

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство. Відновлення та
технічний сервіс автомобілів»

Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: «Підвищення зносостійкості пари тертя втулка – вісь
механізму перемикавання передач легкового автомобіля»

Шифр: МРТАМ 24.23599.000. ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм-23-1

Підпис

А.В. Василюшин
Ініціали, прізвище

Керівник к.т.н., доц. каф. ТАМ

Підпис

В.П. Свідерський
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.

Підпис

О.В. Диха
Ініціали, прізвище

11 12 2024 р.

Хмельницький, 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

2024 року

10.10

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Василишину Андрію Васильовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проєкту (роботи): Підвищення зносостійкості пари тертя втулка – вісь механізму перемикавання передач легкового автомобіля

керівник проєкту (роботи) Свідерський Владислав Петрович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 26 08 2024 р. №28 (Д60)

2. Строк подання студентом проєкту на кафедру 10 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення ущільнюючих елементів; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці та безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналіз відомих методів та даних по підвищенню зносостійкості деталей пари тертя втулка – вісь механізму перемикавання передач легкового автомобіля.

2. Дослідження зносостійкості деталей пари тертя втулка – вісь механізму перемикавання передач легкового автомобіля і проведення розрахунків з визначенням параметрів моделі зношування.

3. Розробка технологічного процесу нанесення фторопластового покриття на поверхню вуглецевих волокон з наступним введенням їх до складу антифрикційних карбонпластиків.

4. Розробити технологію виготовлення втулки куліси механізму перемикавання передач з матеріалу Ф4К10ВВ10.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
Графічну частину проєкту представити у вигляді презентації на слайдах (10-20) шт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд	30.09.2024	
2	Дослідницький розділ	25.10.2024	
3	Технологічний розділ	15.11.2024	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2024	
5	Оформлення презентації магістерської роботи	1.12.2024	
6	Нормоконтроль магістерської роботи	5.12.2024	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	10.12.2024	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис


Підпис

А.В. Васишин
Ініціали, прізвище

В.П. Свідерський
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

На тему: *«Підвищення зносостійкості пари тертя втулка – вісь механізму перемикавання передач легкового автомобіля».*

Актуальність теми дослідження.

У сучасному машинобудуванні зростання питомих навантажень і швидкостей руху ускладнює експлуатаційні умови деталей і вузлів машин, що спричиняє збільшення інтенсивності зносу контактуючих поверхонь. Наразі виникла проблема підвищення зносостійкості втулки куліси автомобіля «Москвич – 2140», що дозволило б покращити надійність механізму перемикавання передач загалом.

З винайденням високотехнологічного матеріалу флубон появилася можливість замінити поліетилен на антифрикційний карбопластик, характеристики якого значно перевершують поліетилен в таких умовах.

Мета і завдання дослідження. Підвищення зносостійкості пари тертя втулка – вісь методом заміни матеріалу поліетилен на фторопластовий антифрикційний карбопластик.

Щоб виконати поставлену мету в роботі визначено розв'язок наступних задач:

- дослідити умови роботи пари втулка – вісь механізму перемикавання передач;
- з ціллю покращення фізичних, механічних та антифрикційних характеристик карбопластиків типу флубон вивчити вплив вуглецевих волокон та видів фторопласту на властивості матеріалів.
- розробити технологію нанесення покриття фторопластового на поверхню вуглецевих волокон з послідуочим введенням їх в склад антифрикційних карбопластиків.
- виготовити установку, розробити методику та виконати дослідження зносостійкості полімерного базового матеріалу та антифрикційного карбопластика Ф4К10ВВ10;
- розробити технологію виготовлення втулки куліси механізму перемикавання передач з матеріалу Ф4К10ВВ10.

Наукова новизна отриманих результатів. Було здійснено вибір та обґрунтування технологічного методу підвищення зносостійкості вузла тертя агрегату шляхом заміни поліетилену на карбопластик Ф4К10ВВ10. Експериментальні дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів підтвердилися результатами розрахунків, спрямованими на визначення параметрів моделі зношування. Розроблена технологія виготовлення втулки куліси механізму перемикавання передач з матеріалу Ф4К10ВВ10.

Структура й обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 100 сторінок, 12 рисунків, 11 таблиць, 22 літературних джерела.

Перелік ключових слів: ВТУЛКА КУЛІСИ, МЕХАНІЗМ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВТУЛКИ, АНТИФРИКЦІЙНИЙ КАРБОПЛАСТИК К10ВВ10, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, МЕТОДИКА.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз конструкції агрегату та вузлів тертя	9
1.1 Конструкція вузла тертя.....	9
1.1.1 Коротка характеристика автомобіля москвич-2140.....	9
1.1.2 Загальний опис машини	16
1.2 Опис конструкції вузла тертя згідно складального креслення. Коробка передач.....	18
1.3 Обґрунтування вибору вузла тертя для підвищення зносостійкості..	21
1.4 Види зношування вузла тертя.....	23
1.5 Огляд відомих методів досліджень по підвищенню зносостійкості...24	
1.6 Визначення умов роботи вузла тертя.....	26
1.6.1 Визначення сил, що діють у спряженні деталей пари тертя.....	26
1.6.2 Розрахунок контактного тиску в спряженні.....	29
2 Технологія технічного обслуговування і поточного ремонту агрегату та вузла тертя.....	31
2.1 Технічне обслуговування агрегату та вузла тертя.....	31
2.2 Технологія поточного ремонту.....	32
2.2.1 Розбирання механізму управління.....	32
2.2.2. Монтаж механізму.....	32
2.2.3 Збирання механізму управління.....	33
2.2.4 Регулювання та випробування механізму.....	34
3 Аналітичний огляд науково-технічних основ і властивостей антифрикційних карбопластиків.....	35
3.1 Вуглецеві волокна.....	36

МРТАМ 24.23599.000. ПЗ									
Зм.	Арк.	Надокум.	Підпис	Дата	Підвищення зносостійкості пари тертя втулка – вісь механізму перемикавання передач легкового автомобіля	Літера	Аркуш	Аркушів	
Виконав		Василишин А.В.		03.10.24		Н		5	100
Перевір.		Свідерський В.П.		10.10.24					
Н.контр.		Бабак О.П.							
Затвер.		Диха О.В.							
						ХНУ, група МТВАм-23-1			

3.1.1 Термінологія, що стосується вуглецевих волокон.....	36
3.1.2 Класифікація вуглецевих волокнистих матеріалів.....	36
3.1.3 Властивості вуглецевих волокнистих матеріалів.....	38
3.2 Фторопласти.....	46
3.2.1 Властивості і застосування.....	46
3.2.2 Марочний асортимент фторопластів.....	50
4 Вплив вуглецевих волокон і різних марок фторопласту-4 на антифрикційні та механічні характеристики карбопластиків.....	53
4.1 Вплив вуглецевих волокон на антифрикційні характеристики карбопластиків.....	53
4.1.1 Методика визначення зносу та коефіцієнта тертя матеріалу на машині тертя ХТІ – 72.....	53
4.1.2 Тарування системи навантаження.....	54
4.1.3 Методика та результати визначення коефіцієнта тертя і зносу досліджуваних матеріалів.....	55
4.2 Вплив різних марок фторопласту–4 і технології нанесення фторопластового покриття на вуглецеву тканину «Текарм» на антифрикційні і механічні характеристики карбопластиків.....	58
4.3 Статистична обробка експериментальних даних.....	61
5 Розробка технології виготовлення втулки осі механізму перемикання передач з антифрикційних карбопластиків.....	64
5.1 Технологія нанесення порошкового матеріалу фторопласт -4 "МБ" на поверхню вуглецевої тканини.....	64
5.1.1 Підготовка сировини до напилення та схема процесу виготовлення втулки осі механізму перемикання передач.....	64
5.1.2 Тепловий баланс процесу наплавки.....	67
5.1.3 Формування покриття.....	71
5.1.4 Термообробка покриття.....	74
5.2 Приготування композиції антифрикційного карбопластика.....	75
5.2.1 Грубе подрібнення вуглецевої тканини.....	75

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

5.2.2 Змішування порошку фторопласту-4 з наповнювачами.....	76
5.2.3 Змішування композиції в змішувачі – дозувальнику.....	76
5.2.4 Подрібнення компонентів композиції в млині «Ютон».....	77
5.2.5 Сушка композиції.....	77
5.2.6 Рихлення композиції.....	78
5.3 Технологія та режими пресування заготовок.....	78
5.4 Термообробка заготовок.....	80
5.5 Контроль готової продукції.....	81
6 Лабораторні дослідження зносостійкості базового матеріалу і матеріалу Ф4К10ВВ10 з визначенням параметрів моделі зношування.....	83
6.1 Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі і методи їх забезпечення.....	83
6.2 Методика проведення дослідження.....	83
6.2.1 Підготовка зразків та контртіла.....	83
6.3 Результати лабораторних випробувань досліджуваних пар тертя.....	86
6.3.1 Розрахунок лабораторних випробувань пари тертя при терті без мащення.....	87
6.3.2 Розрахунок лабораторних випробувань пари тертя в мастилі ТАД-17.....	89
6.3.3 Порівняння лабораторних випробувань пар тертя.....	91
6.3.3.1 Порівняння лабораторних випробувань пари тертя при терті без мащення.....	91
6.3.3.2 Порівняння лабораторних випробувань пари тертя в мастилі ТАД-17.....	92
Висновки.....	95
Список використаних джерел.....	97
Додатки.....	100

ВСТУП

Стрімкий розвиток машинобудування характерний досить суттєвим розширенням границь робочих навантажень, температур, швидкостей ковзання, а також номенклатури робочих середовищ при одночасному зростанні необхідного ресурсу. Безумовно, наслідком цього є першочергова необхідність підвищення довговічності вузлів та механізмів [1].

Дослідження автомобілів на основі однієї або кількох моделей не дозволяє отримати повне уявлення про конструкцію та роботу всіх автомобілів. Для ефективної підготовки фахівця з експлуатації та технічного обслуговування автомобілів у короткі терміни необхідно пояснити основні процеси та явища, що забезпечують роботу автомобіля, і розкрити принципи, на яких вони базуються.

Так як принцип дії багатьох вузлів автомобілів схожий, для одержання загального уявлення про процес роботи цих вузлів буде достатньо ознайомитися з кількома основними конструктивними рішеннями.

Отже, вибір дослідження механізму перемикання передач, зокрема, підвищення зносостійкості втулки куліси вузла тертя агрегату шляхом заміни поліетилену на карбопластик Ф4К10ВВ10, є актуальним. У більшості випадків вузли тертя автомобілів є вузли з рухливими елементами. Дані вузли виходять з ладу у результаті зносу [1].

Вченими виконані порівняльні дослідження механічних, теплофізичних та антифрикційних властивостей термопластів, які армовані вуглецевими і скляними волокнами. Результати показали, що карбопластики мають кращі характеристики чим термопласти, армовані скловолокном: за модулем згину у 2 рази, за теплопровідністю в 2–3 рази та в 2 рази нижча деформація при повзучості [2]. Ці висновки і сприяли виконанню розробки та дослідження характеристик фторопластових матеріалів, які наповнені вуглецево-волокнистими матеріалами [3] і матеріалів на основі фторопластів, модифікованих комбінованими наповнювачами з ціллю підвищення зносостійкості втулки куліси механізму перемикання передач легкового автомобіля.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ АГРЕГАТУ ТА ВУЗЛІВ ТЕРТЯ

1.1 Конструкція вузлів тертя

1.1.1 Коротка характеристика автомобіля москвич -2140

Поняття автомобіль охоплює легкові машини, вантажівки та автобуси. Незважаючи на суттєві конструктивні відмінності, вони мають багато спільних елементів: двигун внутрішнього згоряння, несучу систему з ходовою частиною та шинами, органи керування та гальмівну систему. На заводах з виготовлення автомобілів кінцевим продуктом виробництва є автомобіль у зборі, а також і окрема частина автомобіля, така як двигун або задній міст та інш., у склад яких входить велика кількість різних деталей та вузлів, механізмів, систем [4].

Деталлю вважають нероз'ємний елемент, який виготовлений з заготовки матеріалу. Прикладом деталей можна назвати наступні: вал, болт, шестерня, ричаг передачі та інші. Основні деталі, на яких виконується збирання вузлів та механізмів, називають базовими.

З'єднані між собою за допомогою різьбових, зварних та інших з'єднань кілька деталей називають простим вузлом. Прикладом може бути шестерня, встановлена на валу за допомогою шпонки. Зазвичай у автомобілях є багато складних вузлів, які досить часто складаються з кількох простих, збирання яких виконується також методом вказаних вище з'єднань.

Механізм — це система рухомо з'єднаних деталей або вузлів, які під дією прикладених сил виконують задані рухи (наприклад: у кривошипно-шатунному механізмі поршень, з'єднаний з шатуном та колінчастим валом і здійснює зворотно-поступальний рух).

Агрегатом називають кілька складних вузлів або механізмів, які з'єднані з базовою деталлю (наприклад: коробка передач – базова деталь, яка складається з корпусу, в який встановлено вали, зубчасті колеса, підшипники та інші деталі.)

Під системою розуміють ряд механізмів, вузлів, що знаходяться у взаємодії між собою та виконують конкретні функції, наприклад: система запалення, система

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолодження, система живлення та інші. Усі системи, механізми та агрегати, що знаходяться у автомобілі, можна розділити на три частини: двигун, шасі та кузов.

Двигун є джерелом механічної енергії, без якої неможливий рух автомобіля. Частіше усього на автомобілях розташовані двигуни внутрішнього згорання.

Трансмсія складається з механізмів, які передають і перетворюють крутний момент від двигуна до ведучих коліс. До складу трансмісії входять зчеплення, коробка передач, карданна передача та ведучий міст, який містить головну передачу, диференціал і піввісі. Від головної передачі крутний момент через диференціал передається ведучим колесам через піввісі. Автомобілі сучасні останнім часом можуть мати один, два або кілька ведучих мостів.

Є таке поняття, як несуча система автомобіля. Вона має раму, до якої прикріплений передній міст з амортизаторами та прикріпленими на ньому керованими колесами, а також задній ведучий міст з колесами та підвіскою.

Органи керування включають рульову систему, яка визначає положення передніх коліс відносно рами або кузова, дозволяючи змінювати напрямок руху автомобіля, а також гальмівну систему, що забезпечує зниження швидкості, швидку зупинку автомобіля та утримання його на місці.

Призначення кузова для розташування у ньому необхідного вантажу та пасажирів. Зазвичай, вантажні автомобілі мають спеціальну платформу для вантажу і кабінку для водія та пасажирів. Легкові автомобілі та автобуси мають кузов, в яких передбачений салон, у якому розміщуються водій та пасажир, а також моторного та багажного відділів.

Для автомобіля москвич - 2140 та модифікацій деталі мають позначення відповідно до єдиної семизначної системи нумерації. По цій системі номер деталі, наприклад 412-1005015, складається з таких елементів:

412 – шифр моделі автомобіля (цифри, відокремлені від семизначного номера деталі);

10 – шифр групи двигун (перші дві цифри семизначного номера деталі);

05 – шифр підгрупи Вал колінний і маховик (останні дві цифри семизначного номера деталі);

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

015 – власний номер деталі Вал колінний (останні три цифри семизначного номера деталі). Номер деталі 412-1005015 читається таким чином: «чотириста дванадцять, дефіс десять, нуль п'ять, нуль п'ятнадцять».

Буквені суфікси (А; А1; ...; Би; Б1; ...; У; 1 ... і т.д.) або цифрові індекси (01; 02; ...; 10; ...; 20; 21; ... і т.д.), що стоять після номерів деталі і відокремлені від номерів дефісом, вказують, що входить в конструкцію деталей, що виготовляються. АЗЛК були внесені зміни, і позначають взаємозамінність або невзаємозамінність деталей з їх варіантами, що випускалися раніше.

Деталі, номери яких обкантовуються суфіксами А, А1, А2 і т.ін. або індексами 02., 09, взаємозамінні з первинним номером, а також між собою.

Деталі, номери яких закінчуються суфіксами Б, Б1, Б2 і т.ін. або індексами 10, 11, 19, взаємозамінні між собою, але не взаємозамінні з первинним зразком і його модифікаціями, номери яких закінчуються суфіксами А, А1, А2 і т. ін. або індексами 01, 02 ..., 09.

Деталі, номери яких закінчуються суфіксами В, В1, В2 і т.д. або індексами 20, 21 ..., 29, взаємозамінні між собою, але невзаємозамінні з попередніми варіантами – Б, Б1, Б2 і т. ін. або 10, 11 ..., 19.

Стандартні деталі, такі як гайки, гвинти, болти, шайби, шплінти, заглушки і т.д. мають шестизначні номери та відокремлені від номерів дефісом цифрового індексу, який вказує на вид антикорозійного покриття. Наприклад: шайба 252174-02, де 02 означає фосфатування та промаслювання. В каталозі вказані індекси номерів стандартизованих деталей, які вказують наступні види покриттів: 01 – фарбування в чорний колір; 02 – фосфатування та промаслювання; 04 – фосфатування та фарбування; 06 – нікелювання та полірування; 07 – кадміювання; 08 – цинкування; 10 – лудіння; 13 – хромування та полірування; 15 – оксидування; 16 – свинцювання; 18 – ціанування; 27 – світле цинкування; 29 – цинкування та пасивування.

Технічна характеристика автомобіля «Москвич- 2140» приведена у таблиці 1.1

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. – Технічна характеристика автомобіля «Москвич- 2140»

Найменування параметра	Характеристика
Тип кузова	Закритий, дверей чотири
кількість місць, включаючи місце водія, та вага вантажу	4 –5 та 50 кг вантажу у багажнику
Вага незавантаженого автомобіля без палива, охолоджуючої рідини, мастила двигуна, запасного колеса, інструменту та додаткового обладнання), кг	1015
Вага спорядженого автомобіля з повною заправкою, запасним колесом та інструментом), кг	1080
Повна вага автомобіля (вага спорядженого автомобіля з повним завантаженням), кг	1480
Габаритні розміри, мм:	
довжина	4250
ширина	1550
висота (у ненавантаженому стані)	1480
База (відстань між осями коліс), мм	2400
Колія коліс на площині дороги, мм:	
передніх	1270
задніх	1270
Номінальний статичний радіус шин, мм	285
Дорожні просвіти при номінальному статичному радіусі шин, мм:	
під балкою передньої підвіски	173
під картером заднього моста	173

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Продовження таблиці 1.1

Найменший радіус повороту автомобіля по сліду зовнішнього переднього колеса, м	5,25
Найбільша швидкість на горизонтальній ділянці рівного шосе при повному завантаженні автомобіля, км/г	140
Тип двигуна	Чотиритактний, карбюраторний, з верхнім розташуванням розподільного валу та клапанів
Модель двигуна	412
Вживане паливо	Бензин автомобільний А – 92 (ГОСТ 2084 - 67)
Число циліндрів	4, в ряд, під кутом 20 градусів до вертикалі
Діаметр циліндра, мм	82
Хід поршня, мм	70
Робочий об'єм, см ³	1500
Ступінь стиснення (номінальна)	8,8
Найбільша потужність (при 5800 об/хв), к.с.	75
Найбільший момент (при 3000–3400 об/хв), кгс · м	11,4
Порядок роботи циліндрів	1–3–4–2
Щеплення	Однодискове сухе з центральною нажимною пружиною діафрагменного типу. Привід виключення зчеплення — гідравлічний.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Продовження таблиці 1.1

Коробка передач	Чотириступінчаста з чотирма передачами вперед та однієї назад Синхронізатори для включення першої, другої, третьої та четвертої передач
Передавальні числа передач:	
першої	3,49
другої	2,04
третьої	1,33
четвертої	1,00
заднього ходу	3,30
Карданний вал	Відкритого типу, трубчастий; хрестовини шарнірів на голчатих підшипниках. Ковзаюче з'єднання валу розташоване в подовжувачі коробки передач
Головна передача	Конічна гіпоїдна
Передавальне число головної передачі	4,22
Підвіска передніх коліс	Незалежна пружинна з поперечними важелями, безшкворнева із стабілізатором поперечної стійкості
Підвіска задніх коліс	Прогресивної дії, на повздовжніх напівеліптичних ресорах, з серезками на задніх вушках
Амортизатори підвіски передніх та задніх коліс	Гідравлічні двосторонньої дії телескопічного типу
Колеса	Штамповані дискові із знімними ковпаками
Шини (низько профільні)	6,45-13 6,95-13

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Продовження таблиці 1.1

Рульове управління рульова передача	Глобоїдальний черв'як з подвійним роликом; передавальне число 16,0 (при середньому положенні сошки)
Рульовий привід	Трапеція з триланковою поперечною рульовою тягою з маятниковим важелем.
Гальмівне управління	У двох виконаннях робоче та стоянка гальмівної системи
Робоча гальмівна система: гальма передніх коліс	Дискові з чотирма гідравлічними робочими циліндрами, з автоматичним регулюванням зазору між фрикційними накладками та дисками
гальма задніх коліс	Барабанні колодки з одним гідравлічним робочим циліндром з автоматичним регулюванням зазору
гальмівний привід	Ножний гідравлічний роздільний з двокамерним головним циліндром та вакуумним механічним підсилювачем; привід забезпечений пристроєм, що сигналізує про падіння тиску гальмівної рідини в одному з контурів системи при гальмуванні.
Гальмівна система стоянки	Діє від ручного важеля за допомогою приводу механічного типу тільки на колодки гальм задніх коліс; забезпечена вимикачем лампи.
Кузов	Суцільнометалевий, бічні двері виконані з приварними рамками вікон

1.1.2 Загальний опис машини

Склад двигуна: підвіска двигуна, блок циліндрів, головка блоку циліндрів, поршні та шатуни, колінчастий вал та маховик, розподільний вал, клапани та привід клапанів, газопровід, масляний картер, масляний насос, масло забірник, вентиляція картера, привід розподільника запалення, фільтр масляний.

Склад системи живлення: паливний бак, пробка паливного баку, паливний насос, паливні трубопроводи, карбюратор 412-2101, карбюратор К126Н, управління подачею палива – акселератор, фільтр повітряний карбюратора 412-2101, фільтр повітряний карбюратора К126Н.

Склад системи випуску газів: глушник шуму випуску газів, труби та підвіска глушника шуму.

Склад системи охолодження: радіатор, жалюзі радіатора, трубопроводи та шланги з термостатом, типу ВАЗ, трубопроводи та шланги з термостатом ТБ-1, пробка радіатора, краник зливний, термостат, водяний насос, вентилятор та розширювальний бачок.

Склад зчеплення: головний циліндр приводу виключення зчеплення, привід виключення зчеплення.

Склад коробки передач: механізм перемикання передач, привід перемикання передач.

Вал карданний приводу заднього моста автомобіля.

Міст задній: картер заднього моста, головна передача, піввісь та диференціал.

