

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення вставок тролейбусних струмознімачів, з дослідженням довговічності відновлених деталей*

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61  
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Колесник В.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Данилишин Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Левкович М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2021

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«01» жовтня 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту Колесник Валентин Юрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення вставок тролейбусних струмоприймачів, з дослідженням довговічності відновлених деталей

Керівник роботи Данилишин Г.М., к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» жовтня 2021 року № 4/7-829

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 грудня 2021

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес відновлення тролейбусних вставок

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Струмо-приймачі – 1А1

Вставка – 1А1

Піч вакуумна – 1А1

Установка для вимірювання зносу ЗНМ-17 – 1А1

Графік дослідження зносостійкості вуглецевих матеріалів – 2А1

Графік дослідження зносостійкості вуглецевих вставок – 1А1

Планування ділянки по виготовленню вставок – 1А1

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

6. Консультанти розділів роботи

7. Дата видачі завдання 01.10.2021

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.10.2021	
2	Технологічний розділ	28.10.2021	
3	Конструкторський розділ	10.11.2021	
4	Науково-дослідний розділ	23.11.2021	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	05.12.2021	
6	Оформлення графічної частини	10.12.2021	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	20.12.2021	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Колесник В.Ю.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Данилишин Г.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

В представленій магістерській роботі розроблено технологію виготовлення вугільних вставок тролейбусних струмознімачів з відпрацьованих матеріалів, які викидаються в брухт.

В технологічному розділі проведена оптимізація вибору складових і гранулометричних параметрів композиції шихтових матеріалів, аналіз яких дав змогу запропонувати технологічні режими виготовлення робочого елемента та запропонувати технологічний процес виготовлення вставок. Складено технологічну послідовність виконання операцій відновлення, підібрано необхідне обладнання, ріжучий і контрольний інструмент, розраховано норми часу на виконання операцій.

В конструкторському розділі запропоновано установки для випробування зносостійкості лабораторних зразків та серійних вставок.

Науковий розділ присвячений дослідженню зносостійкості зразків з відновлених матеріалів і серійних вставок та визначення їх фізико-механічних властивостей. Наведено методики проведення дослідів і визначення зносостійкості та представлені результати дослідження зразків з відновлених матеріалів і серійних вставок. Проведені експериментальні дослідження зношування поверхонь, наведено розрахункові залежності величин зносу.

Характеристика технологічного обладнання за шкідливістю та небезпечністю представлені в розділі Охорона праці. Розроблені заходи по забезпеченню безпечних умов праці, протипожежній безпеці та охороні навколишнього середовища на запроєктованій ділянці, розраховано заземлення ділянки.

В розділі цивільна оборона наведено заходи по евакуації при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	4
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	6
1.1. Загальна характеристика умов експлуатації вузла. Обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення ковзних електричних контактів	6
1.2 Вдосконалення конструкції робочого елемента з вибором необхідного матеріалу	15
1.3 Обґрунтування теми магістерської роботи, мета та задачі досліджень	17
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	19
2.1 Технологічний процес дефектування деталі, що відновлюється, складання маршрутів відновлення	19
2.2 Технологічний процес відновлення вставки	20
2.3 Обґрунтування і вибір технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального, контрольного інструменту і ремонтних матеріалів	21
2.4 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій.	27
2.5 Нормування часу виконання технологічних операцій відновлення	28
2.6 Визначення фізичних та механічних властивостей дослідних зразків і вставок	29
2.7 Розрахунок трудомісткості та обсягу робіт на дільниці	31
2.8 Розрахунок кількості робітників, обладнання, площі	31
2.9 Розробка плану дільниці	35
2.10 Вибір підйомно-транспортних засобів	37
2.11 Енергетичні розрахунки на дільниці	37
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	44
3.1. Будова і принцип дії установки для випробування зносостійкості лабораторних зразків	44
3.2 Будова і принцип дії установки для випробування зносостійкості зразків серійних вставок	45
3.3 Розрахунок елементів пристосування	48

<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>50</b>
4.1 Дослідження зносостійкості зразків з відновлених матеріалів і серійних вставок.	50
4.1.1 Методика проведення дослідів і визначення зносостійкості	50
4.1.2 Результати дослідження зразків з відновлених матеріалів і серійних вставок	50
4.2 Розрахунки зносостійкості за результатами проведених досліджень	59
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>62</b>
5.1 Розробка заходів по протипожежній безпеці дільниці відновлення валів	62
5.2 Розробка заходів по охороні навколишнього середовища при виконанні технологічних операцій виготовлення вставок	62
5.3 Розрахунок аерації дільниці	63
5.4 Евакуація при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах	65
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>68</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>	<b>69</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

На сьогоднішній день в містах для перевезення пасажирів широко використовують тролейбуси. Цей вид транспорту має багато переваг, так як є екологічно чистим та економічно вигідним.

Тролейбуси мають незаперечні переваги перед іншими видами громадського транспорту, вони отримали загальне визнання як зі сторони служб експлуатації, так і серед пасажирів. Успішний розвиток тролейбусного транспорту визначається: меншими у порівнянні з трамвайним транспортом і метрополітеном першочерговими капіталовкладеннями при введенні в експлуатацію, так як не потребуються затрати на спеціальні шляхові споруди; доброю маневреністю в зв'язку з відсутністю рельсового шляху, можливістю відхилятися до 4,5 м від вісі контактних проводів і здатністю здійснювати повороти з меншими радіусами; кращими умовами посадки і висадки пасажирів; меншим шумом при русі; безперервним удосконаленням конструкції тролейбусів, підвищенням їх надійності, техніко-експлуатаційних показників, що приводить до зменшення затрат транспортних підприємств на обслуговування автопарку, а це в свою чергу спричиняє зменшення вартості проїзду, що позитивно відображається на попиті на даний вид транспорту.

Тролейбусний транспорт складніший автобусного, так як потребує забезпечення при русі електричним струмом, для чого створюють двох провідну контактну мережу, тягові кабельні та повітряні мережі, а також тягові підстанції.

Перевагою тролейбусного транспорту в порівнянні з автобусним є відсутність вихлопних газів та покращення експлуатації в зимових умовах внаслідок більш надійної роботи електричного двигуна і відсутності водяної системи охолодження.

По маневруванню тролейбуси поступаються автобусам, що особливо відчутно в умовах старих міст з вулицями недостатньої ширини. Основна перевага тролейбуса в порівнянні з трамваем полягає в тому, що посадка і висадка пасажирів здійснюється з тротуару.

В усіх тролейбусах знаходиться вузол струмоприймача, цей вузол є досить важливим, так як забезпечує живлення електрострумом всі системи тролейбуса. Потрібно забезпечувати при русі надійне зняття струму при великих швидкостях, на кривих, а також при відхиленні тролейбуса від вісі підвіски контактних проводів до 4,5 м.

Основними контактуючими деталями у цьому вузлі є графітова вставка та контактний провід. Вони контактують по системі ковзного контакту. Недоліком цієї пари є те, що в процесі експлуатації графітова вставка зношується досить швидко (потрібна заміна після 80 км пробігу), а контактний провід майже не зазнає зносу.

В роботі наведені результати досліджень на зносостійкість зразків серійних вставок, а також варіанти, що пропонують підвищення зносостійкості матеріалів вуглецевих композицій, виготовлених з відпрацьованих матеріалів і забезпечення їх експлуатаційних показників.



## 1.ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1. Загальна характеристика умов експлуатації вузла. Обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення ковзних електричних контактів

Відомо, що струмоприймачі служать для зняття струму з контактної мережі і подання напруги на тролейбус. Струмоприймачі РТ-6И забезпечують нормальну роботу електроприладів тролейбуса при температурі навколишнього середовища від мінус 50° до плюс 40°С, при відносній вологості повітря не більше 80%.

Для зменшення радіоперешкод необхідно покращувати контакт струмоприймача з живлячим дротом, що досягається правильним підбором натиску головки на контактний дріт, застосуванням вставки з широкою поверхнею контакту. Найменші перешкоди радіоприйому створюються при застосуванні вугільної вставки. Якщо прийняти перешкоди створюванні металевим контактом, за одиницю, то для бронзи виходить 2,4, а для вугілля не більше 0,24. Найменший рівень перешкод, створюваних вугільною вставкою, пояснюється тим, що вугілля м'якше, ніж мідь, і полірує поверхню живлячого дроту, в той час як будь-яка металева вставка викликає утворення заусенця, сильно збільшує радіоперешкоди. Застосування вугільних вставок має перевагу також з точки зору зменшення зносу контактного дроту.

Однак використання вугільних вставок ефективно лише при встановленні їх на усьому парку тролейбусів. При наявності заусенців на живлячому проводі, створюваних металевими вставками, вугільні вставки швидко зношуються (рисунок 1.1).

Найслабкішим елементом струмознімального пристрою є контактна вставка, яка ковзає по мідних тролеях електроживлення.

Внаслідок тертя та утворення іскрових розрядів вставки піддаються інтенсивному стиранню. Їх нормативний термін експлуатації передбачає 80 км. пробігу. Вставки також часто виходять з ладу через механічні руйнування.

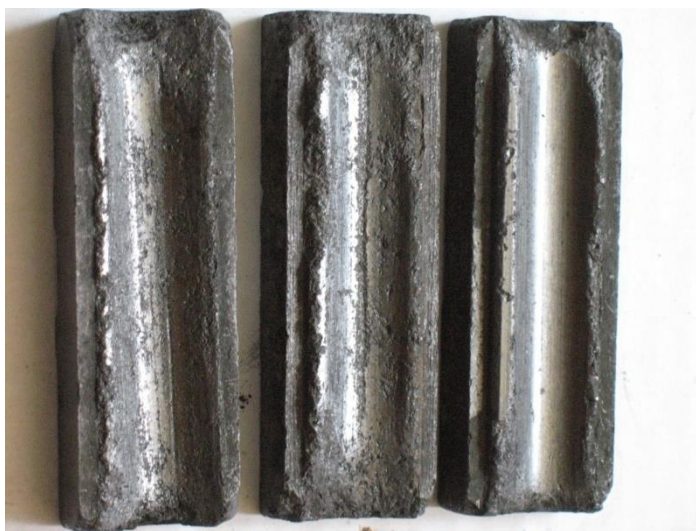


Рисунок 1.1. Загальний вигляд зношених вставок тролейбуса.

На рисунку 1.2 представлені різні види тролейбусних вставок.



Рисунок 1.2. Різновиди тролейбусних вставок.

В даному розділі проведено літературний та патентний огляд та аналіз конструкторсько-технологічних заходів щодо виготовлення вставок. Дані вставки виготовляються на Харківському підприємстві «ЛЕГ».

ТОВ фірма "ЛЕГ" виготовляє 2 типи вугільних вставок типу ВКТ і типу ВКТ-М. Вставки ВКТ-1 виготовляють прямим пресуванням, а ВКТ-2 екструзійним способом. Довжина вставок 87 мм, ширина 28 мм. Вставки ВКТ-4

(87 мм x 26 мм) використовують для тролейбусів чеського виробництва. Ресурс роботи вставок ВКТ-М збільшено у 6...8 разів порівняно з вставками типу ВКТ.

Аналіз перспективних розробок виготовлення вугільних вставок на ТОВ фірми "ЛЕГ".

Запропоновано принципово новий матеріал металографітового класу для виготовлення вугільних вставок, при цьому даний матеріал повинен бути "всепогодним", вугільні вставки повинні працювати не менше 20 днів (5000 км пробігу), величина зносу контактного проводу при використанні вставок з нового матеріалу навіть за умови проливного дощу не повинний перевищувати 10% . При цьому ціна даних вставок повинна забезпечити 50%-ну економію коштів, які витрачалися на їх придбання.

Підприємство рекомендує використовувати вставки ВКТ-М із пробігом 40000 км, які виготовляються з композиції: графітова складова (10% об.) забезпечує утворення і подальше відновлення "політури" на контактному проводі, легкоплавка (до 300°C) металева складова типу бабітів (15% об.), яка за важких умов експлуатації забезпечує додаткове змащування, корозійну стійкість і дугостійкість контактної пари (при підплавленні вона утворює плівку на ділянці проводу з пошкодженою політурою, металева основа (75% об.) забезпечує необхідний рівень міцності електропровідності вставок.

Експлуатаційні характеристики вставок ВКТ-М при роботі у парі з мідним проводом МФ-100 представлені в таблиці 1.1.

#### **Висновки:**

Розрахункова величина інтенсивності зносу в поперечному перерізі проводу МФ 100 вставки ВКТ-М така сама як для пари провід МФ-100 – вставка ВКТ і складає ~ 1,0...1,2% від припустимої 0,3 мм<sup>2</sup>/10000 проходів, зносостійкість вставки ВКТ-М в залежності від вологості контакту перевищує аналогічний показник для графітової вставки типу ВКТ у 15...20 разів і у 2...4 рази для металокерамічних вставок інших виробників.

