. До фізичної природи швидкоплинних процесів у поверхневих шарах деталей трибоспрязень. <i>В.В. Аулін, А.Є. Чернай, А.П. Лукашук</i>	13
ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ВУЗЛІВ ДЕТАЛЕЙ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ	15
4. Удосконалення установки для дослідження матеріалів та покриттів на гідроабразивне зношування. <i>М.Й. Бурда, О.А. Грунт</i>	15
5. Зміцнення корпусної частини породоруйнівного інструменту електродуговим наплавленням зносостійкого покриття. <i>О.О. Іванов, Д.Л. Луцак, П.М. Присяжнюк, Л.Д. Луцак</i>	17
6. Determination of optimal design FLUX-CORED STRIP for surfacing wear-resistant alloy. <i>E. Syndetskyi, A. Belik</i>	19
7. Fretting-corrosion of supporting rolls mill 3000. <i>S.V. Schetinin, V.I. Schetinin, P.V. Nikitenko, O.V. Koval, E. Khaled</i>	20
8. Структурне пристосування матеріалів при зовнішньому терті як процес самоорганізації трибосистем. <i>М.І. Денисенко</i>	22
9. Tribological properties of composite coatings based on alloy system NI-CR-B-SI-Modified material containing borides of metals. <i>A. S. Luzan, M. S. Tkachenko, O.I. Sidashenko</i>	25
10. Tribo contact problem for sliding bearings of technological and transport machines. <i>O. Dykha, T. Kalaczynski, V. Dytynyuk</i>	28
11. Підвищення зносостійкості і механічних характеристик антифрикційних фторопластових карбопластиків, модифікованих нанопорошками оксиду цирконію. <i>В. П. Свідерський, Л.М. Кириченко, А.І. Міцишин</i>	32
12. Дослідження факторів які впливають на спрацювання шин при експлуатації. <i>О.В. Бевз</i>	35
13. Технология замера деформации шины мобильных машин. <i>А.И. Бобровник, Т.А.Варфоломеева, С.В. Маршалко, И.И.Степусь</i>	39
14. Износостойкость штоков гидроцилиндров при финишной абразивной обработки их в магнитном поле. <i>Е.В. Сенчуров, Л.Е. Сергеев, Е.А. Ковалевский</i>	43
15. Ресурсо-энергосберегающая технология восстановления и упрочнения деталей машин и оборудования электроконтактным припеканием порошковых материалов. <i>Л.А. Лопата, Н.В. Николайчук, Т.И. Ивченко, Т.Е. Хрипко</i>	46
16. Управління процесами тертя та зношування деталей за допомогою нанесення багатокомпонентних та багат шарових покриттів. <i>В.В. Аулін, С.В. Лисенко, І.В. Жилова, Т.А. Грачов</i>	50
17. Проблеми створення SMART- Покриттів в зеленій трибології. <i>В.В. Аулін, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, І.В. Жилова</i>	53
18. Механизм загазованности электролитов и выделение пузырьков. <i>В.В. Аулин, Т.Н. Замота, А.В. Гринькив</i>	57