Що відноситься до рами автомобіля: передній буфер, задній буфер, буксирна проушина, брызговик двигуна, кронштейни переднього номерного знаку та заднього.

Склад підвіски: амортизатори передньої підвіски, амортизатори задньої підвіски, пружини передньої підвіски, стійки та важелі передньої підвіски, стабілізатор стійкості передньої підвіски, ресори задні.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Рульова тяга автомобіля включає: поворотні важелі, рульові тяги.

Колеса та маточини: ковпаки коліс, покришки та камери, маточини передніх коліс, утримувач запасного колеса.

Рульове управління автомобіля – це рульове колесо, механізм рульового управління та безпосередньо кріплення рульового управління.

Гальма автомобіля: передні гальма дискового типу, передні гальма барабанного типу, задні гальма та гальмівні барабани, педаль та привід механізму керування гальмами, головний циліндр гальм, трубопроводи гідравлічного приводу при змішаній конструкції гальм, трубопроводи гідравлічного приводу гальм барабанного типу, підсилювач гальм вакуумний, сигнальний пристрій у гідроприводі гальм, регулятор тиску гальм в гідроприводі задніх коліс, зворотній клапан підсилювача.

Що належить до електрообладнання автомобіля: акумуляторна батарея, генератор, реле регулятора, замок запалення, котушка запалення, свічки запалення, розподільник запалення, стартер та вимикач стартера, усі перемикачі, фари, підфарники, вимикачі освітлення, освітлення панелі приладів, внутрішнє освітлення салону, звуковий сигнал, задні фанарі, освітлення номерного знаку, вимикач світла зупинки, запобіжники, з'єднувачі електропроводів, підкурювач, реле, вказівник поворотів, сигнальний ліхтар, світлова сигналізація, очисники скла.

Прилади панелі автомобіля: контрольні лампи, датчик показчика рівня палива, спідометер, датчик показчика температури охолоджуючої рідини, датчик показчика тиску масла двигуна.

Інструмент та приладдя: спеціальний інструмент для ремонту.

Кузов автомобіля включає кожухи та килимки підлоги салону та багажника, а також термошумову ізоляцію підлоги.

Вікно вітрове машини – це деталі вітрового вікна, склоочисник та його привід, омивач скла.

Передня частина салону автомобіля: панель приладів, речовий ящик, вентиляція передньої частини салону, термошумова ізоляція салону.

					MPTAM.23599.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Боковина частина салону автомобіля: оббивка бокової частини, вікно бокове. Задні двері автомобіля: оббивка задніх дверей, вікно, механізм переміщення скла, замок та ручки, навіска та ущільнення задніх дверей.

Місця для сидіння автомобіля: переднє сидіння у зборі, механізм регулювання положення переднього сидіння, підголовник переднього сидіння, оббивка переднього та заднього сидіння, подушка та спинка заднього сидіння.

Вентиляція та опалювання салону автомобіля: опалювач салону, обігрівач вітрового скла, вентиляція припливна салону.

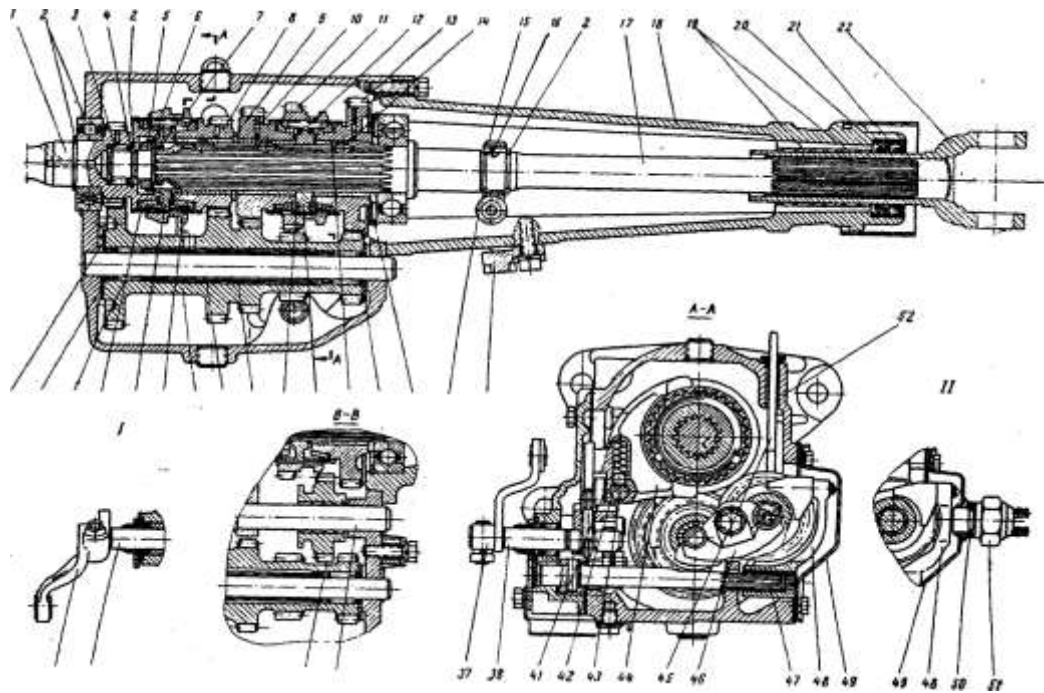
1.2 Опис конструкції вузла тертя згідно складального креслення.

Коробка передач

У автомобіля Москвич моделі 2140 встановлена триходова, трьохвальна чотиришвидкісна коробка передач. Ця коробка передач забезпечує автомобіль чотирма передачами вперед та однією передачею заднього ходу - вузол 412-1700010 (рисунок 1.1). Для кожної передачі своє передавальне число: першої передачі – 3,49; другої передачі – 2,04; третьої передачі – 1,33; четвертої передачі – 1,0; заднього ходу – 3,39. У коробки передач шестерні усі мають косі зуби, лише шестерні заднього ходу звичайні. Для включення кожної з першої по четверту передачу коробка має синхронізатори.

Вал первинний 1, шестерні першої, другої і третьої передач 13,10 та 8 перебувають у постійному зчепленні з блоком шестерень проміжних 31. Відома Шестерня заднього ходу 11 переміщується ковзаючись на шліцах маточини є відомою. Першої, другої та третьої передач шестерні розташовані на вторинному валу у сталевих втулках 26. А у проміжну шестерню заднього ходу впресована бронзова втулка. Безпосередньо сам механізм перемикання передач розташований на бічній кришці.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



1 – первинний вал; 2 – кільце стопорне; 3 – підшипник роликовий; 4 – кільце роликів; 5 – гайка; 6 – пружинна шайба гайки; 7 – стопорна шайба гайки; 8 – шестерня третьої передачі; 9 – шайба розпір; 10 – шестерня другої передачі; 11 – шестерня заднього ходу; 12 – сухар синхронізатора; 13 – шестерня першої передачі; 14 – замковий сухар втулки; 15 – шестерня провідна приводу спідометра; 16 – стопорна кулька шестерні; 17 – вал вторинний; 18 – подовжувач; 19 – втулка біметалева; 20 – внутрішній сальник; 21 – зовнішній сальник; 22 – вилка ковзаюча карданного валу; 23 – кронштейн задньої опори двигуна; 24 – редуктор приводу спідометра; 25 – задня шайба блоку; 26 – втулка шестерень; 27 – маточина; 28 – пружина; 29 – розпірна трубка; 30 – вісь блоку; 31 – блок шестерень проміжного валу; 32 – муфта синхронізатора; 33 – кільце блокуюче; 34 – голки блоку; 35 – кільце голок; 36 – передня фіксуєча шайба блоку; 37 – важіль перемикача; 38 – перемикач передач; 39 – паразитна шестерня заднього ходу; 40 – вісь паразитної шестерні заднього ходу; 41 – пружина фіксатора вилок; 42 – кулька фіксатора; 43 – стержень вилок; 44 – вилка перемикачання передач; 45 – показник рівня масла; 46 – стопор осей; 47 – валик включення заднього ходу; 48 – вилка включення заднього ходу; 49 – кришка люка шестерні заднього ходу; 50 – прокладки регулювальні вмикача світла заднього ходу; 51 – вмикач світла заднього ходу; 52 – картер;

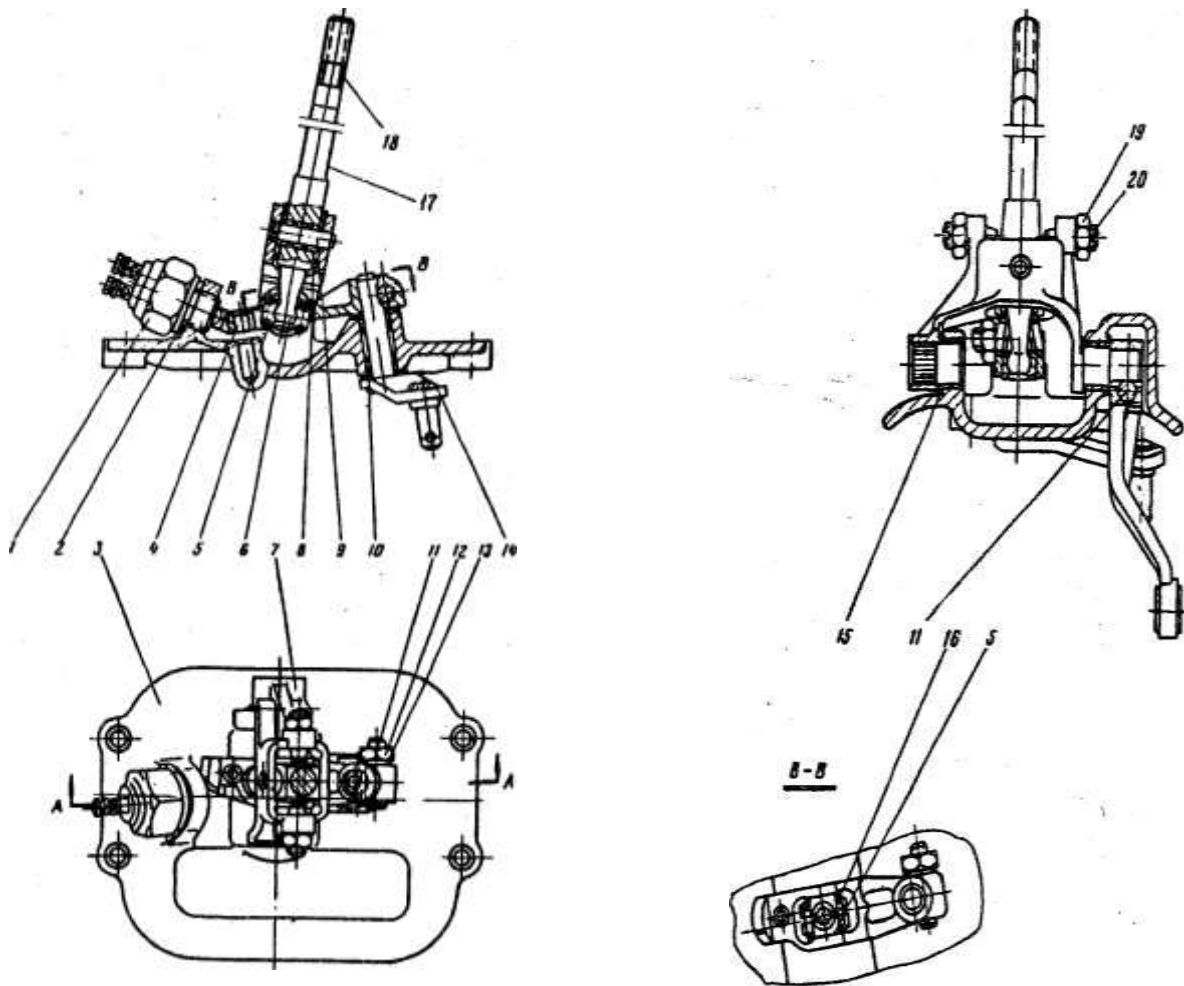
I – механізм перемикачання передач для важеля управління на кермі; II – вмикач світла заднього ходу для важеля управління на кермі

Рисунок 1.1 – Будова коробки перемиїни передач автомобіля Москвич -2140

У картері 52 на нерухомому стержні 43 розташовані дві ковзаючі вилки 44 включення передніх передач. Що стосується заднього ходу, то вилка 48 винесена при допомозі поперечного валика 47 в сторону протилежну бічній кришці.

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ.23599.000.ПЗ				

Кронштейн сталевий 23 задніх опор двигуна вмонтований на фланці у середній частині подовжувача 18. Коробка передач керується важелем перемикачів, вмонтованому на підлоговому механізмі (рисунок 1.2).



1 – вмикач світла заднього ходу; 2 – регулювальна прокладка вмикача; 3 – корпус механізму; 4 – повідець; 5 – вкладиш важеля; 6 – важіль управління коробкою передач; 7 – маточина важеля; 8 – втулка осі; 9 – вісь важеля; 10 – втулка важеля; 11 – клин; 12 – гайка; 13 – шайба; 14 – важіль верхній керування перемикачем; 15 – втулка маточини; 16 – сполучне кільце вкладиша; 17 – важіль перемикачів передач; 18 – стопорна втулка рукоятки; 19 – контргайка; 20 – гвинт важеля

Рисунок 1.2 – Підлоговий механізм управління коробкою передач

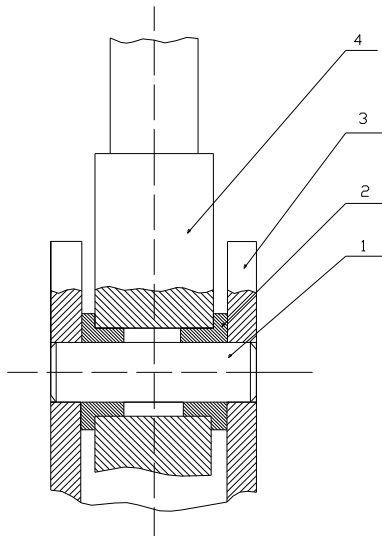
У автомобілів, які мають важіль перемикачів передач, розташований на рульовій колонці, використовується коробка передач 412-1700010-Б. Ця коробка

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

перемикання передач відрізняється від коробки 412-1700010 бічною кришкою та вмикачем світла заднього ходу 51, вмонтованого на кришці 49 люка шестерень паразитних заднього ходу. Вмикач включається скосом на вилці 48.

1.3 Обґрунтування вибору вузла тертя для підвищення зносостійкості

В процесі використання автомобіля Москвич – 2140 стала проблема, яка стосується підлогового механізму перемикання передач, нечіткої роботи механізму в цілому. У підлоговому механізмі перемикання передач є слабка ділянка – це пара тертя втулка – вісь, деталі якої показані на рисунку 1.3. Втулка пари тертя виготовлена з полімерного матеріалу. Вона піддається великим навантаженням, швидко зношується і як результат буде збільшення зазору у контакті втулка – вісь, а це досить серйозно впливає на роботу коробки передач, який забезпечує перемикання передач. Тому метою даної роботи стала проблема підвищення зносостійкості пари втулка – вісь, методом заміни та розробки безпосередньо матеріалу втулки і дослідження властивостей цього матеріалу.



1 - вісь важеля; 2 - втулка осі; 3 – ступиця важеля; 4 - важіль перемикання передач

Рисунок 1.3 – Пара тертя втулка – вісь підлогового механізму управління коробкою передач

Дану проблему зносостійкості пари тертя втулка – вісь можливо рішити методом конструкторських змін механізму перемикання передач, а також заміною матеріалу, з якого доцільно виготовлення втулки.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Конструкторські зміни цього вузла є більш економічно затратним, тому підвищення зносостійкості пари тертя втулка – вісь коробки передач планується досягнути в результаті заміни полімерного ненаповненого матеріалу втулки на фторопластовий антифрикційний карбопластик.

Мета і завдання дослідження. Підвищення зносостійкості пари тертя втулка – вісь методом заміни матеріалу поліетилен на фторопластовий антифрикційний карбопластик.

Для вирішення цієї задачі постали наступні рішення:

- дослідити умови роботи пари втулка – вісь коробки передач;
- з метою покращення фізичних, механічних та антифрикційних характеристик карбопластиків типу флубон дослідити вплив волокон вуглецевих та видів фторопласту на властивості матеріалів;
- розробити технологію нанесення фторопластового покриття на поверхню вуглецевих волокон з подальшим введенням їх до складу антифрикційних карбопластиків;
- розробити установку, методику та виконати стендові дослідження зносостійкості базового полімерного матеріалу та антифрикційного карбопластика Ф4К10ВВ10;
- розробити технологію виготовлення втулки коробки перемикання передач з матеріалу Ф4К10ВВ10.

Об’єкт і предмет дослідження. Об’єктом дослідження є деталі пари тертя втулка – вісь коробки передач легкового автомобіля. Предметом дослідження є антифрикційні карбопластики і фторполімери та фторполімерні нанесені покриття на поверхню вуглецевих волокнистих матеріалів.

1.4 Види зношування вузла тертя

Дослідження показали, що в даному вузлі має місце абразивний знос. Це

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

значить, що відбувається руйнування поверхонь тертя в результаті впливу твердих частинок, присутніх у зоні тертя. Отже, до цього виду відносять знос, що виконується частинками, які відокремились в процесі тертя. Досить часто мілкі частинки гранично зміцнені і вільно переміщуються у зоні тертя або попадають в один з елементів пари тертя та ведуть себе як мікронерівності. Такий знос має місце в результаті попадання у зону тертя різних мілких частинок часто мінерального походження. Механічна дія цих абразивних частинок на матеріал втулки, що зношується, у більшій мірі залежить від їх форми, величини закріплення та співвідношення властивостей абразивної частинки та поверхні, яка зношується, а також діючих навантажень. З цієї причини може змінюватися і сам механізм зносу від пружних деформувань до більш небезпечного такого, як мікрорізання.

Характеризується абразивне зношення процесами взаємодії, поверхонь тертя, що контактують між собою, іще й з абразивними частинками. В результаті абразивного зношування спостерігаємо інтенсивне руйнування контактуючих робочих поверхонь деталей автомобіля.

При взаємодії абразивних частинок з робочими поверхнями процес руйнування може відбуватись:

- мікрорізанням;
- шляхом багаточисельного деформування поверхневих шарів;
- методом ударно-механічного деформування.

Часточки абразивні можуть мати досить різні форми та по різному розташовуватися щодо взаємодіючої поверхні. Здатність абразивного зерна проникати в поверхню залежить не лише від співвідношення їхньої твердості, але й від геометрії самого зерна.

Слід відмітити, що одночасно з абразивним в даному вузлі можуть бути і інші види зношування. Одним з таких є втомне зношення, яке представляє собою вид механічного зношення у результаті втомного руйнування при повторному багаторазовому деформуванні мікрочастин матеріалу поверхневого шару. Даний процес характеризується накопиченням пошкоджень всередині матеріалу і має скритий латентний період.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

В процесі тертя полімерів пружні деформації визивають утворення втомних тріщин. Ці тріщини розташовуються у поперечному напрямку до напрямку ковзання і приводять до руйнування фрикційного вузла в цілому.

Ударно-втомне зношення характеризується поступовим руйнуванням рельєфу контактуючих поверхонь і повільним збільшенням зношування. Поверхня зношення не має чітко вираженого рельєфу у вигляді рисок та лунок і при співударі деталей високої твердості вирівнюються початкові нерівності та технологічна шорсткість на поверхні. Час припрацювання дуже добре простежується, після чого настає стабілізація швидкості зношення. На початковому етапі випробувань швидкість зношення є найвищою, поступово зменшується і, досягнувши певного рівня, залишається стабільною протягом подальших експериментів.

1.5 Огляд відомих методів досліджень по підвищенню зносостійкості

Важливою задачею вітчизняного автомобілебудування вважають надійність, довговічність та конкурентоздатність обладнання та машин. Саме тому перед початком розглядом способу вирішення задачі по темі «Підвищення зносостійкості втулки куліси автомобіля «Москвич – 2140» методом заміни матеріалу» було виконано огляд досліджень, які подібні до даної задачі, та проаналізовані публікації наведені нище.

1.Підвищення антифрикційних характеристик поршневих ущільнень кондиціонера автомобіля / О. В. Диха, В. П. Свідерський, К. Е. Голенко // Вісник ХНУ : Технічні науки . – 2024. – № 2, т. 333. – С. 314–321, DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-50>.

Проаналізовано недоліки, які виникають при використанні фторполімерів у вузлі тертя "поршневе ущільнення – циліндр" компресора автомобільного кондиціонера.

Крім того, розглянуто перспективні методи модифікації політетрафторетилену та вимоги до його наповнювачів.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Експериментальні дослідження підтвердили переваги антифрикційних композиційних фторопластових матеріалів, модифікованих комбінованими наповнювачами, такими як вуглецеве і скловолокно, вуглецеве волокно та порошок оксиду міді або свинцю, для вузла тертя "поршневе ущільнення – циліндр" компресора автомобільного кондиціонера.

Досліджено, що оптимальний вміст скловолокна у композиті на основі фторопласта-4, який модифіковано 19 мас. % ВВ з тканини «Текарм», складає 1 мас. %, а у композиті на основі фторопласту-4, модифікованого 15 мас. % ВВ з тканини ТГН-2М складає 5 мас. %. Слід відмітити, за зносостійкістю композит на основі фторопласту-4, який модифікований 19 мас. % ВВ з тканини «Текарм» і 1 мас. % скловолокна, переважає матеріал Ф4ВВ20 на 19 відсотків, а композит на основі фторопласту-4, модифікованого 15 мас. % ВВ з тканини ТГН-2М та 5 мас. % скловолокна, переважає матеріал Ф4ВВ20 на 47 відсотків.

Достатньо високими антифрикційними властивостями врлодіють композиційні фторопластові матеріали модифіковані 15 мас. % ВВ з тканини «Текарм» та 15 мас. % закису міді, або 25 мас. % ВВ з тканини «Текарм» та 5 мас. % порошку свинцю. Зносостійкість композиційного фторопластового матеріалу модифікованого 15 мас. % ВВ тканиною «Текарм» та 15 мас. % закису міді переважає матеріал Ф4ВВ20 на 59 відсотків, а композиційного фторопластового матеріалу модифікованого 25 мас. % ВВ тканиною «Текарм» та 5 мас. % порошку свинцю переважає матеріал Ф4ВВ20 на 27 відсотків.

2. Dykha A., Svidersky V., Danilenko I., Bilichenko V., Kukurudz y u., Kirichenko L. et. al. (2020). Design and study of nanomodified composite fluoropolymer materials for tribotechnical purposes / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(12-107), pp. 38-48, doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205779>.

