

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Підвищення довговічності трибоспрязень застосуванням оливних
присадок торгової марки «Мегафорс»**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-19 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Владімеров Олексій Олексійович

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП .

(назва кафедри)

доцент .

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2019 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Владімерову Олексію Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Підвищення довговічності трибоспрямижень застосуванням

оливних присадок торгової марки «Мегафорс»

керівник роботи Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент .

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ДДАЕУ від

«10» жовтня 2020 року № 2556

2. Строк подання студентом роботи 05.12.2020 р. .

3. Вихідні дані до роботи. Технічні характеристики машинно-тракторних агрегатів на культивації. Наукові публікації стосовно застосування полімерів в сільськогосподарському машинобудуванні.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Загальний стан питання. 2. Обладнання та методика досліджень. 3. Лабораторні дослідження. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список. Додаток.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 - Титульний лист. 2 - Мета, завдання. 3, 4 - Аналіз стану питання. 5,6 - Теоретична частина. 7, 8 – Експериментальна частина. 9 - Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 10. Економічне обґрунтування роботи. 11 - Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Деркач О.Д., зав.каф., доцент		
2	Деркач О.Д., зав.каф., доцент		
3	Деркач О.Д., зав.каф., доцент		
4	Кравець В.В., доцент		
5	Вініченко І.І., зав. каф., проф.		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 10.06.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Загальний стан питання	до 30.06.2020 р.	
2	Розділ 2. Обладнання та методика досліджень	до 10.07.2020 р.	
3	Розділ 3. Лабораторні дослідження	до 29.10.2020 р.	
4	Розділ 4. Охорона праці та безпека в НС	до 12.11.2020 р.	
5	Розділ 5. Економічне обґрунтування роботи	до 01.12.2020 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.12.2020 р.	
7			

Студент
(підпис)

_____ **Владімеров О.О.**
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи
(підпис)

_____ **Деркач О.Д.**
(прізвище та ініціали)

Реферат

Владімеров О.Л. **Підвищення довговічності трибоспрямижень застосуванням оливних присадок торгової марки «Мегафорс»** / Випускова кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеню «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2020.

Робота виконана на кафедрі експлуатації МТП в міжфакультетській проблемній лабораторії технічного сервісу машин.

Основні результати роботи доповідалися на Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту" "Innovative technologies for the development and efficiency of road transport". Центральноукраїнський національний технічний університет, Міністерство освіти і науки України, 18-19 листопада 2020 року.

Робота складається з 5 розділів, що містять аналіз стану питання, методики та обладнання для досліджень, лабораторні дослідження, розділ з безпеки праці та захисту надзвичайних ситуацій та економічне обґрунтування роботи. В кінці пояснювальної записки містяться висновки, бібліографічний список, додатки. Всього 57 сторінок листів формату А 4. Додається демонстраційний матеріал, виконаний в середовищі PowerPoint.

Ключові слова: олива, присадки, коефіцієнт тертя, знос, надійність.

Список публікацій здобувача

Деркач О.Д., Кабат О.С., Владімеров О.О. Вплив фулереновмісних олив на фрикційну взаємодію металевих трибоспрямижень // Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту"/"Innovative technologies for the development and efficiency of road transport". Центральноукраїнський національний технічний університет, Міністерство освіти і науки України, 18-19 листопада 2020 року.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ МЕГАФОРС ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ	8
1.1. Основні відомості про триботехнічний склад «Мегафорс».....	8
1.2. Фулерени, як основа сучасних триботехнічних присадок.....	12
1.3. Об'єкти досліджень.....	19
2. ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	22
2.1. Дослідження триботехнічних характеристик.....	22
2.2. Методика вимірювання шорсткості поверхонь.....	24
2.3. Методика вимірювань мікротвердості.....	28
3 . ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	31
3.1. Програма досліджень.....	31
3.2. Результати досліджень та їх аналіз.....	31
Висновки по розділу	37
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	38
4.1. Дія фулеренів на клітини рослин і людини	38
4.2. Загальні положення при роботі з матеріалами, що містять фулерени.....	40
4.3. Перша допомога в лабораторіях при опіках і отруєннях	45
4.4. Заходи щодо поліпшення умов праці	46
Висновки по розділу.....	47

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ	49
5.1. Загальні положення.....	49
5.2. Розрахунок економічної ефективності присадки «Мегафорс»	50
Висновки по розділу	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	55

Додатки

ВСТУП

Технологічний процес ремонту, відновлення деталі (агрегату) передбачає заміну або відновлення порушених в процесі експлуатації параметрів. Щоб продовжити термін служби трибоспряжень, доцільно під час експлуатації застосування засоби стримування тих руйнівних процесів, які закономірно відбуваються в механізмах та трибоспряженнях. За досить значної кількості способів відновлення деталей, актуальним завданням є пошук нових ефективних технологій відновлення і стримування процесів зношення.

Тому зараз багато уваги приділяють технологіям відновлення машин, вузлів і механізмів, які не мають механічних ушкоджень, у режимі штатної експлуатації, без розбирання й порушення технологічного процесу ремонтно-відновними сполуками з додаванням їх у системи мащення.

Використання в ремонтно-відновлювальних сполуках різновидів вуглецю, наприклад фулеренів, залишкових продуктів при їх отриманні, надає їм нові якості та можливості застосування. Деякі з напрямів їхнього використання: підвищення експлуатаційних характеристик транспортних засобів і інших спеціальних механізмів, присадки до масел і мастил, що різко підвищують зносостійкість пар тертя в машинах і механізмах, протизачіпні суміші для вузлів, що працюють в умовах підвищених навантажень, композити гальмівних колодок швидкісних транспортних засобів наземного й повітряного транспорту з підвищеною тепловіддачею й зносостійкістю, зносостійкі матеріали в умовах сухого тертя, мастильно-охолоджувальні технологічні суміші, що збільшують термін служби механізмів.

Одними з таких сполук є оливні присадки торгової марки «Мегафорс», компанії, що знаходиться і працює в м. Дніпро. Кафедра ЕМТП ДДАЕУ співпрацює з даним підприємством, тому дана робота виконувалась в межах договору про співпрацю № 707 від 15.09.2020 р.

1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ МЕГАФОРС ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ

1.1. Основні відомості про триботехнічний склад «Мегафорс»

Науково-виробнича фірма «Мегафорс» виробляє і реалізує триботехнічні добавки, зокрема, присадки (добавки) в мастила, рідке паливо і технологічні рідини під Торговою Маркою МЕГАФОРС.



Призначення виробленої продукції – це збільшення ресурсу всіх видів транспортних засобів, промислового і сільськогосподарського устаткування, а також устаткування побутового і спортивного призначення.

Згідно з пропозицією [1] «Мегафорс» (Megaforce) – це триботехнічний склад – відновник (реноватор), ще його називають наномодифікатор тертя, силікато-фулереновий склад, який застосовується, як добавка в оливи. До складу добавки в масло «Мегафорс» входять натуральні мінерали, він відноситься до групи геомодифікаторів поверхні тертя. Добавка в масло «Мегафорс» збільшує термін служби механізмів і економить енергоносії (нафтопродукти, електроенергію, газ).

Як стверджує виробник, добавка в масло «Мегафорс» – продукт самостійної дії, компоненти якого, в результаті фізико-хімічного процесу, вступають в реакцію з матеріалами, що труться, і модифікують їх. в результаті такої взаємодії змінюють їх триботехнічні властивості. В даному випадку, масла або пластичні мастила використовуються, як транспорт для доставки добавки в масло «Мегафорс» в зону тертя - зону триботехнічної взаємодії сталевих пар тертя.

В результаті ефекту вибфркового перенесення на поверхнях, що труться утворюється сервовитна плівка (шар), для створення якої необхідні хімічні компоненти та активатори. У свою чергу, від «рецептури» і умов застосування,

триботехнічні засоби, що використовуються для створення захисту від зносу, поділяються на шаруваті модифікатори, кондиціонери металів, метало- та полімероплакуючі склади, силікатовмісні склади.

Основу силікатовмісних складів складають мінерали з групи шаруватих силікатів, наприклад, групи магнезійальних серпантинів, таких як антигорить, хризотил, Лізард і ін.

У першому наближенні, утворення металокераміки на контактуючих поверхнях під дією енергії, що виділяється при терті, можна описати таким хімічним рівнянням:



де: $\text{Mg}_4(\text{Si}_4\text{O}_7)(\text{OH})_8$ - хімічний склад шаруватого силікату;

$2\text{Fe}_2\text{O}_3$ - залізо у вигляді оксиду;

H_2 - атомарний водень, який є першопричиною процесу водневої крихкості. Він може бути двох типів. Перший, коли водень потрапляє в розплавлений метал, який стає перенасиченим за вмістом водню відразу після затвердіння, а другий тип, коли відбувається охрупчування роботи в водневому середовищі, куди водень потрапляє в результаті хімічного руйнування мастил при підвищених тисках).

Таким чином, в результаті хімічного процесу утворюється 4 молекули металокераміки (Mg, Fe - метали; SiO₄ - окис кераміки, давньогрецькою мовою, κέρραμος - це обпалена глина, силікати) і 5 молекул води.

Про продукцію.

Науково-виробнича фірма "Мегафорс" виробляє під торговельною маркою «Мегафорс» продукцію, яка забезпечує захист від зносу механізми техніки, в т.ч. автомобільної та сільськогосподарської, забезпечує економію енергоносіїв (бензин, дизельне паливо, газ, електроенергія) та збільшує термін служби обладнання в 2-3 рази.

Сьогодні випускаються такі види продукції.



MEGAFORCE SMART OIL 5W-30

Синтетичне масло преміум класу містить протизносний модифікатор тертя подвійної дії SmartOil-racing, який модифікує, не тільки саме масло, але і поверхні тертя.



MEGAFORCE SMART OIL 5W-40

Масло виробляється на основі комбінації базових масел, які пройшли глибокий гідрокрекінг в присутності каталізаторів, включає пакет високоякісних присадок, при цьому використовується сама передова технологія Low Saps, яка забезпечує низький вміст сірки, сульфатної золи і фосфору.



Присадки в мастила МЕГАФОРС :

Ремонтно-відновлюючий препарат, присадка в масло «Мегафорс» для автотракторної техніки, є ефективним засобом для профілактики від зносу і відновлення деталей, якщо вони вже зазнали зносу, двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) При цьому відновлюються поверхні циліндрів, поршневих кілець, робочі поверхні колінчастих і розподільних валів, зубчастих передач і підшипників. В масло ДВС сільськогосподарських машин, промислового транспорту та будівельної техніки додається 25-30 мл на 1 л масла.

Ефект від використання присадки МЕГАФОРС для двигунів автотракторної техніки, як стверджує виробник, наступний:

- Відновлюється компресія до номінальних показників;
- Запобігає та усуває знос деталей в двигуні (циліндрів, кілець, колінчастих і розподільних валів і ін.);
- Знижується витрата пального до 8-10 відсотків;
- Збільшується потужність двигуна до 5%;
- Забезпечується стабільний пуск двигуна за мінусових температур повітря;
- Знижується знос двигуна при запуску за низьких температур;
- Забезпечується безаварійна робота двигуна при витоку масла, навіть за повної його відсутності, працює досить довго;
- Продовжує термін експлуатації двигуна в 2-3 рази.



Присадка «Мегафорс» для автотракторної техніки призначена для механічних коробок передач, редукторів заднього і переднього мостів, роздавальних вузлів сільськогосподарської техніки і промислового транспорту. При додаванні присадки в масло здійснюється профілактика або ремонт цих вузлів без розбирання. Флакон присадки, ємністю 1л, розрахований для вузла трансмісії 40л

Згідно з інформацією, наведеною на сайті компанії [1], ефективність від застосування присадки «Мегафорс-трансмісія»:

- Відновлення поверхонь деталей, які зазнали зносу;
- Нарощування зношених поверхонь шаром вуглецю-металокераміки до 0,1 мм;
- Зміцнення поверхні зі збільшенням її чистоти на 2-3 класу;

- Захист від піттинга та інших видів корозії підшипників трансмісії;
- За низьких температур виключається надмірне зношування трансмісії;
- Скорочення в 3-5 разів часу обкатки вузлів нових трансмісій, та після капітального ремонту;
- Збільшується термін служби масла до 2-х разів;
- За аварійного витоку масла, після повного циклу обробки трансмісії, можна безаварійно доїхати до найближчого ремонтного пункту;
- Зниження рівня вібрації і шуму, або їх повне припинення, якщо «виє» коробка передач або редуктор моста;
- Зниження рівня вібрації і шуму, або їх повне припинення, якщо «виє» коробка передач або редуктор моста;
- Збільшення ресурсу вузлів трансмісії в 2-3 рази.

1.2. Фулерени, як основа сучасних триботехнічних присадок

Згідно з твердженням виробника, до складу вищевказаних композицій включені *фулерени*. Розглянемо їхню будову та функції.

Фулерени (рис.1.1.) являють собою хімічно стабільну замкнуту поверхневу структуру вуглецю, в якій атоми вуглецю розташовані у вершинах правильних шестикутників (гексагонів) або п'ятикутників (пентагонів). Унікальна структура фулеренів обумовлює їх унікальні фізичні і хімічні властивості. У поєднанні з іншими речовинами вони дозволяють отримати матеріали з принципово новими властивостями. Назву «фулерен» було дано вченими Г. Крото і Р. Смоллі завдяки їх схожості з геодезичними куполами, розробленими і отриманими відомим американським ар-



Рис.1.1. Схема молекули фулерену C_{60} .

хітектором, інженером і винахідником Р. Бакмінстер Фуллер. Найбільш поширена молекула C_{60} отримала назву «бакмінстерфуллерен», або коротко «бакібол».