Таблиця 1.1 – Експлуатаційні характеристики вставок ВКТ-М при роботі у парі з мідним проводом МФ-100

Показник	Стан ковзного контакту		
	Сухий	Вологий	Мокрий*
Лінійний знос проводу, мкм/10000 проходів	0,00	0,20... 0,25	0,25... 0,30
Площа зносу проводу в перерізі, мм <sup>2</sup> /10000 проходів**	0,00	0,003... 0,004	0,004... 0,005
Коефіцієнт тертя	0,13	0,05...0,06	
Спад наруги у контакті, В	0,40...0,60	0,25...0,40	
Лінійний знос вставок, мм/100 км пробігу	+(0,1...0,2) -(0,05... 0,1)	+(0,2... 0,4)	-(0,04... 0,06)

Як показує практика експлуатації найслабшим елементом струмознімального пристрою є контактна вугільна вставка, яка ковзає по мідних трелеях електроживлення. Внаслідок тертя та утворення іскрових розрядів вставки піддаються інтенсивному зношуванню. Їх нормативний термін передбачає 80 км пробігу. Вставки також часто виходять з ладу через механічні руйнування. За технічними умовами струмоприймач знімає постійну напругу 550 В, при цьому допустимий струм не повинен перевищувати 170 А. Величина натиску струмоприймача на контактний провід складає до 140 Н.

Завдяки високій провідності (меншій однак провідності металів і сплавів), значній теплопровідності й стійкості до впливу несприятливих кліматичних факторів, вуглецеві матеріали знаходять застосування в електротехніці й радіодеталєбудуванні. З них виготовляють резистори, електроди, електрощітки, мікрофонні порошки й інші електровугільні вироби.

Одна з алотропних форм чистого вуглецю – графіт, який має найбільш високу провідність серед вуглецевих матеріалів. Графіт має гексагональну кристалічну решітку. У монокристалі графіту атоми вуглецю розташовані в

паралельних шарах (базисних площинах). У кожному шарі атоми зв'язані між собою сильним гомеополярним зв'язком; у напрямку, перпендикулярному базисним площинам, зв'язок у шість разів слабкіше, він здійснюється за допомогою рухливих електронів. Така структура обумовлює анізотропію фізичних властивостей кристалів графіту. Електропровідність графіту в напрямку базисної площини близька по своїй природі до електропровідності металів: . питомий опір у цьому напрямку невелике, температурний коефіцієнт питомого опору позитивний. У напрямку, перпендикулярному базисної площини, провідність монокристалів графіту значно менше, а температурний коефіцієнт опору негативний.

Твердість графіту в різних напрямках також різна. У напрямку шарів становить близько 1 (по мінералогічній шкалі), у напрямку, перпендикулярному шарам – 5,5 і більше. Температура плавлення графіту  $3850 \pm 50^\circ \text{C}$ . Внаслідок слабого зв'язку між шарами окремі шари легко ковзають один по одному, що обумовлює так названу «жирність» графіту.

У технічних графітових матеріалах величина кристалів міняється в дуже широких межах. Форма й розташування часток можуть бути досить різноманітними, починаючи від упорядкованого розташування їх у вигляді окремих стовпчиків і кінчаючи дуже складними структурами. Сукупність цих ознак, називається дисперсною структурою, а також наявність різних домішок викликає значну різницю властивостей (у тому числі й електричних).

У електровугільних виробів з графітових матеріалів в залежності від величини, форми та взаємного розташування часток розрізняють два основних види графітів: графіт з величиною кристалів більше 1 мкм (явно кристалічні), які можуть мати кристали, припасований один до одного (міцно кристалічні ) або складатися з окремих пластинок кристалів (лускоподібні), графіт з величиною кристалів по у від 1 до 0,1 мкм.

Піролітичний вуглець одержують шляхом термічного розкладання пар вуглеводнів у вакуумі й у середовищі інертного газу. Як речовини, що піддаються піролізу, вибираються, як правило, вуглеводні метанового ряду. У вітчизняній

практиці найчастіше використовуються пари гептану, застосовуються також пари бензину й метан. За своїми властивостями і структурою піролітичний вуглець наближається до графіту. Особливістю його структури є відсутність чіткої періодичності в розташуванні шарів при збереженні їхньої паралельності. Відстань між шарами ( $3/2$ ) трохи більше, ніж у графіту, коливається залежно від величини кристалів. Розміри кристалів, їхня структура й ступінь упорядкованості плівки залежать від температури піролізу, характеру поверхні, на яку виконується осадження. Одержання щільного, блискучого шару вимагає температури не менш  $900^{\circ}\text{C}$ .

При більше низьких температурах плівка має пухку сажоподібну структуру. Якщо вихідний продукт недостатньо чистий і температура низька, можуть осаджуватися також смолисті речовини. Підвищення температури піролізу (вище  $900^{\circ}\text{C}$ ) до деякої межі сприяє утворенню більших кристалів й їх орієнтації в плівці. Від температури піролізу залежить також кількість остаточних продуктів розкладання вуглеводнів (у найпростішому випадку це атоми водню), які розташовуються на гранях кристалів. Відомо, що графіт є одним з основним матеріалів який використовується в парах тертя, які працюють в системі ковзкого контакту і виконують роль сухого змащувача.

Контакти цього типу являють собою своєрідну пару тертя, у якій контактуючі елементи ковзають один по одному, не порушуючи електричного зв'язку. Тому поряд із зазначеними вище вимогами контактний матеріал повинний володіти також і комплексом антифрикційних властивостей стосовно до умов сухого тертя, причому контактна пара не може складатися з однакових матеріалів, тому що в іншому випадку буде відбуватися схоплювання тертьових поверхонь навіть у звичайних умовах експлуатації, не кажучи вже про роботу у вакуумі. Твердість матеріалів, що складають контактну пару, повинна бути різною. Бажано, щоб контртіло (струмонесучий елемент) було більш твердим (приблизно в 1,3-2 рази), ніж рухомий контакт (струмознімальний елемент), тоді зростає термін служби контактної пари, а замінити струмознімач звичайно простіше, ніж інші елементи електричного ланцюга. Необхідного співвідношення твердостей

досягають додаванням до відповідного контактного матеріалу твердих змащень (дисульфід молібдену, сульфід цинку, селеніди деяких рідких металів, фтористий кальцій, графіт і ін.) чи легкоплавких металів (наприклад, галій), що стають рідкими при роботі контактної пари.

При даній конструкції ділянки твердих змащень виконують антифрикційні функції, а металева основа з малим електроопором забезпечує основний електричний зв'язок у сполученому контактному вузлі; при наявності в матеріалі легкоплавкого металу, разом з основою діючого в електропередачі, знос зменшується завдяки заміні сухого тертя на рідинне при розплавлюванні добавки. У процесі експлуатації при переміщенні контактних поверхонь відносно одна одної змінюється як дійсна фізична поверхня контакту (спрацьовування тертьових поверхонь йде нерівномірно), так і дійсна поверхня електричного контакту (в електропередачі бере участь не вся поверхня контакту через шорсткість і наявність на ній непровідних чи малопровідних фаз). У процесі комутації електричного струму знос контактних поверхонь пари тертя в залежності від якості і матеріалу контактів підвищується в 10-100 разів у порівнянні зі зносом у знеструмленому стані: електроіскрові і дугові процеси руйнують поверхню тертя, сприяючи її механічному зношуванню, а нагрів ще і прискорює взаємодію матеріалу з навколишнім зовнішнім середовищем, викликаючи втрату їх міцності і твердості.

З конструктивної точки зору ковзні контакти застосовують у виді пластин, стержнів, циліндрів, дротиків і т.п. в електродвигунах, динамомашин, потенціометрах, струмознімачах, перемикачах і інших пристроях. Основою контактного матеріалу служить мідь або срібло, а в якості матеріалу змащення найчастіше використовують графіт. Міднографітові контакти містять 8-75 % графіту, мають гарні електрофізичні властивості, дешеві і надійно працюють у важких експлуатаційних умовах (щітки електродвигунів і динамомашин, магнето й ін.). Бронзографітові контакти містять 2-5 % графіту, 70-80 % міді, ост. - олово, залізо, нікель. Такі контакти використовують, як колекторні пластини пантографів для живлення струмом двигунів електропоїздів при швидкостях до

1500 м/хв і впливі порівняно високих тисків і ударів, причому струмонесучий провід стирається мінімально.

До перспективних відносяться срібнографітові контакти містять 2-50 % графіту і працюють у точних вимірювальних приладах або сухими, або цілком зануреними в мастило при швидкостях до 20 м/хв і навантаженню 0,05-0,07 МПа. Ковзні контакти на основі срібла готують із суміші порошків відповідних компонентів (для матеріалу ПДС-70 використовують порошок сплаву срібло-паладій, а для матеріалу СНДСМ-2,5 - порошок сплаву срібло - паладій - нікель). Пресують крупно розмірні заготовки, спікають їх у твердій фазі, опресовують, відпалюють, екструдують у дріт прутки чи стрічку (можливі також прокатка і волочіння) і штампують чи висаджують контакти. Контакти марки Сндсм-7,5 пресують відразу із суміші порошкового срібла, нікелю і дисульфиду молібдену, проводять твердо фазне спікання заготовок в аргоні, а потім опресовують і відпалюють. Аналогічно роблять і у випадку одержання срібнографітових контактів.

В процесі виготовлення міднографітових електрощіток, до складу яких входять також добавки свинцю чи олова, необхідно створити мідний каркас, який додає матеріалу максимальну електропровідність. Технологічно цю задачу вирішують декількома способами. По одній з них пористий графіт просочують розплавленою міддю, що виявилось економічно вигідним при вмісті міді в композиції більш 50 % (по масі). Пористий графіт повинний мати наскрізну пористість 20-35 % і бути міцним. Просочення міддю здійснюють під тиском.

Найбільш розповсюдженим є метод, пов'язаний із пресуванням і спіканням суміші порошку міді з різними вуглецевими матеріалами. Як правило міднографітові щітки виготовляють із сумішей порошків міді і природного графіту, але велика частина щіток містить, крім графіту, і інші вуглецеві складові, котрі вводять для підвищення міцності, поліпшення зносостійкості і зниження контактного опору. Такими добавками є пек (підвищує міцність і поліпшує пресування суміші), чи сажа-коксний дріб'язок (збільшує зносостійкість), гума (підвищує міцність).



При використанні сполучної речовини й інших добавок важливу роль грає операція змішання вихідних порошоків, тому що в кінцевому продукті мідна складова повинна якнайкраще обволікати частки вуглецевої складової. Спочатку змішують вуглецеві компоненти, наприклад графіт, сажу і пек. Для цього застосовують змішувачі з обігрівом. Після охолодження суміш стирають у порошок, дріб'язок відсівають і змішують з мідним порошком. Одержану шихту пресують (200-400 МПа) у виріб чи заготовку. Спикання проводять при 700-800 °С в печах безупинної дії з захисною атмосферою. Якщо в заготовках містяться з'єднувальні компоненти, то спикання зводиться до коксування пеку з утворенням міцного коксового кістяка, у порах якого утримуються частки металевих порошоків. Після спикання блоки розрізають на окремі щітки, а індивідуально спечені щітки піддають механічній обробці й армують струмопровідними елементами.

Відома також технологія виготовлення електрощітки з графіту, покритого міддю чи її сплавами. У цьому випадку порошки графіту, цинку і свинцю занурюють у водяні розчини  $\text{CuSO}_4$  чи  $\text{CuCl}_2$ . При цьому мідь осаджується на поверхні графіту, і механічно захоплюється частина свинцю. Кращі зносостійкість, твердість і міцність досягаються при вмісті свинцю 1-2 %. Такі порошки спікаються при 400 °С, тобто на 250 °С нижче, ніж звичайні суміші порошоків міді, графіту і свинцю. Структура виробів виходить сітчаста, що і забезпечує їм високу зносостійкість і гарні електричні, термічні і механічні властивості.

## **1.2 Вдосконалення конструкції робочого елемента з вибором необхідного матеріалу**

В результаті проведеного літературного огляду та патентного пошуку виявлено, що відомі електричні щітки на основі вуглецю з різними добавками і шаруваті щітки на основі по чергово розміщених шарів вуглецевих тканин і полімерних в'язучих з антифрикційними добавками і перпендикулярним розміщенням шарів відносно вісі обертання колектора [1]. Такі щітки не

забезпечують створення суцільної проміжної плівки (політури) між колектором і матеріалом щітки, мають низьку зносостійкість, погану комутацію, що призводить до підгоряння колектора. З метою підвищення зносостійкості і поліпшення комутаційних властивостей запропонована шарувата щітка [2] з розміщенням подібних шарів у площині, перпендикулярній до вісі колектора, під кутом  $75...80^\circ$ .

Відомі також струмознімальні пристрої, які містять щітки з капілярними отворами і резервуар зі струмопровідною рідиною [3], виготовлений у вигляді двоступеневої циліндричної втулки, заповненої струмопровідною рідиною і притиснутою до ротора пружиною [4], а також подібний до останнього пристрій [5], у якому втулка з рідиною виготовлена у вигляді поршня з ущільнюючими кільцями і встановлена в корпус з можливістю зворотно-поступального переміщення, що дозволяє утримувати постійний тиск рідини і постійне зусилля притискання пристрою до ротора.