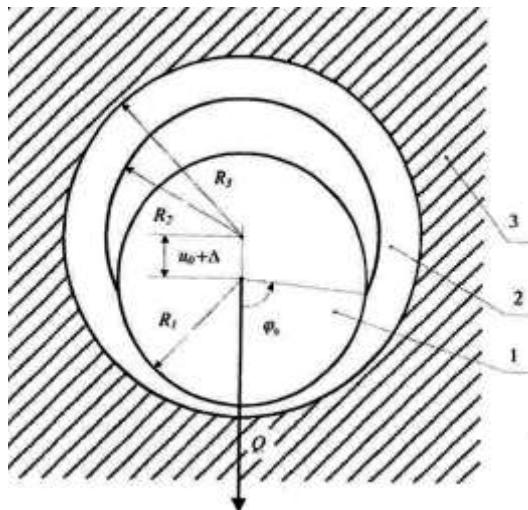
Були проведені аналітичні і експериментальні дослідження що стосуються конструювання та моделювання антифрикційних фторопластових матеріалів. Фторопластова бінарна матриця, що нанесена на поверхню вуглецевого волокна,

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

використовується як основа і є досить ефективна для композиційних матеріалів. Виконані дослідження підтвердили, що наповнення політетрафторетилену (ПТФЕ) коксом, вуглецевими волокнами (18–19,5 мас. %) та нанопорошками оксидів цирконію у кількості до 2 мас. % приводить до одержання матеріалів, які відзначаються достатньо високими механічними характеристиками та зносостійкістю. Підтверджено, що наявність олігомерного компонента значно підвищує термодинамічну сумісність на межі розділу, а також сприяє пластифікуванню шарів граничних ПТФЕ. Фізико-механічні властивості матеріалів, зокрема таких, як композиційні матеріали з вуглецевими волокнами, значною мірою залежать від молекулярної структури та орієнтації компонентів на мікро- і нанорівнях. Орієнтація коксу і вуглецевого волокна в міжфазних ділянках може впливати на такі властивості, як міцність, жорсткість і зносостійкість матеріалу.

1.6 Визначення умов роботи вузла тертя

1.6.1 Визначення сил, що діють у спряженні деталей пари тертя



1 – вал; 2 – втулка; 3 – корпус

Рисунок 1.4 – Розрахункова схема вузла

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Вводимо позначення:

Розміри:

R_1 – радіус контактної поверхні валу;

R_2 – радіус внутрішньої робочої поверхні втулки;

R_3 — радіус зовнішньої поверхні втулки;

L — довжина втулки по твірній;

$\Delta = R_1 - R_2$ - радіальний зазор у контакті;

φ – поточна кутова координата;

$2\varphi_0$ – повний кут контакту під навантаженням;

$U(\varphi_0)$ – радіальні контактні переміщення точок підшипника;

U_0 – максимальне контактне переміщення, зсув центра валу під навантаженням Q ;

σ_0 — максимальні контактні тиски;

E_1, μ_2 – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона матеріалу вала;

E_2, μ_2 – модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу втулки.

Вихідні дані для розрахунку:

– номінальний радіус валу та внутрішнього радіусу підшипника:

$$R_1 = R_2 = R = d/2 = 9.5/2 = 4.75 \text{ м/с};$$

– зазор у контакті визначаємо рухомою посадкою, відповідно до якої для даного підшипника маємо максимальний зазор:

– зазор у контакті визначаємо рухомою посадкою $\frac{H7}{h7}$ відповідно до якої для даного підшипника маємо максимальний зазор $\Delta = 0.022 \text{ мм}$.

– зовнішній радіус втулки підшипника $R_3 = 12,5 \text{ мм}$;

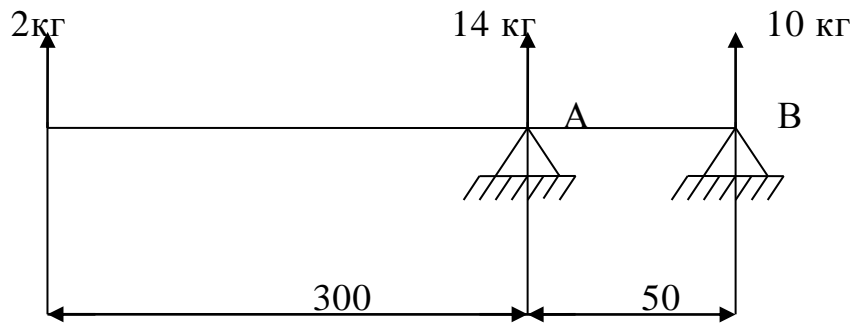
– товщина втулки $v = R_3 - R_2 = 12,5 - 9,5 = 3 \text{ мм}$;

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

– висота втулки $h = 8,3$ мм;

– діаметр фланця $d = 17,5$ мм, товщина фланця $b = 1,3$ мм, кріпиться в тримачі, який забезпечує його вертикальне розташування.

Для визначення навантаження складемо рівняння реакцій:



$$-2 \cdot 350 - R_A \cdot 50 = 0;$$

$$R_A = -\frac{2 \cdot 350}{50} = -14 \text{ кг};$$

$$2 + (-14) + R_B = 0;$$

$$R_B = 14 - 4 = 10 \text{ кг}$$

– визначаємо навантаження за формулою:

$$Q = \frac{Q_1}{S} = \frac{14}{99.6} = 0.14 \text{ кг/мм}^2$$

Механічні характеристики матеріалів:

– матеріал валу сталь 45:

$$E_1 = 2.1 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2; \quad \mu_1 = 0,3$$

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

—матеріал втулки флубон:

$$E_2 = 0.12 \text{ кг/мм}^2; \quad \mu_2 = 0,34$$

1.6.2 Розрахунок контактної тиску в спряженні

Розподіл контактних тисків $\sigma(\varphi)$ вздовж кута контакту $\pm \varphi_0$:

$$\sigma(\varphi) = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_0} - 1 \right)$$

або

$$\sigma(\varphi) = \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_0} - 1$$

де

$$\sigma(\varphi) = \frac{(k_1 + k_2)\sigma(\varphi)}{\Delta}$$

k_1, k_2 — коефіцієнти податливості

Середні коефіцієнти податливості кільцевого шару підшипника та валу підраховуються з залежностей:

$$k_2 = \frac{(1 - 2\mu_2)(1 + \mu_2) \left[\left(\frac{R_3}{R_2} \right) - 1 \right] R_2}{E_2 \left[1 + (1 - 2\mu_2) \left(\frac{R_3}{R_2} \right)^2 \right]} =$$
$$\frac{(1 - 2 \cdot 0.34)(1 + 0.34) \left[(12.5 / 4.75) - 1 \right] 4.75}{0.12 \cdot 10^4 \left[1 + (1 - 2 \cdot 0.34) (12.5 / 4.75)^2 \right]} = 9.6 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг}$$

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$k_1 = \frac{(1 - \mu_2) \left[\left(\frac{R_3}{R_2} - 1 \right) R_2 \right]}{E_2 \left[(1 + \mu_2) + (1 - \mu_2) \left(\frac{R_3}{R_2} \right)^2 \right]} = \frac{(1 - 0,34)(2,63 - 1)4,75}{7340,7} = 2,69 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг};$$

– визначаємо параметр безрозмірного навантаження:

$$\bar{Q} = \frac{Q(k_1 + k_2)}{R_2 \Delta} = \frac{1,5 \cdot (2,69 \cdot 10^{-4} + 9,6 \cdot 10^{-4})}{4,75 \cdot 0,022} = 0,0176;$$

Розраховуємо максимальний контактний тиск за формулою:

$$\sigma_0 = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left(\frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right) = \frac{0,022}{0,001229} \left(\frac{1}{0,96} - 1 \right) = 0,745 \text{ кг} / \text{мм}^2 =$$

$$= 74,5 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Потрібно визначити площу контакту для однієї втулки:

$$\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l / 360 \right) \cdot 2\varphi_0 = \left(\frac{\pi \cdot 9,5^2}{4} \cdot 8,3 / 360 \right) \cdot 30,4 = 49,7 \text{ мм}^2$$

Сумарна площа контакту:

$$S = 2 \cdot 49,7 = 99,4 \text{ мм}^2$$

Визначаємо шлях тертя за один цикл:

$$S = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l / 360 \right) \cdot 2\varphi_0 \cdot 2 = \left(\frac{\pi \cdot 9,5^2}{4} \cdot 8,3 / 360 \right) \cdot 30,4 \cdot 2 = 11,97 \text{ мм}^2$$

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2 ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ АГРЕГАТУ ТА ВУЗЛА ТЕРТЯ

2.1 Технічне обслуговування агрегату та вузла тертя

Огляд коробки передач починають з перевірки картерів зчеплення та самої коробки. На їхніх поверхнях не повинно бути тріщин або пошкоджень, а на картері коробки передач не допускаються помітні сліди витікання масла. Кронштейн опори коробки має бути надійно закріплений до картера коробки і знімної поперечини кузова, яка, в свою чергу, повинна бути прикріплена до днища кузова [4].

Необхідно перевірити надійність з'єднань вузлів та деталей системи керування коробкою передач. Переконайтеся, що кронштейн важелів керування міцно закріплений на картері, клин з гайкою надійно з'єднує повідець із вибірковою важелем, а контргайки надійно фіксують сухар на вибірковій тязі. Штанги приводу керування коробкою мають бути закріплені в проушинах важелів за допомогою шайб і шплінтів. Коли закінчуємо огляд коробки перемикачів передач, контролюємо кількість мастила в картері. Об'єм робіт по технічному обслуговуванню–1 потрібно доповнити перевіркою затягування болтів, які фіксують картер коробки передач до картера зчеплення, кріплення подовжувача та бічної кришки до самого картера коробки передач.

Якщо передачі включаються недостатньо чітко, потрібно регулювати робочу довжину виборчої тяги. Щоб виконати цю операцію, треба ввімкнути четверту передачу, далі ослабити верхню та нижню контргайки сухаря, з їх допомогою відрегулювати положення повідця, обережно повертаючи в необхідну сторону послідовно верхню та нижню контргайки. Виконавши ці регулювання, повідець має розташуватись перпендикулярно валу управління коробкою передач.

Після регулювання остаточно затягують контргайки сухаря і повторно перевіряють правильність встановлення повідця та чіткість увімкнення передач.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технологія поточного ремонту

2.2.1 Розбирання механізму управління

Порядок операцій для зняття механізму управління коробкою передач, що розміщений на підлозі автомобіля.

1. Викрутити рукоятку важеля управління коробкою передач та зняти гумовий чохол ущільнювача важеля з кожуха. Викрутити гвинти та зняти з підлоги тунелю кожух механізму. Викрутити болти, які кріплять проводи до вмикача світла заднього ходу.

2. Викрутити нижню гайку оболонки гнучкого валу приводу спідометра.

3. Кінці тяг управління коробкою переключення передач роз'єднати. Звільнені кінці тяги прикріпити до подовжувача.

4. Звільнити передній трос від проміжного важеля ручного приводу гальма.

5. Викрутити болт нижній кріплення проміжної планки до вхідної труби глушителя.

6. Від'єднати поперечину задньої опори двигуна, відвертаючи болти кріплення подушки задньої опори до кронштейна. Викрутити болти кріплення поперечини до підстави кузова.

7. Викрутити болти та зняти з тунелю механізм управління коробкою переключення передач.

2.2.2. Монтаж механізму

Що стосується монтажу, то він проводиться в зворотній послідовності розбиранню. Перелік операцій по збиранню механізму управління коробкою передач наступний.

1. Викрутити з корпусу механізму 3 вмикач світла заднього ходу 1. У випадку, коли на вмикач надіті регульовальні прокладки 2, їх необхідно одіти на колишнє

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

місце при подальшому складанні механізму.

2. Видалити з маточини важеля вісь важеля, його зняти у зборі з вкладишами та втулками. осі важеля має накатку з одного боку, Видалення осі з маточини треба виконувати у напрямку вмикача світла заднього ходу. При збиранні вісь пресується у зворотньому напрямку. При зніманні важеля потрібно повернути вкладиші таким чином, щоб вони пройшли через вікно у маточині.

3. Викрутити гайку та мідним молотком видалити клин з повідця. Звільнити верхній важіль управління перемикачем. Видалити з корпусу втулки.

4. Викрутити гайку та мідним молотком видалити клин з важеля переключення передач та, висовуючи маточину важеля з корпусу, зняти важіль. Видалити з корпусу втулки.

2.2.3 Збирання механізму управління

Збирання механізму управління коробкою передач проводиться у зворотній послідовності з врахуванням особливостей.

1. При монтажу повідця на верхній важіль управління перемикачем та важіля перемикач передат на маточину важеля обов'язково потрібно виключити осьовий люфт важеля та маточини. Окрім того, ці деталі мають вільно, без зусиль, повертатися на своїх втулках.

2. Вкладиші фіксуються на сфері важеля двома гумовими кільцями. На верхній кінець важеля одягається гумова втулка, яка утримує рукоятку важеля від викручування. Рукоятка має бути закручена на важіль туго, а схема на рукоятці, яка позначена цифрами 1 та 3, повинна виступати вперед по ходу автомобіля.

3. При збиранні важеля управління коробкою передач змонтовані на ньому вкладиші необхідно орієнтувати таким чином, щоб вони розміщувались спочатку у пазу маточини, а потім зайшли у паз повідця 4.

4. Вісь важеля 9 впресовується у маточину 7 гладенькою стороною з боку розміщення вмикача світла заднього ходу.

5. Зняті при розбиранні регулювальні прокладки 2 мають бути встановлені

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

між корпусом вмикача світла заднього ходу та корпусом механізму. При включенні заднього ходу вмикач світла заднього ходу має включитися.

2.2.4 Регулювання та випробування механізму

Потреба у регулюванні механізму управління коробкою передач виникає у двох випадках: при незадовільній роботі механізму, тобто проблематичному перемиканні передач; при бажанні водія встановити важіль перемикання передач у найбільш зручне положення.

Відстань переміщення рукоятки важеля 9 у напрямку поперек автомобіля може регулюватись методом зміни довжини виборчої тяги 5. Для попередження додавання до важеля 19 надмірних зусиль, а це може визвати зайву деформацію деталей самого приводу, а також упор важеля в сидіння, величина поперечного ходу важеля обмежена. Сам обмежувальний пристрій – це два наполегливих гвинти 8, які закручені у бобишки маточини важеля та зафіксовані контргайками 7.

Відстань переміщення рукоятки важеля 9 в напрямі повздовжньої осі автомобіля – це довжина тяги 4, регулюється двома гайками 17.

Коли при використанні автомобіля станеться так, що перемикання передач буде утруднено, тобто проявиться нестійка робота механізму управління коробки передач, то необхідно перевірити регулювання довжин тяги 4 і 5, а при потребі слід відрегулювати їх довжини.

Щоб перевірити, чи правильне взаємне розташування деталей механізму управління коробки передач встановлюють автомобіль на оглядовій ямі, роз'єднують хвостовик сухаря тяги 4 з важелем 18, а палець важеля 19 від'єднують від тяги 5. Потім розташовують важелі на бічній кришці коробки передач у нейтральне положення, а далі необхідно заблокувати важіль 19, вставивши в отвори "а" і "б" корпусу та повідця стержень діаметром 6 мм.

В такому положенні механізму управління палець важеля 19 має увійти до отвору тяги 5. Якщо це не сталося, то при допомозі гайок 15 необхідно змінити довжину тяги 5, добиваючись повної відповідності центрів пальця та отвору в тязі.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі у цьому положенні тяги 5 фіксують її довжину, затыгаючи гайки 15.

Важіль 9 повинен бути розташований у напрямі включення передач таким чином, щоб його вісь була відхилена назад приблизно на 10 градусів. Це виконується зміною довжини тяги 4 за допомогою розкручування та закручування гайок 17, які переміщують сухар тяги. В потрібному положенні сухар на тязі фіксують, затыгаючи гайки 17.

Після налаштування довжини тяги, переходять до регулювання величини поперечного руху ручки важеля 9. Для цього викручують упорні гвинти 8 до тих пір, поки їх внутрішні торці не зрівняються з внутрішніми торцями маточини, після чого витягають стержень і вмикають першу передачу.

Потім, залишаючи важіль 9 у стані включення передачі, проте звільнивши його від сил дії руки, закручують лівий гвинт 8 настільки, щоб він лише торкнувся важеля 9. Включають та вимикають першу передачу кілька разів підряд і, лише впевнившись, що ця операція проходить безперешкодно, закручують контргайку 7. У випадку, якщо наступне включення першої передачі утруднено, викручують гвинт 8 та повторюють операцію підведення до важеля 9, включають та вимикають передачу і т.д.

Регулювання завершують, встановлюючи правий гвинт 8 з важелем 9, коли він знаходиться в положенні включення заднього ходу. Перевірку та остаточне налаштування положення важеля виконують у порядку, аналогічному описаному раніше.

Запас регулювання величини переміщень рукоятки важеля 9 в подовжньому та поперечному напрямках досить великий. Це дає змогу, при необхідності, налаштувати початкове положення важеля 9 таким чином, щоб воно було досить зручним для шофера з урахуванням його індивідуальних фізичних особливостей.

Виконуючи таке регулювання, необхідно паралельно перевіряти роботу вмикача (ВК 403) ліхтарів освітлення при задньому ході автомобіля, так як при деяких перших положеннях важеля 9 включення даних ліхтарів може виконуватись не вчасно. Тоді бажано обмежити регулювання положення важеля таким чином, щоб робота вмикача ліхтарів була задовільною.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ОСНОВ І ВЛАСТИВОСТЕЙ АНТИФРИКЦІЙНИХ КАРБОПЛАСТИКІВ

3.1 Вуглецеві волокна

3.1.1 Термінологія, що стосується вуглецевих волокон

В технічній літературі вуглецеві волокна часто називають графітовими, карбоновими, вугільними. Терміни вуглецеві волокна (ВВ) та вуглецевий волокнистий матеріал (ВВМ) є технічно коректними і нижче будуть використовуватись у даному огляді.

Що стосується полімерних композиційних матеріалів на основі вуглецевих волокон та ВВМ вважаємо буде коректно дотримуватись загальновизнаного терміна – карбопластик. Таким же терміном відмітимо матеріали з хаотичним розташуванням коротких волокон в просторі та у шарі.

Терміном карбоволокнит будемо вважати матеріали, у яких односпрямовані волокна і які отримані пресуванням або навивкою. Терміном карботекстоліт вважаємо матеріали на основі вуглецевої тканини.

3.1.2 Класифікація вуглецевих волокнистих матеріалів

До сих пір класифікація вуглецевих волокнистих матеріалів не була розроблена. На основі публікацій [1–3, 5–7,9–11, 12–15, 16,17] можна розрізнити ці матеріали за слідуючими ознаками: призначенням, вихідною речовиною, текстильною формою, вмістом вуглецю, фізико-механічними властивостями, формою поперечного перерізу, кінцевою температурою термообробки (КТТ).

За вихідною речовиною ВВМ виготовляють піролітичним перетворенням хімічних та природних волокон, кам'яновугільної смоли, нафтового пеку, фенольної смоли, лігніну, циклізованих полібутадієнів та інших речовин [2]. Частіше всього застосовують ВВМ, які виготовлені із гідратцелюлози (ГІД),

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

поліакріонітрилу (ПАН), сополімерів поліакрілонітрилу і гідратцелюлози (СПАН) та нафтового пеку (НП).

За текстильною формою ВВМ одержують досить різної текстильної форми, а саме: волокна, тканина, трикотаж, тасьма, фетр, пряжа, шнури, повсть, рівниця, сітка, папір, картон, тощо [3].

За своїм призначенням і з урахуванням механічних та спеціальних властивостей, високоволокнисті матеріали (ВВМ) поділяються на конструкційні, тобто загального призначення та для армування пластмас, теплозахисні, електрофізичні, сорбційно-активні, текстильні тощо [5]. Для антифрикційних цілей спеціально ВВМ не виробляють.

Що стосується форми поперечного перерізу, то кругла та бобовидна форми більш характерні для ВВ на основі ПАН, а краї – на основі ГЦ [5].

Особливим типом високоволокнистих матеріалів (ВВ) є шаруваті волокна з неоднорідною структурою поперечного перерізу. Гомогенна шаруватість ВВ формується в результаті структурних змін вихідних волокон під час технологічного процесу. Такі волокна мають більш-менш щільний і орієнтований зовнішній шар, а їхній стрижень є відносно пухким і неорієнтованим. До гетерогенних шаруватих ВВ належать волокна, на поверхню яких нанесені шари з матеріалів, що відрізняються від основного матеріалу волокна.

За вмістом вуглецю вуглецеві волокнисті матеріали поділяють на матеріали типу 1, що містять 54-90 % вуглецю, типу 2 – 90-98 % вуглецю, типу 3 – більше, ніж 98 % вуглецю [6]. Низькомодульні вуглецеві тканини мають у складі 54 – 99,9 % вуглецю, від 0,1 – 28 % золи, від 0 – 4,5 % водню, від 0–35 % кисню, від 0 – 3,1 % азоту та від 0,05 – 12 % вологи [6].

Вуглецеві волокнисті матеріали за температурою кінцевої термообробки поділяють на частково карбонізовані (473 – 823 К), у складі яких до 65 % вуглецю, карбонізовані (1073–2073 К), які містять до 98% вуглецю та графітовані (2073–3473 К), які мають до 99,9 % вуглецю [7].

Температурну межу карбонізованих і графітованих вуглецевих волокнистих матеріалів зазвичай визначають як 2073 К, оскільки при температурі 2073–2173 К

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

проявляються ознаки квазіграфітації: структура волокнистих матеріалів наближається до тривимірної впорядкованості, утворюючи турбостратну структуру високого ступеня впорядкованості та мікрофібрилярність.

Класифікувати ВВМ можливо таким чином. За показником міцності вуглецеві волокнисті матеріали поділяються на низькоміцні ЛТ, у яких міцність волокна при розтягуванні $\sigma_B > 0,6$ ГПа, модуль пружності волокна становить $E_B = 4 - 60$ ГПа; середньої міцності МТ, міцність волокна $\sigma_B = 0,6-1,5$ ГПа, а модуль пружності $E_B = 30-240$ ГПа і високоміцні НТ, з міцністю $\sigma_B > 2,35$ ГПа та модулем пружності $E_B = 190-280$ ГПа. За показником пружності ВВМ поділяють на низькопружні ($E_B = 20-140$ ГПа; $\sigma_B = 0,2-1,2$ ГПа) та високорпружні, які досить міцні та в свою чергу їх поділяють на високомодульні НМ – типу I ($E_B = 300-850$ ГПа; $\sigma_B = 1,2-2,5$ ГПа); помірнопружні НМ – типу А ($E_B = 200-300$ ГПа, $\sigma_B = 2 - 3,5$ ГПа); високоміцні НТ – типу II ($E_B = 190-280$ ГПа; $\sigma_B = 2,35-6,95$ ГПа) і високопружні високоміцні НМНТ – типу III ($E_B > 300$ ГПа; $\sigma_B > 2,35$ ГПа).