За відкриття фулеренів Крото, Смоллі і Керл в 1996 році були удостоєні Нобелівської премії в області хімії.

До недавнього часу вважалося, що вуглець має тільки три форми існування - алмаз, графіт і власне карбон. Ці речовини відрізняються своєю будовою. Кожний атом вуглецю в структурі алмазу розташований в центрі тетраедра, вершинами якого служать чотири найближчих атома. Така структура визначає властивості алмазу як самого твердого речовини, відомого на Землі.

Атоми вуглецю в кристалічній структурі графіту формують шестикутні кільця, що утворюють, у свою чергу, міцну і стабільну сітку, схожу на бджолині стільники. Сітки розташовуються один над одним шарами, які слабо пов'язані між собою. Така структура визначає специфічні властивості графіту: низьку твердість і здатність легко розшаровуватися на дрібні лусочки.

На противагу алмазу, графіту і карбон, фулерен є новою формою вуглецю.

У фулеренів плоска сітка шестикутників - графітова сітка згорнута і зшита в замкнуту сферу. При цьому частина шестикутників перетвориться в п'ятикутник. Природою задана чітка послідовність цього з'єднання - кожен шестикутник межує з трьома шестикутниками і трьома п'ятикутниками, а кожен п'ятикутник межує тільки з шестикутниками. Атоми вуглецю, що утворюють сферу, пов'язані між собою сильним зв'язком.

Завдяки своїй сітчасто-кульстій будові фулерени виявилися ідеальними наповнювачами мастил. Вони ковзають, немов кульки розміром з молекулу між третювими поверхнями. Комбінуючи всередині вуглецевих куль різні атоми і молекули, можна створювати самі фантастичні матеріали майбутнього.

Фулерени можуть використовуватися в нанотехнології, медицині, ракетному будівництві, у військових цілях, електроніці, оптикоелектроніці, машинобудуванні, у виробництві технічної продукції, комп'ютерів та ін. і у всіх випад-

ках робочі параметри обладнання значно поліпшуються, якість підвищується, технології стають більш ефективними і простими. Наприклад, американські дослідники вчені розробили технологію, яка дозволяє на будь-яку поверхню нанести найтонші елементи сонячних батарей - вони являють собою багатошарову полімерну плівку, що містить всі ті ж фулерени. Такі елементи мають поки приблизно в чотири рази більш низьким коефіцієнтом корисної дії, ніж традиційні батареї на основі кремнію, але вони значно простіше і дешевше у виробництві. Можливо, вже в найближчому майбутньому промисловість почне випускати сонячні батареї рулонами - як шпалери. В одному з університетів Швеції в ході дослідів з фулеренами несподівано для самих учених був отриманий листовий матеріал, що нагадує фольгу, прокладену тонкими шарами паперу. Прозорий і гнучкий матеріал виявився магнітом і зберігав свої властивості навіть при температурі понад 200 градусів. Його цілком можливо використовувати для створення комп'ютерної пам'яті за допомогою запису лазерним променем. Завдяки цьому досягається дуже висока щільність носія інформації.

Утворення фулеренів. В механізмі утворення фулеренів було припущено, що C_{60} збирається з відривається від шару графіту при абляції плоских листків . Найпростішим способом такої збірки є з'єднання 6 кластерів C_{10} зі структурою подвійних шестикутників.

На сьогоднішній день розроблено багато методів одержання вуглецевих наноструктур з різними розмірами і властивостями, але сутність усіх методів одна: фулерени утворюються в результаті хімічних перетворень вуглецевмісних матеріалів в умовах підвищених температур.

У невеликих кількостях фулерени утворюються і природним шляхом . Однак перші фулерени, отримані людиною , були вироблені із сажі, в результаті лазерного випаровування графіту. Використовувався імпульсний лазер з коротким ім-пульсом і великою щільністю потужності в ньому, а кількість отриманих фулеренів обчислювалося міліграмами.

Перший промисловий метод виробництва - метод дугового розряду (Крачмер-Хьюфман) з використанням графітових електродів, був винайдений у

1990 році. За допомогою цього методу виробляються переважно C_{60} і C_{70} фулерени, але можуть вироблятися і вищі фулерени, при використанні більш пористих електродів. Властивості фулеренів мають незвичайні хімічні і фізичні властивості. Результати досліджень процесів за участю фулеренів свідчать про їх аномально високу стабільність.

Електричні, оптичні і механічні властивості фулеренів вказують на значні перспективи використання цих матеріалів в електроніці, оптоелектроніці та інших областях техніки. Кристалічні фулерени і плівки з них мають властивості напівпровідників та фотопровідність при оптичному опроміненні.

Механічні властивості фулеренів дозволяють створювати нові високоефективні класи мастильних матеріалів. Цьому ідеально сприяють висока міцність і сферична форма молекули C_{60} і слабкі міжмолекулярні сили в кристалі. Проведені дослідження вказують на перспективи застосування фулереновмісних матеріалів в якості антифрикційних покриттів, твердих мастил та присадок до змащувальних мастил.

Ще одним особливим властивістю деяких фулереновмісних структур є надпровідність. Кристали C_{60} , леговані атомами лужних металів володіють властивостями, які проявляються у переході в надпровідний стан за температури 40 К. Таким чином, металофулерени при простому складі є одними з найбільш високотемпературних надпровідників.

Застосування фулеренів. Незважаючи на те, що фулерени були відкриті порівняно недавно, вони вже знаходять саме широке застосування. Зараз важко знайти таку сферу людської діяльності, де не можуть бути використані фулерени. Завдяки їх унікальній структурі і властивостям, фулеренам приділяється велика увага фізиками, хіміками, інженерами, які намагаються знайти деякі потенційні застосування цим новим вуглецевим структурам. Більшість експертів в галузі науково-технічної політики, стратегічного планування та інвестування впевнені, що в найближче десятиліття очікується нанореволюція у всіх галузях науки, виробництва, оборони, соціальної сфери. Її наслідки будуть більші і глибше, ніж наслідки комп'ютерної революції останньої третини 20-го століття.

Широкомасштабне і системне вторгнення наноструктурованих матеріалів, виробів і способів їх одержання прийде буквально в усі сфери життя .

Компанією Freedonia Group було проведено огляд ринку нанокомпозитів в США, який містить тенденції розвитку матеріалів і областей їх застосування до 2020 року. Передбачається, що попит на нанокомпозити буде щорічно збільшуватися на 30% і до 2020 року складе 4,95 млн.т.

Широко доступними для дослідження фулеренів зробило відкриття можливості отримання цих унікальних молекул при випаровуванні графіту в електричній дузі. В даний час цей метод є найбільш ефективним для синтезу фулеренів, в основному C_{60} і C_{70} , які входять до складу основного продукту конденсації вуглецевого пара - фулереновмісної сажі.

Фулереновмісна сажа також є багатообіцяючою присадкою, що безумовно підвищує змащувальні властивості традиційних масел . Як добавки в порівнянні були вивчені різні вуглецеві матеріали (фулерен C_{60} , сажа, графіт, промислова фулеренова чернь). Встановлено, що фулереновмісна сажа, як і чистий фулерен, продукує помітне поліпшення антифрікційних і протизносних властивостей пар тертя сталь-сталь і сталь-мідь, особливо при підвищених навантаженнях. Найбільше поліпшення спостерігається для пари тертя сталь-сталь. Відзначено, що в разі використання фулерену або фулереновмісної сажі, на поверхні тертя створюється фулерен-полімерна плівка, товщиною близько 1000 Å, яка має захисний ефект.

Утворення фулеренової сажі. У процесі ерозії графітового анода під впливом високої температури чистий вуглець випаровується в атмосфері інертного газу з утворенням сажі та фулеренів, які разом конденсуються на охолоджувальних стінках камери. Попадання в зону синтезу хімічно активних газів (кисень, азот, водень), а також недостатнє охолодження, гальмують процес утворення фулеренів. Зміст кластерів вуглецю в сажі, отриманої спалюванням графітових електродів в електричній дузі в атмосфері гелію, може коливатися в діапазоні від 3 до 44%.

Зміст фулеренів в фулеренової сажі, виробленої на діючих в даний час установках електродугового синтезу складає або 10% або більше 7%. Зокрема, відповідно до комплексної технології отримання фулеренів, кінцевими продуктами якої є фулерен C_{60} з чистотою 99,5%, фулерен C_{70} з чистотою 98% і концентрат вищих фулеренів в результаті електродугового випаровування графіту (щільність струму - $300 \text{ A} / \text{cm}^2$, оптимальна швидкість випаровування графіту $75 \text{ г} / \text{годину}$, розрахункова кількість електродів 58 кг , сумарний час випаровування електродів - більше 770 робочих годин, вихід фулеренової сажі 40% від ваги випарованого графіту) тримують фулереновою сажу з вмістом в ній фулеренів 10% .

Залишком після екстракції фулеренів з фулереновмісною сажею є так звана фулеренова чернь (ФЧ). ФЧ сама по собі представляє цікавий вуглецевий матеріал, який імовірно містить фрагменти "недобудованих" молекул фулеренів. Її структура і склад досі не вивчені досить повно і в свою чергу також визначаються умовами процесу електродугового синтезу. Вже відомо, що головні компоненти фулеренової черні - сажеві частинки рентгеноаморфної структури і графітоподібний частинки. Зародження та зростання сажових частинок - одного з головних компонентів ФЧ, а також вуглецевих кластерів, які перетворюються в фулерени, відбувається паралельно. Ймовірно до якогось моменту, зростання фулеренів і частинок сажі йде за схожими механізмам. Аналогічно, досліджуючи залежність складу фулеренової черні від умов синтезу, можна, мабуть, зробити деякі висновки про процеси конденсації вуглецевого пара, що протікають в апараті електродугового випаровування графіту.

Фулерени застосовуються в багатьох сферах, серед яких найбільш популярні виділимо наступні.

1) Поліпшення експлуатаційних характеристик транспортних засобів та інших спеціальних механізмів. Присадки до олів різко підвищують зносостійкість трибоспрямижень в машинах і механізмах. Антизадирні склади для вузлів, що працюють за умова підвищених навантажень. Композити гальмівних

колодок швидкісних транспортних засобів наземного і повітряного транспорту з підвищеною тепловіддачею і зносостійкістю. Зносостійкі матеріали в умовах сухого тертя.

Змашуючо-охолоджуючі технологічні склади, що збільшують термін служби механізмів

2) Отримання нових композиційних матеріалів електротехнічного призначення. Композиційні матеріали ковзних потужнострумів електричних контактів з високим ресурсом роботи. Матеріали електродів хімічних джерел струму. Елементи надпровідних конструкцій на основі фулеренових інтеркаляторів.

3) Отримання нових композиційних матеріалів для оптики і радіоелектроніки. Матеріали захисних екранів. Матеріали розгалужувачів в волоконно-оптичних мережах. Матеріали для нелінійної оптики, модулятори світла.

4) Створення матеріалів і мікроелектронних виробів спеціального призначення. Високоякісні алмазоподібні плівки. Матеріали мікросенсорів. Високостійкі тонкоплівкові захисні покриття.

5) Джерела енергії. Збільшення ємності літійових акумуляторів.

6) Модифікація латексних емульсій на основі синтетичних канчуків. Виробництво шин підвищеної прохідності. Виробництво водно-дисперсійних фарб.

7) Модифікація поліетиленів. Виробництво поліетиленів з підвищеним терміном експлуатації і зберігання. Виробництво поліетиленів трубних марок з підвищеною міцністю та еластичністю.

8) Змашуючо-охолоджуючі матеріали. Підвищення ефективності смазочно-охолоджуючих технологічних складів в металообробці. Ефективні добавки в оливи.

1.3. Об'єкти досліджень

До найбільш розповсюджених трибоспряжень, що працюють за умов найрізноманітніших навантажень і швидкостей відносяться підшипники. Підшипники, що застосовуються в опорах машин і механізмів, діляться на два типи: ковзання і кочення. В опорах з підшипниками взаємно рухомі робочі поверхні вала і підшипника розділені тільки мастильною речовиною і обертання вала або корпуса відбувається в умовах практично чистого ковзання. В опорах з підшипниками кочення між взаємно рухомими кільцями підшипника знаходяться кульки або ролики, і обертання вала або корпуса відбувається в основному в умовах кочення. Підшипники кочення, як і підшипники ковзання, в деяких умовах можуть в різній мірі задовольняти вимогам, пов'язаним з призначенням механізму, умовам його монтажу та експлуатації. При однаковій вантажопідйомності підшипники кочення (рис. 1.2.) мають у порівнянні з підшипниками ковзання перевагу внаслідок меншого тертя у момент пуску і при помірних частотах обертання, менших

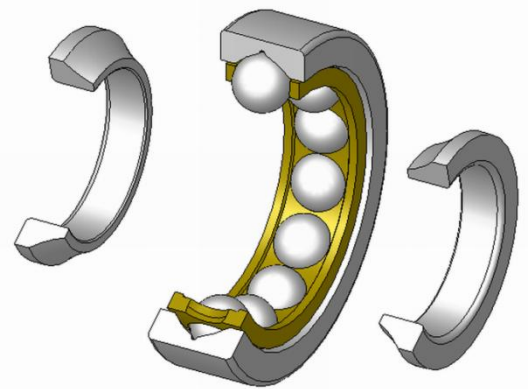


Рис.1.2. Підшипник кочення

осьових габаритів (приблизно в 2 - 3 рази), відносної простоти обслуговування і подачі мастила, низькій вартості (особливо при масовому виробництві підшипників кочення малих і середніх габаритів), малої амплітуди коливання опору обертання в процесі роботи механізму. Крім того, при використанні підшипників кочення в значно більшому ступені задовольняється потреба взаємозамінності і уніфікації елементів вузла: при виході підшипника кочення з ладу його легко замінити новим, оскільки габарити і допуски на розміри посадочних місць строго стандартизуються, в той час як при зносі підшипників ковзання доводиться відновлювати робочу поверхню шийки вала, міняти або знову заливати антифрикційним сплавом вкладиш підшипника, підганяти його під необхідні розміри, витримуючи в заданих межах робочий зазор між поверхнями вала і підшипника.