Ковзний контакт [6] відрізняється наявністю двох паралельно працюючих щіток, які жорстко закріплені у щіткотримачі і ковзають по заглибленнях колектора, зміщених одне відносно іншого на відстань, яка більша за тангенціальний розмір щітки. При підході першої щітки до кільцевої проточки контакт з колектором розмикається і в контакт вступає друга щітка. При повороті на  $180^\circ$  в контакт вступає перша щітка, а контакт з другою щіткою розмикається. Така конструкція контакту забезпечує його надійну працездатність за рахунок зниження температури контактних поверхонь і поліпшення умов видалення продуктів зносу колектора і щіток.

Для забезпечення надійного контакту між щіткотримачем і щіткою струмознімального пристрою у щіткотримачі додатково передбачають еластичні елементи [7], а для рівномірного розподілу струму між паралельними щітками і рівномірного їх спрацьовування, окрім корегуючих пружин кожної щітки передбачена спільна для обох щіток планка, яка притискається окремою пружиною до корпусу щіткотримача [8].

Як правило в електричних машинах постійного струму, які працюють в одноразовому режимі і робочими струмами великої частоти, з метою зменшення іскроутворення використовують струмознімальні щітки, утворені секціями скруток ізольованих струмопровідних жил з металевого дроту малого електричного опору, наприклад, берилійової бронзи [9]. Секції розміщені паралельно до колекторних пластин і кожна з них з'єднана з певним резистором. Електричний опір резисторів збільшується у бік збігаючої кромки щітки. Зубчастий профіль торця корпусу щіткотримача утворений нахилено розміщеними площинами під певним кутом, визначеним за умови оптимізації величини зміщення робочих кінців жил у тангенціальному напрямі. Наведена конструкція забезпечує надійну роботу ковзного контакту за умови густини робочого струму  $2000 \text{ A/cm}^2$  і більше.

Електричні машини, умови експлуатації яких відрізняються особливою напруженістю струмознімальних пристроїв через вібрацію і великі струми, з метою підвищення зносостійкості щіток і колектора рекомендовані щітки з різними фізико-механічними характеристиками і, які розміщуються з урахуванням полярності: щітки з одного матеріалу встановлюються у щіткотримач позитивної полярності, а з іншого – у щіткотримач негативної полярності [10], а також щітки, які містять основну частину і бокові накладки з боку збігаючого і набігаючого країв. За таких умов найвищу зносостійкість і добру комутацію забезпечують щітки, у яких основна частина щітки і накладки виготовлені з прес-порошку одного складу, але мікротвердість бокових поверхонь (накладок) у 1,2...3 рази більша мікротвердості основної частини [11].

Висока зносостійкість, задовільна здатність комунікації і мінімальні енергетичні втрати у контакті мають щітки на основі кристалічного графіту з анізотропією електричного опору, а також щітки, які містять вуглецеві тканини, термореактивні в'язучі речовини та антифрикційні складові. Основним недоліком таких щіток є їх неспроможність повністю уникнути поперечного струму. Такого недоліку позбавлені щітки, які містять ізольовані один відносно іншого і від щіткотримача прошарки електропровідного матеріалу, наприклад вуглецевої

тканини, просочені термореактивним в'язучим і на їх протилежному від робочих поверхонь торці нанесено напівпровідниковий шар, а товщина прошарків менше товщини міжламельної ізоляції [12].

### **1.3 Обґрунтування теми магістерської роботи, мета та задачі досліджень**

Одним з найважливіших елементів струмознімачів тролейбуса є вугільні вставки, які дають змогу знімати струм з контактних проводів величиною до 170 А. Враховуючи те, що заміну вугільних вставок здійснюють через 80 км пробігу тролейбусів, актуальним стає питання подовження терміну використання цих вставок. Після заміни вставок в брукт викидається їх третина, яку можна цілеспрямовано використати. Тому необхідно застосувати технологічні методи, які розширюють можливості для подальшого виготовлення із брукту нових вставок.

Вище викладене безумовно підтверджує актуальність теми магістерської роботи.

*Метою магістерської роботи є підвищення довговічності вставок тролейбусних струмознімачів технологічними методами.*

*В магістерській роботі розв'язуються наступні задачі:*

1. Провести аналітичний огляд відомих заходів підвищення довговічності ковзних елементів струмознімальних пристроїв шляхом літературного аналізу та патентного пошуку;

2. Відпрацювати технологію подрібнення відпрацьованих вставок. Запропонувати вибір компонентів для змішування шихтових матеріалів, формування і спікання зразків з композицій різних складових на основі відпрацьованих матеріалів;

3. Провести аналіз умов роботи та механізмів зношування в процесі експлуатації тролейбусних струмознімачів;

4. Провести модернізацію та розробити нові конструкції лабораторних установок і пристроїв для дослідження зносостійкості зразків, виготовлених вуглецевмісних композицій і серійних матеріалів;

5. Провести комплекс дослідження впливу хімічного складу композицій і технологічних чинників на зносостійкість зразків;

6. Провести порівняльні випробування серійних та виготовлених за розробленою технологією зразків на міцність, електропровідність та зносостійкість;

7. Проаналізувати запропоновані технологічні рішення і дати рекомендації щодо виготовлення тролейбусних вставок з відпрацьованих матеріалів із забезпеченням їх високих експлуатаційних показників, з їх техніко-економічною оцінкою ;

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний процес дефектування деталі, що відновлюється, складання маршрутів відновлення

Дефектом називають кожен окрему невідповідність деталі вимогам, встановленим нормативною документацією. Оцінка технічного стану деталі і визначення її придатності до експлуатації є завданням технологічного процесу дефектації. В технічних умовах на дефектацію зазначаються два види оцінювальних параметрів, тобто критеріїв технічного стану деталі: критерій допустимого подальшого використання деталей, який забезпечує ресурс до наступного ремонту, та критерій граничного стану, за якого деталь не може встановлюватись на машину, таку деталь ремонтують якщо це технологічно можливо, або бракують якщо вона не піддається відновленню.

Стан деталей під час дефектації оцінюється наступними способами: оглядом – для визначення загального стану деталі; лінійним інструментом для визначення розмірних дефектів; спеціальними приборами та пристосуваннями для оцінки фізико-механічних властивостей деталі; гідравлічні та пневматичні випробування – для виявлення тріщин, нещільностей; дефектоскопія – для виявлення прихованих дефектів та мікротріщин.

Процес дефектації деталі виконують після її попередньої очистки, знежирювання та миття. При дефектації деталі необхідно суворо дотримуватися технічних вимог на їх контроль та сортування. Дефектація деталей виконується робітниками певного розряду та кваліфікації на спеціально обладнаних місцях.

Для всіх відібраних по технічним показникам варіантів технологічних процесів усунення дефектів за прийнятим маршрутом, складають плани операцій, в тому числі і плани операцій для варіантів технологічних процесів усунення одного з дефектів.

Наприклад:

По прийнятому маршруту встановлення вугільної вставки, повинні бути

усунені такі види дефектів:

- знос поверхні вставки під контактний провід;
- сколювання бічної поверхні вставки під контактний провід;
- тріщини вставки;
- підпали вставки.

Для усунення дефекту “знос поверхні вставки під контактний провід”, прийнято варіант технологічного процесу, що передбачає виконання такої операції: заміна вставки новою.

Для усунення дефекту “сколювання бічної поверхні вставки під контактний провід” прийнято варіант технологічного процесу, що передбачає виконання такої операції: запилювання надфілем до утворення площинності.

Для усунення дефекту “тріщини вставки”, прийнято варіант технологічного процесу, що передбачає виконання такої операції: усунути тріщину запилюванням надфілем.

Для усунення дефекту “підпали вставки”, прийнято варіант технологічного процесу, що передбачає виконання такої операції: зачищення.

## **2.2 Технологічний процес відновлення вставки**

Аналіз дефектів вставок струмознімачів тролейбуса показав, що відновлення його працездатності можливе при відновленні поверхонь під контактний провід. Технологічний процес відновлення наведено в таблиці 2.5.

Кількість матеріалу зношеної вставки, що викидається в брухт складає 35% від загальної маси нової вугільної вставки. Тому раціонально використовувати зношену частину вугільної вставки в подальшому виготовленні нових вугільних вставок струмознімача тролейбуса.

Таблиця 2.5 – Технологічний процес відновлення вставки струмознімача

№ операції	№ переходу	Найменування операції	Виконання операції
005		Дефектувальна	Визначити придатність вставки для подальшої експлуатації

Продовження таблиці 2.5

010		Розмелювання	Розмелювання відпрацьованих вставок струмознімачів тролейбуса
015		Просіювання	Просіювання компонентів відпрацьованих вставок струмознімачів
020		Підготовча	Приготування суміші
025		Пресування	Пресування нових вставок
030		Термічна обробка	Загартування спресованих вставок
035		Контрольна	Контролювати якість нових виробів

### **2.3 Обґрунтування і вибір технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального, контрольного інструменту і ремонтних матеріалів**

Обґрунтований вибір обладнання і інструменту – основа раціональності і економічності процесу відновлення деталей. В умовах ремонтних підприємств вигідним є універсальне обладнання, яке дозволяє виконувати велику кількість операцій. Виходячи з умов технологічного процесу та економічності вибираємо обладнання, ріжучий та вимірювальний інструмент за допомогою яких можливе виконання всіх необхідних операцій.

Технологія передбачає перемелювання спрацьованих вставок тролейбусів за допомогою роторної дробилки (рисунок 2.1). В цій дробилці помел здійснюється завдяки ротору, на якому закріплені біла, які розбивають куски графіту об відбійні плити які закріплені в корпусі та підпружинені, деталі також розбиваються одна об одну набравши прискорення від ротора. Перемелювання здійснюється до тих пір, поки порошок не зможе потрапити в нижню камеру через встановлену колосникову решітку. Корпус з середини футерований зносостійким металом.



В подальшому потрібно отриманий порошок розділити на фракції. В цьому проекті пропонується здійснювати цю операцію за допомогою сепаратора, він дає змогу розділити графітовий порошок на дві фракції: малу та велику.

Принцип роботи оснований на проходженні мілкої фракції крізь профільований диск під дією тиску повітря та відцентрової сили. Подача порошку здійснюється через один штуцер разом із повітрям.



Рисунок 2.1. Загальний вигляд дробилки

Ротор обертається та надає відцентрової сили малій фракції, за рахунок цього вона проходить крізь профільований диск і потрапляє в отвір виводу мілкового порошку, при цьому велика фракція залишається на дні корпусу.

Наступною технологічною операцією є змішування компонентів. Змішування проводиться у змішувальних барабанах. Готову суміш просіюють та пресують у прес-формах (200-400 Мпа). Отримані заготовки відпалюють в електричних печах, після цього спечені щітки піддають механічній обробці, після чого здійснюється контроль.



Рисунок 2.2. Графітовмісний регенерат

Пресування вставок проводиться на гідравлічному пресі (Рисунок 2.3) з зусиллям  $P = 1500 \text{ кг/см}^2$ .

Для виготовлення вставок було розроблено та виготовлено пресформу зображену нижче. (Рисунок 2.4).



Рисунок 2.3. Прес гідравлічний



Рисунок 2.4. Загальний вигляд прес-форми

Спiкання дослідних зразків та натурних вставок проводилось в вакуумній електропечі (рисунок 2.5) при температурі 180...220°C.



Рисунок 2.5. Загальний вигляд печі

Конструкція та принцип роботи печі.

Піч вакуумна складається з двох блоків: печі I та шафи керування II (ДПЗН 07155.006.000 )

В зварному корпусі печі на опорних фланцях розміщені дві самостійні сушильні камери 3.

Камера являє собою металевий циліндр 4, ізолюваний азбестовим картоном та оббитий ніхромовою проволокою 5, на поверхню якої нанесено шар шамоти та шар мінеральної вати. Крім цього для покращення теплоізоляції передбачені екрануючі прокладки з азбестового картону з алюмінієвою фольгою. Поверхня камери огорожена знімним металевим кожухом 7. Зверху камера закривається кришкою 8 з ущільнювачем 9. Ущільнювач охолоджується проточною водою. В кришці передбачений клапан П для зливу вакууму в камері.

В днищі камери встановлена термопара 12 для вимірювання і регулювання температури і патрубков 13 для підключення до вакуумного насосу.

Для обслуговування термопар і місць приєднання камер до вакуумного насосу на передній стороні печі знаходяться дві знімних панелі 16.

Шафа керування являє собою зварний каркас, в середині якого встановлені: вакуумний насос 17 з електродвигуном, ресивер 18 та панель електрична 19 з пусковою апаратурою.

Для зручності обслуговування шафа обладнана двома дверима.

На передній верхній панелі шафи знаходяться два мановакууметра 20. На верхніх дверцятах розміщено: два мілівольтметра 21, два перемикача 22 режимів роботи камер, лампа 23, сигналізує про наявність напруги, два перемикача 24 для включення нагріву камер, перемикач 25 для пуску вакуумного насосу, лампи 26, сигналізуючи про роботу насоса та камер.

Датчики мілівольтметрів налаштовані на режим роботи відповідної камери.

На нахиленій панелі шафи розміщені два вакуумних вентиля 27, які дозволяють приєднувати вакуумний насос до будь-якої камери.

В повітряній з'єднувальній арматурі шафи передбачені заглушки 28, які дозволяють (при необхідності) підключити камери до системи сухого повітря чи балону з інертним газом. В нижній частині шафи, на задній стінці, розташовано відсік 29 для зберігання інструменту.