3.1.3 Властивості вуглецевих волокнистих матеріалів

Повна характеристика структури та властивостей ВВМ викладено в роботах Л. Браутмана, В.Я. Варшавського, Й. Ватанабе, Т. Ісікави, І.Л. Кальніна, Г.С. Каца, Е. Г. Кендала, Л.П. Кобца, А.А. Конкіна, А. Нісімури, І. Розельмана, Н. Сібати, С. Сімамури, Г.О. Сіренка, Ю.М. Тарнапольського, Д. Тейбора, Е. Тіканісі, Х. Тіранісі, Д.Л. Шмідта, та ін. [1–3, 5–9]. Перевага механічних, теплофізичних, хімічних, та інших властивостей вуглецевих волокон над скляними, оксалоновими, металевими, борними, арамідними волокнами очевидна та підтверджена у роботах [10–15].

Механічні властивості. Міцність вуглецевих волокон типу НТ та НМ у 200–500 разів, а модуль пружності у 20–100 разів вищі відповідних показників блокового графіту. ВВ мають найнижчу густину серед жаростійких волокон.

Густина вуглецевих тканин знаходиться в межах 1400–1850 кг/м³,

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

розривне навантаження по основі від 10 до 700 Н/см , а по підтканню від 5 до 600 Н/см [16]. При цьому, густина вуглецевих волокон коливається від 1250 до 2200 кг/м³ [1–3].

Скляних волокон гранична міцність буде при 5 % деформації, в той же час для вуглецевих волокон ця властивість проявляє себе при 0,3–1,5 % деформації [16]. Також, значна більшість високоміцних та високомодульних неуглецевих волокон антифрикційними властивостями не володіють та чутливі до зношування.

ВВ мають високу міцність при розтягуванні, проте їм відповідає низька міцність на стискання [17]. Високомодульні вуглецеві волокна при стисканні розтріскуються вздовж волокон, але таке розтріскування відсутнє у середньо- та низькомодульних вуглецевих волокон [3]. Відомим методом підвищення міцності при стисканні вуглецевих волокон вважають збільшення волокон від 4 –12 мкм до 15–25 мкм. Проте, коли діаметр більший 10–15 мкм міцність при розтягу різко знижується.

Відносна подовженість вуглецевих волокон при розтягу перебуває у межах 0,3–8 % (нижчим температурам термообробки відповідає більша подовженість).

Вуглецеві волокна мають велику радіальну та осьову гетерогенність. Вони є дуже чутливими до поверхневих та об'ємних дефектів, а це відображається на високих значеннях коефіцієнтів варіації механічних показників, на площі поперечного перерізу та довжині волокон. Така гетерогенність є результат неоднорідності вихідних волокон, вона додатково збільшується при термообробці [18]. Властивості вуглецевих волокон досить часто залежать від коливання параметрів технологічного процесу та різняться у різних партій однієї тієї ж марки як за середнім показником, так і за дисперсією [7]. Розподіл міцності вуглецевих волокон підчиняється законам Вейбулла [14] і Гаусса [17], а розподіл модуля пружності вуглецевих волокон – нормальному закону [14].

Міцність вуглецевих волокон типу НМ та НТ різних марок перебуває у межах від 2,25±0,12 до 3,05+0,35 ГПа, а модуль пружності – від 210+15 до 415±35 Гпа [7]. Коливання механічних властивостей різних марок вуглецевих волокон, визначених за однією методикою, варіюються в межах від 1,56 ± 0,64 до 3,24 ±

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

0,94 ГПа для міцності, від 204 ± 53 до 585 ± 140 ГПа для модуля пружності, від $0,36 + 0,12$ до $1,4 + 0,2\%$ для відносного подовження при розтягу та від $21,9 + 4,19$ до $62,1 + 23,9$ мкм² для площі поперечного перерізу [18].

Коефіцієнти варіації міцності у однієї партії вуглецевих волокон перебувають в межах 12-53 %, модуля пружності – 8–30%, відносного подовження при розриві – 14–39 %, площі поперечного перерізу – 9–40 % [14].

Міцність та модуль пружності вуглецевих волокон залежить як від довжини, так і від площі поперечного перерізу [17]. При збільшенні довжини вуглецевих волокон від 5 до 50 мкм міцність знижується на 33%, а від 5 до 100 мкм – на 50 % [18]. При зміні площі поперечного перерізу вуглецевих волокон від 15–20 до 150–200 мкм² міцність знижується від 4,5–4,9 до 0,6 ГПа, а модуль пружності теж зменшується від 480 до 100 ГПа.

Методи механічних випробувань вуглецевих волокон ще не досліджені достатньо, тому властивості тонких та крихких матеріалів, якими є вуглецеві волокна, залежать від методу отримання зразків. Зазвичай, дослідження міцності вуглецевих волокон проводять на базі 10 мм, проте при зміні довжини ВВ від 1 до 70 мм міцність знижується від $3,89 + 1,2$ до $1,86 + 0,69$ ГПа при коефіцієнтах варіацій від 26,3 до 39,1 [14]. З огляду на те, що при ковзанні полімерних матеріалів деформується і зношується шар товщиною менше 100–200 мкм, необхідно знати значення міцності і модуля пружності ВВ для базової довжини, яка в першому наближенні відповідає ефективній довжині волокна. Вона становить 10–20 середніх діаметрів волокна, що дорівнює 4–12,5 мкм, тобто ефективна довжина волокна складає 40–250 мкм.

Екстраполяцією кривою:

$$\sigma_b = \exp [\psi (l)] \quad (3.1)$$

до $l \rightarrow 0$ знайдено, що міцність вуглецевих волокон дорівнює 7 ГПа [17].

В лабораторних умовах одержані вуглецеві волокна з середньою міцністю 6,9 ГПа [17], а при легуванні 0,2–0,3 % бора отримали вуглецеві волокна з середнім 900 ГПа та максимальним 1070 ГПа модулем пружності [14].

Значення міцності теоретичне гексагональної ґратки графіту знаходиться у

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

межах 120–135 ГПа, а модуля пружності такий 943–1020 ГПа [18]. Досяжна міцність такого виду шаруватої структури у межах 99–115 ГПа [18]. З роботи [14], гранично досяжна міцність вуглецевих волокон дорівнює $22,47 \pm 1,47$ ГПа, а для монокристалів графіту одержані величини міцності 20–24,5 ГПа та модуля пружності 570–100 ГПа [18].

Отже, якщо для вуглецевих волокон практично досягнуто теоретичне значення модуля пружності, то показники міцності досягли лише 30 % максимально можливого рівня та 6–16 % теоретичних значень. Водночас, для інших волокон ці параметри вже відповідають теоретичним величинам.

У односпрямованих карбопластиках в основному проявляються міцнісні до 95 % та пружні до 92 % властивості вуглецевих волокон типу НТ, а у ВВ типу НМ 40–70% міцнісних та 94 % пружних властивостей [14]. У роботі [14] показано, що між міцністю на базі 10 мм вуглецевих волокон та односпрямованого карбопластику з тим самим волокном, а також між коефіцієнтами варіації міцностей існує слабкий кореляційний зв'язок [15]. Композиту міцність визначається квантилем розподілу міцності волокон, які екстрапольовані на неефективну довжину [14]. Коефіцієнт Пуассона для вуглецевих волокон дорівнює 0,25 [7,14].

Теплофізичні властивості. З підвищенням ККТ модуль пружності зростає лінійно, демонструючи перегин при температурі 2070 К [6]. Це явище пояснюється тим, що зі збільшенням ККТ відбувається зростання розмірів кристалітів та їх орієнтація вздовж основної осі волокна [18].

З другої сторони при підвищенням ККТ міцність волокон вихідних знижується в 1,5–3 рази до температури 570–700 К, а далі відбувається зростання, досягаючи максимуму при 1470–1770 К [18], тоді або залишається сталою, або зменшується. За стійкістю до високих температур вуглецеві волокна схожі на жаростійкі блокові вуглецеві матеріали, такі як графіт, пірографіт, скловуглець: у температурному діапазоні 290–2270 К в інертному середовищі їхня міцність та модуль пружності залишаються на високому рівні [18].

Міцність вуглецевих волокон збільшується зі зростанням температури до

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

770–1970 К, після чого різко знижується, проте при 2270–2570 К вона наближається до рівня міцності, характерного для діапазону 300–1070 К [14]. В лінійній залежності $\sigma_B \sim E\epsilon$ спостерігається відхилення вже при температурі 2070 К, тобто при початку графітації. Модуль пружності зменшується зі збільшенням температури до 1470–1770 К, а при подальшому підвищенні температури відбувається його різке падіння [7].

Незворотнє зміцнення вуглецевих волокон при збільшенні температури коли незмінний модуль пружності можна пояснити зняттям внутрішніх напружень, що виникають при термообробці вихідних органічних волокон [14].

Різні газові середовища мають незначний вплив на характер деформації вуглецевих волокон. До температури 1770–2070 К вуглецеві волокна деформуються пружно та характер руйнування буде крихкий. При температурі 2070–2270 К та вище проявляється пластичність вуглецевих волокон. Крім того, помітні зміни поверхневих шарів і стають залежними від газового середовища механічні властивості [18].

Коефіцієнт лінійного термічного розширення (КЛТР) для волокон, графітованих при 2770 К, у температурному діапазоні 200–400 К становить $(-1,1 \dots -0,6) \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Цей показник є дуже близьким до показника для блокового графіту: для графітованих волокон при температурі 2070–2170 К становить $0,6 \dots -0,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а для карбонізованих волокон відповідно $-0,3 \dots 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [18]. У цьому інтервалі температур аморфному вуглецю характерний позитивний КЛТР, який рівний $20 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а такі волокна, як скляні, борні, кремнеземні та карбідкремнієві мають КЛТР близький до такої величини: $0,55 \dots 4,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [17].

Середнє значення коефіцієнта лінійного термічного розширення волокон в розширеному інтервалі температур характеризується позитивним значенням: для частково карбонізованих $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, карбонізованих $3 \text{--} 13,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а графітованих $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [15]. ВВ з різних вихідних волокон мають різні КЛТР: для ГЦ $1,0 \cdot 10^{-6}$, для ПАН $3,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, для нафтового пеку $1,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [15]. Досягти зменшення від'ємного КЛТР можливо металізацією волокон [14].

Питома теплоємність вуглецевої тканини, вуглецевих волокон та повсті

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

рівна відповідно 0,84–1,22; 0,71–0,74 та 0,67 кДж/кг·К [18]. Теплопровідність ВВМ перебуває у межах 0,84–83,5 Вт/м·К. Що стосується графітованих волокон типу НМ за теплопровідністю вони близькі до металевих та борних волокон [14]. Для карбонізованих вуглецевих волокон типу LM теплопровідність знаходиться у межах 5,8–42 Вт/м·К, для графітованих типу LM 38–70Вт/м·К [15]. Теплопровідність вуглецевих тканин вважається низькою: карбонізованих становить 0,08–0,16 Вт/м·К, а графітованих – 0,23–0,8 Вт/м·К [15].

Поверхневі властивості. З однаковими механічними властивостями ВВ безперечно можуть мати досить різні поверхневі та антифрикційні властивості. Опис поверхневих властивостей досить складний навіть для однієї марки ВВ.

Вуглецеві волокна гідрофобні характеризуються розвинутою мікропористою структурою [1]: розміри великих пор 2–4 нм, а ультрапори, що з'єднують великі пори, – не більше 0,4 нм [11]. Наявність функціональних груп на поверхні ВВ викликає хемосорбцію при низькому тиску і перешкоджає адсорбції через капілярну конденсацію при високому тиску. Підвищення КТТ та покриття вуглецевих волокон піровуглецем знижує адсорбційну здатність та змочуваність волокон [1]. Гігроскопічність ВВМ змінюється у межах 0,1–12 відсотка. Вода, азот і метиловий спирт сорбуються вуглецевими волокнами в 200–300 разів інтенсивніше, ніж бензол і криптон [11].

Питома поверхня вуглецевих тканин варіюється від 1 до 700 м²/г: для частково карбонізованих волокон вона становить 1–50 м²/г, для карбонізованих волокон – 20–700 м²/г, а для графітованих волокон – 1–5 м²/г [15].

Питома поверхня вуглецевих волокнистих матеріалів на повітря при термоокисленні зростає від 0,4 до 69 м²/г, а втрата маси при цьому до 8 відсотків і граничний кут змочування знижується від 72 до 22° [15]. Фторування вуглецевого волокна збільшує питому поверхню від 1,1 до 58 м²/г [13], а після активації водяною парою ВВ питома поверхня зростає до 100 м²/г [14].

Електрофізичні властивості. Зміна параметрів процесу термообробки дозволяє отримати вуглецеві волокна з питомим електричним опором від 10 до 10¹² Ом·см, тобто від матеріалів з майже металевою електропровідністю до

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

напівпровідників і ізоляторів [2,7]. Питомий електроопір вуглецевих тканин варіюється в діапазоні від 0,3 до 10^{12} Ом·см.

Втомні властивості. Наявність у вуглецевих волокон шарових атомів вуглецю та низької еластичності волокон зумовлюють низьку стійкість вуглецевих волокнистих матеріалів до змінних навантажень у порівнянні з оксалоновими та арамідними волокнами [8,15]. Одночасно наводяться дані [2], що при циклічному навантаженні відбувається зміцнення ВВ. Ефект такий пояснюється процесом місцевої пластичної деформації та релаксації напружень внутрішніх. При нанесенні на вуглецевий волокнистий матеріал політетрафторетилену спостерігаємо підвищення міцності при втомленні у десятки тисяч разів [1,14].

Термостійкість та хемостійкість. Вуглецеві матеріали при підвищених температурах окислюються киснем повітря та іншими газовими окислювачами або відбувається деструкція в інертній атмосфері. Відповідно [17], температура, при якій починається окислення ВВ близька 675 К на повітрі, а 970 К у водяній парі і близько 1170 К в атмосфері CO_2 .

Максимальна температура застосування вуглецевих волокнистих матеріалів в атмосфері повітря для карбонізованих ВВ досягає 470-520 К, для карбонізованих біля 570-620 К, а для графітованих становить 670-930 [2].

При тривалій експлуатації стійкість до окислення достанько зростає при обробці ВВМ політетрафторетиленом [8]. Фторування вуглецевих волокон знижує температуру початкового окислення на повітрі та деструкцію у азоті на 150–200 К [5].

За хемостійкістю вуглецеві волокнисті матеріали відносяться до найбільш інертних матеріалів: витримують довгий період дію світла, води та погоди, 5-30% розчинів HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , KOH , H_3PO_4 та при температурі 295 К знижується міцність ВВ не більше, як на 40 відсотків [5,7]. Самий більший вплив на міцність вуглецевих волокон має дія 15–30 % концентрацій H_3PO_4 . Коли температура росте чутливість ВВ до сильних окисників теж зростає.

Хемостійкість та термостійкість вуглецевих волокнистих матеріалів

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить від КТТ, стану поверхні, безпосередньо структури, попередньої обробки. Більшу стійкість мають вуглецеві волокна, які мають більш досконалу структуру. Волокна, що одержані із ГЦ, є більш стійкі та при окисленні розпадаються з меншою швидкістю, ніж на основі ПАН [2].

Електрофізичні властивості. Графітованим ВВМ характерні низькі перенапруження виділенню водню, які досить близькі за величиною до перенапруження графіту та можна порівнювати з перенапруженням нікелю, кобальту та заліза [5,7].

Радіаційна стійкість. Достатньо стійкими ВВМ до радіовипромінювання, а також до випромінювання високих енергій: після обробки γ -випромінюванням такою дозою, як 500 Мрад при температурі 293–473 К на повітрі вуглецеві волокна зберігають 76–88 відсотків початкової міцності та модуля пружності [18].

Властивості антифрикційні ВВ досліджені у роботах [11–15]. У випадку малих навантажень по схемі перехрещених циліндрів [17] проходить стрибкоподібне тертя вуглецевих волокон, сила статичного тертя їх нерівномірно підвищується зі збільшенням навантаження від $5 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ Н. За цих умов коефіцієнт тертя дуже швидко зменшується від 7,0 до 0,8.

Автори [17] пояснюють стрибкоподібне тертя ВВ не мікрошорсткістю самої поверхні ВВ, а взаємодією лише окремих ділянок поверхонь волокна, що мають високу поверхневу енергію. Цей висновок підтверджується такими явищами: безперервне підвищення сили статичного тертя при підвищенні навантаження, достатнє збільшення контактного електричного опору на початку ковзання, стрибкоподібне тертя скляних, сталевих, кварцевих та аліфатичного поліаміду волокон по вуглецевих волокнах; збільшення коефіцієнта тертя приблизно в 2 рази після окислення волокон; підвищення коефіцієнта тертя приблизно у 2 рази при переході від графітованих волокон до карбонізованих, а також підвищення нормального натягу волокон та сили тертя при проходженні електричного струму. Так як, високий електричний контактний опір в зоні контакту, це приводить до високих температур, які підсилюють зв'язки площин кристалітів.

Безперечно, що при низьких навантаженнях поверхневі шари досить легко

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

приспосовуються до контакту. Тому, це не має впливу на зміну адгезійної міцності, проте дуже впливає на площу контакту, яка при $N = 10^{-6}$ Н в 10 разів буде більшою, ніж за розрахунками. На ділянці навантажень $N > 10^{-3}$ Н коефіцієнт статичного тертя практично не залежить від нормального навантаження та рівний 0,05 [17].

Згідно даних, приведених у роботі [17], коефіцієнт тертя вуглецевих та скляних волокон відповідно має значення 0,25 та 0,8.

3.2 Фторопласти

3.2.1 Властивості і застосування

Фторопласти розрізняють різними за властивостями – це жорсткі пластики, нерозчинні та ненабрякаючі полімери, еластопласти та еластомери, легко розчинні у розчинниках; полімери, що видержують довге радіаційне опромінювання; волокна, які мають міцність, що є більшою міцності високолегованої сталі; корозійностійкі покриття, які малопроникні для вологи та різних корозійних середовищ, досить стійкі до атмосферних впливів; плівки з діелектричними властивостями та плівки, що видержують температуру рідкого водню; каучуки, які можуть бути використані в особливо жорстких умовах [19].

Політетрафторетилени (ПТФЕ) – це полімери та сополімери галогенпохідних етилену та пропилену. ПТФЕ поділяють на два класи, що різняться властивостями та методами переробки. До першого класу відносять: політетрафторетилен – фторопласт-4, продукт полімеризації суспензійної тетрафторетилену; фторопласт-4Д, продукт полімеризації емульсійної тетрафторетилену, і модифікований фторопласт-4ДМ. Ці продукти складають більше 90 відсотків від загального об'єму виготовленого фторопласту і вони є основними представниками фторополімерів. Перерахована група фторопластів переробляється способами, які є досить близькі до способів виробництва виробів у порошковій металургії. До другого класу відносять велику групу сополімерів, а

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

також модифікованих полімерів, які є фторполімерами термопластичними (ТПФ), їх ще називають плавкими фторопластами, які переробляються звичайними способами переробки пластмас. В даний час в промисловості виготовляють близько 16 видів термопластичних фторполімерів, кожен з яких володіє унікальними властивостями, відмінними від властивостей політетрафторетилену.

Фторопласт-4 та фторопласт-4Д вважають незамінними матеріалами для деталей хімічної апаратури, так як володіють хімічною інертністю практично до будь-яких агресивних середовищ, виняток є розплави лужних металів та трифторид хлору. Їх досить широко використовуються як трубопроводи для перекачки високоагресивних продуктів, для футерування реакторів, для апаратів колонного типу, насосів, замочної арматури, а також ємкостей для зберігання та транспортування хімічно активних продуктів, прокладкових ущільнюючих деталей, які перебувають в контакті з агресивними середовищами.

Фторопласт-4 та композиції на його основі, порівнюючи з іншими конструкційними матеріалами, мають найнижчий коефіцієнт тертя, що дає можливість широкого застосування в машинобудуванні у вузлах тертя механізмів та деталей, у вигляді підшипників та опори ковзання, рухомі ущільнення, такі як поршневі кільця, манжети. Слід відмітити, застосування фторопластів у вузлах тертя суттєво підвищує надійність та довготривалість механізмів, забезпечує роботу в агресивних середовищах, в глибокому вакуумі та при криогенних температурах.

Даний матеріал має досить високу термостійкість, хороші діелектричні характеристики, що дає можливість використовувати його в електро- та радіотехніці у якості ізоляції кабелів, роз'ємів, проводів, а також для друкарських плат та пазової ізоляції електричного обладнання.

Фізіологічно та біологічно фторопласт не шкідливий, тому широко застосовують його у медичній та фармацевтичній промисловості, виготовляючи протези судин, серцеві клапани, ємкості для зберігання крові, упаковки для ліків.

В харчовій промисловості фторопласт знайшов використання як облицювальник валків для розкочування тіста, у якості покриття форм для

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

випічки, антиадгезійних та антипригарних покриттів.

Аналізуючи таблицю 3.1, можна зробити висновок, термопластичні фторполімери другої групи хоч і мають фізико-механічні значно нижчі, зате зберігають на достатньому рівні основні властивості класу фторполімерів.

Таблиця 3.1 – Основні фізико – механічні властивості фторопластів

Марка	Густина, кг/м ³	Руйнівна напруга, МПа		Відносне видовження при розриві, %	Твердість за Брінелєм, МПа	Коефіцієнт тертя
		При стиску	При розтягу			
1	2	3	4	5	6	7
Ф-4	2120	14,7-34,5	11,8	250-500	29,4-39,2	0,04
Ф-4Д	2190	12,7-31,8	11,8	100-590	29,4-39,2	0,04
Ф-4МБ	2140	15,6-35,3	15,0- 16,0	275-460	29,5-49,0	0,05-0,2
Ф-4О	1650	19,6-53,8	50,0	100-350	55,8-66,6	0,09
Ф-4ОБМ	1650	29,4-44,1	-	200-350	56,0-61,0	-
Ф-42	1900	14,6-45,1	-	200-580	39,4-49,0	0,04
Ф-3	2090	26,5-44,1	-	60-200	98,1-127,5	0,30
Ф-3М	1670	23,5-44,1	49,0- 58,8	150-250	68,6-78,5	0,15
Ф-30	1920	34,3-49,0	-	200-400	58,8-78,5	-
Ф-32Л	1740	8,3-27,5	-	150-300	29,4-39,2	0,04
Ф-2	1800	29,4-44,1	-	10-200	117,7-130,0	0,14-0,17
Ф-2М	1750	34,3-46,6	-	350-550	68,7-88,3	-
Ф-23	1740	29,4-44,1	-	420-650	490-735,5	-

Одночасно з цим, термопластичні фторполімери забезпечують експлуатаційні властивості, такі як радіаційна стійкість, низька проникність, механічна міцність, які дозволяють застосування цих фторополімерів у багатьох галузях промисловості, де вимоги до цих властивостей є досить високі (авіаційна, космічна, хімічна та атомна). Такі види термопластичних фторополімерів – Ф-32, Ф-42 за рахунок здатності до розчинення застосовують для виготовлення лаків, фільтрувальних матеріалів, захисних та антикорозійних покриттів. З фторопластів Ф-2М, Ф-3М, Ф-40 виготовляються деталі для ущільнювачів засувної арматури, різні фільтрувальні матеріали та багато інших деталей, котрі здатні витримувати великі навантаження та володіють достатньою зносостійкістю. Відокремлення в окрему групу ТПФ–ПТФЕ лише умовно, так як ПТФЕ є типовим термопластом [20]. Зате значна різниця у в'язкості розплаву (біля 5–7 порядків) і, відповідно, зовсім різні способи їх переробки уможливають провести таке розмежування. Саме через ті ж властивості, а точніше завдяки можливості переходити у в'язко-текучий стан, дані матеріали отримали назву плавких фторопластів.