Недоліки підшипників кочення полягають у відносно великих радіальних габаритах і більшому опорі обертанню при роботі на високих частотах обертання в порівнянні з підшипниками ковзання, що працюють в умовах рідинного змащення, коли поверхні шийки валу і вкладиша повністю розділені тонким шаром змащувальної рідини. На швидкісні характеристики підшипників кочення впливає тертя ковзання, що існує між сепаратором, який відокремлює тіла кочення один від іншого, і робочими елементами підшипника. Тому при створенні високошвидкісних машин іноді доводиться вдаватися до установки підшипників наскільки, що працюють в умовах рідинного змащення, незважаючи на значні тільки труднощі в їх експлуатації. Застосування підшипників кочення дозволяє замінити тертя ковзання на тертя кочення, яке менш суттєво залежить від змащування (умовний коефіцієнт тертя близький до коефіцієнта рідинного тертя $f \approx 0,0015 \dots 0,006$).

Радіальний зазор між кільцями і тілами кочення дає свободу взаємного переміщення кілець відносно один одного в радіальному напрямку, а осьова гра - осьове переміщення кільця підшипника з одного крайнього положення в інше при нерухомому парному кільці.

Величини радіальних зазорів і осьової гри в підшипниках вибираються з урахуванням експлуатаційних характеристик опор (грузопід'ємності, швидкохідності, допустимих величин радіального і осьового биття, габаритних розмірів і відстані між опорами), умов монтажу та регулювання підшипників (посадочних натягів, температурних коливань у вузлі, виду мастила і способу її подачі).

Вибір підшипника з оптимальним для даних умов експлуатації радіальним зазором або осьової грою дозволяє забезпечити раціональний розподіл навантаження між тілами кочення, максимального зменшення вібрації підшипника при роботі, необхідне зсув валу і корпусу в радіальному й осьовому напрямках, зменшення шуму, що виникає при роботі підшипника.

Мета роботи – дослідження впливу присадок торгової марки «Мегафорс» на зміну режимів тертя в трибоспряженнях сільськогосподарської техніки.

Об'єктом досліджень є процеси тертя в трибоспряженнях с-г. техніки.

Предметом досліджень є закономірності зміни характеристик поверхонь тертя.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз оливних присадок «Мегафорс»;
- обґрунтувати вплив змащувально-відновлювальних матеріалів на довговічність шарнірних з'єднань;
- рекомендувати на основі накопиченого досвіду застосування полімерно-композитних матеріалів у паралелограмному механізмі;
- удосконалити заходи з охорони праці при лабораторних дослідженнях;
- визначити економічну ефективність від використання оливних присадок торгової марки «Мегафорс».

2. ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Дослідження триботехнічних характеристик

В лабораторії № 130 кафедри експлуатації машинно-тракторного парку ДДАЕУ розташоване наукове обладнання, за допомогою якого проводили лабораторні дослідження триботехнічних характеристик запропнованих оливних присадок.

До такого обладнання відносяться: машина для дослідження тертя і зносу СМЦ-2; мікротвердомір ПМТ-3; профілограф 256, мікроскоп МБИ-6.

Машина СМЦ-2 (рис.2.1) призначена для дослідження процесів тертя і зносу, антифрикційних властивостей матеріалів при терті ковзання і терті качення. Навантажування зразків проводиться пружинним механізмом, а каретка переміщення врівноважується противагою, що дозволяє проводити випробування при малих навантаженнях на пару тертя.

1) Число обертів вала нижнього зразка об/хв. 300, 500, 1000

2) Навантаження на зразки :

- на круглі зразки і зразки «диск-колодка», від 20 до 200
- на зразки «вал-втулка», Н від 50 до 500

3) Розміри круглих зразків , мм:

- Діаметр від 35 до 50 мм
- ширина верхнього зразка 10 мм
- ширина нижнього зразка 12 мм



Рис.2.1. Машина тертя СМЦ-2.

4) Привід електромеханічний потужністю 2,2 кВт

- напруга, в 380/220
- частота, 50 Гц
- число обертів, об/хв. 95

5) Габаритні розміри, мм

а) машини:

- довжина 1130
- ширина 655
- висота 1030

б) електрошафи

- довжина 90
- ширина 570
- висота 550
- Маса, кг: 500

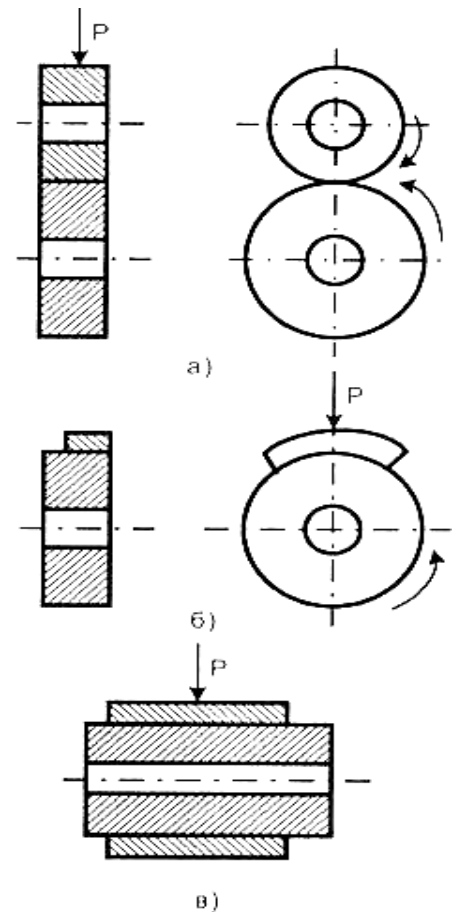


Рис.2.2. Схеми трибоспряжень.

Машина СМЦ-2 може працювати двома схемами:

1. Із зімкнутим кінематичним контуром при фіксуючому значенні коефіцієнта проковзування зразків в парі «диск по диску».
2. З відкритим кінематичним контуром, коли один зі зразків нерухомий, зокрема, за схемою «вал-втулка» .

Принцип роботи в обох випадках полягає в тому, що зразки отримують відносний рух при заданому навантаженні. Методика з використання машини не стандартизована і визначається користувачем в межах технічної характеристики. Машина СМЦ-2 дозволяє проводити випробування таких пар тертя.

2.2. Методика вимірювання шорсткості поверхні

Шорсткість поверхонь оцінюють при контролі та прийманні деталей, а також при дослідженнях в лабораторних умовах.

Шорсткість поверхні регламентується ГОСТ 2789-73 і відповідними рекомендаціями.

Шорсткість поверхні при обробці заготовки деталі залежить від багатьох технологічних факторів: режимів обробки (швидкості різання, подання); геометрії (переднього і заднього кутів), матеріалу і якості поверхні інструмента; механічних властивостей, хімічного складу та структури матеріалу заготовки; складу змащувально охолоджувальної рідини; жорсткості системи та ін. В той же час шорсткість поверхні у значній мірі визначає основні експлуатаційні властивості деталей і вузлів - зносостійкість, опір втоми, надійність посадок, контактну жорсткість і теплопровідність стиків сполучених деталей, корозійну стійкість, герметичність з'єднань, що відображає і поглинаючу здатність поверхонь та ін. Тому характеристики шорсткості поверхні строго нормуються і піддаються постійному аналізу в технологічних дослідженнях і контролю в процесі виробництва.

Оцінка точності результатів вимірювань мікронерівностей поверхонь проводиться загальноприйнятими в метрології методами. Однак, при оцінці шорсткості поверхні виникають і деякі специфічні метрологічні проблеми.

Методи оцінки, що застосовуються, можна поділити на прямі та непрямі. Для прямої оцінки шорсткості застосовують щупові (профілографи і профілометри) і оптичні (подвійний та інтерференційний мікроскопи) прилади. Для посередньої оцінки використовують еталони шорсткості та інтегральні методи.

Профілометри випускають стаціонарного і переносного типів. Вони дозволяють вимірювати шорсткість в межах 0,02-5 мкм. На шкалі профілометра оцінка шорсткості дається за параметром R_a або H_{ck} (середнє квадратичне відхилення висоти мікронерівностей від середньої лінії профілю).

Шорсткістю поверхні за ДСТУ 2413-91 визначається сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками на базовій її довжині.

Базова довжина - це довжина базової лінії, яка використовується для виділення нерівностей, що характеризують шорсткість поверхні. Числові значення базової довжини добирають з ряду 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм.

Крок нерівностей - це відрізок середньої лінії профілю, що обмежує нерівність профілю (тобто виступ профілю і сполучену з ним западину профілю).

Кількісна оцінка шорсткості поверхні визначається від *середньої лінії профілю m* , тобто базової лінії, що має форму номінального профілю і проведеної так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю від цієї лінії є найменшим. Таку систему нормування шорсткості називають *системою середньої лінії*.

Шорсткість поверхонь виробів незалежно від матеріалів і способів їх отримання оцінюється одним чи кількома параметрами (рис. 2.3).

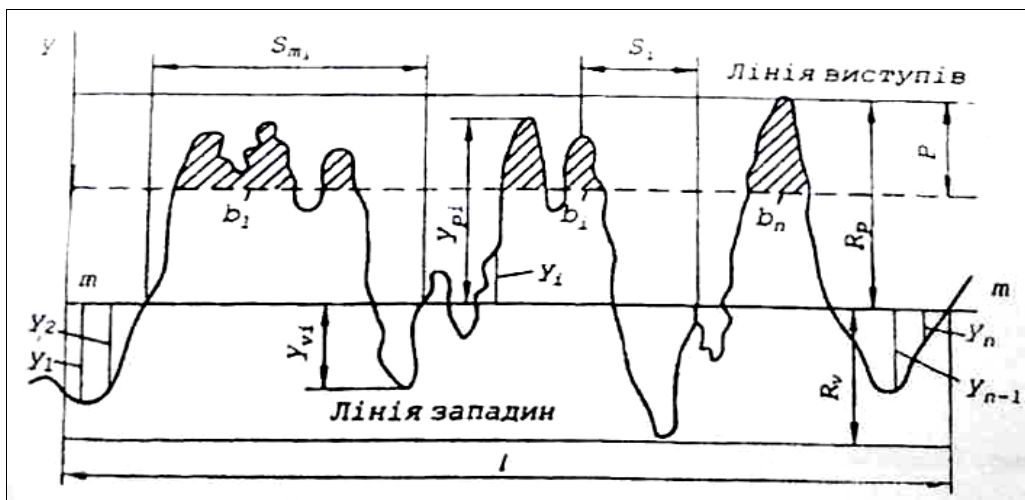


Рис.2.3. Профілограма і основні параметри шорсткості поверхні

Встановлені параметри шорсткості поділяються на 3 групи :

- висотні (R_a , R_z , R_{max}) що пов'язані з висотними властивостями нерівностей;
- крокові (S_m , S) що пов'язані з властивостями нерівностей у напрямку довжини профілю;

- опорні (t_p) пов'язані з формою нерівностей профілю.

Шорсткість поверхні нормують і оцінюють одним чи декількома з перерахованих параметрів, а при виборі базової довжини керують наступною таблицею (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Співвідношення значень параметрів R_a , R_z , R_{max} та базової довжини l

R_a , мкм		R_z і R_{max} , мкм		l , мм
понад	до	понад	до	
-	0,025	-	0,1	0,08
0,025	0,4	0,1	1,6	0,25
0,4	3,2	1,6	12,5	0,8
3,2	12,5	12,5	50	2,5
12,5	100	50	400	8

Норми параметрів шорсткості поверхонь виробів вибирають залежно від їх функціонального призначення. оскільки для нормування шорсткості поверхні достатньо і одного параметра, то переважно і нормують за висотними параметрами R_a і R_z . Перевагу віддають параметру R_a , що повніше характеризує шорсткість поверхонь. Шорсткість відповідальних поверхонь і нормують за допомогою кількох параметрів.

Вимірювання параметрів шорсткості встановлює ДСТУ 2409-94. Шорсткість поверхонь позначається на кресленні для всіх поверхонь виробу, крім тієї, шорсткість якої не зумовлена вимогами конструкції.

В залежності від обраного виду обробки встановлено три знаки позначення шорсткості поверхні:

- переважний знак, коли вид механічної обробки не встановлений;
- знак утворення поверхні засобами видалення шару матеріалу, наприклад, точінням, фрезеруванням, шліфуванням тощо;

- знак поверхні, отриманого без видалення шару матеріалу (литтям, куванням, прокатом, штампуванням тощо), а також поверхні, до обробки яких вимоги не встановлені.

Структура знака позначення шорсткості поверхонь зображена на рис. 2.4.

Прямокутниками обмежені місця, що містять таку інформацію про параметри при шорсткості поверхні 1- числові значення параметрів шорсткості (R_a , R_z , R_{max} , S_m , S , t_p) 2 - способи оброблення поверхонь, 3 - базова довжина, 4 - умовне позначення напрямку нерівностей (слідів оброблення різанням).