Автомати 31 та 32 для включення вакуумної печі розташовані на боковій стінці шафи.

Опис роботи електричної схеми.

Для вимірювання і регулювання температури в камерах печі служать мілівольтметри P1 і P2 з терморезисторами B1 і B2.

В залежності від режиму роботи: регенерації чи зберігання на мілівольтметрах встановлюється необхідна температура.

Включенням автомата F1 подаємо напругу в силові ланцюги, автоматом F2 в ланцюги керування.

Про наявність напруги сигналізує лампа НЧ. Включенням перемикачів S1 і S2 вмикаються пускачі K1 і K2, які вмикають відповідно електронагрівачі E1 і E2.

Про включення електронагрівачів сигнализують лампи Н1 і Н2. при підвищенні заданої температури в одній з камер вище норми, контакт вихідного реле відповідаю чого мілівольтметра розмикається і електронагрівач виключається. При пониженні температури нижче заданої електронагрівач знову вмикається.

Включення і відключення електродвигуна М вакуумного насоса здійснюється перемикачем S3. про включення електродвигуна символізує лампа Н3.

Правила техніки безпеки.

1. Особи, що обслуговують вакуумну піч, повинні пройти спеціальний інструктаж.
2. Піч, шафа керування і вакуумний насос повинні бути надійно заземлені.
3. Відкривати верхні дверцята шафи керування, знімні панелі печі, кришки сушильних камер дозволяється тільки після зняття напруги.
4. Максимальний тиск сухого повітря чи інертного газу, який може бути поданий в нагрівальні камери, - 0,2 кгс/см<sup>2</sup>.
5. При експлуатації потрібно керуватись правилами технічної експлуатації електроустановок напругою до 1000 В.

Монтаж і підготовка вакуумної печі до роботи.

Піч і шафу керування встановлюють поруч на раніше підготовлене місце, оглянути, впевнитись в відсутності пошкоджень корпусів, вузлів, апаратури і приборів.

Продути вакуумну систему сухим стисненим повітрям.

Зняти заглушки з вихідних патрубків нагрівальних камер та під'єднати вакуумні шланги.

Провести електромонтажні роботи по підключенню і заземленню електрошафи, вакуумного насоса, нагрівальних камер.

Встановити мілівольтметри та провести їх електричне підключення.

Провести пробне підключення печі. При включенні автоматів силової мережі і мережі керування повинна загорятися сигнальна лампочка «Сеть».

## **2.4 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій.**

### **Операція 005. Дефектувальна.**

Процес дефектації проводять за допомогою спеціальних вимірювальних інструментів до повного визначення дефектів деталі за технологічною картою дефектації.

### **Операція 010. Розмелювання.**

Технологія передбачає перемелювання зношених вставок струмознімача тролейбусів за допомогою роторної дробилки.

### **Операція 015. Просіювання.**

Технологія передбачає, що отриманий порошок потрібно розділити на фракції. Ця операція здійснюється за допомогою сепаратора, який дає змогу розділити графітовий порошок на дві фракції: малу та велику.

### **Операція 020. Підготовча.**

Технологічна операція, яка передбачає змішування компонентів для

виготовлення нової вставки. Змішування проводиться у змішувальних барабанах.

### **Операція 025. Пресування.**

Готову суміш пресують у прес-формах під тиском 200-400 Мпа.

### **Операція 030. Термічна обробка.**

Отримані заготовки вугільних вставок струмознімача відпалюють в електричних печах.

### **Операція 035. Контрольна.**

За допомогою вимірювальних інструментів контролюють розміри виготовлених поверхонь вугільних вставок.

## **2.5 Нормування часу виконання технологічних операцій відновлення**

Проведемо розрахунок для всіх операцій технологічного процесу виготовлення вугільних вставок струмознімача тролейбуса. Отримані дані розрахунків норм часу виконання технологічних операцій відновлення заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Норми часу на виконання технологічних операцій.

№ операції	Найменування операції	T <sub>н</sub>
005	Дефектувальна	6,01
010	Розмелювання	9,63
015	Просіювання	8,83
020	Підготовча	9,84
025	Пресування	14,44
030	Термічна обробка	33,23
035	Контрольна	6,84

## 2.6 Визначення фізичних та механічних властивостей дослідних зразків і вставок

Зразки отриманих дослідних композицій (рисунок 2.6) досліджували на міцність, твердість та електропровідність.



Рисунок 2.6. Дослідні зразки

Таблиця 2.7 – Міцність дослідних та серійних зразків

Зразок №	P, Н	$\Delta l$ , мм	$\sigma$ , кгс/мм <sup>2</sup>
1	273	1,78	2,13
2	373	1,50	2,94
3	334	1,76	2,64
4*	582	1,52	6,275
5*	678	1,38	6,078

\* – серійні матеріали.

Аналіз отриманих результатів показує, що міцність виготовлених із графітовмісного регенерату зразків у 3 рази менша міцності серійних матеріалів. З метою підвищення міцності проведені додаткові дослідження з оптимізації хімічного та гранулометричного складу композицій.

Твердість дослідних та серійних зразків вимірювали методом Роквелла на приладі ТК-2 за шкалою В, за умови відсутності робочого навантаження. Усередненні результати вимірювань твердості наведені в таблиці 2.8.



Таблиця 2.8 – Твердість HRB дослідних та серійних зразків

Зразок №	1	2	3	4	5**
HRB*	80	79,5	76,5	66,5	84

\* – умовна твердість;

\*\* – серійні матеріали.

Отримані результати показують, що умовна твердість дослідних та серійних зразків мало відрізняється.

Електричний опір дослідних та серійних зразків вимірювали омметром з точністю 0,05 Ом.

Питомий опір розраховувався за формулою:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l},$$

де R – опір визначений омметром, Ом;

S – площа поперечного перерізу зразка, мм<sup>2</sup>;

l – довжина зразка, мм.

Результати дослідів та розрахунків наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Електричний опір дослідних та серійних зразків

Зразок №	R, Ом	$\rho$	l	d	S	V, см <sup>3</sup>
1	1,4	7,02	25,55	12,78	128,2	3,275
2	1,2	6,41	23,70	12,70	126,6	3,000
3	1,1	5,84	23,81	12,69	126,4	3,009
4	1,0	5,36	23,61	12,70	126,6	2,989
5	1,1	6,07	23,01	12,72	127,0	2,922

Згідно патенту № 21106 питомий опір дозволений в межах до 20 мкОм · м, а також патенту № 4885 питомий опір дозволений в межах до 70 мкОм · м.

Опір серійних зразків приблизно в 10 разів менший опору дослідних матеріалів, що свідчить про необхідність доопрацювання оптимізації хімічного та гранулометричного складу та технологій виготовлення вставок.

## 2.7 Розрахунок трудомісткості та обсягу робіт на ділянці

Річну програму виготовлення вугільних вставок приймаємо  $N=2500000$  кг.

Трудомісткість переробки 50 кг вугільних вставок –  $T_n=2$  год.

Режим роботи – двохзмінний, тип виробництва - масовий.

Визначення річного обсягу робіт.

Визначаємо річний обсяг робіт за формулою:

$$T_p = N / K_p$$

де  $N$  - річна виробнича програма;  $K_p$  – маса разового завантаження.

$$T_p = 2500000 / 50 = 50000 \text{ люд} \cdot \text{год}$$

## 2.8 Розрахунок кількості робітників, обладнання, площі

Визначаємо кількість обладнання за формулою:

$$K_{\text{обл}} = T_p / \Phi_o,$$

де  $T_p$  – річний обсяг робіт;

$\Phi_o$  – ефективний річний фонд обладнання;

$$K_{\text{обл}} = 50000 / 8500 = 5.88$$

Приймаємо  $K_{\text{обл}} = 6$ .

Визначення чисельності робітників.

Визначаємо чисельність робітників за формулою:

$$Ч_p = T_p / \Phi_p,$$

де  $T_p$  - річний обсяг робіт;

$\Phi_p$  - ефективний річний фонд часу робітника;

$$Ч_p = 50000 / 3552 = 14 \text{ чол.}$$

Приймаємо  $Ч_p = 14$  чол.

Розрахунок площі виробничої ділянки. Укрупнений розрахунок.

Визначаємо площу ділянки за формулою:

$$F_{д\grave{и}л} = f_p \cdot Ч_p,$$

де  $f_p$  - питома площа на одного робітника  $f_p=15 \text{ м}^2$ ;

$Ч_p$  - чисельність робітників;

$$F_{д\grave{и}л} = 15 \cdot 14 = 210 \text{ м}^2.$$

Уточнений розрахунок.

Визначаємо площу ділянки за формулою:

$$F_{д\grave{и}л} = \sum f_p \cdot K_n,$$

де  $\sum f_p$  – сумарна площа верстатів і допоміжного обладнання на підлозі;

$K_n$  - коефіцієнт приведення, який враховує проходи і проїзди,  $K_n=5$ .

Визначаємо сумарну площу верстатів і допоміжного обладнання на підлозі за формулою:

$$\sum f_p = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7,$$

де  $S_1 = 1 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} = 2 \text{ м}^2$  – площа, яку займає на підлозі дробилка роторного типу;

$S_2 = 1,5 \text{ м} \cdot 2 \text{ м} = 3 \text{ м}^2$  – площа, яку займає на підлозі стіл для вібропросіювання;

$S_3 = 1,1 \text{ м} \cdot 2 \text{ м} = 2,2 \text{ м}^2$  – площа, яку займає на підлозі змішувач;

$S_4 = 0,5 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} = 0,25 \text{ м}^2$  – площа, яку займає на підлозі гідравлічний прес;

$S_5 = 1 \text{ м} \cdot 2 \text{ м} = 2 \text{ м}^2$  – площа, яку займає на підлозі піч;

$S_6 = 1,1 \text{ м} \cdot 2 \text{ м} = 2,2 \text{ м}^2$  – площа, яку займає на підлозі установка контролю;

$S_7 = 1,1 \text{ м} \cdot 1,1 \text{ м} = 1,1 \text{ м}^2$  – площа, яку займає на підлозі стелаж для ремонтного фонду;

$$\sum f_p = 2 \text{ м}^2 + 3 \text{ м}^2 + 2,2 \text{ м}^2 + 0,25 \text{ м}^2 + 2 \text{ м}^2 + 2,2 \text{ м}^2 + 1,1 \text{ м}^2 = 12,75 \text{ м}^2.$$

$$F_{д\grave{и}л} = \sum f_p \cdot K_n = 12,75 \cdot 5 \approx 65 \text{ м}^2.$$

Враховуючи розвиток цеху та збільшення обсягів виробництва на перспективу приймаємо площу ділянки  $210 \text{ м}^2$ .

Визначення кількості вікон.

Визначаємо площу засклення за формулою:

$$\sum F_3 = F_{\text{діл}} \cdot \alpha ,$$

де  $F_{\text{діл}}$  – площа ділянки;

$\alpha$  - світловий коефіцієнт,  $\alpha = 0,2$  ;

$$\sum F_3 = 210 \cdot 0,2 = 42 \text{ м}^2.$$

Підбір розмірів вікон.

Приймаємо розміри вікон: 5 м x 2 м.

Визначення площі вікна.

Визначаємо площу вікна за формулою:

$$F_b = B \cdot H ,$$

де  $B$ -довжина вікна;

$H$ - висота вікна;

$$F_b = 5\text{м} \cdot 2\text{м} = 10 \text{ м}^2.$$

Визначення кількості вікон.

Визначаємо кількість вікон за формулою:

$$N = \frac{\sum F_3}{S_b} ,$$

де:  $\sum F_3$  – площа засклення;

$S_b$  – площа одного вікна;

$$N = 42\text{м} / 10 \approx 5.$$

Визначення річних витрат електроенергії.

Визначаємо сумарну встановлену потужність струмоспоживачів за формулою:

$$N_a = K_c \sum N_{уст}$$

де:  $N_a$  - активна потужність струмоспоживачів, кВт;

$K_c$  - коефіцієнт попиту, який враховує час роботи струмоприймальників і їх навантаження по потужності;

$\sum N_{уст}$  -сумарна встановлена потужність струмоспоживачів.

$$\sum N_{уст} = 2 + 1,5 + 1,7 + 2,5 + 5 + 3 = 15,7 \text{ кВт}.$$

Визначення річних витрат електроенергії.

Визначаємо річні витрати електроенергії за формулою:

$$N_p = \sum_{i=1}^n N_{ai} \cdot F_d \cdot n \cdot K_3,$$

де  $N_p$  - річні витрати електроенергії;

$\sum_{i=1}^n N_{ai}$  - сума активних потужностей струмоспоживачів;

$F_d$  - річний дійсний фонд часу роботи струмоспоживачів для однієї зміни;

$F_d = 3910$  год (для 2-х змін);

$n$  - кількість змін;

$K_3$  - коефіцієнт завантаження струмоспоживачів по часу;

$K_3 = 0,75$

$N_p = 15,7 \cdot 3910 \cdot 1 \cdot 0,7 = 42970,9 \text{ KВт}$ .