Необхідно також відзначити, що покращення окремих властивостей приводить, досить часто, до зниження хімічної та термічної стійкості та до значного погіршення антифрикційних та антиадгезійних властивостей, які відповідають Ф-4. Незважаючи на це, у ТПФ присутні переваги перед Ф-4 завдяки можливості перероблятися у вироби та деталі усіма способами, можливими для переробки термопластів: пресс-литтям, литтям під тиском, екструзією, екструзією з подальшим видуванням, пневмовакуумним формуванням.

Фторополімери термопластичні – це продукт полімеризації радикальної або сополімеризації з галогенозамінюючих мономерів етиленового ряду, або простих та складних перфторірованих ефірів. Основними мономерами, на яких базується весь Промисловий асортимент ТПФ базується на таких мономерах: тетрафторетилен (ТФЕ), трифторхлоретилен (ТФХЕ), вінілфторид (ВФ), вініліден-фторид (ВДФ), перфторалкилвініловий ефір [ПФ(АВ) Еф], перфторпропілвініловий ефір [ПФ(ПВ) Еф], гексафторпропилен (ГФП), етилен.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Окрім гомополімерів та сополімерів відомий ряд модифікованих фторополімерів, які різняться від сополімерів тим, що молярна частинка сомономера не перевищує 15 відсотків. Це дає можливість за незначної зміни або при збереженні основних властивостей достатньо покращувати деякі властивості, які є найбільш важливими у практичному застосуванні, такими як зменшення в'язкості розплаву, зниження кристалічності та підвищення еластичності. Матеріали даної групи у таблиці 1.2 позначені буквою М.

Дослідниками області хімії фторополімерів створений достатньо широкий асортимент ТПФ, які володіють різноманітними експлуатаційними властивостями. Серед ТПФ відомі тверді конструкційні матеріали, такі як Ф-3 та Ф-3М, Ф-2 та Ф-2 М, Ф-40, і фторополімери, які подібні по властивостях до пластикатів або еластомерів, такі як Ф-26, Ф-32, Ф-10, Ф-100. Окрім цих, є розчинні ТПФ, з яких виготовляють волокнисті фільтри тонкого очищення –Ф-32, Ф-26, Ф-42, Ф-42 М. Ф-40 володіє підвищеною радіаційною здатністю, а матеріали Ф-4МБ, Ф-10 та Ф-100 характеризуються значно меншою проникністю по відношенню до рідин та газів, порівнюючи з Ф-4.

3.2.2 Марочний асортимент фторопластів

Фторопласт-4 отримують суспензійною полімеризацією тетрафторетилену. По ГОСТу 10007-80 в залежності від призначення та способів переробки випускають наступних марок: С – для спеціальних виробів; П – для електроізоляційних та конденсаторних плівок; НП – для електротехнічних виробів та деталей з підвищеною надійністю; О – для виробів загального призначення та композицій; Т – для товстостінних виробів та трубопроводів.

Окрім цих марок, хімічною промисловістю випускають ще дві марки фторопласту згідноТУ 6-05-1999-85: Ф-4 “А₁” і Ф-4 “А₂”. Ці марки фторопласту виготовляють гранульованими сортами фторопласту-4, які різняться підвищеною сипучістю та великою насипною щільністю – до 0,7 г/см³, при розмірі гранул у

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середньому від 0,5 до 0,7 мм.

Зараз хімічна промисловість виготовляє ще тонкоподрібнений фторопласт марки Ф-4 “Т” згідно ТУ 6-05-1999-85, який характеризується малими розмірами частинок від 0,025 до 0,04 мм та має призначення виготовляти високоякісні електротехнічні вироби, а також електроізоляційні плівки та наповнені композиції. Властивості вище розглянутих марок фторопластів наведені у таблиці 3.2.

Як описано у працях [12-14] перспективними антифрикційними матеріалами вважаються карбопластики типу флубон. Цей матеріал на основі політетрафторетилену та наповнювача основного – вуглецевого волокна, який одержаний за особливою технологією та спеціальними добавками модифікований.

Таблиця 3.2 – Властивості фторопласта-4 різних марок

Показники	Марки фторопласта-4				
	С	П	ПН	О	Т
Зовнішній вигляд	Порошок білого кольору				
Щільність, г/см ³	2,19	2,19	2,19	2,20	2,21
Руйнуюча напруга незагартованого зразка, Н/мм ²	25,5	24,5	24,5	22,5	14,7
Відносне видовження при розриві незагартованого зразка, %	350	350	350	350	250
Термостабільність, год.	100	100	100	100	15
Відносне видовження при розриві плівки, %	-	175	Не визначалось		

Проте, останнім часом як висвітлено у літературному огляді хімічна

промисловість випускає досить широкий асортимент фторопластів та вуглецевих волокон з достатнім діапазоном фізико – механічних властивостей.

Ось чому поставлена задача дослідити найбільш поширені у використанні композиційні матеріали типу флубон Ф4К10УВ10 у порівнянні з базовим матеріалом втулки осі механізму коробки передач легкового автомобіля, крім того розглянути вплив різних марок фторопласту і комбінацій ВВ на механічні та антифрикційні характеристики карбопластиків.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

4 ВПЛИВ ВУГЛЕЦЕВИХ ВОЛОКОН І РІЗНИХ МАРОК ФТОРОПЛАСТУ - 4
НА АНТИФРИКЦІЙНІ ТА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРБОПЛАСТИКІВ
Ф4ВВ20

4.1 Вплив вуглецевих волокон на антифрикційні характеристики карбопластиків Ф4ВВ20

4.1.1 Методика визначення зносу та коефіцієнта тертя матеріалу на машині тертя ХТІ - 72

Машина тертя ХТІ-72 [14] має призначення визначати інтенсивність зношення та коефіцієнта тертя композиційних полімерних матеріалів у металополімерних парах.

Габарити та вага машини: довжина - 730 мм, ширина - 355 мм, висота - 820 мм, вага - 120 кг.

Машина тертя ХТІ-72 змонтована з наступних частин та агрегатів.

1. Бабка шпінделя, у якій зібраний шпінделем вузол. Переміщення бабки ручне і найбільше вертикальне становить 300 мм. В задній частині прикріплений електродвигун.

2. Колонка до столу прикріплена кронштейном, сполучена з яким нерухомо.

3. Шпіндельний вузол вмонтований у корпус, а сам шпіндель розташований у гільзі на шарикопідшипниках. Обертний рух шпіндель отримує через шліцьове з'єднання від втулки та шківів. Швидкість шпінделя вимірюють, використовуючи шків та ремінну передачу, у межах 500-2180 об/хв. Ручна подача шпінделя виконується обертанням штурвалу при допомозі валика-шестерні та гільзи з рейкою. Максимальне переміщення шпінделя 100 мм.

4. Електрообладнання пристрою працює від мережі живлення змінного трифазного струму напругою 380В з частотою 50 Гц. Напруга ланцюга місцевого освітлення складає 36 В змінного струму. Пускова та захисна апаратури розташовані в плиті пристрою. Привід – це електродвигун $n=1350$ об/мин і

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

потужністю 0,6 квт, який приєднаний до бабки шпинделя за допомогою плити. На осі електродвигуна вмонтований ступінчастий шків, який з'єднаний зі шківом шпинделя клиновим ременем типу А довжиною 1180 мм. Електрична частина пристрою має захист від коротких замикань та перевантажень (вмонтовані плавкі запобіжники).

Щоб електродвигун не самозапускався, використовується нульовий захист із застосуванням контактів магнітних пускачів.

5. Робоча частина машини тертя складається з хвостовика (1), закріпленого у кінці шпинделя із запресованою кулькою з сталі ШХ-15 $d=12,7$ мм, у складі з трьома нижніми кульками утворюють 4-х кулькову піраміду, через яку передається обертовий рух та навантаження на робочу головку (4). До головки прикріплена насадка (5) із полімерними зразками. Зразки мають квадрат зі стороною 3мм та розташовані через 120° . Дослідження виконують по металевому контртілу (6), через яке пропускають штуцерну воду для термостатування поверхні. Контртіло розташоване на опорній втулці (12) та зафіксоване на підп'ятнику (9), що має штопорний пристрій (11,16). Опорна втулка розміщена на підставі (13).

Температуру контртіла вимірюють термопарою ХК на відстані 0,5 мм від поверхні тертя.

Навантаження через важіль передається на шпиндель. Система навантаження регулюється зразковим динамометром стиснення.

Шлях тертя вимірюється спідометром, який зєднаний зі шпинделем тросом. Зношення зразків вимірюється мікроскопом МБП-2.

4.1.2 Тарування системи навантаження

Залежність нормального навантаження (N) від навантаження на важіль (Q)

Інтервал температур: $50^\circ\text{C} - 270^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт перекриття від 0,1 до 1.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

4.1.3 Методика та результати визначення коефіцієнта тертя і зносу досліджуваних матеріалів

Дослідження антифрикційних властивостей виконувались за схемою контакту «сфера – площина». При нормальному постійному навантаженні дотримувались режиму змінних граничних питомих навантажень. Використовували зразки діаметром $10 \pm 0,1$ мм та висотою $10 \pm 0,1$ мм з кінцевою сферою радіусу 6,35 мм, при цьому контактували сферою по площині металевого контртіла, яке виготовлене із сталі 45 НВ $4,5 \pm 0,18$ ГПа, діаметр якого $60 \pm 0,15$ мм та висота $10 \pm 0,15$ мм. Контртіло металеве і оброблено до початкового середньо арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra = 0,2 \pm 0,03$ мкм.

Шлях тертя визначали з наступної формули:

$$S = K \cdot \Delta A, \quad (4.1)$$

$$\Delta A = A_x - A_n, \quad (4.2)$$

де K – коефіцієнт перерахунку; A_n – показник спідометра перед дослідженням; A_x – показник спідометра після дослідження.

$$K = \frac{2\pi R_{TP} n}{\Delta A_T}, \quad (4.3)$$

де R_{TP} – радіус тертя, мм; ΔA_T – показники при таруванні на 1 км показників шкали; n – кількість обертів шпинделя.

Коефіцієнт тертя визначили за формулою:

$$\mu = \frac{F_{TP}}{N} = \frac{L \cdot f}{F_{TP} \cdot N}, \quad (4.4)$$

де F_{TP} – сила тертя, Н; N – нормальне навантаження, Н; R_{TP} – радіус тертя, мм; f – зусилля, яке діє на тензобалку, Н; L – плече моменту тертя $M_L = f L$, [мм·Н].

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами даного дослідження підраховували інтенсивність об'ємного зношування для шляху тертя ΔS_i :

$$I_1 = \frac{\Delta V_{1i}}{N_i \cdot \Delta S_1}, \quad (4.5)$$

$$I_2 = \frac{\Delta V_{2i}}{N_i \cdot \Delta S_2}. \quad (4.6)$$

де ΔV_{1i} – зміна об'єму i -зразка на проміжку шляху тертя від 0 до 3 км (перший етап дослідження відповідає нелінійній залежності зношування від шляху тертя);

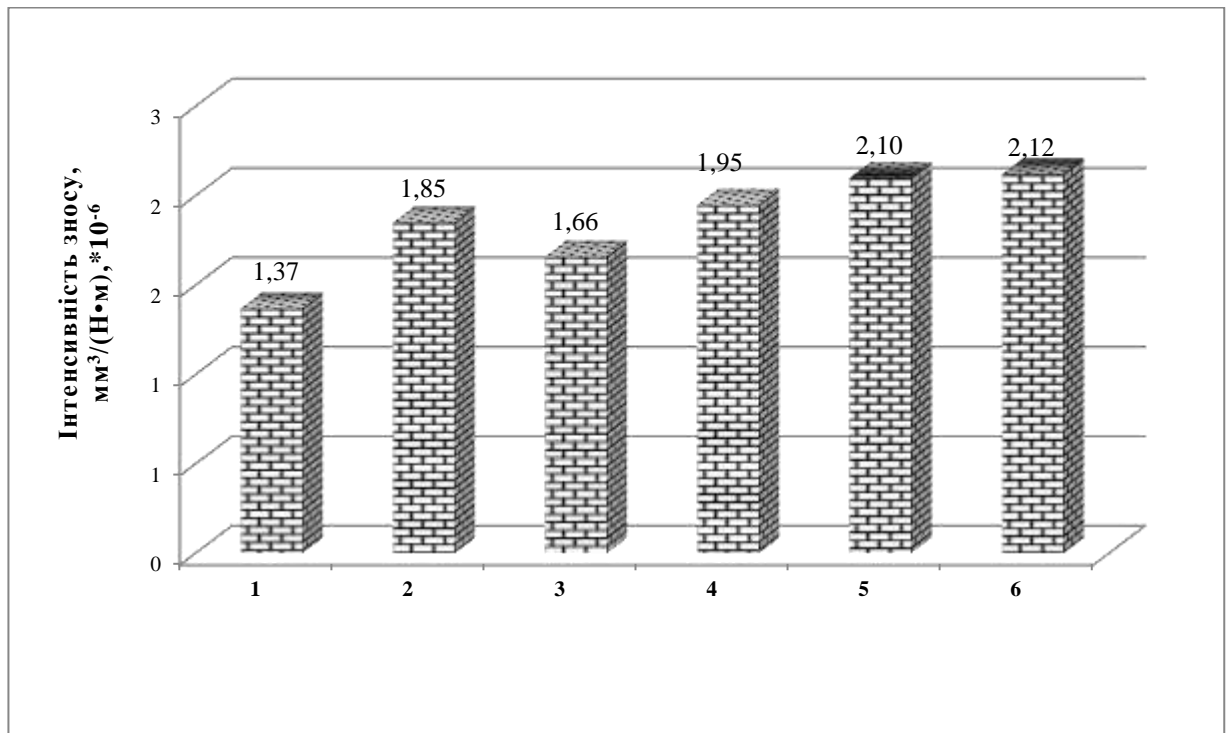
ΔV_{2i} – зміна об'єму i -зразка на проміжку шляху тертя від 3 до 23 км (другий етап дослідження відповідає лінійній залежності зношування від шляху тертя).

На один зразок витримували нормальне навантаження $N_i = 100$ Н, швидкість ковзання даного експерименту була $V = 1,1$ м/с, температура замірялась на відстані 0,5 – 1 мм від поверхні контртіла, при випробуванні без мащення фіксували $T = (323 \pm 2)$ К.

Досліджено вплив різних марок вуглецевих волокон і їх комбінацій на зносостійкість карбопластиків антифрикційних Ф4ВВ20. Під час експерименту нормальне навантаження на один зразок було видержане $N_i = 100$ Н, швидкість ковзання $v = 0,3$ м/с, а температура, заміряна на відстані 0,5 – 1 мм від поверхні контртіла при випробуванні без мащення була наступною $T = (323 \pm 2)$ К. Дослідження проводились на шляху тертя $s_1 = 0 \dots 3$ км, $s_2 = 3 \dots 50$ км. Результати виконаних випробувань представлені на рисунках 4.1 та 4.2.

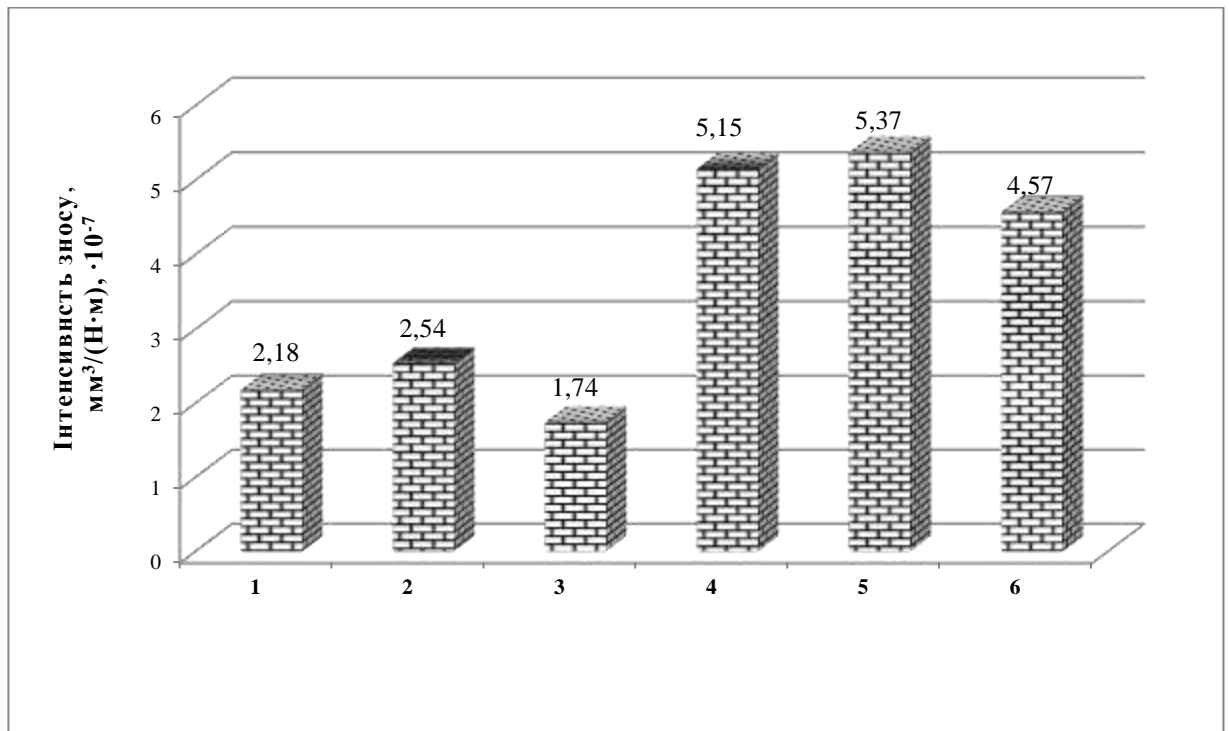
Результати випробувань наступні: найбільшу зносостійкість має композиція Ф4ВВ20, яка наповнена вуглецевим волокном Текарм – 5 мас. % та вуглецевим волокном Урал-15 – 15 мас. %. Зносостійкість цього матеріалу на 25 відсотків переважає матеріал Ф4ВВ20, наповнений 20 мас. % вуглецевого волокна з тканини Текарм.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Текарм (20 мас. %); 2 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Текарм (15 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (5 мас. %); 3 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Текарм (5 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (15 мас. %); 4 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини ТГН-2М (5 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (15 мас. %); 5 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини ТГН-2М (10 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (10 мас. %); 6 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини ТГН-2М (15 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (5 мас. %)

Рисунок 4.1 – Гістограма інтенсивності зносу антифрикційних матеріалів Ф4ВВ20 модифікованих різними вуглецевими волокнами та їх комбінуваннями на першому етапі досліджень при $S_1 = 0 \dots 3$ км



1 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Текарм (20 мас. %); 2 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Текарм (15 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (5 мас. %); 3 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Текарм (5 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (15 мас. %); 4 – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини ТГН-2М (5 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (15 мас. %); 5 – – Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини ТГН-2М (10 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (10 мас. %); 6 — Фторопласт 4ПН (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини ТГН-2М (15 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини Урал (5 мас. %)

Рисунок 4.2 – Гістограма інтенсивності зносу антифрикційних матеріалів Ф4ВВ20 модифікованих різними вуглецевими волокнами та їх комбінуваннями на другому етапі досліджень при $S_1 = 3 \dots 50$ км

4.2 Вплив різних марок фторопласту-4 і технології нанесення фторопластового покриття на вуглецеву тканину Текарм на антифрикційні і механічні характеристики карбопластиків

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ.23599.000.ПЗ					58

При нанесенні на тканину або на вуглецеві волокна фторопластового покриття приводить до підвищення зносостійкості цього матеріалу в десятки разів [17]. Разом з тим, відслідковується підвищення міцності, збільшення модуля пружності, а також підвищується термостійкість та хімістійкість матеріалу. Нанесення на волокнисті вуглецеві матеріали покриття фторопластового суттєво підвищує втомну міцність – в десятки тисяч разів. Виходячи з цього, для покращення антифрикційних характеристик карбопластиків Ф4ВВ20 на поверхню вуглецевої тканини Текарм було нанесено фторопластове покриття Фторопласт- 4 “МБ”. Дослідження проводились на машині тертя ХТІ-72. Схема дослідження наступна: сфера – площина. Підтримували навантаження на один зразок $N_i = 100$ Н, при швидкості ковзання $v = 0,45$ м/с, температура замірялась на відстані 0,5 – 1 мм від поверхні контртіла і при випробуванні без мащення становила $T = (323 \pm 2)$ К. Експерименти проводились на шляху тертя $s_1 = 0 \dots 3$ км, $s_2 = 3 \dots 13$ км. Результати виконаних досліджень представлені у таблиці 4.1.

Аналізуючи виконані дослідження, можна зробити такий висновок, що найнижчу інтенсивність зносу та коефіцієнт тертя має наповнений вуглецевим волокном матеріал з тканини Текарм, на поверхню якого було нанесено фторопластове покриття Фторопласт- 4 “МБ”.

Карбопластики Ф4ВВ20 з різними марками фторопластів за інтенсивністю зносу розташувати можна у такий ряд: 4 “0” < 4 “Д” < 4 “Т”. Звідки видно, що найбільшу зносостійкість мають матеріали на основі фторопласту- 4 “Т”.

Дослідження механічні зразків матеріалів Ф4ВВ20 виконувались за ГОСТ 4651-82 СТ. Перед експериментами зразки кондиціонували за ГОСТ 12423-66 на протязі 16 годин при температурі 23 ± 2 °С та відносній вологості 50 ± 5 %.