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ.....	62
19. Адаптація складу полімерно-композитного матеріалу до умов роботи трибоспрямижень сільськогосподарської техніки. <i>О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, О.С. Кабат.....</i>	62
20. Методи підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів посівних та ґрунтообробних машин. <i>В.І. Дворук, К.В. Борак.....</i>	64
21. Основні причини зниження надійності функціонування механічних приводів сільськогосподарської техніки. <i>В.Л. Куликівський.....</i>	66
22. Контроль рівня затягування різьбового з'єднання в місцях кріплення пружних робочих органів культиваторів методом коерцитиметрії. <i>О.С. Гринченко, О.І. Алфьоров, А. Ройтих, Д. Воробйов.....</i>	68
23. Анализ качества и характер износа ножей для измельчения соломы. <i>Т.С.Скобло, А.И. Сидашенко, А.В. Сайчук, А.Ю. Вичерин, В.Н.Романченко, А.Д. Мартыненко.....</i>	71
24. Измерение тягового сопротивления почвообрабатывающей машины тензометрической навеской. <i>О.И. Мисуно, А.В. Клещик.....</i>	75
25. Комплекс свойств поверхностных слоев, полученных комбинированными способами упрочнения. <i>А.В. Миранович, В.Г. Мисько.....</i>	77
26. Показатели уровня воздействия колесных движителей на почву. <i>Г.И. Гедроуиць, С.В. Занемонский.....</i>	80
ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ.....	83
27. Исследования полноты превращения метастабильного аустенита в мартенсит деформации и степени упрочнения поверхности трения в зависимости от твердости абразива. <i>Т.А. Акрытова, М.И. Андрущенко, М.Н. Брыков, М.Ю. Осипов, О.Е. Капустян, Д.Е. Молочков.....</i>	83
28. Електродугові покриттів із порошкових електродів на основі системи високомарганцева сталь –ТіС. <i>П.М. Присяжнюк, Р.В. Андрушишин.....</i>	85
29. Удосконалення технології ремонту корозійних дефектів магістральних трубопроводів. <i>А.Я. Мельник, О. М. Матвієнків.....</i>	87
30. Розроблення електродугових покриттів із порошкових електродів на основі високолегованої хромомарганцевої сталі. <i>П.М. Присяжнюк, І.М. Сем'яник.....</i>	89
31. Вдосконалення конструкції електроду для електроіскрового легування. <i>І.М. Богатчук, І.Б. Прунько, П.М. Цвеюк.....</i>	91
32. Наплавлення зносостійких матеріалів з застосуванням воднево-кисневої плазми. <i>А.Ю. Носков, Ю.С. Попіль.....</i>	93
33. Зносостійке наплавлення з використанням нанопорошку карбиду титану. <i>О.М. Шкіндер, Ю.Ю. Оксенюк, Д.В. Степанов.....</i>	94
34. Дослідження фізичних властивостей воднево-кисневої плазми для нанесення покриттів. <i>Є.А. Захаров, Ю.С.Попіль.....</i>	97
35. Restorative installation of teeth excavator. <i>А.М. Zusin.....</i>	99
36. The problem of porosity in the surfacing of aluminum alloys by powdered electrodes. <i>V.Ya. Zusin, I.E. Rusanin.....</i>	100
37. Науково-технічні і технологічні рішення по створенню зносостійких робочих органів сільськогосподарської техніки. <i>М.І. Денисенко.....</i>	101
38. Дослідження технології обкатування роликми на контактну міцність сталевих деталей. <i>А.В. Маляран, Д.Д. Марченко.....</i>	104
39. Дослідження карбовібродугового методу зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин. <i>С.М. Герук, В.Г. Руденко.....</i>	107
40. Технологічна надійність і щозмінне технічне обслуговування льонозбиральних комбайнів. <i>А.С. Лімонт, О.Б. Плужніков.....</i>	110

41. Енергозберігаючі технології підвищення довговічності та надійності деталей машин. <i>П.В. Каплун, В.А. Гончар, В.В. Люховець</i>	113
42. Структура, зносотривкість та корозійна тривкість покриттів VC-FeCr та VC-FeCrCo, отриманих надзвуковим газополуменевим напиленням HVOF. <i>Х.Р. Задорожна, Г.Г. Веселівська, С.І. Маркович, В.М. Гвоздецький</i>	115
43. Дослідження процесу відновлення цапф картера заднього моста автомобіля КАМАЗ-6460 багат шаровим електроконтактним наварюванням. <i>С.І. Маркович, І.Ф. Василенко, Б.І. Кудінов</i>	118
44. Дослідження залежності мікротвердості та шорсткості поверхні дифузійних шарів від технологічних параметрів процесу вакуумного азотування. <i>А. В. Рутковский, С.І. Маркович, С.С. Михайлюта</i>	121
45. Разработка технологического процесса восстановления деталей типа «вал» средств транспорта электродуговыми покрытиями. <i>Е.К.Соловых, С.А.Маговец, С.Е.Катеринич, А.Е.Соловых, О.О.Рачкован</i>	124
46. Laser treatment of powder-like materials. <i>О.У. Mazheika, V.V.Verbytskyi</i>	129
47. Технологія електроконтактного зміцнення деталей автомобільної техніки. <i>О.Й. Мажейка</i>	132
48. Застосування лазерної технології при ремонті автомобільних деталей. <i>О.Й. Мажейка</i>	135
49. Зношування неодноріднозміцнених поверхонь деталей машин. <i>В.В. Аулін, М.Ю. Петровський, І.О. Лукашук</i>	138
КОНСТРУКТОРСЬКІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ, ДЕТАЛЕЙ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ	143
50. Деякі напрями підвищення технічного рівня сільськогосподарської техніки застосуванням конструкційних полімерно-композитних матеріалів. <i>О.Д. Деркач, О.О. Кругман</i>	143
51. Застосування 3D друку у прототипуванні вузлів сільськогосподарської техніки. <i>Д.І. Крутоус, О.Д. Деркач</i>	147
52. Вплив пециклінгу на конструкційні пластики. <i>О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов, К.В. Калга</i>	150
53. Підвищення довговічності робочих органів системи шлаковидалення котлів ТЕЦ. <i>В.В. Юрків, Д.Л. Луцак, П.М. Присяжнюк</i>	154
54. Особливості роботи зубчатого зачеплення шестеренної гідромашини. <i>Ю.В. Кулешков, Т.В. Руденко, М.В. Красота</i>	157
55. Аналіз основних типів матеріалів для контактного наварювання покриттів. <i>М.В. Красота, Р.А. Осін</i>	161
56. Решение проблемы усовершенствования системы топливоподачи на двигателях производства ОАО «УКХ «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД». <i>Л.Г. Сапун, А.В. Захаров, И.О. Захарова, Т.А. Варфоломеева</i>	163
57. Распределение массы агрегата по осям трактора с изменяющейся кинематикой навесного устройства. <i>А.В. Захаров, Л.Г. Сапун, И.О. Захарова, Т.А. Варфоломеева</i> ..	166
58. Эффективность работы агрегата с разнесенными на навески трактора комбинированными с/х машинами. <i>А.В. Захаров, Л.Г. Сапун, А.В. Вацула, И.О. Захарова</i>	168
59. Потери мощности трактора со сдвоенными ведущими колесами. <i>А.И. Бобровник, Н.А. Поздняков, Т.А. Варфоломеева, А.В.Захаров, В.М. Головач, М.А. Шпак</i>	170
60. Электротехнологи мойки и обеззараживания плодовошной продукции. <i>В.С. Корко, П.В. Кардашов, И.Б. Дубодел</i>	173
61. Методы повышения надежности сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов. <i>В.В. Носко, Д.С. Пращеник</i>	175