Річні витрати електроенергії на освітлення приміщень визначаємо за формулою:

$$N_{np} = S \cdot F_d \cdot \rho,$$

де:  $N_{np}$  - річні витрати електроенергії на освітлення приміщень;

$S$  - площа ділянки;

$F_d$  - річний дійсний фонд часу роботи струмоспоживачів для однієї зміни;  $F_d = 3910$  год (для 2-х змін);

$\rho$  - питомі витрати електроенергії на освітлення;

$$\rho = 15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

$N_{np} = 210 \cdot 3910 \cdot 15 = 12316 \text{ KВт}$ .

Річні витрати електроенергії на освітлення території визначаємо за формулою:

$$N_{тер} = S_{тер} \cdot F_{тер} \cdot \rho ,$$

де  $N_{тер}$  – річні витрати електроенергії на освітлення території;

$S$  – площа території; приймаємо  $S_{тер}=210 м^2$ .

## 2.9 Розробка плану дільниці.

Компонування дільниці виконується з метою забезпечення найкращих технологічних взаємозв'язків між операціями і дільницями цеху в цілому. Основним правилом при компонуванні дільниці є відповідність між транспортуванням деталей і виробничим процесом.

Компонування дільниці залежить від характеру деталей, які виготовляються, від типу підприємства і рівня спеціалізації.

При технологічному плануванні дільниці на плані розташовують технологічне обладнання, виробничий інвентар (станки, стелажі, інструментальні шафи), підйомно-транспортне обладнання (за виключенням безрельсових самохідних та несамохідних транспортних засобів: електрокар, погрузчиків і т. п.), проїзди і проходи, необхідні для забезпечення робочих місць матеріалами і запасними частинами, а також площадки накопичення виробів і матеріалів.

Технологічне обладнання показують в прийнятому масштабі умовним спрощеним контуром з врахуванням крайнього положення рухомої частини, кожухів, які відкриваються та виробів, які встановлюються на обладнання, якщо виріб виходить в плані за габаритні розміри обладнання. Всередині контуру обладнання і виробничого інвентарю або ззовні контуру, на виносній полці вказують його номер по специфікації до креслення. Нумерацію дають послідовно в порядку, розташування обладнання і інвентарю на кресленні зліва направо і потім зверху вниз.

Розташування верстатів та іншого технологічного обладнання, яке встановлюється на фундаменти, координують відносно колон і стін споруди.

Вказівка на кресленні відстаней від обладнання до колон та стін називають прив'язкою обладнання.

Умовними позначеннями на кресленні показують місця розташування робочих та місця підведення до енергетичних мереж, водопроводу, вентиляції і каналізації.

Плани розташування технологічного обладнання виконують, як правило, на стадії розробки проекту в масштабі 1:200, на стадії розробки робочої документації або робочого проекту - в масштабі 1:100. В учбових проектах допускається застосування масштабів 1:50 і 1:25.

До плану розташування технологічного обладнання додається специфікація, яка вміщує в табличній формі наступні дані: номери по плану; найменування обладнання і інвентарю; коротку технічну характеристику; модель або тип; місце виготовлення; кількість; примітку, в яких вказують потужність обладнання і споживачів води, повітря, пару, газу та інших енергоресурсів. Допускається розташовувати специфікацію на вільному полі креслення.

Розташування технологічного обладнання, ширина і розташування проходів і проїздів повинні забезпечувати зручність та безпечність роботи, подачі ремонтуємих виробів, інструменту, прибирання відходів і приміщення, доступу до обладнання для його обслуговування, ремонту, монтажу і демонтажу. Відстань між обладнанням і частинами споруд (стінами, колонами), розміри проходів і проїздів повинні бути не менше вказаних в нормах технологічного проектування (1, табл.35.2, ст. 460-465).

При проектуванні виробничих ділянок необхідно передбачувати широкий комплекс заходів по охороні праці, техніці безпеки і захисту навколишнього середовища.

Обладнання розставлене у відповідності до технологічного процесу виготовлення вугільних вставок.

## 2.10 Вибір підйомно-транспортних засобів.

Підйомно-транспортні засоби на машинобудівних підприємствах є невід'ємною частиною більшості технологічних процесів.

Види та кількість підйомно-транспортних засобів, необхідних для ефективного забезпечення виробничого процесу машинобудівних підприємства, залежать від номенклатури деталей які виготовляються, їх маси і розмірів, типу виробництва та форми організації праці, типу та розмірів виробничих приміщень.

У відповідності до рекомендацій по вибору підйомно-транспортних засобів для дільниці відновлення приймаємо:

- кран-балка КБ-4, Q=2 т (1 шт).

## 2.11 Енергетичні розрахунки на дільниці.

Розрахунок пара та палива на опалення та вентиляцію визначаємо із розрахунку відшкодування теплових витрат будівлі. При існуючій вентиляції теплові витрати приймають із розрахунку 25...35 ккал/год., [7] на 1 м<sup>3</sup> будівлі. Річна потреба пара та палива на опалення і вентиляцію:

$$Q_z = \frac{qn \cdot H \cdot V}{i \cdot 1000},$$

$$Q_n = \frac{qn \cdot H \cdot V}{k \cdot 1000 \cdot \eta_n},$$

де  $qn$  – витрати палива на 1 м<sup>3</sup> будівлі ккал/год;

$H$  – кількість годин в паливному сезоні  $H=4320$  год.

$V$  – об'єм приміщення,  $V= S \cdot 6,3 = 105 \cdot 6,3 = 661,5$  м<sup>3</sup>.

$i$  – теплота випаровування, ккал/год ( $i=540$  ккал/кг),

$k$  – теплотворна спроможність палива ( $k=7000$  ккал/кг);

$\eta_n=0,75$  – коефіцієнт корисної дії котельної установки.

$$Q_z = \frac{30 \cdot 4320 \cdot 661,5}{540 \cdot 1000} = 158,76 \text{ м}^3$$



$$Q_m = \frac{30 \cdot 4320 \cdot 661,5}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,75} = 16,33 \text{ м}$$

Розрахунок необхідної кількості стиснутого повітря для ділянки виготовлення проводимо за формулою:

$$Q_{cm} = 60 \cdot q_{cn} \cdot \Phi_{дрм},$$

де  $q_{cm}$ -хвилинні витрати стиснутого повітря, знаходимо за формулою:

$$q_{cn} = 1,5 \cdot K_{cn} \cdot P_{cn} \cdot q_{об},$$

де 1,5-коефіцієнт який враховує витрати;

$K_{cn}$ -коефіцієнт попиту (для пневматичних пристосувань  $K_{cn}=0,2-9,4$ ;

$P_{cn}$ -кількість повітря, яке потребує одиниця обладнання за 1хв. (для пневматичного пристосування  $P_{cn}=0,8-1,2$ ;

$q_{об}$ -число одиниць обладнання, де використовується стиснуте повітря.

$$q_{cn} = 1,5 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 6 = 0,9 \text{ хв}$$

Отже необхідна кількість стиснутого повітря по ділянці становить:

$$Q_{cm} = 60 \cdot 0,9 \cdot 1976 = 106704 \text{ м}^3$$

Вода на ділянці відновлення витрачається на виробничі та побутові потреби.

У відповідності з чинними санітарними нормами, на побутові потреби на одного робітника за одну зміну витрата води становить 25 літрів [7]. Річні витрати складають:

$$Q_{mn} = n_d \cdot q \cdot n \cdot n_p,$$

де  $n_d$  – кількість робочих днів у році,  $n_d = 253$  дні;

$q$  – норма витрати води,  $q = 25$  л [47];

$n$  – кількість змін,  $n = 1$ ;

$n_p$  – кількість робочих на ділянці,  $n_p = 8$ чол.

$$Q_{mn} = 253 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 8 = 50600 \text{ л} = 50,6 \text{ м}^3$$

Вентиляція виробничих приміщень призначена для зменшення закуреності, задимленості та для очищення повітря від шкідливих викидів виробництва, а також підвищення цілісності устаткування. Вона служить одним із головних засобів оздоровлення умов праці, підвищення продуктивності й запобігання небезпеки професійних захворювань .

Розрахунок вентиляції виконуємо у наступній послідовності. Визначаємо вид вентиляції і відмічаємо кратність обміну повітря. Приймаємо, при проектуванні вентиляції дільниці відновлення, загальнообмінну вентиляцію з годинною кратністю обміну повітря,  $\kappa = 5$  [7].

Розраховуємо продуктивність вентилятора, виходячи із об'єму приміщення та кратності обміну повітря:

$$W_g = V_o \cdot \kappa,$$

де  $V_o$  – об'єм дільниці,  $V_o = F \cdot h = 105 \cdot 6,3 = 2110 \text{ м}^3$

$F$  – площа дільниці,  $F = 105 \text{ м}^2$  ;

$h$  – висота приміщення,  $h = 6,3 \text{ м}$ ;

$\kappa$  – годинна кратність обміну повітря,  $\kappa = 5$ .

$$W_g = 661,5 \cdot 5 = 3307,5 \text{ м}^3/\text{г}$$

За розрахованим сумарним обміном повітря вибираємо вентилятор [47].

У нашому випадку оптимальним варіантом є центробіжний вентилятор №5 серії ЕВР із такою технічною характеристикою.

- продуктивність вентилятора,  $W_g = 11000 \text{ м}^3/\text{г}$ ;
- тиск вентилятора,  $H_g = 78 \text{ кгс}/\text{м}^2$  ;
- коефіцієнт корисної дії,  $\eta_g = 0,51$ ;
  
- частота обертів вентилятора,  $n = 1000 \text{ об}/\text{хв}$ .

Виконуємо розрахунок потужності електродвигуна привода вентилятора [47]:

$$N_e = (1,2 \dots 1,5) \frac{W_e \cdot H_e}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_e \cdot \eta_n},$$

де  $W_e$  – продуктивність вентилятора,  $W_e = 11000$  м<sup>3</sup>/г;

$H_e$  – тиск вентилятора,  $H_e = 78$  кгс/м<sup>2</sup>;

1,2-1,5 – коефіцієнт, що враховує невраховані витрати тиску повітряного потоку;

$\eta_e$  – коефіцієнт корисної дії вентилятора,  $\eta_e = 0,51$ ;

$\eta_n$  – коефіцієнт корисної дії передачі ( $\eta_n = 0,75$ ).

$$N_e = 1,5 \frac{11000 \cdot 78}{3600 \cdot 102 \cdot 0,51 \cdot 0,75} = 9,16 \text{ кВт}$$

Для приводу вентилятора приймаємо електродвигун 4А13254УЗ потужністю 10 кВт і частота обертання,  $n = 1000$  об/хв.

Кількість, якість та продуктивність праці в значній мірі залежить від освітлення в приміщеннях і на робочих місцях. Недостатнє і викривлене освітлення часто є причиною нещасних випадків і захворювань органів зору.

При проектуванні виробничих приміщень передбачається природне і штучне освітлення.

При проектуванні і розрахунку освітлення необхідно враховувати наступні основні вимоги:

- освітлення не повинно визивати різких тіней та осліплюючих бликів;
- пристрій освітлення повинен встановлюватися з урахуванням характеру виробництва.

При розрахунку природного освітлення ділянки підбираються відповідні віконні проміжки. Орієнтовна площа освітлення, яка забезпечує нормальне природне освітлення визначається за формулою [7]:

$$F_{оск} = \frac{f_n \cdot \alpha}{\tau},$$

де  $f_n$  – площа ділянки,

$\alpha = 0,25 \dots 0,35$  – коефіцієнт природного освітлення;

$\tau = 0,6$  – коефіцієнт, який враховує втрати світла від забруднення скла.

$$F_{оск} = \frac{105 \cdot 0,3}{0,6} = 0,53 \text{ м}^2$$

Освітлювальна апаратура для дільниці відновлення повинна забезпечувати освітленість в межах 50-60 люксів. Згідно [7] для освітлення дільниці вибираємо люмінесцентні лампи з такими характеристиками:

Тип ламп - ЛБ;

Світловий потік в люменах-4320;

Потужність – 80 Вт;

Напруга – 220 В

Розміри - 38×1515

Кількість ламп, необхідних для освітлення визначаємо за формулою з [7]:

$$n = \frac{E_{\phi} \cdot f_n \cdot k}{F_o \cdot \eta},$$

де  $E_{\phi}$  – середня освітленість, лкс/м<sup>2</sup>;

$f_n$  – площа приміщення;

$k=1,7$  – коефіцієнт запасу освітлення;

$F_o=4320$  лкс – світловий потік кожної лампи;

$\eta=0,2 \dots 0,54$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$n = \frac{55 \cdot 105 \cdot 1,7}{4320 \cdot 0,2} = 11,36 \text{ шт}$$

Необхідна активна потужність електроенергії на освітлення розраховуємо виходячи із середніх витрат енергії на освітлення – 15 Вт на 1м<sup>2</sup> площі підлоги.

$$Pa = 0,015 \cdot 105 = 1,575 \text{ кВт}$$

Річну потребу в електроенергії визначаємо за формулою:

$$W = \Sigma Pa \cdot \Phi_o \cdot \eta$$

$$W = \Sigma Pa \cdot \Phi_o \cdot \eta = 1,575 \cdot 1976 \cdot 0,75 = 2334,15 \text{ кВт}$$

## Розрахунок силової електроенергії

Розрахунок річної потреби в електроенергії проводиться методом визначення навантаження по коефіцієнту попиту.