Якщо інформація, подана у прямокутниках 2, 3 і 4 не потрібна для отримання заданої шорсткості поверхні, то використовують спрощений знак (рис. 2.5). Знак (рис. 2, в) ставлять на поверхнях, і отримують будь-яким способом різання матеріалів (зняттям стружки), а знак (рис. 2.2) - на поверхнях, які отримують без зняття стружки (литтям, тисненням, пресуванням тощо)

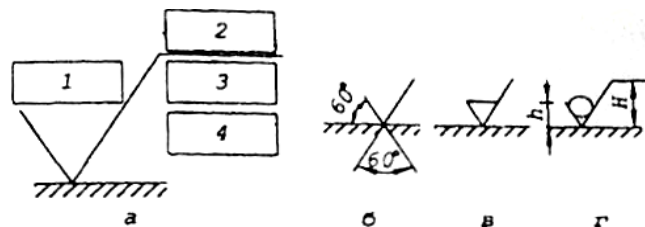


Рис.2.4. Знаки позначення шорсткості поверхні

2. Вимірювання та контроль параметрів шорсткості поверхонь виконується такими способами:

- порівнянням реальної поверхні виробу з робочими зразками шорсткості, які мають стандартизовані значення параметра чи виготовляються для визначення шорсткості поверхонь, що отримані різними способами обробки; замість зразків шорсткості іноді використовують атестовані зразкові деталі.

- вимірюванням параметрів шорсткості контактним способом за допомогою приладів з голчастими вимірювальними головками (профілометрами, профілографами тощо);

- вимірюванням параметрів шорсткості безконтактним способом за допомогою оптичних засобів вимірювання (мікроскопів, мікроінтерферометрів).

У конкретних засобах вимірювання шорсткості поверхонь за допомогою голчастих головок для визначення параметрів нерівностей використовують вертикальні коливання голки 1 (гострого алмазного наконечника), що рухається по досліджуваній поверхні (рис. 2.5). Ці коливання передаються коромислу 4, що коливаючись на опор 3 змінює магнітний опір в обох колах магнето проводу 7 диференційного трансформатора. Це зумовлює відповідні електричні імпульси в електричних дротах 6, що живляться від джерел електричного струму 2 і 5 з частотою 10000с^{-1}

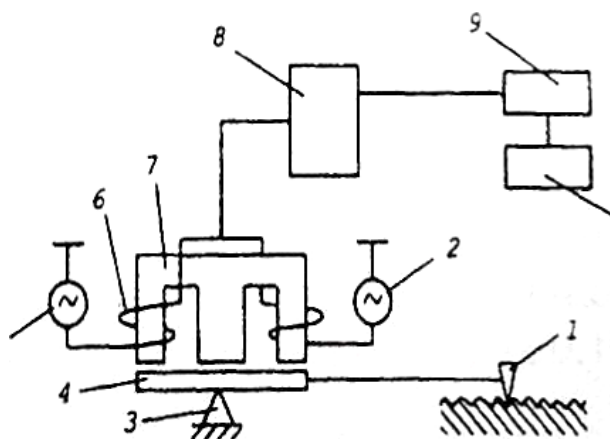


Рис.2.5. Принципова схема профілометра

2.3. Методика вимірювання мікротвердості

Мікротвердість - твердість окремих ділянок мікроструктури матеріалу. Вимірюється втискуванням алмазної піраміди під навантаженням менше 2 н (200 гс). Розміри відбитку визначають під мікроскопом, а потім по спеціальних таблицях перераховують на так зване число твердості — відношення навантаження до площі поверхні відбитку. Прилад для визначення мікротвердості за-

безпечує можливість вибору ділянки мікроструктури, де буде вироблено втискування; завдяки цьому, а також унаслідок малих розмірів відбитку можна вимірювати мікротвердість кристалів окремих фаз або різних ділянок зерна. Дані про мікротвердість використовують для вивчення неоднорідності розподілу розчинних домішок по зерну, дослідження пластичної деформації, побудови діаграм фазової рівноваги і так далі

Хвилястість поверхонь можна вимірювати на профілографах при великій базовій довжині і застосуванні ошупуючих голок з великим радіусом заокруглення вістря.

Для визначення глибини і загальної характеристики поверхневих шарів необроблених заготовок, а також після попередньої та чистової обробки різанням використовують метод дослідження мікрошліфів. Мікротвердість поверхневих шарів досліджують методом вдавлювання алмазної піраміди на приладі ПМТ-3.

Косий зріз отримують притиранням, використовуючи пасту ГОИ, що зменшує можливість зміни поверхневого шару. Виготовлений зразок встановлюють на приладі так, щоб досліджувана поверхня розташувалася горизонтально. Потім алмазною пірамідою при навантаженні 500-1000 Н наносять відбитки, вимірюють їх діагоналі і визначають за таблицями твердості числа твердості.

Вимірювання мікротвердості проводять в залежності з вимогами ГОСТ 9450-76 «Вимірювання мікротвердості вдавлюванням алмазних наконечників» по методу відновленого відбитка (основний) або по методу невідновленого відбитку(додатковий) з використанням:

- чотиригранної піраміди з квадратною основою;
- тригранної піраміди з основою у вигляді рівностороннього трикутника;
- чотиригранної піраміди з ромбічною основою;
- біциліндричного наконечника.

Вимірювання мікротвердості відноситься до мікромеханічних випробувань, які були розроблені для металографічних досліджень властивос-

тей окремих структурних складових сплавів. Опір пластичного вдавнення (звичай в плоску поверхню) твердого наконечника б. ч. у формі конуса або піраміди з алмазу. Набагато рідше випробування на мікротвердість проводять так званим шкрябанням. Відзнакою випробування на мікротвердість від звичайних вимірювання твердості є дуже малі величини вдавлюванням навантажень (порядку грамів) і відповідно малі глибина і розміри знімка (діагональ відбитка порядку мікронів). Випробування на мікротвердість виробляються або за допомогою настільних приладів, у яких використовується схема вертикального переносного мікроскопа з револьверної голівкою і прямим вантаженням з допомогою гирьок (прилади ПМТ-2 і ПМТ-3), або у вигляді пристосування до горизонтальних металмікроскопам з вантаженням від пружини (прилад Ханемана та ін.).

Під дією зовнішнього впливу поверхневий шар деталей при зношуванні може зазнавати різноманітні зміни, які обумовлені деформацією та підвищенням температури контакту.

В процесі деформування матеріал зміцнюється і його твердість підвищується.

Якщо температура контактів під час дії тертя за умовами праці вища температури звороту і, тим більш, температури рекристалізації стопу, то замість зміцнення поверхневі шари набувають підвищену пластичність. В залежності від виду механічного впливу глибина зміцненого шару буде різною.

При терті глибина зміцненого шару становить 0,03...0,1 мм, при точінні – 0,5...1,0 мм, при протягуванні – 0,01...0,05 мм.

При таких глибинах зміцненого шару не можливо визначити зміну механічних властивостей звичайно використовуваними методами (за Бринелем, Роквелом, Вікерсом).

Для визначення змін механічних властивостей поверхні тертя, проводять випробування на мікротвердість на приладі ПМТ-3.

3. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Програма досліджень

Для розв'язання завдань, викладених у РОЗДІЛІ 1, проводили дослідження у такому порядку: навели аналіз оливних присадок «Мегафорс», обґрунтували доцільність їх відновлення, виявили перспективність застосування мастильного матеріалу на основі фулеренового складу, а вже тоді обґрунтували технологічні заходи, при яких досягаються раціональні характеристики використання оливних присадок.

Для доцільності використання оливних присадок «Мегафорс» були проведені випробування на машині тертя, вимірювання температури під час роботи, зважування зразків, вимірювання шорсткості поверхні і мікротвердості. Припрацювання робочих поверхонь проводилось на машині СМЦ-2 за схемою «диск-колодка». Для цього використовували контртіла – диски, діаметром 50 мм і товщиною 10 мм, виготовлені зі сталі 45, термообробленої до твердості 45...48 HRC.

На основі результатів лабораторних досліджень, спрогнозували величину зростання надійності трибоспрямижень, при застосуванні оливних присадок «Мегафорс».

Режими випробувань були наступні: величину тиску на зразки варіювали так: 3,6; 7,0; 9,0 МПа; швидкість ковзання – 0,785; 1,3; 2,6 м/с.

3.2. Результати досліджень та їх аналіз

Для дослідження були виготовлені зразки (сталь 45) і проведені випробування для визначення треботехнічних характеристик при застосуванні фулереновмісної композиції (на основі фулеренової сажі та моторної оливи).

Перед початком випробувань а також по їх завершенню зразок зважувався на терезах ВРЛ-200.

На випробування для зразків були підготовлені змащувальні композиції: чисте мастило (100 %), та з оливні присадки з умовними позначеннями 01, 03 і 0,5.

Провівши ряд випробувань у середовищі немодифікованої оливи занесемо всі дані у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Результати триботехнічних характеристик зразків у чистій оливі

Тиск, Р, МПа	Швидкість ковзання, V, м/с	Інтенсивність лінійного зносу I, м/м	Температура в околі тертя, T, °C
3,6	0,785	1,36E-08	30
7,2	0,785	2,72E-08	95
9	0,785	3,18E-08	118
3,6	1,3	3,08E-08	42
7,2	1,3	4,36E-08	110
9	1,3	4,9E-08	135

Наступним етапом випробувань було додавання рекомендованої кількості оливної присадки «Мегафорс» Режими випробувань використовуємо всі ті, що і у чистому мастилi. Результати заносимо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Результати триботехнічних характеристик зразків у оливі з додаванням присадки «Мегафорс» 01

Тиск, Р, МПа	Швидкість ковзання, V, м/с	Інтенсивність лінійного зносу I, м/м	Температура в околі тертя, T, °C
3,6	0,785	1,36E-08	63
7,2	0,785	2,09E-08	97
9	0,785	2,72E-08	121
3,6	1,3	2,72E-08	65
7,2	1,3	4,54E-08	123
9	1,3	4,99E-08	154

Для третього зразка додаємо інший склад присадки, позначеного під номером 03. Результати досліджень заносимо в табл 3.3.

Таблиця 3.3

Результати триботехнічних характеристик зразків у оливі з додаванням присадки «Мегафорс» 03

Тиск, Р, МПа	Швидкість ковзання, V, м/с	Інтенсивність лінійного зносу I, м/м	Температура в околі тертя, Т, °С
3,6	0,785	1,36E-08	57
7,2	0,785	2,18E-08	103
9	0,785	3,18E-08	114
3,6	1,3	3,63E-08	40
7,2	1,3	4,26E-08	125
9	1,3	4,99E-08	151

Результати досліджень з додаванням присадки під № 05 заносимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Результати триботехнічних характеристик зразків у оливі з додаванням присадки «Мегафорс» 03

Тиск, Р, МПа	Швидкість ковзання, V, м/с	Інтенсивність лінійного зносу I, м/м	Температура в околі тертя, Т, °С
3,6	0,785	4,45E-08	63
7,2	0,785	5,26E-08	98
9	0,785	6,62E-08	119
3,6	1,3	4,63E-08	66
7,2	1,3	6,08E-08	130
9	1,3	7,35E-08	151

В ході випробування вимірювалась температура двоканальною термопарою D-320. Вона змінювалась в залежності від навантаження і швидкості. На (Рис.3.1.) і (Рис.3.2.) показано підвищення температури в залежності від навантаження.

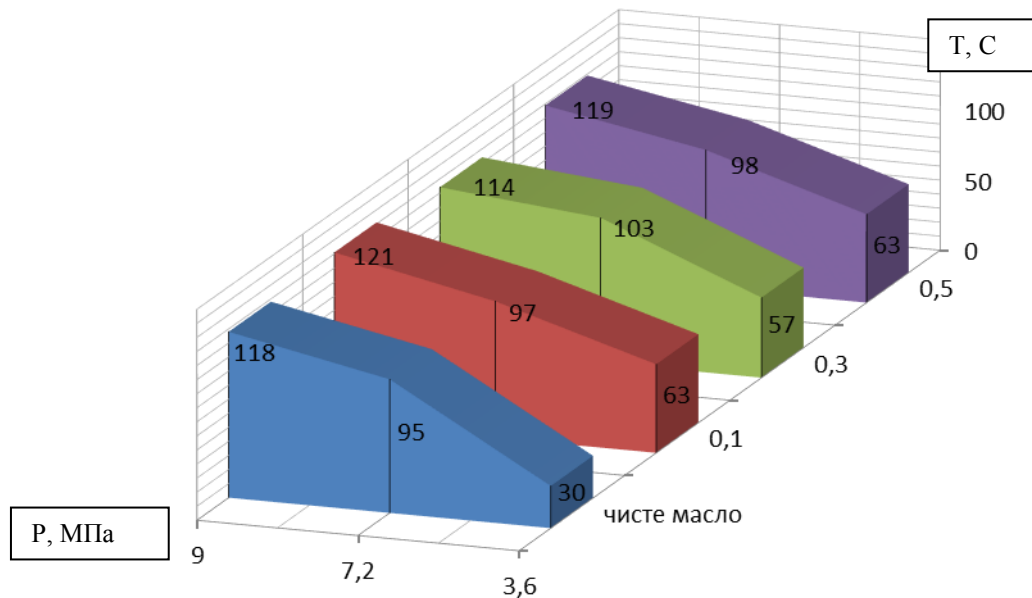


Рис. 3.1. Залежність температури T від тиску P при швидкості ковзання $V = 0,785$ м/с.