62. Равномерность распределения семян пневматической сеялки. <i>Ю.Н. Рогольская, В.Н. Еднач</i>	178
63. Мобильное энергетическое средство агрегатирования с оборотным плугом. <i>О.И. Мисуно</i>	181
64. Нагруженность муфты сцепления при наличии поводкового момента. <i>Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, Д.Г. Лопух, М.А. Кантур, Н.Н. Казеко</i>	184
ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ	186
65. Підвищення експлуатаційної надійності сучасних повно приводних тракторів з колісною формулою 4К4А шляхом удосконалення методики їх баластування. <i>П.М. Кухаренко</i>	186
66. Методи виявлення та діагностики несправностей систем та агрегатів машин. <i>В.В. Аулін, А.В. Гриньків</i>	188
67. Стан дорожньо-транспортного травматизму в Україні. <i>Ю.О. Тарасенко, О.В. Бевз</i>	191
68. Ходові методи діагностування гальмівних систем автомобілів. <i>О.О. Солонченко, М.В. Красота, Р.А. Осін</i>	195
69. Підвищення ефективності гідросистем спеціалізованих автомобілів. <i>Ю.В. Кулешков, М.В. Красота, Р.А. Осін</i>	197
70. Дослідження експлуатації моторних оли в двигунах CUMMINS. <i>О.Й. Мажейка, М.О.Грузиньш</i>	199
71. Регенерация свойств отработанных гидравлических масел сельскохозяйственных машин. <i>Ю.В. Ващёнок, В.А. Арыков, И.А. Веренич</i>	202
72. Байпасная очистка гидравлических масел погрузчика "АМКОДОР А4342С". <i>И.А. Веренич, Ю.В. Ващёнок</i>	205
73. Система смазки газовых ДВС. <i>А.С. Шепелюк, И.А. Веренич</i>	208
74. Механізм процесу облітерації в прецизійних спряженнях деталей машин. <i>В.В. Аулін, А.В. Гриньків, А.Є. Чернай, А.П. Лукашук</i>	211
75. Експлуатаційні методи підвищення трибологічної надійності важконавантажених трибоспряжень деталей. <i>О.Л. Ляшук, А.Б. Гупка, В.В. Гупка</i>	213
76. Пути улучшения современной системы диагностирования автомобилей. <i>В.В. Аулин, Т.Н. Замота, А.В. Гринькив, А.А. Карачев, Е.О. Кириченко</i>	218
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ТА ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	224
77. Підвищення ефективності функціонування термінальної системи. <i>Д.А. Заморій, Д.О. Великодний</i>	224
78. Підвищення ефективності обслуговування пасажирів міським пасажирським транспортом. <i>О.О. Хлівний, Д.О. Великодний</i>	226
79. Сучасні підходи до формування тарифної політики на міському пасажирському транспорті. <i>І.О. Хітров, В.О. Дорошук, І.В. Нечипорук</i>	227
80. Вибір режимів роботи автобусів на маршрутах міського пасажирського транспорту. <i>Є.І. Тхорук, С.М. Пашкевич, Ю.Л. Піщалюк</i>	228
81. Sustainable urban supply chain on the base of two-echelon system. <i>A. Botsman, S. Lyfenko, A. Rossolov</i>	229
82. Assessment of traffic noise pollution in urban residential. <i>E. Lezhneva, E. Vakulenko</i> ..	231
83. Towards the problem of urban passenger transport priority development. <i>A. Butsaeva, D. Korytkov</i>	233
84. Transport accessibility as the reflection of the stop points spatial characteristics. <i>V. Lohvinenko, A. Rossolov</i>	235
85. Формування комерційно доцільних маршрутів для доставки вантажів у місті. <i>О.М. Єфімова, Є.В. Нагорний</i>	237