Для кожної групи електроприймачів визначаємо активну потужність за формулою [47]:

$$P_a = k_c \sum P_{вст}, кВт$$

де  $k_c$  - коефіцієнт попиту;

$\sum P_{вст}$  - сумарна встановлена потужність групи електроприймачів, кВт.

Знаходимо потужність для груп електроприймачів і зводимо до таблиці 5.1.

Річні витрати електроенергії для силового споживання знаходимо з урахуванням дійсного річного фонду часу та коефіцієнту завантаження по формулі:

$$W_c = \sum P_a \cdot \Phi_{од} \cdot \eta_з,$$

де  $\sum P_a$  – сума активних напруг споживачів,  $\sum P_a = 42,1$  кВт;

$\Phi_{од}$  – річний дійсний фонд часу обладнання,  $\Phi_{од} = 1976$ ;

$\eta_з$  – коефіцієнт завантаження струмоприймачів по часу,  $\eta_з = 0,75$ .

$$W_c = 42,1 \cdot 1976 \cdot 0,75 = 62392,2 \text{ кВт}$$

Сумарна річна потреба дільниці в електроенергії складає:

$$W_{річ.} = W_c + W_{осв} = 62392,2 + 2334,15 = 64726,35 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.10 – Встановлена і активна потужність струмоприймачів по групам обладнання

Найменування обладнання по групам	Кількість	Коефіцієнт попиту	Активна потужність, кВт
1. Роторна дробилка	1	0,8	4,5
2. Сепаратор	1	0,48	7,8
3. Змішувальні барабани	1	0,87	6,7

Продовження таблиці 2.10

4. Пресування	1	1,4	3,4
5. Електрична піч	1	1,2	4,6
6. Кран-балка	1	0,7	7,8
Всього $\Sigma P_a$			34,8

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Будова і принцип дії установки для випробування зносостійкості лабораторних зразків

Випробування проводяться на установці ЗНМ-17, представленої на рис. 3.1, в якій електродвигун через клинопасову передачу передає крутний момент на вал, на якому закріплено контр тіло яке виготовлене з міді. Дослідний зразок має циліндричну форму і жорстко закріпленій в струпцинах. Кількість обертів та кілометраж фіксує спідометр. Дослідний зразок прижимається до контр тіла за допомогою противаги з закріпленою на кінці гирею.



Рисунок 3.1. Загальний вигляд установки ЗНМ-17.

Пристосування складається з таких основних частин: гвинта 1, гайки 5, двох захватів 4, траверси 3, набору змінних наконечників. Захвати на пристосуванні кріпляться за допомогою пальців 11. За допомогою притискного механізму, що складається зі спіральних пружин 6, які встановлені в прорізи захватів 4 та верхніх і нижніх пазів, захвати можливо переміщувати по довжині траверси в

залежності від розмірів випресувальної деталі. Траверса складається із двох планок, між якими встановлено гайку і стиснена двома болтами. Притискний механізм сприяє утриманню захватів в прорізах траверси

В залежності від діаметра деталі, що знімається захвати переміщуються на траверсі по виконаних прорізах. Шляхом обертання гвинта підводять захвати до посадки торцевої поверхні деталі, що знімається. Обертають гвинт до упору наконечника в центровий отвір вала. Прикладаючи зусилля при обертанні гвинта відбувається зняття деталі.

### **3.2 Будова і принцип дії установки для випробування зносостійкості зразків серійних вставок**



Рисунок 3.2. Загальний вигляд установки БК-1.

Для налагодження установки БК-1 було проведено дослідження пружин на пружність. По отриманих даних побудовано наступні таблиці.



Пружина № 1.

Початкова довжина  $l_0=43$  мм.

P,кН	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
l,мм	42.5	41	40	39	38	37	36	35

Пружина № 2.

Початкова довжина  $l_0=46$  мм.

P,кН	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
l,мм	44.7	43	42	41	40	39	38	37

Вага нерухомої частини 0.011 кН.

Розрахунок різьблення гвинта.

Розрахунок проводиться за напруженнями, які порівнюються з допустимими напруженнями, встановленими на основі.

Різьблення прийнято розраховувати:

1. По напруженнях змяття на гвинтовій поверхні.
2. По напруженнях зрізу в знятті гвинта або її гайки.

Основним критерієм різьблення є зносостійкість. Величина тиску на поверхні ходового різьблення виражається формулою, як і напруги змяття в різьбленні згідно формули:

$$p = \frac{P}{\pi \cdot D_2 \cdot h - z} \leq [p]$$

$d$  – зовнішній діаметр різьблення.

$D_2$  – середній діаметр різьблення.

$h$  – робоча висота різьблення.

У нашому випадку вибираємо:

Довжина різьбової частини гвинта 360 мм.

Матеріал гвинта – сталь 40Х.

Довжина гайки – 70 мм.

Діаметр різьблення гвинта – М33-6g.

Гвинт навантажений осьовою стискаючою силою.

Стрижень гвинта має велику вільну довжину 360 мм, його необхідно перевірити на міцність з урахуванням стійкості по формулі:

$$\sigma = \frac{13 \cdot F}{\frac{\pi \cdot d^3}{4}}; \varphi < [\sigma]$$

$\varphi$  – коефіцієнт застосування напружень, що допускаються, для сталевих стрижнів залежно від гнучкості (по табл. 13.1.1181)

$$\varphi = 0.51$$

$[\sigma]$  – допустима напруга Н/мм<sup>2</sup>

Допустиме напруження для сталі 40Х згідно таблицям рівне 12.0МПа. або 120 Н/мм<sup>2</sup>

$$\text{тоді } \sigma = \frac{1.3 \cdot 9500}{\frac{3.14 \cdot 332}{4}} : 0.51; [\sigma]$$

$$\sigma = 29 \text{ Н/мм}^2.$$

Отже умова міцності для гвинта із сталі 40Х виконується.

Робота пристосування відбувається таким чином: вал встановлюється на призми. Далі необхідно загвинтити шток, який через штифт з'єднується з важелем. При переміщенні штоку верхня половина важеля подається вперед і повертається навколо своєї осі, яка сполучена з шпонкою. Права половина важеля тисне на тягу, на якій закріплена притискна пластина, що переміщується вниз і затикає встановлений в призму вал.

На пристосуванні можна закріпити два вали, що прискорить виконання операцій фрезерування шпонкових пазів. Для вивільнення валів після фрезерування шток необхідно відгвинтити і через скобу і тягу планка

піднімається вгору.

### 3.3 Розрахунок елементів пристосування

Розрахунок зусилля затискання валу.

Для проведення розрахунку запропоновано схему, що представлена на рис.

3.3.

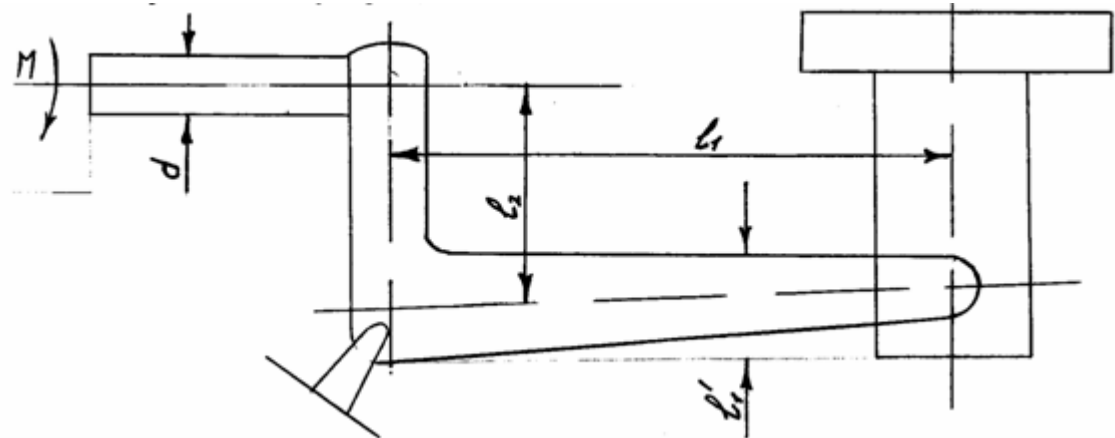


Рисунок 3.3. Схема для розрахунку зусилля затискання пристосування.

Вихідні дані:

Довжина переміщення важеля:  $l_1' = 0,06$  м;

Відстані від осі важеля до осі штока:  $l_1 = 0,15$  м;

Відстані від осі обертання важеля до упору:  $l_2 = 0,08$  м;

Діаметр гвинта:  $d = 0,2$  м;  $r = 0,1$  м

Визначаємо момент затискання:

$$M = 0,22 d N$$

$$N = M / 0,22 d = 1,5 / 0,22 * 0,2 = 34,1 \text{ Н/м}$$

Визначаємо зусилля затиску з виразу:

$$N = \frac{Q(l_1 + l_1' + f_1 + 0,968)}{(l_2 - 0,4p)},$$

Де  $f$  - коефіцієнт тертя,  $f = 0,12$ ;

$p$  - радіус тертя;

$$p = z \cdot f_i = 0,17 \cdot 0,1 = 0,017;$$

$f_i$  - коефіцієнт тертя моменту опору.

$$Q = \frac{N(l_2 - 0,4p)}{l_1 + l_1 \cdot f + 0,968}$$

$$Q = \frac{34,1 \cdot (0,08 - 0,4 \cdot 0,017)}{0,06 + 0,15 \cdot 0,12 + 0,968} = 35 \text{ кН}$$

Зусилля затиску  $Q = 35$  кН.

## 4. НАУКОВО - ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Дослідження зносостійкості зразків з відновлених матеріалів і серійних вставок.

#### 4.1.1 Методика проведення дослідів і визначення зносостійкості

Загальна послідовність випробовувань і порядок визначення параметрів  $k_w$ ,  $m$  за результатами випробовувань складається з наступних етапів:

Проводяться випробовування на знос зразків з площадками контактів, що змінюються, і періодично (або безупинно) вимірюються розміри  $a$  і  $b$  площадок контактів. Складаються таблиці і графіки залежності розмірів площадки контакту від шляху тертя  $S$ :

$$a = a(S). \quad (4.1)$$

Експериментальна залежність представляється у виді степеневої функції. Визначаються параметри  $C$  і  $\beta$  цих апроксимацій.

#### 4.1.2 Результати дослідження зразків з відновлених матеріалів і серійних вставок

Результати досліджень вуглецевих матеріалів за схемою паралельних циліндрів. Дослідження проводимо при наступних умовах:

Шлях тертя:

$$S=2\pi R \cdot 65 \cdot n \quad , \quad (4.2)$$

де  $R=35$ мм.

$$S=2 \cdot 3,14 \cdot 35 \cdot 65 \cdot n = 14,3 \cdot n;$$

Діаметр циліндра контр тіла  $d = 70$  мм;

Матеріал контр тіла – мідь;

Діаметри досліджуваних зразків  $d_1 = 10,7$  мм,  $d_2 = 13,0$  мм;

Сила притискання  $Q = 4$  кг.

Результати досліджень вуглецевих матеріалів, стандартної композиції за схемою паралельних циліндрів представлені в таблицях 4.1-4.4.

Таблиця 4.1 – Дослід №1. Стандартна композиція.

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	773850	0
1	10	10	1.121	773860	0.143
2	40	50	1.600	773900	0.715
3	50	100	1.884	773950	1.43
4	100	200	2.175	774050	2.86
5	100	300	2.383	774150	4.29
6	100	400	2.421	774250	5.72
7	100	500	2.543	774350	7.15

Таблиця 4.2 – Дослід №2. Стандартна композиція.

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	774350	0
1	10	10	0.92	774360	0.143
2	40	50	1.196	774400	0.715
3	50	100	1.338	774450	1.43
4	100	200	1.597	774550	2.86
5	100	300	1.704	774650	4.29
6	100	400	1.751	774750	5.72
7	100	500	1.815	774850	7.15

Таблиця 4.3 – Дослід №3. Стандартна композиція.

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	774860	0
1	10	10	0,982	774860	0.143
2	40	50	1.313	774900	0.715
3	50	100	1.466	774950	1.43
4	100	200	1.570	775050	2.86
5	100	300	1.621	775150	4.29
6	100	400	1.647	775250	5.72
7	100	500	1.681	775350	7.15

Таблиця 4.4 – Дослід №4. Стандартна композиція.

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	775350	0
1	10	10	1.053	775360	0.143
2	40	50	1.421	775400	0.715
3	50	100	1.602	775450	1.43
4	100	200	1.741	775550	2.86
5	100	300	1.819	775650	4.29
6	100	400	1.979	775750	5.72
7	100	500	2.022	775850	7.15

Середні значення зносу вуглецевих матеріалів на основі проведених досліджень представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Середні значення зносу вуглецевих матеріалів стандартної композиції

№	n, загальна	Знос	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0
1	10	1,019	0.143
2	50	1,382	0.715
3	100	1,572	1.43
4	200	1,770	2.86
5	300	1,888	4.29
6	400	1,949	5.72
7	500	2,010	7.15

Результати досліджень вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (80% вставки, 20% ФФС) за схемою паралельних циліндрів представлені в таблицях 4.6-4.7.