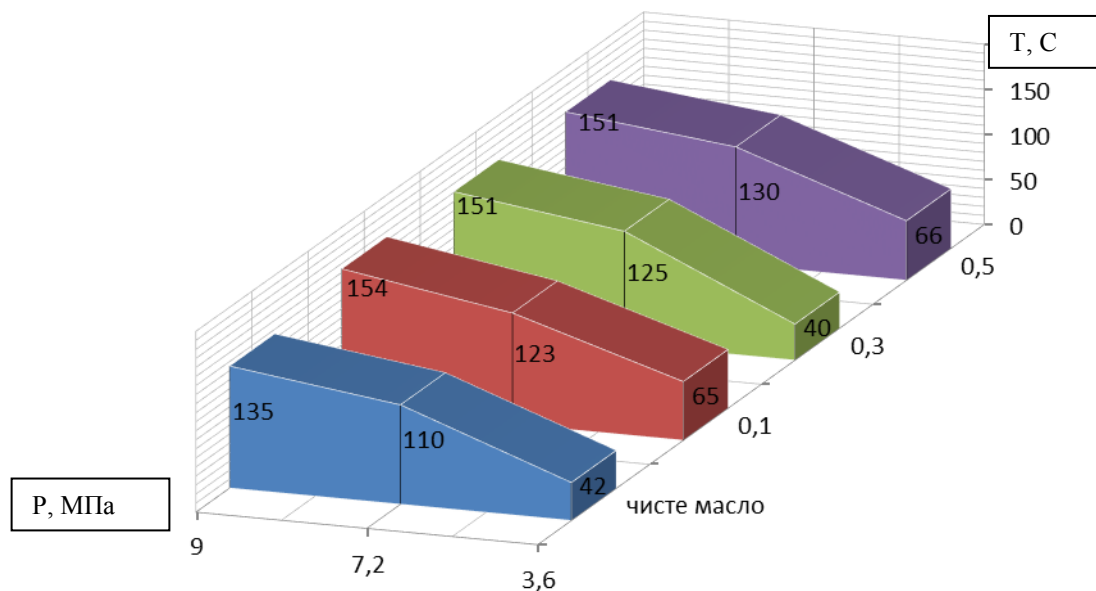


Рис.3.2. Рис. 3.1. Залежність температури T від тиску P при швидкості ковзання $V = 1,3$ м/с.

Залежність величини зносу зразка **I** у вигляді колодки від тиску мала такий вигляд (рис.3.3).

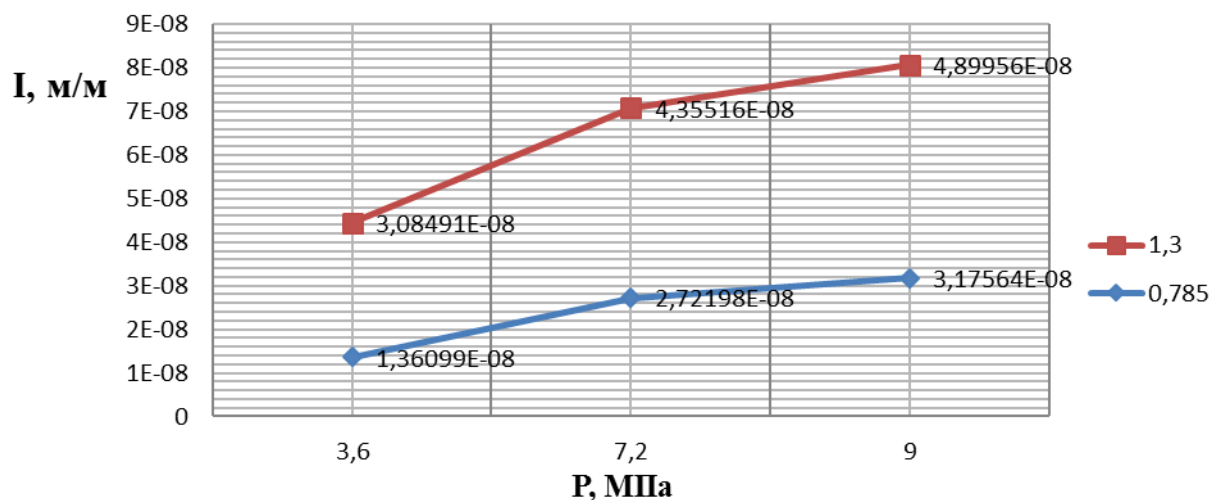


Рис.3.3. Залежність зносу зразків від тиску при експлуатації у чистій оливі.

I, гр

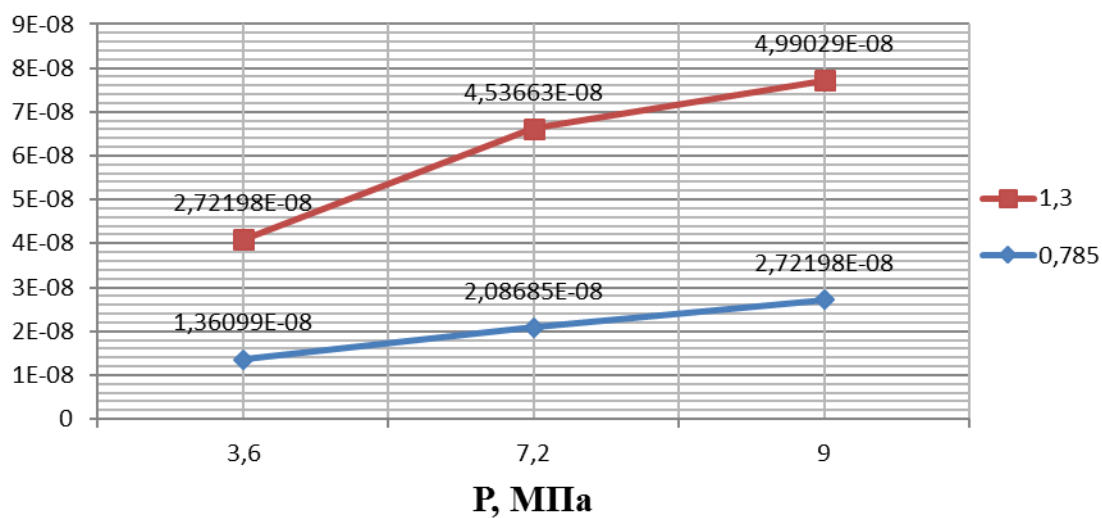


Рис.3.4. Залежність зносу зразків від тиску в оливі з додаванням присадки № 01.

I, гр

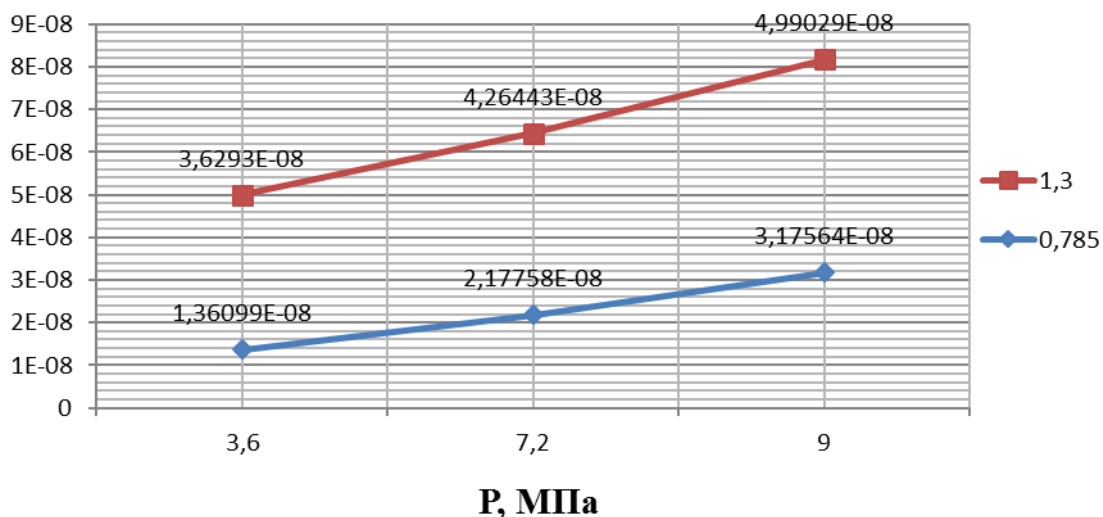


Рис.3.5. Залежність зносу зразків від тиску в оливі з додаванням присадки № 03.

I, гр

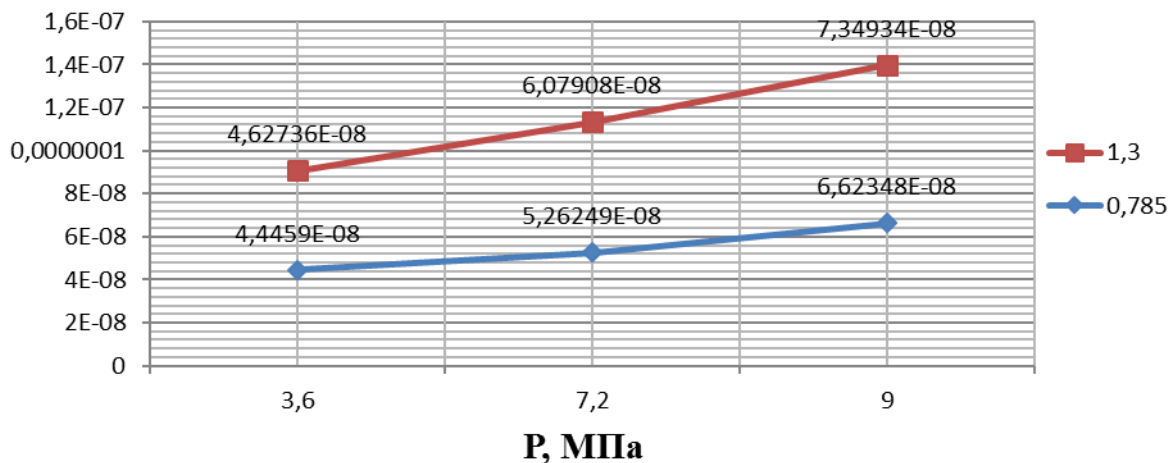


Рис.3.6. Залежність зносу зразків від тиску в оливі з додаванням присадки № 05.

Із результатів, наведених на рис. 3.3 – 3.6 можна зробити висновок, що із зростанням тиску на зразок, його знос збільшується. Однак коефіцієнт пропорційності складає менше 1,0. Тобто, наприклад, із зростанням тиску в два рази знос зріс в 1,31 рази; із зростанням тиску в 2,5 рази, знос зростає в 1,52 рази.

Одним із завдань роботи було дослідити зміну шорсткості поверхні зразків дор та після експериментів. Результати цих досліджень показали (табл 3.5), що у всіх випадках, шорсткість поверхні зразків після взаємодіє у досліджуваних оливах спадає.

Таблиця 3.5

Зміна шорсткості поверхонь тертя

Оливи та при-садки	До експериментів	Після експериментів
Олива	3,78	1,47
Олива + 01	3,163	1,87
Олива + 03	3,6	2,2
Олива + 05	2,8	1,8

Зведемо результати у відсоткове співвідношення, а результати зведемо в табл 3.6.

Таблиця 3.6

Падіння шорсткості робочої поверхні після проведення випробувань

Олива	38%
Олива + 01	59%
Олива + 03	61%
Олива + 05	64%

Висновки по розділу. Із даних, наведених в табл. 3.6. бачимо, що найбільший позитивний вплив на зменшення шорсткості поверхні має композиція «Олива + 05» - в 1,68 рази нижчий показник, ніж у випадку застосування чистої оливи. Виходячи з цих результатів, можемо припустити, що довговічність експлуатації трибоспрямижень, як складова комплексного показника надійності також зросте в середньому в 1,5 рази.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Дія фулеренів на клітини рослин і людини

Група вчених із США і Швеції провела дослідження дії вуглецевих наноматеріалів на рослини і на людину. Виявилось, що одні і ті ж наноструктури роблять абсолютно протилежний вплив на людський організм і клітини рослин. Як об'єкт експерименту учені вибрали клітини цибулі ріпової і людські клітини класу HT29.

Вивчалася дія фулеренів і їх водних розчинів. В результаті дослідження з'ясувалося, що фулерени, потрапляючи в клітини цибулі, скупчуються між стінкою і мембраною, викликаючи механічні пошкодження мембрани. На рисунку 4.1 приведена залежність ступеня пошкоджень від концентрації фулеренів в розчині.

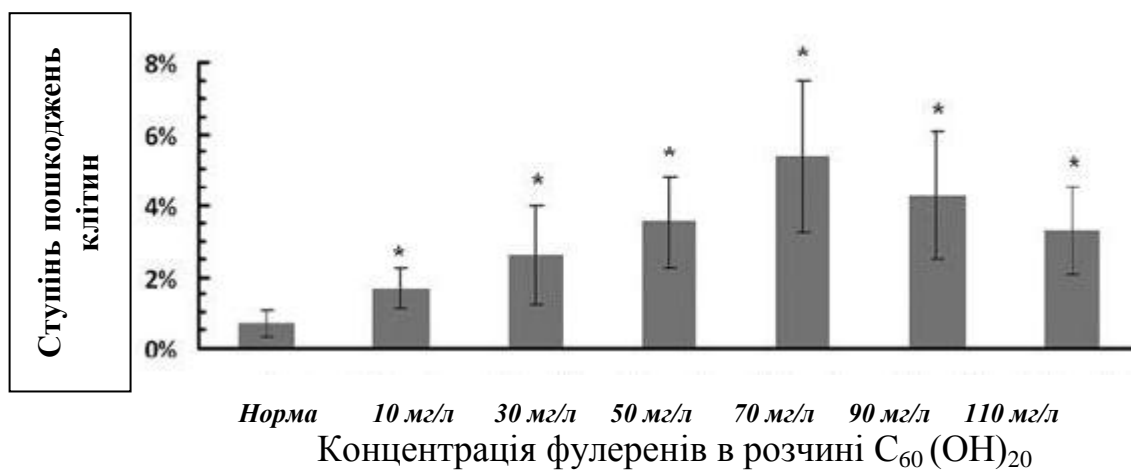


Рис 4.1. Доля клітинних пошкоджень

В результаті деяка частина клітин загинула. На рис. 4.2 показано оптичне зображення кліток, чорна стрілка указує на живі клітини, а червона - на нежиттєздатні.