Діаметр зразка, висоту та ширину вимірювали з похибкою не більше 0,01 мм у чотирьох місцях. По мінімальних значеннях підраховували поперечний переріз зразка.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Антифрикційні характеристики карбопластиків Ф4ВВ20 з різними марками фторопласту-4

Назва матеріалу, мас. %	Інтенсивність зносу, мм ³ /(Н·м), ·10 ⁻⁶ S ₁ =3 км	Інтенсивність зносу, мм ³ /(Н·м), ·10 ⁻⁶ S ₂ =10 км	Коеф. тертя, μ.
Ф4ВВ20-4 “МБ” з покриттям на вуглецевій тканині Ф-4 “МБ”	1,265	0,7098	0,269
Ф4ВВ20-4 “Д” (Ф4Д – 80 Текарм –5 Урал–Т15 – 15)	2,172	3,37	0,35
Ф4ВВ20-4 “Т” (Ф4Т – 80 Текарм –5 Урал – 15 – 15)	1,807	0,853	0,273
Ф4ВВ20-4 “0” (Ф4 “0” – 80 Текарм –5 Урал – 15 – 15)	3,124	4,934	0,297

Експерименти проводились в умовах кондиціонування за ГОСТ 12423-66 за температури 23±2°C та відносній вологості 50±5%. Розміщали зразок між опорними площадками таким чином, щоб вертикальна вісь зразка співпадала з напрямком дії навантаження. Регулювали машину до здійснення зіткнення опорних площадок. Фіксували вибрану швидкість зближення опорних площадок.

σ- міцність при стисненні в МПа розраховували за формулою:

$$\sigma = \frac{N}{F}; \quad (4.7)$$

де N – вибране навантаження, Н; F – поперечний переріз зразка, мм².

Міцність при стискуванні карбопластиків Ф4ВВ20 з різними марками фторопласту - 4 представлено в таблиці 4.2.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Таблиця 4.2 – Міцність при стискуванні карбопластиків Ф4ВВ20 з різними марками фторопласту-4

Назва матеріалу	Міцність при стискуванні, σ , МПа,		
	5% деформування	15% деформування	25% деформування
Ф4УВ20 – 4 “О” (Ф – 4 “О”)	17,899	39,97	65,1274
Ф4УВ20 – 4 “Д” (Ф – 4 “Д”)	20,13	46,37	70,96
Ф4УВ20 – 4 “Т” (Ф – 4 “Т”)	14,65	39,62	68,41
Ф4УВ20 – 4 “МБ”	15,92	31,75	—

Аналіз одержаних результатів показав, що найбільшу міцність при стискуванні має карбопластик Ф4ВВ20 - 4 “Д”. У карбопластика Ф4ВВ20 - 4 “Т” міцність при стискуванні нижча, а найнижча міцність при стискуванні у карбопластика Ф4ВВ20 - 4 “О”.

Отже, за результатом антифрикційних та механічних властивостей використовували для приготування композицій матеріал Ф4УВ20 фторопласт - 4 “Т” та наносити на поверхню вуглецевої тканини Текарм фторопластове покриття фторопласт - 4 “МБ”.

4.3 Статистична обробка експериментальних даних

Визначення дисперсії σ^2 :

$$\sigma^2 = \frac{1}{3-1} \cdot [(d_1 - d_c)^2 + (d_2 - d_c)^2 + (d_3 - d_c)^2], \quad (4.8)$$

де d_1 – діаметр плями контакту першого зразка, d_2 – діаметр плями контакту

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

другого зразка, d_3 – діаметр плями контакту третього зразка, d_c – середнє значення діаметра плями контакту, що підраховується за формулою:

$$d_c = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3}, \quad (4.9)$$

Середнє квадратичне відхилення σ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \quad (4.10)$$

Коефіцієнт варіації j :

$$j = \frac{\sigma}{d_c} \cdot 100\%, \quad (4.11)$$

Статистичні дослідження впливу різних марок фторопластів на антифрикційні характеристики карбопластиків Ф4ВВ20 приведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Статистичні дослідження впливу марок фторопластів на антифрикційні характеристики карбопластиків Ф4ВВ20

Назва матеріалу	Шлях тертя $S_n = 3$ км			Шлях тертя $S_n = 13$ км		
	σ^2	σ	j , %	σ^2	σ	j , %
Ф4УВ20- «МБ»	0,0585	0,0765	2,49	0,0585	0,0765	2,49
Ф4УВ20- «Д»	0,0212	0,146	4,42	0,0175	0,132	2,62
Ф4УВ20- «Т»	0,0159	0,126	3,97	0,0059	0,0768	1,95
Ф4УВ20- «О»	0,00335	0,0579	1,55	0,0019	0,0436	0,99

У таблиці 4.4 наведені статистичні дослідження на міцність при стискуванні.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Таблиця 4.4 – Статистичні дослідження на міцність при стискуванні

Назва матеріалу	При 5% деформування			При 15% деформування			При 25% деформування		
	σ^2	σ	j, %	σ^2	σ	j, %	σ^2	σ	j, %
Ф4УВ20- «МБ»	25	5	3,7	246,5	15,7	5,99	—	—	—
Ф4УВ20- «Д»	33,5	5,78	3,47	33,5	5,79	1,55	33,5	5,79	1,01
Ф4УВ20- «Т»	25,35	5,034	4,04	90,5	9,52	3,02	28,5	5,34	0,98
Ф4УВ20- «О»	8,5	2,915	1,96	108,5	10,4	3,17	26,5	5,15	0,98

Статистичні дослідження свідчать про достаньо високу точність проведених досліджень.

5 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВТУЛКИ ОСІ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ З АНТИФРИКЦІЙНИХ КАРБОПЛАСТИКІВ

5.1 Технологія нанесення порошкового матеріала фторопласт –4 "МБ" на поверхню вуглецевої тканини

5.1.1 Підготовка сировини до напилення та схема процесу виготовлення втулки осі механізму перемикавання передач

Перед порізкою вуглецевої тканини Текарм необхідно зняти з неї упаковку та протерти тканину хлопчатобумажною тряпочкою. Рулон, який необхідно порізати, розміщують на передньому столі і ножом виконують розкрій поперек рулону на шматки 20–30 мм. Вуглецеву тканину можна різати спеціальною ріжучою машиною БР-72. У таблиці 6.1 схематично показано технологічний процес виготовлення втулки осі механізму перемикавання передач.

На нагрітий виріб, або на холодний виріб з наступним його нагріванням, може також бути виріб, що нагрівається у процесі покриття наносять шар матеріалу. На рисунку 6.1, та рисунку 6.2 відображене волокно вуглецеве до напилення, та після напилення фторопласту -4 “МБ”.

Таблиця 5.1 – Схема технологічного процесу виготовлення втулки осі механізму перемикавання передач легкового автомобіля

Операція	Порізка вуглецевої тканини на шматки
Прилади	Машина для порізки паперу Брм- 4.
Операція	Нанесення фторопластового покриття на поверхню вуглецевої тканини

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Продовження таблиці 5.1

Операція	Грубе подрібнення вуглецевої тканини
Прилади	Дробилка КДУ- 2.0
Змішування порошку фторопласту-4 з наповнювачами	
Операція	Змішування порошку в змішувачі-дозувальнику
Прилади	Змішувач дозатор
Операція	Подрібнення композиції
Прилади	Млин МРП- 1
Підготовка сировини	
Операція	Сушка композиції
Прилади	Сушильна установка ДПГЮ. 023.000.
Операція	Рихлення композиції
Прилади	Млин МРП- 1
Операція	Зважування композиції
Прилади	Вага ВНЦ-10
Пресування заготовок	
Операція	Пресування заготовок
Прилади	Прес П-6022
Термообробка заготовок	
Операція	Спікання заготовок
Прилади	Піч А- 114
Контроль	
Операція	Контроль готової продукції
Прилади	Стіл контролера 8213

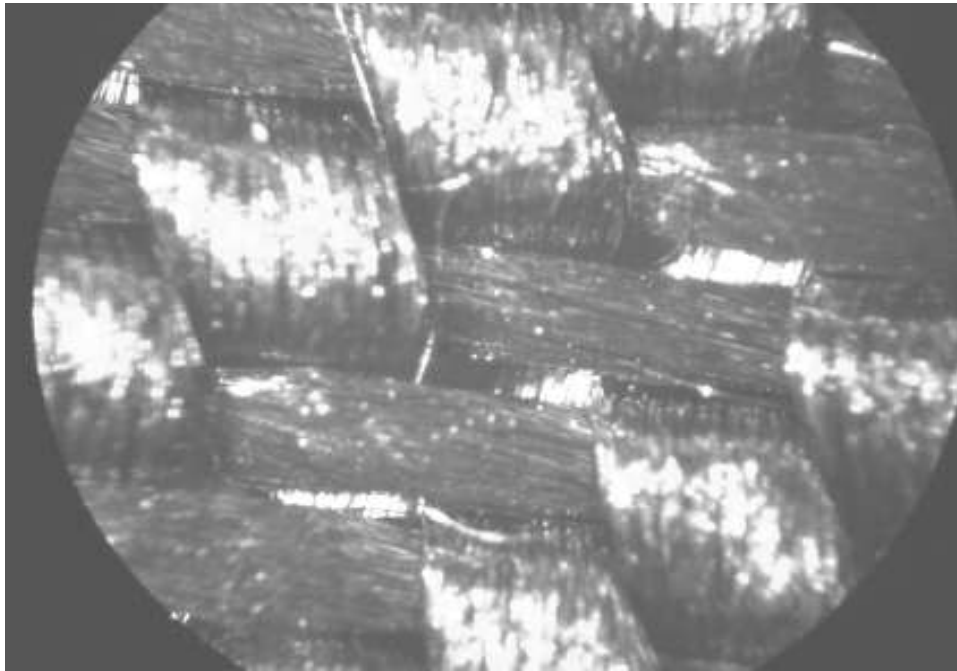


Рисунок 5.1 Вуглецеве волокно з тканини Текарм до напилення

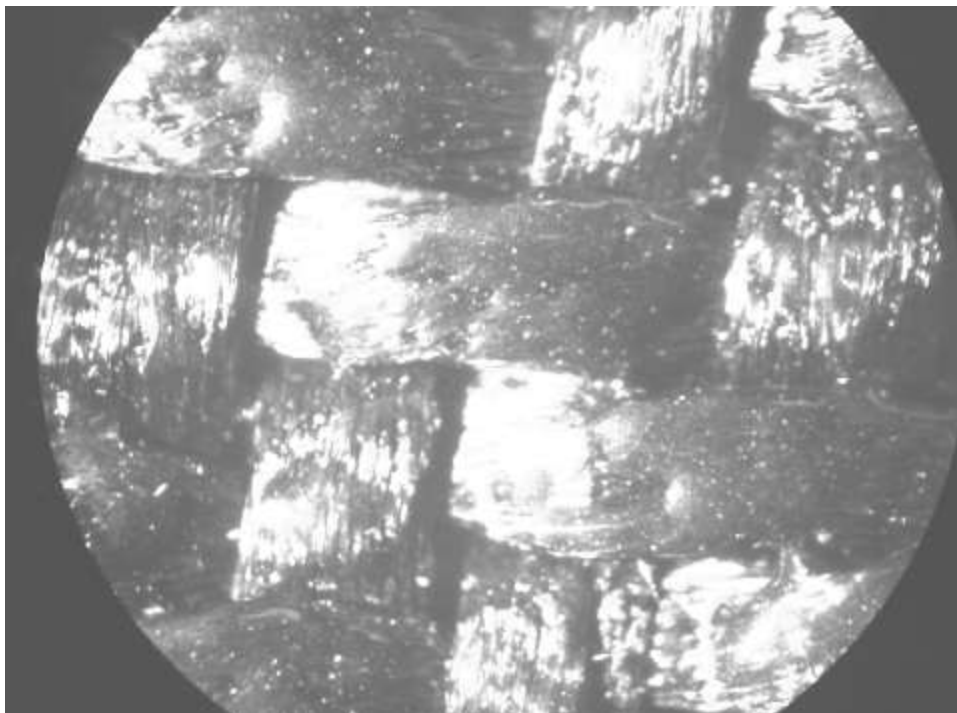


Рисунок 5.2 Вуглецеве волокно з тканини Текарм після напилення фторопласту -4"МБ"

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

5.1.2 Тепловий баланс процесу наплавки

Контакт деталі, яка нагріта до температури, перевищуючу температуру плавлення полімера, з дисперсним матеріалом наплавки приводить до утримання цього дисперсного шару на гарячій поверхні. Вага такого шару знаходиться в залежності від температури нагріву виробу та його теплоємності, часу контактування, а також від теплофізичних властивостей полімерного матеріалу та його стану.

Теплова енергія виробу Q йде на охолодження за період від моменту припинення нагрівання до моменту контакту з матеріалом Q_1 , на нагрівання шару полімера Q_2 та його розплавлення Q_3 , на нагрівання останнього шару частинок, які прилипили та до кінця не розплавився Q_4 , а також на втрату теплоти у навколишнє середовище у процесі наплавки покриття Q_5 та безпосередньо на охолодження виробу після отриманого покриття Q_6 .

Рівняння теплового балансу процесу наплавки має такий вид:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (5.1)$$

Більш повний підрахунок теплового балансу процесу наплавки є достатньо складний. Фіксуючи температуру виробу у момент контакту з полімерним матеріалом, можна нехтувати складовою теплового балансу Q_1 , а в кінці процесу у момент закінчення наплавки, можна виключити з розрахунку і складову Q_6 . У цьому випадку попереднє рівняння прийме наступний вигляд:

$$Q = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{\text{покр.}} + Q_{\text{втрат}} \quad (5.2)$$

Запас теплової енергії виробу Q знаходимо з формули:

$$Q = m_B \cdot C_B (T_B - T_{\text{пл}}) \quad (5.3)$$

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

де m_B , C_B – відповідно маса та питома теплоємність матеріалу виробу; T_B – температура виробу на початку процесу наплавки; $T_{пл}$ – температура плавлення полімеру.

Затрати тепла на нагрівання та розплавлення шару полімера $Q_{покp}$, не враховуючи Q_4 , так як доля його не перевищує 4 відсотки, будуть:

для кристалічних матеріалів:

$$Q_{покp} = m_n C_n (T_{пл} - T_c) + m_n q_{пит} \quad (5.4)$$

для аморфних матеріалів:

$$Q_{покp} = m_n C_n (T_{пл} - T_c) \quad (5.5)$$

де m_n і C_n – відповідно маса та питома теплоємність полімеру; $q_{пит}$ – питома теплота плавлення полімеру; T_c – температура середовища.

Незначні труднощі pojawiaються під час оцінки величини C_n , так як теплоємність полімера безумовно залежить від температури. Проте, значення питомої теплоємності розрахункове можливо оцінити із залежності $C_n = \Phi(T)$. Можна також дослідним методом, виконавши в аналогічних умовах наплавку полімерного шару на вироби із різною теплоємністю.

Досить суттєво від способу нанесення покриття залежать не виробничі затрати тепла під час наплавки полімерного шару $Q_{втрat}$. Найменші ці затрати при контакті гарячої поверхні з нерухомим шаром матеріалу. При обдуванні гарячого виробу повітряним порошковим струменем ростуть затрати тепла на охолодження.

У випадку нанесення на холодні вироби дисперсних матеріалів електроосадженням для кожного матеріалу при конкретній напруженості електричного поля фіксується гранична товщина шару частинок, які осідають. Спостерігаємо закономірність: чим вища напруженість електричного поля, тим відповідно більший заряд отримують дисперсні частинки і як результат – швидше утворюється шар, який перешкоджає подальшому осадженню. При

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

авторегулюванні електроосадження, яке спричинене існуванням граничної товщини осадку, досить часто призначають лише час наплення, який забезпечує для конкретних умов осадження максимально можливу кількість матеріалу.

Досліджено, що за інших однакових умов полярні матеріали одержують вищі граничні заряди, ніж неполярні, крім того осаджуються більш ефективно. Наблюдаємо зсув залежностей, які відображають кінетику електроосадженням у сторону зниження величини напруженості електростатичного поля пропорційно підвищенню діелектричної проникності полімерних матеріалів.

У кожного полімеру свій оптимальний діапазон напруженості електростатичного поля.

При досить простому регулюванні процесу електроосадження його стабільність та ефективність залежні від таких чинників: стану поверхні виробу, що покривається, режимів виконання наплення дисперсних матеріалів, а також атмосферних факторів. Сам процес електроосадження вважають чутливим до дисперсності полімерів та наявності добавок. Суміші можуть бути ефективно використані лише при відсутності розділу компонентів, а це може бути виконано лиш спеціальною підготовкою.

Досить часто виникає необхідність пошарового нанесення покриття. Для фторопластів є гранична товщина осадженого полімерного шару, що може бути оплавлений без виявленого газоутворення. При нанесенні шару товщини більшої виконують повторне електроосадження матеріалу на попередньо оплавлений шар. Від електрофізичних властивостей підшару залежить відповідно ефективність осадження. Для фторопластів, пентапласту та поліолефінів потрібно наносити ґрунтовочний, тобто перший шар з добавкою від 10 до 40 відсотків дисперсних мінеральних наповнювачів. Поліпшення процесів електроосадження та слідуючого плівкоутворення можна спостерігати при нанесенні ґрунтувального шару з певними електрофізичними властивостями. До прикладу: нанесення на поверхню металу тонкого 3 мкм шару полімеру, в склад якого добавлено електропровідний наповнювач для необхідності забезпечення об'ємного електричного опору у межах $10^{11} \div 10^{16}$ Ом·м, дозволить утворити електростатичними методами тонкі та

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

бездефектні покриття. При підвищенні товщини діелектричного підшару ефективність електроосадження знижується, а при досягненні граничного значення електроосадження взагалі стає неможливим.

Усі методи одержання покриттів, у яких застосовують електростатичні сили для нанесення порошкових матеріалів, характеризуються однією і тією ж ознакою – це електризація частинок, що відповідає електронно-іонній технології.

Суть електронно-іонної технології у тому, що при нанесенні частинок полімера на виріб в електростатичному полі ці сили поля діють безпосередньо на частинки, що веде до їх направлено переміщення. В даному випадку рух частинок може відбуватись навіть в середовищі повітря при атмосферному тиску.

Методи електростатичного нанесення мають такі переваги: достатня легкість регулювання процесу, можливість автоматизації нанесення полімера, відсутність необхідності попереднього нагріву виробів, рівномірність по товщині покриттів, висока продуктивність, можливість покриття на тонкостінних виробках, а також на виробках, які отримані з різнорідних матеріалів.

Відомі методи зарядження частинок:

– контактна електризація, коли частинки порошку набувають заряд при контакті з металічним електродом; електризація можлива також при терті часток між собою або при терті часток об фторопласт, скло, ебоніт, і т. д.;

– електризація поляризацією, коли молекули аерозолі, які містять диполі, зорієнтовуються в напрямку силових ліній електричного поля;

– електризація іонною абсорбцією – це коли під дією сильного неоднорідного електростатичного поля проходить процес іонізації повітря з наступною передачею електричного заряду аерозольним частинкам.

Останній третій метод електризації частинок є найбільш ефективним.

Електропровідність полімерного матеріалу, який наноситься, суттєвий вплив має на зарядку діелектричних частинок. Осадження заряджених частинок на виробках у великій мірі залежить від питомого об'ємного опору ρ_v самого порошкового матеріалу. Матеріали, у яких питомий об'ємний опір $\rho_v < 10^6$ Ом·м, при осажденні у

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повній мірі віддають свій заряд виробу, при цьому набувають рівнозначний йому заряд, і як результат частинки відштовхуються від виробу та осипаються. Порошки з питомим опором $\rho_v = 1 \cdot 10^6 \div 5 \cdot 10^{12}$ Ом·м значно трудніше віддають свій заряд виробу. Стікання заряду проходить поступово та розтягнуте у часі. Це дозволяє втримувати на поверхні виробу велику масу порошкового матеріалу та отримати відповідно достатньої товщини покриття.

Полімерні порошки, що мають питомий опір $\rho_v > 5 \cdot 10^{12}$ Ом·м, із-за низької електропровідності зберігають заряд у осадженому шарі, а це приводить до утворення зворотньої корони, коли порошок осипається та утворюються голчасті проколи та пори у шарі покриття. Допускається використання для покриттів порошкових матеріалів з питомим опором $\rho_v = 10^{14} \div 10^{18}$ Ом·м, проте порошки мають мати дуже високу дисперсність. При електростатичному нанесенні дані полімерні порошки утворюють досить тонкі та щільні шари і відповідно отримуємо досить тонкі рівні покриття.

5.1.3 Формування покриття

Захисні, фізичні, механічні та інші властивості полімерних покриттів, а також їх структура формується у процесі їх утворення. Основними параметрами такого технічного процесу вважають температуру та час її дії.

Щоб встановити температурно-часові параметри процесу нанесення полімерних покриттів, потрібно знати ступінь закінчення плівкоутворення, а це значить перехід дисперсного матеріалу у монолітну плівку на поверхні виробу. Практично завершеність процесу плівкоутворення оцінюють за показниками міцності відшарованих плівок. Залежності міцності та деформаційної здатності полімерного покриття при постійній температурі обробки описують кривими з максимумом. Максимальні цифри характеристик, які отримують та положення максимуму для конкретного полімеру в основному залежать від прийнятої температури формування. Якщо взяти за основу конкретні дані по міцності, можемо встановити інтервал оптимальних параметрів процесу. Цей інтервал

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить від прийнятого критерію оптимізації та призначатись може довільно.

Досить часто застосовують принцип використання температурно-часових параметрів процесу формування, який в основі своїй заснований на визначенні максимального адгезійного зв'язку між поверхнею та полімерним шаром. Такий підхід дає не погані результати для полімерів полярних, які мають задовільні адгезійні властивості. У цьому варіанті режими нанесення покриттів, які характеризуються максимальною міцністю при розтягу та мають максимальну адгезійну міцність, виявляються близькими. А у випадку неполярних полімерів при максимальній адгезійній міцності та при неактивній підложці, спостерігається при температурах, термоокислювальних деструкцій полімерів. До прикладу: для покриттів, що утворюються на алюмінієвій підложці з поліетилену низького тиску, максимальна міцність досягається при температурі 445-450 К, при цьому максимальний опір відшаруванню полімерного покриття від підложки уже при температурі 475 К.

Оптимізацію режимів нанесення покриттів можна проводити за будь-яким параметром, що впливає на працездатність виробу.