Таблиця 4.6 – Дослід №5. Відновлена композиція (80% вставки, 20% ФФС)

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	775900	0
1	10	10	1.181	775910	0.143
2	40	50	1.279	775950	0.715
3	50	100	1.385	776000	1.43
4	100	200	1.456	776100	2.86
5	100	300	1.476	776200	4.29
6	100	400	1.556	776300	5.72
7	100	500	1.658	776400	7.15

Таблиця 4.7 – Дослід №6. Відновлена композиція(80% вставки, 20% ФФС)

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	776400	0
1	10	10	1.075	776410	0.143
2	40	50	1.227	776450	0.715
3	50	100	1.302	776500	1.43
4	100	200	1.422	776600	2.86
5	100	300	1.495	776700	4.29
6	100	400	1.542	776800	5.72
7	100	500	1.643	776900	7.15

Середні значення зносу вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (80% вставок, 20% ФФС) наведені в таблиці 4.8.

Результати досліджень вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (40% вставки, 40% ЭУЗ-М, 20% ФФС) за схемою паралельних циліндрів представлені в таблицях 4.9-4.10.

Таблиця 4.8 – Середні значення зносу вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (80% вставок, 20% ФФС)

№	n загальна	знос	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0
1	10	1,128	0.143
2	50	1,253	0.715
3	100	1,343	1.43
4	200	1,439	2.86
5	300	1,485	4.29
6	400	1,549	5.72
7	500	1,650	7.15

Таблиця 4.9 – Дослід №7. Відновлена композиція(40% вставки, 40% ЭУЗ-М, 20% ФФС)

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	776900	0
1	10	10	1.161	776910	0.143
2	40	50	1.386	776950	0.715
3	50	100	1.720	777000	1.43
4	100	200	2.033	777100	2.86
5	100	300	2.111	777200	4.29
6	100	400	2.220	777300	5.72
7	100	500	2.279	777400	7.15



Таблиця 4.10 – Дослід №8. Відновлена композиція(40% вставки, 40% ЭУЗ-М, 20% ФФС)

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	777400	0
1	10	10	1.289	777410	0.143
2	40	50	1.631	777450	0.715
3	50	100	1.833	777500	1.43
4	100	200	2.125	777600	2.86
5	100	300	2.226	777700	4.29
6	100	400	2.371	777800	5.72
7	100	500	2.514	777900	7.15

Середні значення зносу вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (40% вставки, 40% ЭУЗ-М, 20% ФФС) наведено в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Середні значення зносу вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (40% вставки, 40% ЭУЗ-М, 20% ФФС)

№	n загальна	знос	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0
1	10	1,225	0.143
2	50	1,508	0.715
3	100	1,776	1.43
4	200	1,962	2.86
5	300	2,079	4.29
6	400	2,295	5.72
7	500	2,396	7.15

Результати досліджень вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (40% вставки, 40% ГК-1, 20% ФФС) за схемою паралельних циліндрів представлені в таблицях 4.12-4.13.

Таблиця 4.12 – Дослід № 9. Відновлена композиція(40% вставки, 40% ГК-1, 20% ФФС)

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	777900	0
1	10	10	1.246	777910	0.143
2	40	50	1.561	777950	0.715
3	50	100	1.790	778000	1.43
4	100	200	1.892	778100	2.86

## Продовження таблицій 4.12

5	100	300	1.980	778200	4.29
6	100	400	2.093	778300	5.72
7	100	500	2.119	778400	7.15

Таблиця 4.13 – Дослід № 10. Відновлена композиція(40% вставки, 40% ГК-1, 20% ФФС)

№	n	n загальна	b,мм	Покази спідометра	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0	778400	0
1	10	10	1.267	778410	0.143
2	40	50	1.722	778450	0.715
3	50	100	2.002	778500	1.43
4	100	200	2.220	778600	2.86
5	100	300	2.283	778700	4.29
6	100	400	2.312	778800	5.72
7	100	500	2.408	778900	7.15

Середні значення зносу вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (40% вставки, 40% ГК-1, 20% ФФС) представлені в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Середні значення зносу вуглецевих матеріалів, відновленої композиції (40% вставки, 40% ГК-1, 20% ФФС)

№	n загальна	знос	S·10 <sup>6</sup> ,мм
0	0	0	0
1	10	1,256	0.143
2	50	1,641	0.715
3	100	1,896	1.43
4	200	2,056	2.86
5	300	2,131	4.29
6	400	2,202	5.72
7	500	2,263	7.15

Згідно отриманих результатів будуємо графічну залежність ширини вставки від шляху тертя (рисунок 4.1).

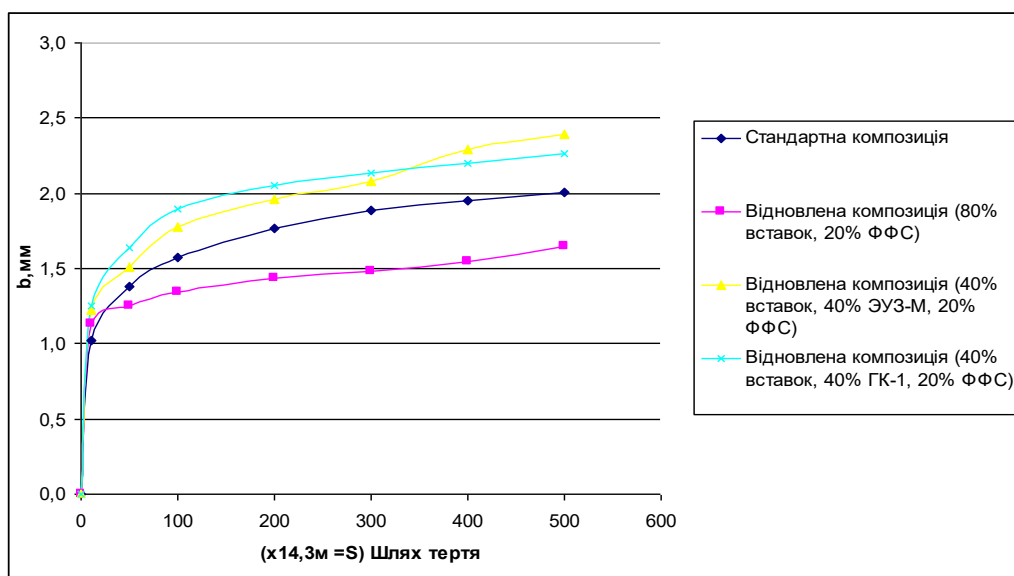


Рисунок 4.1. Залежність ширини вставки від шляху тертя при дослідженні за схемою паралельних циліндрів

Розглянемо результати досліджень вуглецевих матеріалів при випробуваннях за схемою перехресних циліндрів.

Дослідження проводимо при наступних умовах:

Шлях тертя  $S=2\pi R \cdot n=2 \cdot 3,14 \cdot 35 \cdot 65 \cdot n=14,3 \cdot n$ ;

Діаметр циліндра контр тіла  $d = 70$  мм;

Матеріал контр тіла – мідь.

Діаметри досліджуваних зразків  $d1 = 10,7$  мм ;  $d2 = 13,0$  мм;

Сила притискання  $Q = 1,5$  кг.

Отримані експериментальні данні заносимо до таблиць.

Результати досліджень вуглецевих матеріалів, стандартної композиції за схемою перехресних циліндрів представлені в таблицях 4.15-4.16.

По отриманим результатам будемо графічні залежності ширини вставки від шляху тертя при дослідженні за схемою перехресних циліндрів (рисунок 4.2).

Таблиця 4.15 – Дослід № 11. Стандартна композиція.

N	n, заг	a*,мм	b*,мм	$a=(a^* \cdot b^*)^{1/2}$	$S \cdot 10^6, мм$
1	10	1,4	4,033	2,376	0.143
2	50	1,6	4,498	2,682	0.715
3	100	1,796	5,298	3,084	1.43
4	200	2,028	5,518	3,345	2.86
5	300	2,063	5,854	3,475	4.29
6	400	2,112	6,155	3,605	5.72
7	500	2,163	6,426	3,728	7.15

Таблиця 4.16 – Дослід № 12. Відновлена композиція (80% вставок, 20% ФФС).

N	n заг	a*,мм	b*,мм	$a=(a^* \cdot b^*)^{1/2}$	$S \cdot 10^6, мм$
1	10	1,711	4,004	2,617	0.143
2	50	1,844	4,153	2,767	0.715
3	100	1,86	4,293	2,825	1.43
4	200	1,936	4,485	2,946	2.86
5	300	2,031	4,749	3,105	4.29
6	400	2,091	4,796	3,166	5.72
7	500	2,098	4,953	3,223	7.15

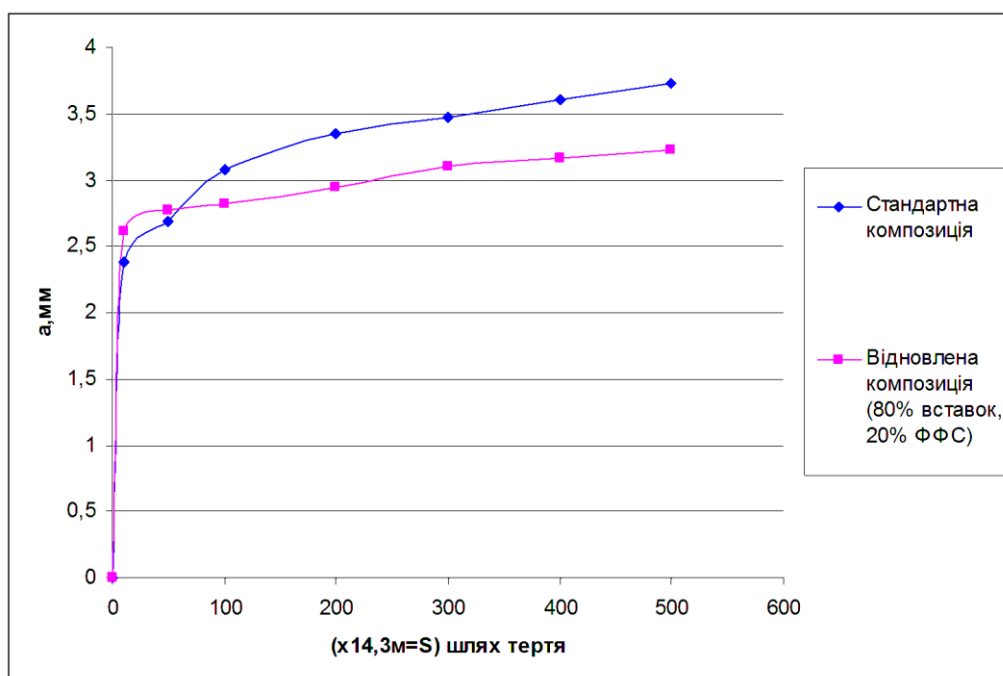


Рисунок 4.2. Залежність ширини вставки від шляху тертя при дослідженні за схемою перехресних циліндрів

Моделльні дослідження вуглецевих вставок проводимо при наступних умовах:

Шлях тертя  $S=170 \cdot 68 \cdot n= 11,56 \cdot n$ ;

Сила притискання  $Q = 5.1$  кг.

Результати досліджень вуглецевих вставок представлені в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 – Результати досліджень вуглецевих вставок

№ точки	d0	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13
1	2.835	2.832	2.730	2.673	2.645				2.700	2.689	2.676	2.665	2.658	2.651
2	2.232	2.218	2.119	2.116	2.131	2.093	2.091	2.022	2.015	2.007	2.004	1.987	1.973	1.963
3	2.409	2.218	2.206	2.130	2.128	2.074	2.069	2.032	2.018	2.004	1.992	1.986	1.971	1.959
4	2.552	2.437	2.399	2.297	2.300									
n	0	67	168	291	466	566	666	766	966	1166	1366	1566	1766	1966
Зміна діаметра														
1	0	0.088	0.102	0.057	0.028					0.011	0.013	0.011	0.007	0.007
2	0	0.075	0.099	0.003	0.015	0.038	0.002	0.069	0.007	0.008	0.003	0.017	0.014	0.01
3	0	0.055	0.012	0.076	0.002	0.054	0.005	0.037	0.014	0.014	0.012	0.006	0.015	0.012
4	0	0.163	0.038	0.102	0.003									
Середній діаметр	0	0.095	0.062	0.059	0.010	0.046	0.003	0.053	0.010	0.011	0.009	0.011	0.012	0.010
Загальна зміна	0	0.095	0.157	0.216	0.226	0.272	0.275	0.328	0.329	0.340	0.349	0.360	0.372	0.382

На основі отриманих результатів будуюмо графічну залежність середнього діаметру в залежності від шляху тертя (рисунок 4.3).