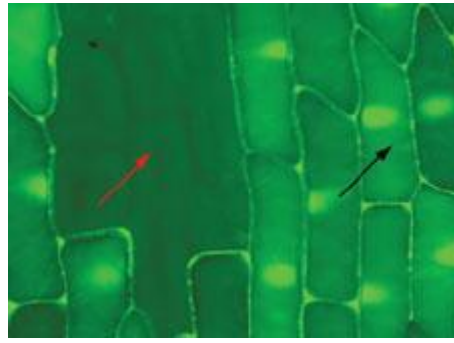


Рис. 4.2. Оптичне зображення клітин

У клітинах людини відбулися зовсім інші процеси. Чистий фулерен викликав загибель великої кількості клітин, а її водний розчин не зробив негативного впливу на клітинну структуру. Причому безпека розчину фулеренів не залежала від концентрації. На рис. 4.3 показана дія розчину фулеренів на клітини людського організму.

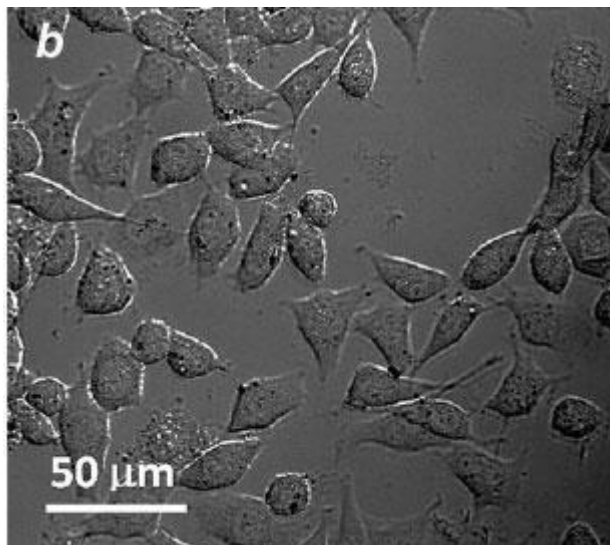


Рис 4.3. Дія розчину фулеренів на клітини людського організму

Результати досліджень показали, що токсичність наноструктур виявляється не у всіх випадках, тому висновок про безпеку наноматеріалів не може бути однозначним. Рішення питання про доцільність використання наноматеріалів повинен вирішуватися індивідуально у кожному конкретному випадку.

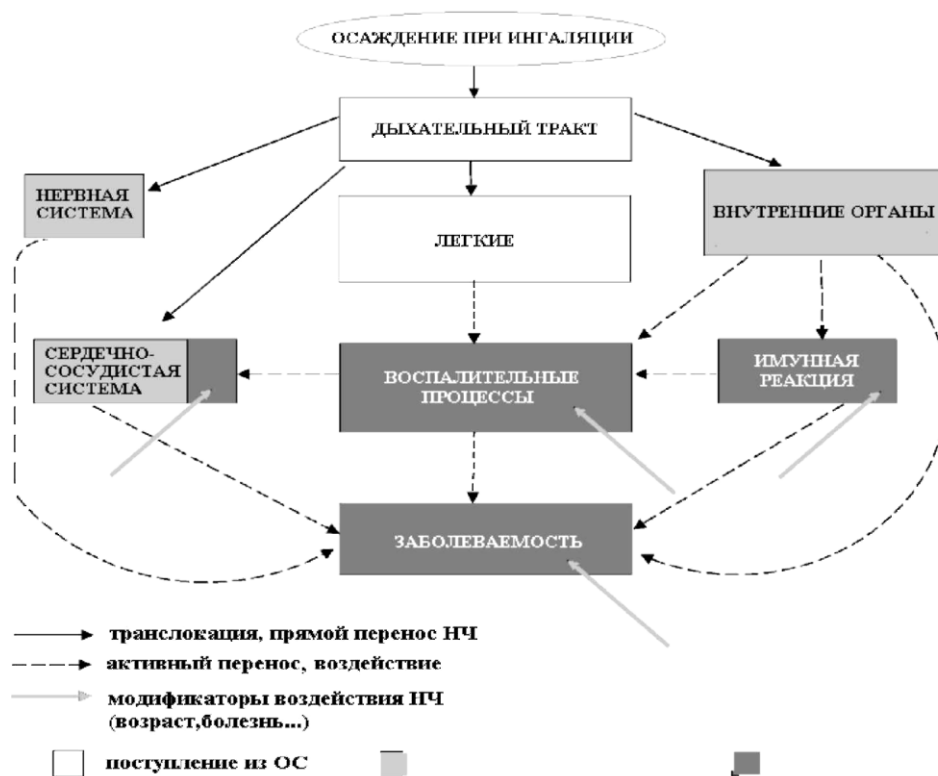


Рис. 4.4. Механізм проникнення наночастинок в організм людини (скріншот з оригіналу).

4.2. Загальні положення при роботі з матеріалами, що містять фулєрени

До самостійної роботи допускаються особи не молодше 18 років, які мають професійну підготовку і пройшли:

- попередній медичний огляд (при ухиленні від проходження медичних оглядів працівник не допускається до виконання трудових обов'язків);
- вступний інструктаж;
- навчання безпечним методам і прийомам праці і перевірку знань з безпеки праці;
- первинний інструктаж на робочому місці.

До роботи з електрифікованими інструментом і обладнанням допускаються особи, які пройшли відповідне навчання і інструктаж, а також мають першу кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Виконання робіт, не пов'язаних з обов'язками, допускається після проведення цільового інструктажу.

Під час роботи забороняється працювати без гумових рукавиць і без вмивання витяжного пристрою. Після закінчення роботи потрібно мити руки теплою водою з милом. Всі шкідливі речовини, що використовувались повинні зберігатися в добре закупореному посуді з позначкою на етикетці “Отрута” і написом назви речовини в металевих ящиках, що закриваються на замках.

Забороняється невідомі речовини пробувати на смак і запах, а також брати голими руками. Перед початком роботи руки слід змастити спеціальною пастою і працювати в гумових рукавицях. Через кожні 2 години роботи руки мийуть теплою водою з милом, а при відсутності спеціальної пасти, руки змазують вазеліном або касторовим маслом.

При обробці затверділих полімерних матеріалів необхідно працювати в респіраторі.

4.2.1. Вимоги безпеки перед початком роботи

Для зниження рівня впливу шкідливих речовин необхідно застосовувати наступні засоби індивідуального захисту:

- для захисту органів дихання від пилу, що утворюється при теплоізоляційних роботах – застосовувати респіратори фільтруючої дії ШБ-1 “Пелюсток-200”, “Пелюсток-40”, “Пелюсток-5”;

- при нанесенні фарбувальних складів ручним і механізованим способом за допомогою пістолетів-фарбороспилювачів застосовувати засоби, що перешкоджають вдиханню парів органічних і інших розчинників.

До них відносяться:

- універсальний респіратор РУ-60М-А, респіратор РПГ-67А, шланговий дихальний апарат РМП-62, шланговий протигаз ПШ-1; ПШ-2;

- для захисту очей від пилу і крапель фарбувального складу ізолювальники повинні застосовувати окуляри закритого типу ЗП2-84 і ЗП3-84, ЗП1-90, напівмаски, що прикривають обличчя і шию;

- для захисту шкіри рук від дії фарбувального складу і розчинників слід в окремих випадках користуватися рукавичками гумовими технічними типу А. Особам з підвищеною пітливістю рук рекомендується перед надяганням рукавичок припудрити шкіру. Поряд з рукавичками робітники повинні користуватися захисними мазями і пастами, що рекомендується.

4.2.2. Вимоги безпеки під час роботи

1. Усі роботи усередині приміщення з застосуванням пожежонебезпечних чи шкідливих речовин варто виконувати при відкритих вікнах чи примусовій вентиляції.

2. У місцях застосування лакофарбових матеріалів і складів, що утворюють вибухонебезпечні пари, не допускаються дії з застосуванням вогню та іскроутворення, електропроводка в цих місцях повинна бути знеструмлена чи виконана у вибухобезпечному виконанні.

3. При роботі з лугами і кислотами необхідно дотримуватися особливої обережності:

- щоб уникнути нещасних випадків тару з кислотами і лугами переміщати спеціальними пристосуваннями;
- переносити наповнені сулії тільки вдвох на спеціальних носилках.

4. Кам'яновугільний лак, алюмінієва пудра, розчинники вогненебезпечні, тому їх варто зберігати на робочих місцях відповідно до встановлених проти-пожежних норм. Гасити алюмінієву пудру, що зайнялася, слід азбестовими чи сукняними повстинами, сухим піском. Забороняється гасити палаючу алюмінієву пудру водою.

5. Злиття і видача легкозаймистих, токсичних рідин дозволяється тільки в герметичну металеву тару, що закривається за допомогою насосів через мідну сітку. Транспортувати лаки, фарби і розріджувачі слід в закритій тарі.

6. Збереження порожньої тари з-під пожежовибухових і шкідливих речовин, а також їхнє очищення варто робити на спеціально відведених і обгороджених майданчиках, погоджених з пожежною охороною об'єкта.

Не допускається залишати порожню тару в робочій зоні. Щоб уникнути вибуху при огляді порожньої тари забороняється користуватися сірниками й іншими джерелами вогню.

7. Робочі місця, підходи до механізмів і устаткування, що застосовується для готування і нанесення фарбувальних і інших складів, необхідно тримати в чистоті і порядку, не захаращувати матеріали.

8. Обтиральний матеріал варто зберігати в закритих шухлядах, а після його використання – складати в металеві бочки, що закриваються кришкою, і забирати після кожної зміни в спеціально відведене місце.

9. Розлиті на підлогу мастила і розчинники варто змити водою з шланга чи посипати сухим піском (тирсою), потім зібрати в закриту тару і видалити з приміщення.

10. Фарби, мастики, клей на органічних розчинниках необхідно розмішувати на відстані не менш 2 м від приладів водяного опалення.

11. При використанні мастик, клеїв, фарб, що містять летучі вогнебезпечні з'єднання і шкідливі речовини, слід користуватися їхньою мінімальною кількістю, необхідною для виконання разового завдання і не перевищувала змінної потреби. Банки з мастикою чи клеєм варто відкривати безпосередньо перед уживанням, тривалий час відкритими не тримати, по закінченні роботи щільно закривати і здавати на склад, пристосований для збереження цих матеріалів.

12. З появою нудоти, головного болю, посинінні рук і інших ознак отруєння варто звернутися до лікаря, попередивши про це майстра (виконроба).

4.2.3. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. Основними причинами виникнення виробничих аварій при роботах із

застосуванням пожежебезпечних і шкідливих речовин є:

- порушення вимог безпеки технологічних процесів;

- невідповідність вимогам безпеки виробничого устаткування, його розміщення, організації робочих місць;
- порушення вимог безпеки при збереженні, транспортуванні вихідних матеріалів, готової продукції і відходів виробництва;;
- низька трудова дисципліна, недбалість і неухважність працівника в процесі виконання робіт; ;
- незастосування засобів захисту працюючих.

2. При виникненні на об'єкті небезпечних умов, необхідно вивести із небезпечної зони людей і сповістити про це керівника робіт для вживання заходів.

3. При нещасному випадку чи аварії варто сповістити про це відповідального керівника робіт і надати потерпілому першу допомогу.

4. Якщо обстановка не загрожує життю і здоров'ю навколишніх робітників і не зарожує розширенням аварії, необхідно зберегти її такою, якою вона була в момент події.

5. При виникненні пожежі на об'єкті необхідно негайно викликати по телефону "101" пожежну частину й організувати її ліквідацію первинними засобами пожежогасіння.

4.2.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. Очистити робоче місце від сміття, обтирального матеріалу, пролитих лакофарбових чи інших токсичних складів.

2. Інструмент і пристосування, використувані для готування і нанесення складів, що містять шкідливі речовини, ретельно вимити і скласти в призначене для них місце. Забороняється зберігати інструменти і пристосування в санітарно-побутових приміщеннях.

3. По закінченні роботи механізму необхідно:

- виключити електродвигун апаратом керування і відключити його від мережі рубильником;
- очистити від залишків матеріалів, пилу;

- продути шланги пневмоінструмента;
- після зняття тиску роз'єднати шланги і забрати їх у відведене місце;
- уважно оглянути деталі, перевірити кріплення вузлів;
- витерти механізм чистим обтиральним матеріалом.

4. Матеріали, що залишилися, здати на склад.

5. Попередити керівника робіт і змінника про виявлені в ході огляду несправності замічених відхиленнях від норми при роботі механізму пошкодження.

6. Зняти спецодяг і інші засоби індивідуального захисту, очистити його і залишити в спеціально відведеній індивідуальній шафці.

7. Зняти тампоном з рук профілактичну (захисну) пасту (мазь), ретельно вимити теплою водою з милом обличчя і руки.

4.3. Перша допомога в лабораторіях при опіках і отруєннях

1. При термічних опіках негайно робіть неодноразові примочки в місці опіку спиртовим розчином танніни (можна також змочувати розчином KMnO_4 або $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ і покривати маззю від опіків - сульфідіновою емульсією).

2. При опіках кислотами спочатку добре промийте обпаленій місце точною водою, а потім розчином Na_2CO_3 .