Температурно-часові параметри процесу нанесення покриттів значно залежать від молекулярної маси застосовуваного полімеру, дисперсності частинок, властивостей модифікуючих добавок, теплоємності виробу, характеру теплопередачі під час нагрівання та ряду інших чинників. Останні роки досить часто використовують багатошарові полімерні покриття. Для першого ґрунтувального шару застосовують матеріали, які володіють хорошою адгезійною взаємодією з поверхнею підложки та сумісні з матеріалом основного шару. Спеціально підібрані ґрунтовки впливають на структуру полімеру, сприяючи зменшенню внутрішніх напружень у металополімерній системі. Технологічні режими нанесення і формування таких покриттів залежать від агрегатного стану ґрунтового складу, теплофізичних характеристик та розмірних параметрів кожного шару. Багатошарові – це покриття, що отримуються методом багаторазового нанесення полімерного шару. Найпростішим прикладом досягнення максимальної адгезійної та розривної міцності полімерного покриття вважають дворазове нанесення матеріалу за такою

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

методикою. Виріб підігрівають до температури, при якій спостерігається максимальна адгезійна міцність, і контактують з дисперсним матеріалом протягом години, необхідної для утворення не обов'язково суцільного але тонкого шару. Далі виріб охолоджують та наносять основний шар. Багат шарові покриття одержують електроосадженням. При цьому на поверхню виробу наносять тонкий шар полімерного матеріалу та проводять термообробку при підвищених температурах. Слідуючі шари наносять на попередній та формують згідно режимів, які забезпечують необхідні властивості. Характеристика електрофізичних, міцнісних та інших властивостей полімерних покриттів, виконаних за різними технологічними схемами, показує значну перевагу багат шарових покриттів. При виборі технології формування покриття слід враховувати необхідність мінімізації термічної та термоокислювальної деструкції полімеру. При наявності у полімера різних добавок, таких як антиоксиданти, структуруючі пластифікатори, наповнювачі та інші, зазвичай, вимагає коригування температурно-часових режимів формування покриттів. Введення стабілізаторів або значної кількості наповнювачів у полімер приводить до підвищення температури та збільшення часу формування покриттів для досягнення оптимальних когезійних, адгезійних та інших характеристик.

Зміна теплоємності виробу, на яке наноситься покриття, впливає на фізико-механічні властивості покриттів та вимагає коригування температурно-часових параметрів процесу їх формування.

Під час нанесення покриттів на попередньо нагрітий виріб, збільшення його теплоємності вимагає зниження температури. Однак при оплавленні полімерного шару, нанесеного на холодний виріб, спостерігається зворотна тенденція — необхідність підвищення температури.

Проте, в останньому випадку для виробів, які характеризуються великою теплоємністю при товщині стінок більше 5 мм, нанесення полімерних покриттів бажано виконувати за мінімальних температур та при тривалому термостажуванні.

Бажано перший шар наносити з не стабілізованого матеріалу, а робочий шар – зі стабілізованого полімеру.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Багаторазове формування полімерного шару застосовується для нарощування покриття великої товщини та у технології нанесення фторопластових покриттів. Через високу в'язкість розплавів фторопластів, формування бездефектного покриття ускладнюється через труднощі з відведенням газових виділень.

Тривалість самозаліковування газових пор у розплаві полімеру значною мірою залежить від товщини полімерного шару. Тому, застосовуючи пошарове нанесення покриття, можна суттєво зменшити загальний час його формування.

До прикладу: покриття товщиною 150 мкм з фторопласту-4МБ наноситься одноразово, але слідуюче формування до повного видалення газу за температури 360 °С має проходити від 5 до 7 годин. Таке по товщині полімерне покриття може бути нанесено за три прийоми. Після перших двох шарів допускається виконувати витримку при температурі 360 °С протягом 15–20 хвилин. При нанесенні останнього шару виріб з полімерним покриттям має витримуватись при 360 °С від однієї до двох годин.

5.1.4 Термообробка покриття

Термообробку не завжди виконують, досить часто обмежуються звичайним природним охолодженням виробу з нанесеним полімерним покриттям. Вибір методу термообробки залежить від природи полімера, що застосовується. Не враховуючи вплив середовища, основним параметром процесу термообробки вважають швидкість охолодження розплаву. У випадку полімерів аморфних вироби з нанесеним покриттям охолоджують повільно, а у випадку кристалізуючих навпаки охолодження відбувається швидко. При повільному охолодженні розплаву набагато легше протікає релаксаційний процес у полімері, а це дозволяє одержати покриття з меншим рівнем залишкових напружень. Проте, при такому повільному охолодженні проходить інтенсивна кристалізація полімеру і покриття стає більш напруженим. При швидкому охолодженні розплаву кристалізуючих полімерів може відбуватися їх аморфізація, а це дає можливість отримувати еластичні мало напружені плівки. У цьому випадку бажано виконувати додатковий прогрів виробу

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з покриттям. Такий прогрів веде до підвищення ступеня кристалічності матеріалу покриття та росту внутрішніх напружень, проте надає стабільність структурі та властивостям виробів з покриттям при експлуатації. Досить рідко швидке охолодження розплаву кристалізуючого полімеру приведе до зростання напружень залишкових.

Самі результати термообробки процесу формування полімерного покриття залежать від температурно-часових параметрів. Отже, температурно-часові параметри процесу плівкоутворення одночасно з регулюючим охолодженням виробів з полімерним покриттям дають можливість суттєво впливати на властивості покриттів, які формуються.

5.2 Приготування композиції антифрикційного карбопластика

5.2.1 Грубе подрібнення вуглецевої тканини

Подрібнення вуглецевої тканини виконується на дробарці молотковій КДУ-2 "Україна ". У даній дробарці шматки вуглецевої тканини транспортером подають на пристрій для різання, а далі шнеком подача відбувається на систему рухомих ножів апарату додаткового різання, де тканина подрібнюється до 0,1–0,2 мм, проходить через решітку з діаметром отвору $1 \pm 0,25$ мм та збирається у приймачі. У випадку, коли сильне запилення дробарка зупиняється. Потрібно виконати чистку сепаруючої решітки.

У процесі подрібнення потрібно контролювати насипну щільність волокна, яка має бути не менше $50-160 \text{ кг/м}^3$. При невідповідності цьому показнику вуглецеве волокно додатково знову пропускають через дробарку.

Не допустускається змішування вуглецевих тканин різних марок. Перед подрібненням іншої марки тканини подрібнювач механічним шляхом очищається.

Подрібнювач КДУ-2 має шафу керування, де розташоване автоматичне блокування перезавантаження апарату повторного різання. На машину вмонтована коробка зі станцією ПKE 622-2 та клемний набір з вимикачем ВПК-2110. У

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

випадку попадання металевої стружки, кусків тканин або перевантаження апарату повторного різання шпилька зрізається та двигун зупиняється, тобто йде відключення від мережі високої напруги.

Кришки ріжучого барабану та апарату повторного різання заблоковані із електропусковою апаратурою, яка при відчинених кришках блокує пуск пристрою. Також, при необхідності подрібнювач може бути в любий момент зупинено. Для цього передбачена необхідна кнопка або рубильник на шафі керування.

5.2.2 Змішування порошку фторопласту-4 з наповнювачами

Приготування композиційного матеріалу виконується у дві стадії:

- змішування компонентів композиції у змішувачі-дозувальнику з частотою обертання 1200 об/хв, при цьому одночасно формується композиція;
- подрібнення композиції у млину МРП-1М.

5.2.3 Змішування композиції в змішувачі – дозувальнику

Змішувач-дозувальник є машиною періодичної дії, яка має циліндричну форму та в середині на валу якої кріпиться ніж. Змішування порошку проходить за допомогою ножа, який виконує обертовий рух.

Спочатку роботи змішувач потрібно почистити пилевсмоктувачем та протерти бавовняною тканиною, змоченою етиловим спиртом, далі йде завантаження композиції флубон К10ВВ10. Оптимальне завантаження змішувача рівне 30 кг композиції. Температура змішування 20 °С. Змішування компонентів виконується протягом 10–15 хвилин. Для попередження перегріву змішування композиції виконуємо циклами: 2–3 хв. роботи змішувача, далі – 10–15 хв. зупинки. Деякі моделі змішувача можуть мати рубашку охолодження.

За допомогою вимикача передбачено автоматичне блокування кришки завантажувального люку. Температуру вимірюємо з допомогою терморпари ЖК та реєструємо на щиті КІП.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

5.2.4 Подрібнення компонентів композиції в млині «Ютон»

Спочатку на технічних вагах зважуємо композицію та завантажуюмо її у камеру помолу. Щоб герметизувати камеру зачиняють кришку. Розташовуємо камеру для розмелювання композиції на колонці приводу, для цього потрібно щоб квадрат валика увійшов в зчеплення з муфтою приводу, а у прорізи колонки приводу попали штифти нижнього циліндра. Далі камеру помолу провертають до зупинки на штифтах у горизонтальних прорізах. Виставляємо час помолу та вмикаємо млин.

Чергуючи камери, виконуємо змішування 3 рази, загальний час подрібнення 10–12 хвилин. Для відсутності перегріву втулки після 12 хвилин роботи дотримуємось паузи млинка для охолодження на 10 хвилин.

При закінченні подрібнення композиції млинок очищаємо від залишків композиції механічною обробкою.

5.2.5 Сушка композиції

Розмелену композицію сушать при температурі 150 ± 10 °C протягом 4–8 год. на листах товщиною не більше 25 мм. Коли незадовільна сипучість композиції сушіння необхідно виконувати до і після рихлення. Термін між сушкою та пресуванням не повинен бути більшим 2 годин. Композицію сушать в сушильній установці ДПГЮ. 023.000.

Дана установка обладнана такими блокуваннями:

відключення нагрівачів та відкривання заслінки у випадку відкривання дверей сушильної камери, відсутності витяжної вентиляції та досягнення температури в сушильній камері 170–180 °C.

Температура у робочому обсязі сушильної камери фіксується на діаграмну стрічку.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.6 Рихлення композиції

Фторопластові композиції, що не були задіяні більше 10 годин, перед пресуванням обов'язково проходять стадію розпушування. Композиції на розпушування доставляють зі складу сировини. Розпушування виконується на млинку МРП-1м або змішувачі, який являє собою циліндричну ємність, на дні якої закріплений плоский ніж, який виконує обертовий рух із частотою обертання 1200 обертів на хвилину. Внутрішній мішок протираємо від пилу бавовняною тканиною і укладаємо на млин. Композицію з допомогою совка завантажуюмо у бункер млинка або змішувача, на обертівому розсіювачі розрихлюється й зсипається у прийомну тверду ємність (металеві ящики, металеві піддони, поліетиленові фляги та ін.).

5.3 Технологія та режими пресування заготовок

Процес пресування флуоронових композицій виконується на гідравлічних пресах у сталевих формах, які не прогривають. Для отримання точних розмірів заготівель при пресуванні вдаються до вагового дозування. Вагове дозування виконується на циферблатних настільних вагах ВНЦ-2, забезпечуючи точність зважування $\pm 0,01$ кг. В залежності від величини наважки, зважування виконується у чашах або каструлях. Щоб не було забруднень й поглинання вологи композицією тара з композиціями має бути щільно закрита кришкою.

Розрахунок маси наважки.

Маса наважки розраховується за формулою:

$$m = \rho \cdot V_{заг}, \quad (5.6)$$

де $\rho = 2,1$ г/см³ – густина матеріалу, $V_{заг}$ – об'єм деталі.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усе оснащення та прес-форми перед пресуванням заготовок із композиційних матеріалів мають бути ретельно протерті бавовняною тканиною, змоченою у технічному етиловому спирті.

Для отримання чистої поверхні кілець прес-форма через 5–10 пресувань теж протирається бавовняною тряпчкою, змоченою у етиловому спирті.

Наважка, тобто композиція засипається у прес-форму, уважно розрівнюється по поверхні тупим предметом, щоб досягти рівномірної щільності. Це розрівнювання поверхні виконується лінійкою з органічного скла, полістиролу, або металу. Коли висота прес-форми не дає можливості виконати вільну засипку за один раз, допускається засипання у кілька прийомів і обов'язково з розрівнюванням кожного. Одержання заготовки методом засипання кілька разів з підпресуванням заготовки після кожної засипки згідно технічних норм не допускається.

Пресування заготовок виконується при питомому тиску 60–80 МПа. цьому тиск пресування визначається максимально можливим для даної площі заготовки та зусилля повзуна не вище 80 МПа.

Щоб повністю видалити повітря та запобігти розтріскуванню заготовок, необхідно плавно підвищувати і знижувати тиск. Інколи допускається ступінчате підвищення тиску, виконується це з проміжними зупинками пуансона. У цьому випадку, термін пресування при необхідному тиску пресування має бути не більше 1 хвилини на 30 мм висоти заготовки.

В процесі пресування передбачено автоматичне блокування, яке запобігає зустрічному виштовхуванню повзуна. Ця операція виконується при натисканні обох кнопок "Повзун униз".

Також передбачено блокування автоматичне захисної сітки при русі повзуна. Рух повзуна не виконується до спрацьовування вимикач, коли не опущена захисна сітка.

Усі дані розрахункові кожного типорозміру заготовок вказані у технологічній карті пресування, де вказано: назва виробу, розміри виробу, марка

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

композиції, площа пресування кільця, зусилля пресу, тиск згідно манометра, величина наважки композиції та термін витримки під тиском.

По закінченню витримки тиск знімається, далі розбирається прес-форма, заготовку виймають з прес-форми, при цьому обов'язково виконують перевірку на наявність дефектів, а далі після зачищення обля викладається на столі та маркується. Перші п'ять заготовок підлягають вимірюванням штангенциркулем на відповідність геометричним розмірам, і після цього таким вимірюванням підлягає вся партія.

5.4 Термообробка заготовок

Термообробка, або спікання заготовок виконується у вільному стані, на оправках або на спеціальних струбцинах у електропечах з підложкою, що має обертовий рух та з примусовою циркуляцією повітря робочій камері. Для кращої циркуляції повітря полки не тільки обертаються, а ще виконані перфорованими.

У печі є оглядові вікна і світильники для освітлення робочої камери. Реєстрація та запис температури у печі виконуються автоматичними самописцями-потенціометрами типу КСП-4, межі вимірів якого від 0 до 600 °С. Контроль температури по об'єму печі знімається у 5–12 місцях. Ці потенціометри працюють одночасно з термопарами типу ТХК, кількість яких 6–12 штук. Потенціометри розташовані на панелях у щитовій.

Регулювання температури повітря у термопечі передбачене електронними автоматичними потенціометрами типу КСП-4, які мають регулюючий пристрій для регулювання температури відповідно заданій програмі.

Розрідження повітря в термопечі вимірюється тягонопорометром типу ТНМ-11, межі вимірювань від мінус 1,2 до плюс 1,2 МПа. Заготовки з композиційного матеріалу перед завантаженням в термопід протираються бавовняною тканиною. Завантаження заготовок у під виконують за температури не вище 160 °С. Згідно технічної документації допускається сушка заготовок при температурі 150±10 °С в сушильній шафі протягом 4–20 хвилин з наступним перенесенням заготовок в

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердій тарі у термопіч для спікання, яка нагріта до 150 °С. При цьому, термін між операціями вигради з сушильної шафи та загради в термопіч для спікання не повинен перевищувати 30 хвилин.

Термообробка заготовок виконується згідно режиму:

- 1) сушка заготовки при температурі 150±10 °С на протязі 1 години на 2–5 мм товщини заготовки;
- 2) нагрів від температури 150±10 °С до 325±10 °С зі швидкістю не вище 0,5 градусів за хвилину;
- 3) витримування при температурі 325±10 °С на протязі 1 години на 3–5 мм товщини заготовки;
- 4) нагрів від температури 325±10 °С до 367+10 °С зі швидкістю не вище 0,6 град за хвилину;
- 5) витримування при температурі 365±5 °С на протязі 1 години на 2–3 мм товщини заготовки;
- 6) охолодження від температури 365±5 °С до 312+10 °С з швидкістю не вище 0,5 град за хвилину;
- 7) витримування при температурі 312±10 °С на протязі 1 години на 3–5 мм товщини заготовки;
- 8) охолодження від температури 312± 10 °С до 150±10 °С з швидкістю не вище 0,5 град на хвилину;
- 9) витримування при температурі 150±10 °С на протязі 1 години на 2–5 мм товщини заготовки.

Далі охолодження відбувається при вимкненому нагрівачі разом з термопіччю до кімнатної температури, може бути охолодження на повітрі від 150 °С до кімнатної температури на рівних поверхнях не менше як 4 години.

5.5 Контроль готової продукції

Заготовки із композицій матеріалів перевіряють партіями. За партію прийнято вважати кількість заготовок, які виготовлені з композиції однієї марки та

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

супровід яких одним документом про якість. Усі заготовки з фторопластових композицій флубон підлягають перевірці на відповідність геометричним розмірам та зовнішньому вигляду. Для перевірки партії заготовок за показниками "руйнування при розтягуванні" та "щільність" використовують 5 втулок, виготовлених механічною обробкою. Випробування виконують 3 рази.

При отриманні незадовільних результатів випробувань навіть по одному з показників, по ньому виконують повторні випробування, теж на 3-х зразках.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

6 ЛАБОЛАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ БАЗОВОГО МАТЕРІАЛУ І МАТЕРІАЛУ Ф4К10УВ10 З ВИЗНАЧЕННЯМ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ЗНОШУВАННЯ

6.1 Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі і методи їх забезпечення

Для отримання необхідної довговічності, суттєво підвищити надійність роботи механізму перемикання передач, виконуємо заміну полімерного базового матеріалу на композиційний полімерний матеріал флубон. Для того, щоб виконувати технічні умови при виготовленні втулки, необхідно чітко дотримуватись розробленого технологічного процесу а саме: потрібно згідно вимог підготувати сировину, змішати композиції у змішувачі – дозувальнику, підсушити композицію, зважити композицію, виконати пресування заготовок і термообробка заготовок у термопечі. Кожен етап виконання технологічного процесу закінчується чітким контролем якості і точності виконаної роботи. Також, в обов'язковому порядку необхідно проводити перевірку на відповідність геометричних розмірів і наявність різних дефектів. Далі втулка піддається механічній обробці для одержання відповідних розмірів. Невідповідність розмірів призведе до люфту втулки осі механізму коробки передач, що спричинить швидкий вихід цього механізму з ладу.

6.2 Методика проведення дослідження

6.2.1 Підготовка зразків та контртіла

Для проведення досліджень виготовляємо три зразки з даного полімерного матеріалу у формі квадрату розміром 3x3 мм та висотою 12 мм із верхнім конусом

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

під кутом 90°. Контртіло, яке виготовлене із сталі 40X(HRC(44–48), шліфується з робочої сторони, а потім шкуриться на абразивному матеріалі №180–150.

При шліфуванні напрямок руху контртіла витримуємо перпендикулярно штуцерам. Після шліфування обов'язково потрібно зняти стружку шліфовки бавовняною тканиною, змоченою у спирті.

Встановлення зразків. Зразки розміщують у насадці робочої головки. Потім робочу головку перевертають на контртіло та під навантаженням необхідно закрутити стопорні гвинти.

Підготовка машини до роботи. По-перше, потрібно протерти машину та пульт управління сухою ганчіркою. Перевіряємо справність заземлення та наявність необхідного мастила у вузлах тертя.

Встановлення робочої частини. Підготовлене до роботи контртіло розташовуємо на під'ятник та у спеціальний отвір опускаємо термопару, охолоджуюча вода підєднана до штуцерів. Температуру досліджень вимірюємо термопарою та фіксуємо на стрічці потенціометра КСП-2, або КСП-4.

Спочатку контртіло та зразки необхідно знежирити етиловим спиртом, а потім авіаційним бензином, користуючись при цьому бавовняним неворсистим матеріалом.

Потрібно робочу головку зразками вниз розташувати на контртіло, відповідно мітці на головці та хвостовику шпинделя, а зверху у неї розміщують стакан з трьома кулями діаметром 12,7 мм та хвостовик шпинделя опускають. Центрування машини виконуємо поворотом підшипників.

Початкові дані:

- нормальне навантаження на три зразки 0,7 кг; на один – 0,23 кг, на важіль навантаження не задається (визначається по тарировочній залежності $N=f(Q)$);
- швидкість тертя $V= 0,4$ м/с;
- температура контртіла до 50 °С;
- шлях тертя задається для різних зразків різний.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Навантажувальний важіль при $Q = 0$ кг розташовуємо горизонтально по рівноміру. Далі підводимо вантаж і запускаємо машину, натиснувши кнопку "пуск", що знаходиться зліва на станині. У журналі фіксуємо запис:

початковий показ спідометра (A_n); час пуску. Розраховуємо кінцевий показник спідометра (A_k);

$$A_k = A_n + \Delta A ; \quad (6.1)$$

де ΔA - шлях тертя по спідометру ; S - шлях тертя в км.;

$$S = K \cdot \Delta A ; \quad (6.2)$$

де $A = S/k$, k - коэф.перерозрахунку, який є постійний для даної машини;

$$K = \frac{2\pi R_{тр} n}{A_{тар}} \quad (6.3)$$

де $R_{тр}$ - радіус тертя, $A_{тар} = 1$ км свідчення шкали спідометра при таруванні;
 n - число обертів шпинделя за 1 км шляху по спідометру.

$$A_{k_1} = A_n + \frac{S}{K} \quad (6.4)$$

Для I етапу роботи

$$A_k = A_n + \frac{2}{R} \quad (6.5)$$

Кінець першого етапу при свідченні спідометра A_k . Виключаємо машину, натиснувши кнопку виключити, знімаємо навантаження. Далі необхідно підняти важіль, щоб вийняти робочу головку. Після охолодження до кімнатної температури на повітрі бавовняною ганчіркою протираємо зразки та виконуємо заміри діаметру плями зносу, застосовуючи мікроскоп МПБ-2. Обезжирюємо контртіло та зразки.

Другий етап досліджень виконуємо аналогічно першому. Закінчивши другий етап заміряємо діаметр плями зносу та розраховуємо приведене зношування матеріалу.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема проведення випробувань зображена на рисунках 6.1 та 6.2

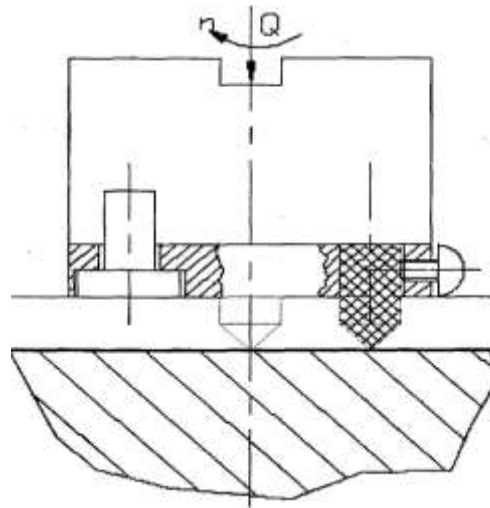


Рисунок 6.1 – Схема проведення випробувань

Випробовування виконувались за схемою конус-площина.