86. Оптимізація обсягу та періодичності поставки партії вантажу. <i>Є.В. Цевменко, Є.В. Нагорний</i>	240
87. Підвищення якості транспортно-експедиторського обслуговування вантажовласників при доставці вантажів автомобільним транспортом. <i>Д.О. Вітюк, О.О. Шуліка</i>	243
88. Кластерний аналіз для цілей транспортної діагностики. <i>А.Н.Горяинов</i>	245
89. Превентивні заходи як фактор безпеки учасників дорожнього руху. <i>Н.Г. Бережна, Є.В. Бережний</i>	248
90. Проблеми при організації збору та перевезення зернових культур під час жнив. <i>Д.О. Музильов, А.О. Шишняк</i>	250
91. Підхід оцінки надійності функціонування транспортних систем резервованих способом заміщення. <i>В.В. Аулін, Д.В. Голуб</i>	251
92. Показатели экологической и энергетической эффективности энергетических установок транспортных средств. <i>Н.А. Поздняков, Т.А. Варфоломеева, А.В.Захаров</i> ..	253
93. Методы повышения агроэкологических качеств колесных тракторов «БЕЛАРУС». <i>А.И. Бобровник, Н.А. Поздняков, Т.А. Варфоломеева, А.В.Захаров, В.М. Головач, А.С. Будчанин, М.А. Шпак</i>	257
94. Использование специальных автомобилей в агропромышленном комплексе. <i>Г.И. Гедроить, В.В. Михалков</i>	260
ЛОГІСТИКА ПІДПРИЄМСТВ У СФЕРІ ВИРОБНИЦТВА ТА ОБІГУ	262
95. Удосконалення організації перевезення кондитерських виробів ТМ«ROSHEN» в умовах логістичного центру, м. Яготин, Київської області. <i>Л.А. Савченко, І.І. Махмудов</i>	262
96. The use of unmanned aerial vehicle in logistic. <i>О. Burov, I. Tkachenko</i>	264
97. Fleet size optimization in anylogic environment. <i>G. Samchuk</i>	266
98. Формування критерію вибору ефективного функціонування складської системи підприємства. <i>Д.Є. Гречка, О.В. Павленко</i>	268
99. Сучасний стан питання по вибору раціональної схеми обслуговування замовлення на доставку вантажу транспортно-логістичним центром. <i>О.В. Павленко</i> .	271
100. Підхід до визначення критерію вибору ефективною схеми доставки збірних вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні. <i>С.В. Шарий, О.В. Павленко</i>	273
101. Аналіз та оцінка перспектив розвитку ринку зерна в Україні. <i>Г.Г. Козлова, Т.В. Волкова</i>	276
102. До питання виробничої логістики на підприємстві. <i>С.В.Загорський, П.С. Сиром'ятніков</i>	278
103. Необхідність стратегічного розвитку транспортної логістики в Україні. <i>В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Є.В. Антощенко</i>	280
104. Стратегія сталої логістики для України на період до 2030 року. загальні вимоги до транспортної логістики. <i>В.В. Аулін, Д.О. Великодний, О.А. Довгий, Є.С. Галінський</i>	282
105. Стан та стратегічні цілі логістики автомобільного транспорту України. <i>В.В. Аулін, Д.О. Великодний, Д.В. Голуб, В.О. Дьяченко, А.О. Головатий</i>	285
106. Підвищення ефективності доставки продуктів харчування в міських умовах. <i>В.В. Севідова, О.П. Калініченко</i>	289

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ
МАШИН І ОБЛАДНАННЯ.
INCREASE OF MACHINE AND
EQUIPMENT RELIABILITY**

1^а Міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**17-19 квітня 2019 року
м. Кропивницький**

Відповідальні за випуск: В. В. Аулін, професор кафедри експлуатація та ремонт машин ЦНТУ України.

Редактор: В. В. Аулін.

Дизайн і верстка: С. В. Лисенко.

Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст представлених матеріалів

Підписано до друку 10.04.2019 р. Формат 60x80/16.
Ум друк. арк. – 13,9. Обл.-вид. – 12,8.
Наклад 100 прим. Зам № 23/2019.

РВЛ ЦНТУ. 25006, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8
Тел. 390-441, 559-245.