3. При опіках їдкими лугами добре промийте обпаленій місце водою, а потім розведеної оцтової кислотою.

У разі вдихання парів хлору чи бромю слід вдихати пари спирту, а потім вийти на свіже повітря.

Особливу увагу під час роботи в лабораторії повинна приділятися захисту очей. У разі попадання в очі різних хімічних реагентів потрібно негайно промити очі великою кількістю води протягом 3 - 5 хвилин, а потім промити очі у випадку лужних розчинів реагентів розчином HBr , у разі кислих - розчином Na_2CO_3 . Після цих заходів першої допомоги необхідно негайно звернутися до лікаря.

При виникненні пожежі негайно вимкніть газ і електроприлади по всій лабораторії, заберіть всі горючі речовини подалі від вогню, засипте піском або накрийте повстяним, вовняним ковдрою або азбестом вогнище пожежі. Велике полум'я гасять за допомогою вогнегасника (краще застосовувати вуглекислотні).

Якщо на загориться одяг на працівнику, тушіть його обливанням водою з душу або негайно поваліть його на підлогу і накрийте повстяною ковдрою.

4.4. Заходи щодо поліпшення умов праці

Інструкції з безпеки робіт з їдкими, вогне- та вибухонебезпечними, повинні бути більш докладними.

Наприклад, досить часто в лабораторії використовують ртутні термометри. У разі їх розбивання ртуть, проникаючи в щілини підлоги, випаровується, і її пари можуть стати джерелом важких отруень. Тому слід додати таке положення до інструкції:

- пролиту ртуть збирають вакуум-піпеткою з пасткою. Для збирання ртуті можна також використовувати склянки Тищенко, підключені до вакуумного насоса, пензлики або пластини з міді.

- необхідно обробити забруднені ртуттю поверхні 1%-им розчином $KMNO_4$, підкислений HCl .

При роботі з концентрованими кислотами та лугами слід прийняти до уваги та внести до інструкції наступне:

- якщо кислота випадково пролита, то її спочатку засипають піском, щоб він ввібрав кислоту, потім пісок прибирають і місце, де була пролита кислота, засипають вапном або содою, після цього замивають водою і витирають насухо;

- пролиті концентровані розчини лугів також засипають піском або тирсою, після їх видалення обробляють поверхню слабким розчином оцтової кислоти;

- забороняється злив в каналізацію кислот і лугів без попередньої їх нейтралізації.

При перенесенні кислот і лугів необхідно дотримуватися правила:

- переноска кислот однією людиною дозволяється в відповідній скляному посуді місткістю не більше 5 л у спеціальних кошиках;
- бутлі ємністю 5 л з кислотами і розчинами лугів повинні поміщатися в кошики, причому вільні проміжки повинні бути заповнені солом'яною або стружками, кошики повинні переноситися двома працівниками.

Висновки по розділу

1. Проаналізовано, що наноматеріали (фулерени, нанотрубки, дендрити, нанокристали і ін.), потрапляючи в живий організм, є токсичними і здатні ушкоджувати біомембрани, порушувати функції біомолекул, зокрема молекул генетичного апарату клітини, клітинних органел (мітохондрій), приводячи до порушення регуляторних процесів і загибелі клітини.

2. Механізм дії наноматеріалів на живі структури пов'язаний з утворенням в їх присутності вільних радикалів, зокрема пергідратів, а також з виникненням комплексів з нуклеїновими кислотами.

3. У ряді випадків для розглянутої області концентрацій наноматеріалів спостерігалася лінійна залежність ефекту від дози. Як доза приймали загальну поверхню наночастинок в досліджуваному органі, тканині або об'ємі.

4. Ефект для живого організму виявляється у виникненні запальних процесів в окремих органах і тканинах, в зниженні імунітету, в можливому виникненні хронічних запалень, які, у свою чергу, здатні викликати запалення легень, рак, серцевосудинні та інші захворювання, що призводять до зниження якості і тривалості життя людини.

5. Відмічена дія фулеренів, нанотрубок, нанокристалів на організми (мікроорганізми, ракоподібні, риби, ссавці), що приводить до їх загибелі.

6. Дія фулеренів на екосистеми не досліджено.

7. Наслідки довготривалої дії наноматеріалів на людину і живі об'єкти не досліджені.

8. Методи оцінки, аналізу і управління ризиком, розроблені в області радіаційної безпеки і токсикології, можуть бути використані для аналізу, оцінки і управління ризиками нанотехнологій з відповідними модифікаціями, що зважають на специфіку конкретних нанооб'єктів.

9. Фулерен – екологічно чистий матеріал: ні при його виробництві, ні в експлуатації, ні при утилізації в навколишнє середовище не виділяються жодні шкідливі речовини, так як це чистий вуглець.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

5.1. Загальні положення

Враховуючи те, що фулерен – винятково стійка сполука, тому в кристалічному вигляді він не реагує з киснем повітря, є стійкий до дії кислот і лугів, не плавиться при досягненні температури 360 °С. Хімічні властивості знаходяться в повній згоді зі згаданими вище структурними особливостями – фулерен не вступає в реакції, характерні для ароматичних сполук. Неможливі реакції заміщення, тому що в атомів вуглецю немає ніяких бічних замісників. Достатня кількість ізольованих кратних зв'язків дозволяє вважати фулерен поліолефіновою системою. Для нього найбільш типовим є приєднання по кратному зв'язку.

Фулерен – п'ята алотропна модифікація вуглецю. Цей термін застосовують до широкого класу сполук із мінімально можливою будовою у 60 атомів вуглецю, що поєднані ковалентним зв'язком у сферичну молекулу, де кожен атом вуглецю поєднаний із трьома іншими, утворюючи п'ятикутники та шестикутники на поверхнях. Найбільша молекула фулерену складається із 560 атомів вуглецю. Найбільш вивченою молекулою фулерену є молекула C_{60} .

C_{60} найменший фулерен, що відповідає правилу ізольованого пентагону і тому він є найменшим стійким фулереном. Вміст C_{60} найвищий у зазвичай експериментально отримуваній суміші фулеренів, хоча C_{60} термодинамічно є найменш стабільним серед стійких фулеренів. Його ентальпія утворення 8,66 ккал/атом більша за ентальпію утворення, наприклад, C_{70} на 0,34 ккал/атом.

Найстійкішою алотропною модифікацією карбону за стандартних умов є графіт з ентальпією утворення 0,00 ккал/атом. Тобто, C_{60} є кінетично контрольованим продуктом в реакції утворення фулеренів.

Описані вище хімічні властивості фулеренів є основою економічної ефективності їх застосування.

5.2. Розрахунок економічної ефективності присадки «Мегафорс»

Економічна ефективність від впровадження запропонованого фулереновмісного геомодифікатора полягає у підвищеному терміні служби трибоспряження та зменшенні витрат на технічне обслуговування і ремонт під час експлуатації. В якості об'єкта економічної ефективності візьмемо дані при випробуванні присадки «Мегафорс» на двигуні внутрішнього згоряння автомобіля Daewoo Nexia.

Основні дані двигуна: бензиновий, робочий об'єм 1,6 л; потужність 70 к.с., номінальний тиск при такті стискання – 1,3 МПа; пробіг до капітального ремонту 300 000 км; періодичність заміни моторної оливи – 10 000 км.

Пробіг двигуна до капітального ремонту коливається у різних автомобілів у досить широких межах і залежить від довговічності конструкції і умов експлуатації. У багатьох вітчизняних машин цей пробіг в середньому складає 150 тисяч кілометрів, у більшості іномарок – більше 250 тисяч кілометрів.

Зниження компресії в циліндрах карбюраторного двигуна на 25 % призводить до підвищення витрати пального на 10...12 %, а викиди окису вуглецю і вуглеводнів при цьому збільшуються на 60...80 і 140...220 г/км відповідно [12].

Нормативний пробіг двигуна до капітального ремонту становить 300 тис. км. Виходячи з результатів лабораторних досліджень, передбачуваний пробіг двигуна до капітального ремонту зростає на 64 %, тобто складе близько ≈ 490 тис. км.

Вартість 100 мл присадки «Мегафорс» для бензинових двигунів легкових автомобілів складає – 390 грн.

Тоді, зможемо визначити суму на капітальний ремонт базового двигуна у розрахунку на 100 км пробігу [16]:

$$C_{\text{мб}} = \left[\frac{B_{\text{м}} \cdot \alpha_{\text{рм}} \cdot g_{\text{км}} \cdot 0,75}{100 \cdot G_{\text{рікн}}} + \frac{(S_{\text{км}} + S_{\text{прм}} + S_{\text{том}} + S_{\text{зм}}) \cdot g_{\text{км}}}{1000} \right] \cdot K_i; \quad (5.1)$$

$$C_{БМ} = \left[\frac{270000 \cdot 11 \cdot 8,5 \cdot 0,75}{100 \cdot 300000} + \frac{(40 + 54 + 24 + 5) \cdot 8,5}{1000} \right] = 7,63 \text{ грн/га.}$$

де Бм, арм - балансова вартість машини (грн) та норма відрахувань на реновацію, %;

Скм, Спрм, Стом, Сзм - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, ТО, зберігання, грн.;

Грікн, гкм - нормативне річне завантаження (км) та витрата л на 100 км;

Кі – коефіцієнт, який враховує індексацію цін (Кі = 1,5);

Сума на капітальний ремонт проектного двигуна на 100 км пробігу:

$$C_{МПроект} = \left[\frac{270000 \cdot 11 \cdot 8,2 \cdot 0,75}{100 \cdot 30000} + \frac{(40 + 54 + 14 + 5) \cdot 8,2}{1000} \right] = 6,09 \text{ грн/га.}$$

Лабораторно-стендовими дослідженнями було встановлено, що ефект від додавання присадки «Мегафорс» підвищує термін служби на 64%. А ефект від застосування присадки може тривати до 50 тис. км пробігу. Тому обробка присадкою (шляхом заливання її в двигун під час заміни моторної оливи) за цей період буде здійснена 7 разів. Загальна вартість затрат на присадку складе 2730 грн.

Знайдемо загальні затрати на виконання капітального ремонту на весь пробіг:

$$C_{МБЗ} = C_{МБ} \cdot S_3; \quad (5.2)$$

$$C_{МБЗ} = 7,63 \cdot 300000/100 = 22890 \text{ грн.}$$

Тоді загальні затрати на виконання капітального ремонту на весь пробіг при використанні присадки «Мегафорс» складуть:

$$C_{МПЗ} = 6,09 \cdot 300000/100 + 2730 = 21000 \text{ грн.}$$

Отже загальна економія на виконанні капітального ремонту буде становити:

$$C_{МЗ} = C_{МБЗ} - C_{МПЗ}; \quad (5.4)$$

$$C_{МЗ} = 22890 - 21000 = 1890 \text{ грн.}$$

Як бачимо економія пального на кожних 100 км пробігу, від впровадження запропонованого фулереновмісного геомодифікатора складає:

$$E_{100 \text{ км}} = E_{\text{б}} - E_{\text{п}}; \quad (5.5)$$

де $E_{\text{б}}$ – витрата пального на 100 км базового двигуна;

$E_{\text{п}}$ - витрата пального на 100 км проектованого двигуна.

$$E_{100 \text{ км}} = 8,5 - 8,2 = 0,3 \text{ л/100км}$$

Таким чином витрати палива без використання присадки складуть:

$$V_{\text{пб}} = S_{\text{з}} * I_{\text{пб}}; \quad (5.6)$$

де $S_{\text{з}}$ – загальний пробіг, км;

$I_{\text{пб}}$ – витрата пального на 1 км.

$$V_{\text{пб}} = 300000 * 0,085 = 25500 \text{ л}$$

Та з використанням присадки:

$$V_{\text{пп}} = S_{\text{б}} * I_{\text{пб}} + S_{\text{п}} * I_{\text{пп}}; \quad (5.7)$$

де $S_{\text{б}}$ – пробіг до КР без використання присадки;

$I_{\text{пб}}$ - витрата пального на 1 км без використання присадки;

$S_{\text{п}}$ – подовження пробігу до КР при використанні присадки;

$I_{\text{пп}}$ - витрата пального на 1 км при використанні присадки.

$$V_{\text{пп}} = 300000 * 0,082 = 24600 \text{ л.}$$

Знайдемо економію пального:

$$E_{\text{п}} = V_{\text{пб}} - V_{\text{пп}} = 25500 - 24600 = 900 \text{ л.}$$

Беручи ціну палива 23,5 грн за 1 л, отримаємо економію в гривнях:

$$E_{\text{гп}} = V_{\text{з}} * C_{\text{п}}; \quad (5.9)$$

$$E_{\text{гп}} = 900 * 23,5 = 21150 \text{ грн.}$$

де $C_{\text{п}}$ – вартість 1 літри пального.

Отже, економічна ефективність від експлуатації двигуна, трибоспряження якого оброблені присадкою «Мегафорс» тільки при досягненні пробігу до капітального ремонту, рівному серійному двигунові – 300 000 км – складе:

$$E_{\text{е}} = E_{\text{гп}} + C_{\text{мз}} = 21150 + 1890 = 23040 \text{ грн.}$$

А при досягненні 300 000 км пробігу до витрат експлуатації стандартного двигуна додається ще й вартість проведення капітального ремонту, тобто затра-

ти зростають приблизно на 22 890 грн, у той час, як двигун, до якого додані присадки «Мегафорс» буде й далі в експлуатції.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко – економічні показники роботи

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Марка двигуна, робочий об'єм	Daewoo Nexia, 1.6	
Пробіг до КР, км	300 000	492 000
Витрати палива, л/100км	8,5	8,2
Витрати палива всього, л	25 500	24 600
Витрати на КР при пробігу, грн.	22 890	21 000
Вартість присадки, грн.	-	2 730
Економічна ефективність, грн / до КР	-	23 040
Економічна ефективність після 300 тис.км пробігу, грн	-	45 930

Висновки по розділу. Розраховано, що впровадження оливної присадки «Мегафорс» є економічно доцільним і економічний ефект до досягнення пробігу 300 тис. складе 23 040 грн, а після – 45 930 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Наведений аналіз фулереновмісних оливних присадок, що випускаються під торговою маркою «Мегафорс» показав, що наявність в них фулеренів може сприяти підвищенню довговічності трибоспряжень, у тому числі і в двигунах внутрішнього згоряння.