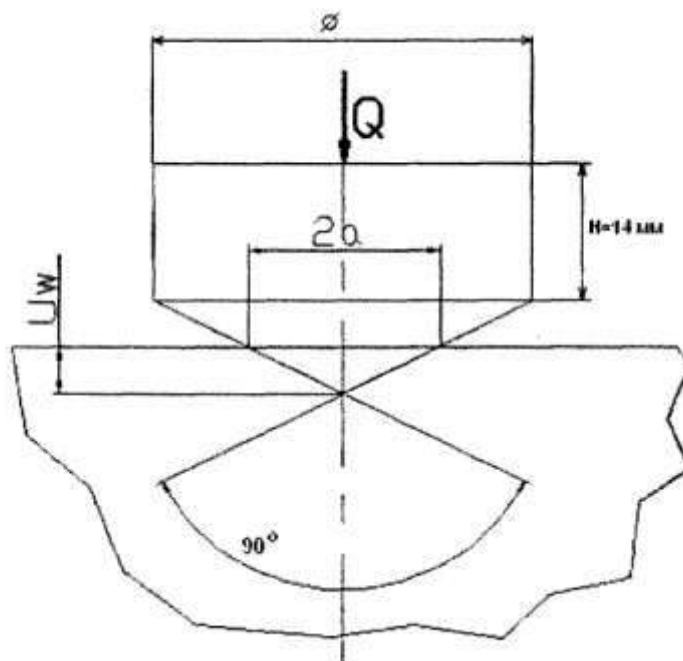


Рисунок 6.2 – Випробування за схемою конус-площина

6.3 Результати лабораторних випробувань досліджуваних пар тертя

1. Вихідні дані:

n- кількість обертів двигуна, $n=270$ об/хв.,

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Q – навантаження на зразки, Q=0,7 кг; d – діаметр зразка, d=3 мм.

6.3.1 Розрахунок лабораторних випробувань пари тертя при терті без мащення

Результати розрахунків зведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Залежність діаметра контакта від шляху тертя

t, хв	S, м	d, мм (Базовий матеріал)	d, мм (Флубон K10УВ10)
1	24	1,2	0,8
5	144	1,5	0,9
15	504	2,1	1,1
30	1224	2,9	1,2

а) Шлях тертя розраховуємо за формулою:

$$S=V*t,$$

$$V = \frac{2\pi n R_{mp} 10^{-3}}{60}$$

$$V= 0,4 \text{ м/с},$$

де n-кількість обертів валу; R_{mp} – радіус зразка; t – час тертя.

$$S1=0,4*60=24$$

$$S2=0,4*60*5=144$$

$$S3=0,4*60*15=504$$

$$S4=0,4*60*30=1224$$

б) Параметр моделі m підраховуємо за формулою (6.1) способом підстановки:

$$\frac{\left(\frac{a_1}{a_0}\right)^{2m+1} - 1}{\left(\frac{a_2}{a_0}\right)^{2m+1} - 1} = \frac{S_1}{S_2} \quad (6.6)$$

Для базового матеріалу приймаємо $m=0,5$, для флубона К10УВ10 $m=4,5$.

З даних графіків вибираємо дані:

– для базового матеріалу:

$a_0=1,15$ $S_0=0$
 $a_1=2,1$ $S_1=504$
 $a_2=2,9$ $S_2=1224$

– для флубона К10УВ10:

$a_0=0,77$ $S_0=0$
 $a_1=1,1$ $S_1=504$
 $a_2=1,2$ $S_2=1224$

Розраховуємо параметр моделі k_w з формули (4.2):

$$k_w = \frac{a_1^{2m+1} - a_0^{2m+1}}{(2m + 2)(Q/\pi)^m * S_1 * \text{tg}\psi} \quad , \quad (6.7)$$

де a_1, a_0 -еквівалентні радіуси;

$\text{tg}\psi$ – $1/2$ вершини кута;

Q – навантаження на зразок;

S_1 – шлях тертя.

Розраховуємо для базового матеріалу:

$$k_w = \frac{2.1^2 - 1.15^2}{2(0.7/3.14)^{0.5} * 504 * 1} = 6.88 * 10^{-3} \text{ мм}^2 / \text{кг}$$

Розраховуємо для флубона К10УВ10:

$$k_w = \frac{1.1^8 - 0.77^8}{8 * (0.7/3.14)^{4.5} * 504 * 1} = 0.4296 \text{ мм}^2 / \text{кг}$$

Розрахунок контактного тиску здійснюють за формулою:

$\sigma = P / F$, де P – навантаження, F – площа контакту,

$\sigma = 0,0559 \text{ кгс/мм.}^2$

Знос знаходимо з формули:

$$U_w = k_w * \sigma^m * S$$

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Підраховуємо для базового матеріалу:

$$U_w = 0,006493 * 0,0559^{0.5} * 504 = 0,773$$

Підраховуємо для флубона К10УВ10:

$$U_w = 0,4296 * 0,0559^{4.5} * 504 = 0,0004999 = 4,999 * 10^{-4}$$

Перевірку результатів зносу отримуємо з формули:

$$U_{w1}/U_{w2} = k_{w1} * \sigma^{m1} / k_{w2} * \sigma^{m2}$$

$$0,773 / 4,999 * 10^{-4} = 0,006493 * 0,0559^{0.5} / 0,4296 * 0,0559^{4.5}$$

$$1546,3 = 1548,3.$$

6.3.2 Розрахунок лабораторних випробувань пари тертя в мастилі

ТАД-17

Результати розрахунків зведені в таблиці 6.2

Таблиця 6.2 – Залежність діаметра контакту, від шляху тертя

t , хв	S, м	d, мм (Базовий матеріал)	d, мм (Флубон К10УВ10)
1	24	0,8	0,55
5	144	1,22	0,7
15	504	1,38	0,8
30	1224	1,6	1,0
60	2664	1,8	1,1

Розрахунок шляху тертя виконуємо за формулою:

$$S = V * t ,$$

$$V = \frac{2 \pi n R_{mp} 10^{-3}}{60} ,$$

$$V = 0,4 \text{ м/с},$$

де n – кількість обертів валу,

R_{mp} – радіус зразка, t – час тертя.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

$$S_1=0,4*60=24$$

$$S_2=0,4*60*5=144$$

$$S_3=0,4*60*15=504$$

$$S_4=0,4*60*30=1224$$

$$S_5=0,4*120*30=2664$$

Параметр моделі m знаходимо з формули (6.1) способом підстановки:

для базового матеріалу прийmemo $m=2,5$

для флукона К10УВ10 $m=3,5$.

Виходячи графіків виписуємо дані:

для базового матеріалу:

$$a_0=1,17 \quad S_0=0$$

$$a_1=1,6 \quad S_1=1224$$

$$a_2=1,8 \quad S_2=2664$$

для флукона К10УВ10:

$$a_0=0,67 \quad S_0=0$$

$$a_1=1,0 \quad S_1=1224$$

$$a_2=1,1 \quad S_2=2664$$

Параметр моделі k_w підраховуємо за формулою (6.2):

для базового матеріалу:

$$k_w = \frac{1.6^6 - 1.17^6}{2.5(0.7/3.14)^{2.5} * 1224 * 1} = 0.0824 \text{ мм}^2 / \text{кг}$$

для флукона К10УВ10:

$$k_w = \frac{1^8 - 0.67^8}{3.5(0.7/3.14)^{3.5} * 1224 * 1} = 0.01873 \text{ мм}^2 / \text{кг}$$

Знаходимо контактний тиск за формулою:

$$\sigma = P / F,$$

де P – навантаження, F – площа контакту, $\sigma = 0,0559 \text{ кгс/мм}^2$

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Розрахунок зносу виконуємо за формулою:

$$U_w = k_w * \sigma^m * S$$

Для базового матеріалу:

$$U_w = 0.0824 * 0,0559^{2.5} * 1224 = 0,745$$

Для флубона К10УВ10:

$$U_w = 0,01873 * 0,559^{3.5} * 1224 = 0,0009468 = 0,9468 * 10^{-3}$$

Виконуємо перевірку результатів зносу за формулою:

$$U_{w1} / U_{w2} = k_{w1} * \sigma^{m1} / k_{w2} * \sigma^{m2}$$

$$0,745 / 0,0009468 = 6,087 / 0,0774$$

$$786,8 = 786,8$$

6.3.3 Порівняння лабораторних випробувань пар тертя

6.3.3.1 Порівняння лабораторних випробувань пари тертя при

терті без мащення

Розрахунок зносу виконуємо за формулою:

$$U_w = k_w * \sigma^m * S$$

Для базового матеріалу:

$$U_{w1} = 0,006493 * 0,0559^{0.5} * 504 = 0,773$$

Для флубона К10УВ10:

$$U_{w2} = 0,4296 * 0,0559^{4.5} * 504 = 0,0004999 = 4,999 * 10^{-4}$$

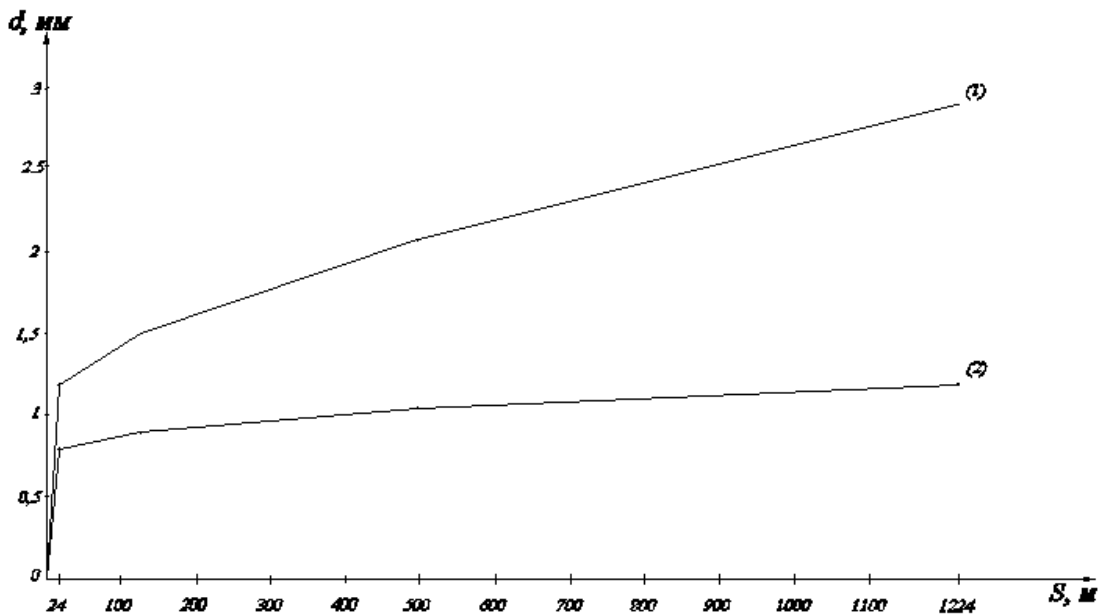
Виконуємо порівняння результатів зносу за формулою:

$$U_{w1} \setminus U_{w2}$$

$$0,773 \setminus 4,999 * 10^{-4} = 1546.$$

Результат (Рисунок 6.3) показує, що знос базового матеріалу, який працює без мастила стрімко росте.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91



1 – полімерний базовий матеріал поліетилен-В, 2 – Флубон К10УВ10

Рисунок 6.3 – Залежність діаметра плями зносу від шляху тертя досліджуваних матеріалів

6.3.3.2 Порівняння лабораторних випробувань пари тертя в мастилі ТАД-17

Розрахунок зносу виконуємо за формулою:

$$U_w = k_w * \sigma^m * S$$

Для базового матеріалу:

$$U_w = 0,0824 * 0,0559^{2.5} * 1224 = 0,745$$

Для флубона К10УВ10:

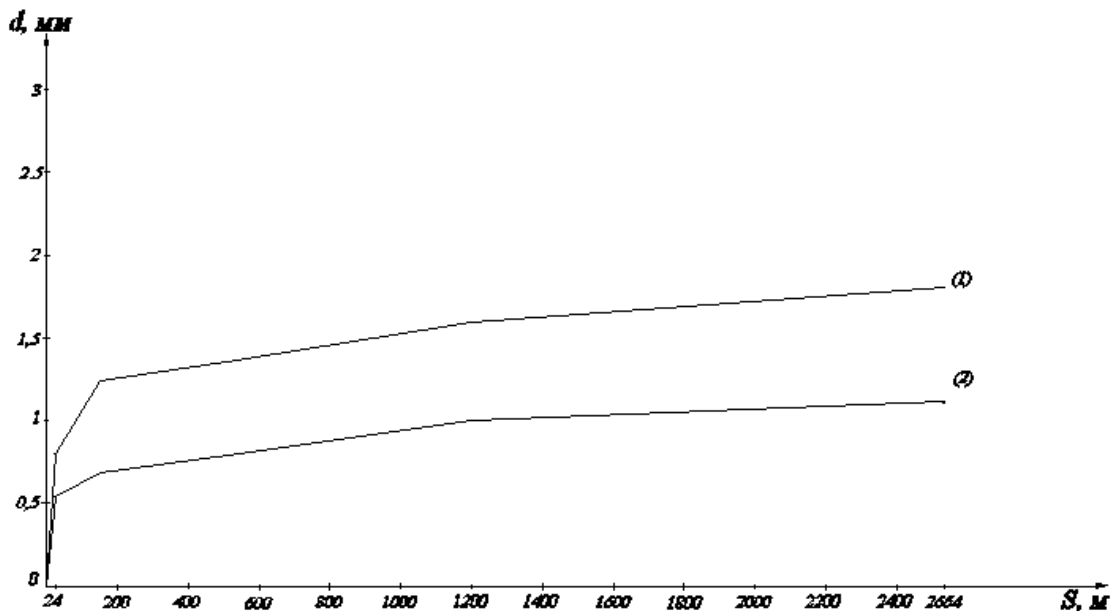
$$U_w = 0,01873 * 0,0559^{3.5} * 1224 = 0,0009468 = 0,9468 * 10^{-3}$$

Здійснюємо порівняння результатів зносу за формулою:

$$U_{w1} \setminus U_{w2}$$

$$0,745 \setminus 0,0009468 = 787$$

З цього результату видно, що знос базового матеріалу є більший у 787 разів у порівнянні з матеріалом Ф4К10ВВ10 (Рисунок 6.4).



1 – полімерний базовий матеріал поліетилен-В, 2 – Флубон К10УВ10

Рисунок 6.4 – Залежність діаметра плями зносу від шляху тертя досліджуваних матеріалів

Результати досліджень з визначенням параметрів моделі зношування приведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати випробувань та визначення параметрів моделі зношування

№	Матеріал	m	K_w	S,м	U_w , мм	k
1	Поліетилен-В, без мащення	0,5	0,00688	504	0,773	1
2	Ф4К10ВВ10, без мащення	4,5	0,4296	504	$4,99 \cdot 10^{-4}$	1546
3	Поліетилен-В, мастило ТАД-17	2,5	0,0824	1224	0,745	1
4	Ф4К10ВВ10, мастило ТАД-17	3,5	0,01873	1224	$9,468 \cdot 10^{-4}$	787

Методика порівняння.

При $\sigma = 0,0559 \text{ кг/мм}^2$

порівняння зносу матеріалів:

$$(1/2) \quad K = U_{w1} \setminus U_{w2}$$

$$(3/4) \quad K = U_{w3} \setminus U_{w4}$$

Досліджено, що композиційний антифрикційний матеріал Ф4К10ВВ10 при терті без мащення переважає базовий матеріал поліетилен-В у 1546 разів, а при терті у мастилі ТАД-17 лише у 787 разів.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

– Досліджені умови роботи пари тертя втулка – вісь механізму коробки передач легкового автомобіля.

– З метою удосконалення антифрикційних карбопластиків типу флубон досліджено вплив вуглецевих волокон, технології нанесення фторопластового покриття (фторопласт –4 “МБ”) на їх поверхню та фторопластів різних марок на їх механічні та антифрикційні властивості. Найбільшу зносостійкість має композиція Ф4ВВ20, яка наповнена вуглецевим волокном тканини «Текарм» – 5 % і вуглецевим волокном Урал-Т15 – 15 %. Даний матеріал за зносостійкістю переважає матеріал, наповнений 20 % вуглецевим волокном тканини «Текарм» Ф4ВВ20, на 25 %. Найнижчу інтенсивність зносу та коефіцієнт тертя має матеріал наповнений вуглецевим волокном із тканини «Текарм», на поверхню якого нанесено фторопластове покриття Фторопласт–4 “МБ”.

– За інтенсивністю зносу карбопластики Ф4ВВ20 з різними марками фторопластів можна розташувати в такий ряд: 4 “О” < 4 “Д” < 4 “Т”. Тобто найбільшу зносостійкість мають матеріали на основі фторопласту–4 “Т”.

– Найбільшу міцність при стисканні має карбопластик Ф4ВВ20 – 4 “Д.” Міцність при стисканні карбопластика Ф4УВ20 – 4 “Т” дещо нижча, і найнижчу міцність при стисканні має карбопластик Ф4ВВ20 – 4 “О”. Таким чином, за результатами механічних та антифрикційних випробувань доцільно застосувати для приготування композицій матеріалу Ф4ВВ20 фторопласт–4 “Т”.

– Розроблена технологія нанесення фторопластового покриття з фторопласту – 4 “МБ” на поверхню вуглецевого волокна тканини «Текарм».

– Відпрацьована технологія, зокрема температурно-часові режими нанесення модифікованого фторопластового покриття електроосадженням. При нанесенні ґрунтувального шару напруженість електростатичного поля повинна складати $E=50$ кВ, а наступних шарів – $E=70$ кВ.

– Розроблена технологія виготовлення втулки осі механізму перемикавання передач легкового автомобіля.

– Результати випробувань на знос та розрахунки параметрів моделі

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

зношування показали доцільність заміни базового матеріалу втулки осі механізму перемикачів передач автомобіля на матеріал Ф4К10ВВ10.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Графитированная ткань/ В.Г. Морозов, Н.М. Черненко, А.Т. Каверов, Г.А. Сиренко// Применение синтетических материалов. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1975. - С.56.
2. Исикава Т. Углеродные волокна / Т.Исикава // Хемэн. – 1970. – Т.8, №9.– 543 с.
3. Исикава Т. Композиционные материалы, упрочненные углеродными волокнами / Т. Исикава, Х. Тэраниси // Нихон фукуо дзайре гаккайси. - 1976. - Т.2, №2. - С. 65.
4. Сиянін С.С. Каталог деталей автомобіля «Москвич – 2140», «Машинобудування», 1980 – 210 с.
5. Карпинос Д.М., Олейник В.И. Полимеры и композиционные материалы на их основе в технике. – Киев: Наукова думка, 1981. - 180 с.
6. К вопросу об изучении процесса превращения углеродных волокон при высоких температурах/ Н.М. Черненко, В.Г. Морозов, А.Т. Каверов, С.Д. Федосеев// Применение синтетических материалов. - Кишинев: Картя Молдавеняскэ, 1975. - С. 52.
7. К вопросу о зольности углеродных волокон/ Н.М. Черненко, В.Г. Морозов, А.Т. Каверов, С.Д. Федосеев// Применение синтетических материалов. Кишинев: Картя Молдавеняскэ, 1975. - С. 47.
8. Кириченко В.И., Сиренко Г.А., Кириченко Л.М. Получение и работоспособность антифрикционных материалов с медным наполнителем// Вопросы химии и химической технологии. - 1991. - Вып. 94. - С. 113.
9. Кобец Л.П., Мостовой Г.Е., Тимошина Л.Н. К вопросу о термостабильности и механических свойствах углеродных волокон// Механика композитных материалов. - 1982. - №3. - С.547.
10. Конкин А.А. Свойства и области применения углеродных волокон// Тез. докл. I Всесоюз. конф. по композиционным полимерным материалам и их применению в народном хозяйстве, 1-3 окт. 1980 г.-Ташкент, 1980.-Т. 1. - С. 18.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

11. Нисимура А., Сибата Н. Ткани из углеродного волокна и характерные свойства пластиков, армированных тканями// Кеке пурасутиккусу. - 1973. - Т. 19. - №12. - С.529.

12. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики. - К.: Техніка, 1985.- 195 с.

13. Сиренко Г.А. и др. Антифрикционные термостойкие полимеры/ Г.А. Сиренко, В.П. Свидерский, В.Д. Герасимов, В.З. Никонов. - К.: Техника, 1978. - 246 с.

14. Сіренко Г.О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошків термотривких полімерів та вуглецевих волокон: Дис. ...доктора техн. наук: 05. 16. 06.- К.: Ін-т проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ, 1997.-431 с

15. Сиренко Г.А. Трение и износ углеродных волокон и углепластиков// Тез. докл. Всесоюзн. научн.-техн. конф. «Триботехника и антифрикционное материаловедение». -Новочеркасск: РИО Новочерк. Политех. Ин-та, 1980. - С. 176.

16. Тиканиси Кунио. Волокнистые материалы для армирования пластмасс. Углеродное волокно// Коге дзайре. - 1981. -Т.29,№5.-С29.

17. Углеродные волокна и их применение/ К. Фудзимура, М. Хаяси, М. Хино и др.// Сумитомо кагаку. - 1981. - №2. -С.3.

18. Roselman I.C., Tabor D. The friction of carbon fibers// J. Phys. D. Appl. Phys. - 1976. - Vol.9, N17. - P.2517.

19. Sina Ebnesajjad. Fluoroplastics Volume 1: Non-Melt Processible Fluoropolymers / Sina Ebnesajjad. –The Definitive User's Guide and Data Book. – Second Edition . – 2015. – 698 p.

20. Sina Ebnesajjad. Fluoroplastics Volume 2: Melt Processible Fluoropolymers / Sina Ebnesajjad.– The Definitive User's Guide and Data Book.– Second Edition . – 2016. – 745 p.

21. Кузьменко А.Г. «Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність.» : Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів – Хмельницький, ТУП, 2002 р. – 640 с.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Ползучесть и износ в контакте телеконической формы / Кузьменко А.Г.,
Кащук Д.Я. –Проблемы трибологии.-2004 - №4 – с.134-147.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
						99
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

Публікації.

1. Свідерський В.П. Підвищення зносостійкості та міцності на розтяг полімерної накладки натяжного пристрою ланцюга газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання / В.П. Свідерський, А.В. Васишин, В.О. Підгурняк, А.М. Попов // Scientific Research and Innovation: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, April 18-19, 2024. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine – С. 182–185.

2. Свідерський В.П. Підвищення зносостійкості поршневих кілець автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій / В.П. Свідерський, Л.М. Кириченко, С.А. Гриньков, А.В. Васишин // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 17-19 квітня 2024 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – С. 21-24.

3. Rudyk O. Application of information technologies for modeling the bearing puller screw / O.Yu. Rudyk, V.V. Podchynyuk, A.V. Vasylyshyn // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей двадцять першої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 26 квітня 2024 р. – Одеса, 2024. – С. 57-58.

					МРТАМ.23599.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100