2. При дослідженні триботехнічних характеристик оливних присадок, використовували схему тертя «диск-колодка», процес тертя реалізовувався на машині тертя СМЦ-2, шорсткість поверхонь тертя вимірювали за допомогою профілометру 256.

3. Результати лабораторних досліджень свідчать, що найбільший позитивний вплив на зменшення шорсткості поверхні має композиція «Олива + 05» - в 1,68 рази нижчий показник, ніж у випадку застосування чистої оливи. Виходячи з цих результатів, можемо припустити, що довговічність експлуатації трибоспряжень, як складова комплексного показника надійності також зросте в середньому в 1,5 рази. Доведено, що всі запропоновані композиції «Мегафорс» знижують шорсткість поверхні на 59...64 %.

4. У розділі, присвяченому питанням охорони та безпеки праці при роботі з фулереновмісними матеріалами, розроблено додаткові заходи щодо безпечного поводження працівників з такими матеріалами. Показано, що вплив фулеренів та їх розчинів на організм людини потребує подальшого вивчення.

5. Розраховано, що впровадження оливної присадки «Мегафорс» є економічно доцільним і економічний ефект до досягнення пробігу 300 тис. складе 23 040 грн, а після – 45 930 грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Деркач, О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Дис.. канд. техн. наук: 05.05.11. – Тернопіль, 2006. – 182 с.
2. Макаренко, Д.О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Макаренко Дмитро Олександрович ; Центральноукр. нац. техн. ун-т. - Кропивницький, 2018. - 20 с.
3. Прейсман В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники: Монография. / Прейсман В.И. – М.: Выща школа, 1988. – 247с.
4. Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C., Curl R. E, and Smalley R. E. // Nature. 1985.V. 318. P.162.163.
5. Perspectives of Fullerene Nanotechnology, edited by E.Osawa. 2002. Kluwer Academic Publishers. - 375p.
6. Osawa E., Kagaku (Kyoto) 25 (1970) 854 in Japanese. Chem. Abstr. 74 (1971) 75698v.
7. Бочвар Д. А., Гальперн Е. Г. Докл. АН СССР, Т.209, № 3, С.610 (1973).
8. The Nobel Prize. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://nobelprize.org>.
9. Diederich E. and Whetten R.L. Acc. Chem. Res., 25, 119 (1992).
10. Пул Ч., Оуенс Ф. Нанотехнологии. 2-е, дополненное издание. Техносфера, Москва: 2006. – 119-120 с.
11. Рамбли Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютерные системы. – М.: Физматлит. – 2007. – 180-181 с.
12. Derkach, O.D. Investigation of the influence of fullerene-containing oils on tribotechnical characteristics of metal conjunction [Kabat O.S., Bezus R.M., Kovalenko V.L., Kotok V.A.] / ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, July 2018, T 13 № 14. (**Scopus**).

13. Derkach O., Makarenko D., Naymenko M. The use of carbon plastics in wide-sowing machines // International scientific journal "mechanization in agriculture". – 2015. – Vol. 61. – Issue 1. – P. 3-5.
14. 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. – Дніпро: Інтеграл, 2018. – 274 с., С 260-270.
15. Методика расчетной оценки износостойкости поверхностей трения деталей машин. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 100с.
16. Аулін В.В. Економічне обґрунтування ефективності та рентабельності використання транспортних засобів на АТП / В.В. Аулін, О.М. Замота// Вісник Інженерної Академії України. – 2014. – №3. – с. 151-158.
17. Верховна Рада України. Закон України «Про охорону праці». [Електронний ресурс]. Дата останнього звернення 28.01.2019 р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
18. Все про інструктажі з охорони праці. [Електронний ресурс]. Дата останнього звернення 28.01.2019 р. Режим доступу: <http://oppb.com.ua/articles/vse-pro-instruktazhi-z-ohorony-praci>
19. Беликов, А.С. Охрана труда в агропромышленном комплексе Украины [Текст]: учебное пособие / А.С. Беликов, В.В. Сафонов, С.Г. Годяев и др. – Черкассы: издатель Чабаненко Ю.А., 2014. – 646 с.
20. Ільченко, В.Ю. Практикум з використання машин у рослинництві / [Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П., Карасьов П.І., Кухаренко П.М., та ін.] – Дніпропетровський держагроуніверситет. – Дніпропетровськ, 2002. – 212с.
21. ТОВ «НВП «Мегафорс». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://megaforce.ua/>.

Додатки

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО
ПАРКУ

Тема :
**Підвищення довговічності трибоспрямиць
застосуванням олівних присадок торгової марки
«Мегафорс»**

Виконав: студент 2 курсу,
групи МГМ-1-19
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Владімеров О.О.

Керівник: к.т.н., доц. Деркач О. Д.

Дніпро 2020

Мета роботи – дослідження впливу присадок торгової марки «Мегафорс» на зміну режимів тертя в трибоспрямицях сільськогосподарської техніки.

Об'єктом досліджень є процеси тертя в трибоспрямицях с-г. техніки.

Предметом досліджень є закономірності зміни характеристик поверхонь тертя.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

провести аналіз олівних присадок «Мегафорс»;
обґрунтувати вплив змащувально-відновлювальних
матеріалів на довговічність шарнірних з'єднань;

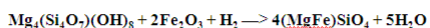
рекомендувати на основі накопиченого досвіду
застосування полімерно-композитних матеріалів у
паралелограмному механізмі;

удосконалити заходи з охорони праці при
лабораторних дослідженнях;

визначити економічну ефективність від використання
олівних присадок торгової марки «Мегафорс».

ОГЛЯДІ АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ МЕГАФОРС ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ

Утворення металокераміки на контактуючих поверхнях під дією енергії, що виділяється при терті, можна описати таким хімічним рівнянням:



де:

$\text{Mg}_4(\text{Si}_4\text{O}_7)(\text{OH})_8$ - хімічний склад шаруватого силікату; $2\text{Fe}_2\text{O}_3$ - залізо у вигляді оксиду;

H_2 - атомарний водень.

Оливи та присадки в мастила МЕГАФОРС



Виробник стверджує, що ефект від використання присадки МЕГАФОРС для двигунів автотракторної техніки, наступний:

Відновлюється компресія до номінальних показників;

Запобігає та усуває знос деталей в двигуні (циліндрів, кілець, колінчастих і розподільних валів і ін.);

Знижується витрата пального до 8-10 відсотків;

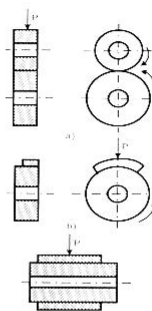
Збільшується потужність двигуна до 5%; Забезпечується стабільний пуск двигуна за мінусових температур повітря;

Продовжує термін експлуатації двигуна в 2-3 рази.

ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ



Загальний вид машини тертя СМЦ-2



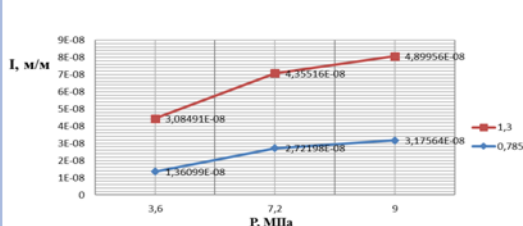
Схеми тертя

Режими випробувань були наступні:

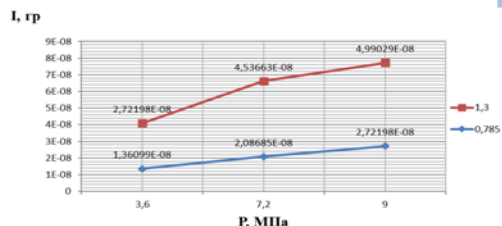
- тиск на зразки : 3,6; 7,0; 9,0 МПа;

- швидкість ковзання – 0,785; 1,3; 2,6 м/с.

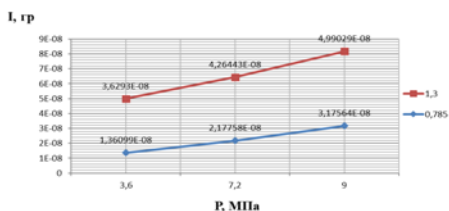
3. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ



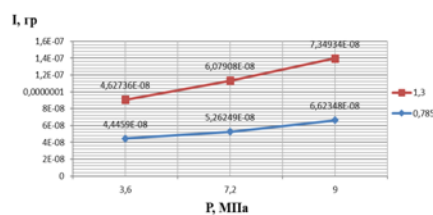
Залежність зносу зразків від тиску при експлуатації у чистій оливі



Залежність зносу зразків від тиску в оливі з додаванням присадки № 01



Залежність зносу зразків від тиску в оливі з додаванням присадки № 03



Залежність зносу зразків від тиску в оливі з додаванням присадки № 05

Падіння шорсткості робочої поверхні після проведення випробувань

Оливи та присадки	До експериментів	Після експериментів
Олива	3,78	1,47
Олива + 01	3,163	1,87
Олива + 03	3,6	2,2
Олива + 05	2,8	1,8

Олива	38%
Олива + 01	59%
Олива + 03	61%
Олива + 05	64%

Найбільший позитивний вплив на зменшення шорсткості поверхні має композиція «Олива + 05» - в 1,68 рази нижчий показник, ніж у випадку застосування чистої оливи. Виходячи з цих результатів, можемо припустити, що довговічність експлуатації трибоспринжень, як складова комплексного показника надійності також зростає в середньому в 1,5 рази.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

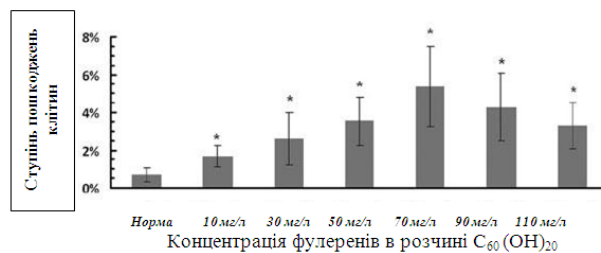


Рис 4.1. Доля клітинних пошкоджень

1. Проаналізовано, що наноматеріали (фулерени, нанотрубки, дендрити, нанокристали і ін.), потрапляючи в живий організм, є токсичними і здатні ушкоджувати біомембрани, порушувати функції біомолекул, зокрема молекул генетичного апарату клітини, клітинних органел (мітохондрій), приводячи до порушення регуляторних процесів і загибелі клітини.
2. Ефект для живого організму виявляється у виникненні запальних процесів в окремих органах і тканинах, в зниженні імунітету, в можливішому виникненні хронічних запалень, які, у свою чергу, здатні викликати запалення легенів, рак, серцевосудинні та інші захворювання, що призводять до зниження якості і тривалості життя людини.
3. Відмічена дія фулеренів, нанотрубок, нанокристалів на організми (мікроорганізми, ракоподібні, риби, ссавці), що приводить до їх загибелі.
4. Дія фулеренів на екосистеми не досліджено.
5. Фулерен – екологічно чистий матеріал: ні при його виробництві, ні в експлуатації, ні при утилізації в навколишнє середовище не виділяються жодні шкідливі речовини, так як це чистий вуглець.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Марка двигуна, робочий об'єм	Daewoo Nexia, 1.6	
Пробіг до КР, км	300 000	492 000
Витрати палива, л/100км	8,5	8,2
Витрати палива всього, л	25 500	24 600
Витрати на КР при пробігу, грн.	22 890	21 000
Вартість присадки, грн.	-	2 730
Економічна ефективність, грн / до КР	-	23 040
Економічна ефективність після 300 тис.км пробігу, грн	-	45 930

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- Наведений аналіз фулереновмісних оливних присадок, що випускаються під торговою маркою «Мегафорс» показав, що наявність в них фулеренів може сприяти підвищенню довговічності трибоспрязень, у тому числі і в двигунах внутрішнього згорання.
- При дослідженні триботехнічних характеристик оливних присадок, використовували схему тертя «диск-колодка», процес тертя реалізовувався на машині тертя СМЦ-2, шорсткість поверхонь тертя вимірювали за допомогою профілометра 256.
- Результати лабораторних досліджень свідчать, що найбільший позитивний вплив на зменшення шорсткості поверхні має композиція «Олива + 05» - в 1,68 рази нижчий показник, ніж у випадку застосування чистої оливи. Виходячи з цих результатів, можемо припустити, що довговічність експлуатації трибоспрязень, як складова комплексного показника надійності також зростає в середньому в 1,5 рази. Доведено, що всі запропоновані композиції «Мегафорс» знижують шорсткість поверхні на 59...64 %.
- У розділі, присвяченому питанням охорони та безпеки праці при роботі з фулереновмісними матеріалами, розроблено додаткові заходи щодо безпечного поводження працівників з такими матеріалами. Показано, що вплив фулеренів та їх розчинів на організм людини потребує подальшого вивчення.
- Розраховано, що впровадження оливної присадки «Мегафорс» є економічно доцільним і економічний ефект до досягнення пробігу 300 тис. складе 23 040 грн, а після – 45 930 грн.