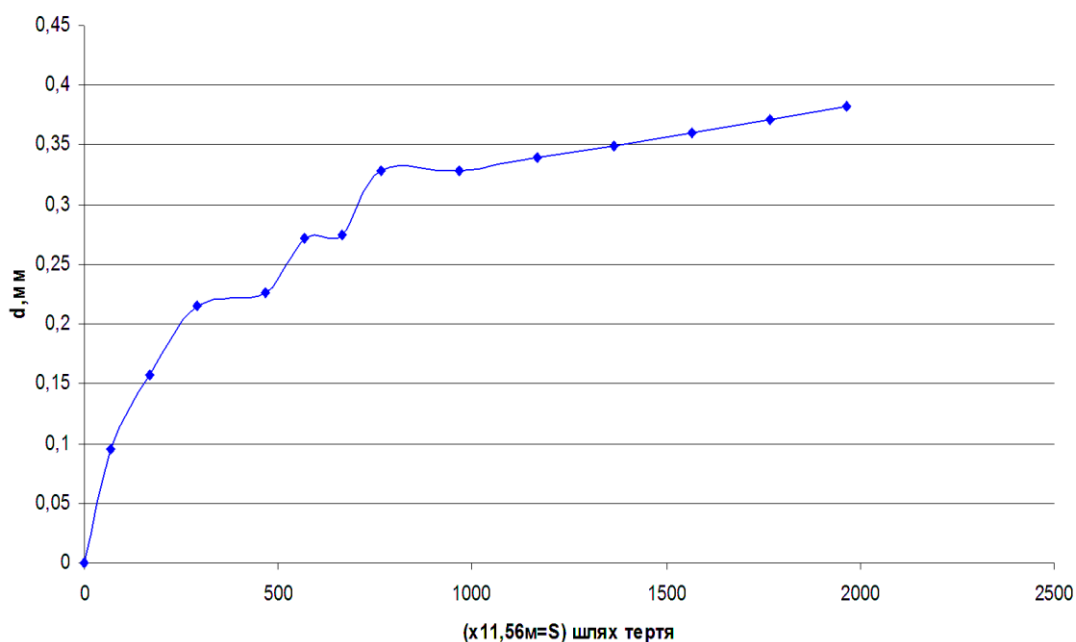


Рисунок 4.3. Залежність середнього діаметру від шляху тертя

## 4.2 Розрахунки зносостійкості за результатами проведених досліджень

Загальна послідовність випробовувань і визначення параметрів  $k_w$ ,  $m$  за результатами випробовувань складається з наступних етапів.

Проводяться випробування на знос зразка з площадкою контакту, що змінюється, і періодично (або безупинно) вимірюються розміри  $a$  площадки контакту. Складається таблиця і графіки залежності розмірів площадки контакту від шляху тертя  $S$ ,  $a = a(S)$ .

Експериментальна залежність представляється у вигляді степеневі функції. Визначаються параметри  $C$  і  $\beta$  цих апроксимацій за формулами:

$$\beta = \frac{\lg a_1 / a_2}{\lg S_1 / S_2}, \quad (4.3)$$

$$C = \frac{a_1}{S_1^\beta}. \quad (4.4)$$

За формулами визначаються параметри  $m$  і  $k_w$  моделі зношування:

$$m = \frac{1-2\beta}{\beta}, \quad (4.5)$$

$$k_w = \frac{C^{2m+2}}{(m+2)(2b)R} \quad (4.6)$$

Знос вузла розраховуємо за формулою:

$$U_w = K_w \cdot \sigma^m \cdot S, \quad (4.7)$$

де  $K_w$ ,  $m$  – параметри моделі зношування;

$\sigma$  – контактний тиск;  $S$  – шлях тертя.

Для визначення величини зносу нам необхідно знати шлях тертя, який визначається за формулою:

$$S = 2\pi R \cdot 65 \cdot n. \quad (4.8)$$

Метою даного розділу є поєднання розрахунків та випробувань на трьох різних схемах графітовмісних матеріалів. Досліди проводились за такими схемами:

- схема паралельних циліндрів;
- схема перехресних циліндрів;
- стендові випробування тролейбусних вставок.

Побудуємо графік залежності ширини площадки контакту від шляху тертя (рисунок 4.4).

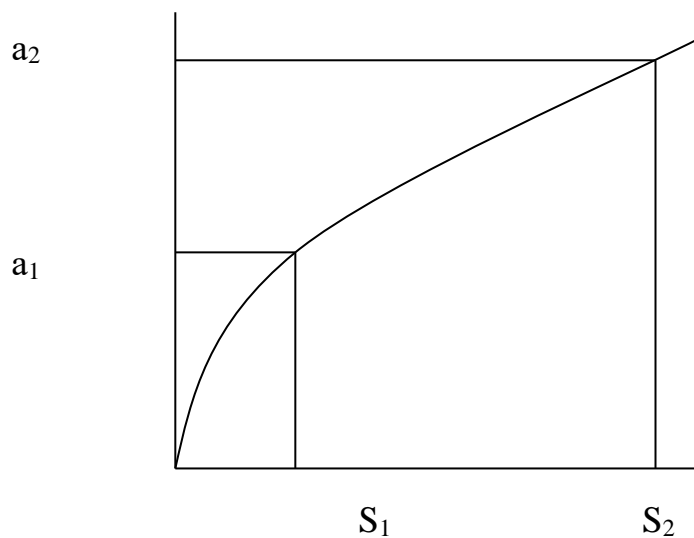


Рисунок 4.4. Графік залежності ширини площадки контакту від шляху тертя

З рисунку 4.4 можна знайти, що при  $a_1 = 2,6$  мм відповідно  $S_1 = 0,715 \cdot 10^6$  мм, а при  $a_2 = 3,08$  мм відповідно  $S_2 = 1,43 \cdot 10^6$  мм.

По отриманим даним за формулами 4.3 та 4.4 розраховуємо:

$$\beta = \frac{\lg 2.6/3.08}{\lg 0.715/1.43} = \frac{0.0735}{0.3010} = 0.244;$$

$$C = \frac{2.6}{(0.715 \cdot 10^6)^{0.244}} = \frac{2.6}{26.819} = 0.1.$$

За формулою 4.5 та 4.6 розраховуємо параметри моделі зносу:

$$m = \frac{1 - 0.224 \cdot 2}{0.224 \cdot 2} = 1.049 = 1.05 \approx 1;$$

$$K_w = \frac{(0.1)^4}{4 \cdot \left(\frac{1.5}{\pi}\right)^1 \cdot 7} = 0.0000075 = 0.7 \cdot 10^{-6};$$

За формулою 3.7 підрахуємо величину зносу:

$$U_w = K_w \cdot \sigma^m \cdot S \cdot K_\sigma = 0.7 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5.1}{10 \cdot 70} \cdot 2.27 \cdot 10^7 \cdot 1.27 = 0.147.,$$

де  $K_\sigma$  – розрахунковий коефіцієнт нерівномірного навантаження.

Отже підрахунки показують, що розрахунковий знос  $U_w \text{ роз} = 0,147$  мм, а експериментальний знос рівний  $U_w \text{ експ} = 0,19$  мм. Дані вказують на те, що теоретичні розрахунки адекватні експериментальним та майже збігаються.

Результати апроксимацій можна звести в таблицю 4.18.

Таблиця 4.18 – Результати розрахунків

№	a1,мм	S1,мм·10*	a2,мм	S2,мм·10*	$\beta$	c	m	$K_w$
1	2.600	0.3575	3.100	1.430	0.1268	0.513	2.943	$1.249 \cdot 10^{-3}$
2	2.600	0.3575	3.350	2.860	0.1218	0.547	3.105	$1.837 \cdot 10^{-3}$
3	2.600	0.3575	3.600	5.720	0.1173	0.580	3.262	$2.709 \cdot 10^{-3}$
4	3.350	2.860	3.728	7.150	0.1166	0.591	3.288	$3.135 \cdot 10^{-3}$



## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Розробка заходів по протипожежній безпеці дільниці відновлення вставок**

Пожежна безпека на дільниці відповідає вимогам ДСТУ 12.1.004-99. На дільниці в основному використовуються негорючі матеріали згідно з ДСТУ 12.1.017-97.

Всі розглянуті дільниці мають протипожежне знаряддя згідно ДСТУ 12.4.009-99, пожежні щити з обладнанням по ДСТУ 7276-97, пожежні крани та гідранти по ДСТУ 12.1.004-2002, ящик з піском об'ємом до 3м<sup>3</sup> та вогнегасники для тушіння електропровідників по ДСТУ 12.4.009-99.

Для захисту від блискавок використовують блискавковідведення згідно СНіП 305-77, яке складається з трьох елементів: блискавкоприймач, струмопровід та заземлювач.

Оповіщення про виникнення пожежі в цеху здійснюється за допомогою дзвінка.

Протипожежна водопровідна мережа забезпечує необхідну кількість води та тиск для своєчасного гасіння пожежі згідно ДСТУ 12.1.004-99.

### **5.2 Розробка заходів по охороні навколишнього середовища при виконанні технологічних операцій виготовлення вставок**

В умовах технологічного процесу при виготовленні вставок струмознімачів тролейбусів велика увага приділяється заходам по охороні навколишнього середовища.

Основними факторами що впливають на забруднення навколишнього середовища в умовах виробництва є: забруднення повітряного простору шкідливими парами, пилом, газами, які виділяються в процесі виготовлення.

Захист навколишнього середовища на підприємстві передбачає встановлення до системи вентиляції ділянок пилових камер, газо-пилоуловлювачів типу «Циклон» моделі ЦН-15, ступінь очищення 81 % при вхідній концентрації пилу до  $1500 \text{ г/м}^3$ , температурі газів до  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Основними факторами, що впливають на забруднення води в умовах підприємства можна вважати мийні розчини. Захист від їх шкідливого впливу на навколишнє середовище забезпечується включенням до каналізаційної мережі уловлювачів грубодисперсних часток та брудо-маслоуловлювачів. Для очищення технічної води передбачені відстійники. Кінцеве очищення відбувається за допомогою трубчастих та пластинчастих фільтрів.

В цілому система захисту навколишнього середовища на підприємстві є задовільною.

### 5.3 Розрахунок аерації дільниці

Розрахунковими параметрами є площа відкритих отворів, що забезпечують необхідних повітрообмін при заданих параметрах навколишнього середовища.

1. Задаємо площу нижніх отворів. При стрічковому освітленні по довжині продольних стінок будівлі  $l = 36\text{м} \times 1,2 = 43,2\text{м}$ . Висота віконних проїомів  $h = 1,8\text{м}$ ,  $F_1 = 77,6 \text{ м}^2$ .

2. Визначаємо швидкість повітря в нижніх отворах

$$V_1 = \frac{L}{\mu \cdot F_1}, \text{ м/с} \quad (5.3)$$

де  $L$  – повітрообмін, визначається за формулою

$$L = K \cdot V, \quad (5.4)$$

де  $K$  – кратність повітрообміну, 1/год, приймаємо  $K = 2,5$ ;

$V$  – об'єм робочого приміщення,  $\text{м}^3$ ,  $V = 2550 \text{ м}^3$ .

Тоді

$$L = 2,5 \cdot 2550 = 6375 \text{ м}^3 / \text{год},$$

$\mu$  – коефіцієнт витрати, для створок відкритих на кут  $90^\circ$ ,  $\mu = 0,65$ .

Тоді

$$V_1 = \frac{6375}{0,65 \cdot 77,6 \cdot 3600} = 0,0351 \text{ м/с} .$$

3. Визначаємо втрати тиску в нижніх пройомах:

$$H_1 = \frac{V_1^2 \cdot \rho_n}{2} = \frac{0,0351^2 \cdot 1,22}{2} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ Па} ,$$

де  $\rho_n$  – питома маса зовнішнього повітря.

4. Визначаємо загальний тепловий напір

$$H = h(\rho_n - \rho_{cp}) ,$$

де  $h$  – відстань між центрами нижніх та верхніх пройомів  $h=3,8\text{м}$ , при  $h_1 = 2 \text{ м}$ ;

$\rho_{cp}$  = середня щільність повітря в приміщенні, приймається по таблицям, відповідно середній температурі повітря в приміщенні, що розраховується за формулою:

$$t_{cp} = \frac{t_{p.z} + t_{yd}}{2} = \frac{22 + 32}{2} = 27^\circ \text{C}$$

де  $t_{p.z}$  – температура повітря робочої зони, підтримується в межах 18-25 °С, приймаємо  $t_{p.z} = 22^\circ \text{C}$ ;

$t_{yd}$  – температура повітря, що виходить з приміщення, відповідно приймається за формулою в залежності від температури зовнішнього повітря при середній літній температурі  $t_n = 20^\circ \text{C}$

$$t_{yd} = t_n + 12^\circ \text{C} = 20 + 12 = 32^\circ \text{C}$$

Тоді  $\rho_{cp}$  при середній температурі в приміщенні  $\rho_{cp} = 1,19$

$$\rho_{cp} = 1,19$$

Таким чином

$$H = 3,8 (1,22 - 1,19) = 0,114$$

5. Визначаємо надмірний тиск на рівні верхніх пройомів

$$H_2 = H - H_1 = 0,114 - 0,00075 = 0,11325 \text{ Па}$$

6. Визначаємо швидкість руху повітря на рівні верхніх пройомів:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot H_2}{\rho_{cp}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,11325}{1,19}} = 0,43 \text{ м/с}$$

7. Визначаємо загальну площу верхніх проїмів:

$$F = \frac{L}{\mu \cdot V_2} = \frac{6375}{0,65 \cdot 0,43 \cdot 3600} = 6,33 \text{ м}^2$$

Приймаємо  $F_2 = 7 \text{ м}^2$ .

Будуємо схему аерації дільниці.

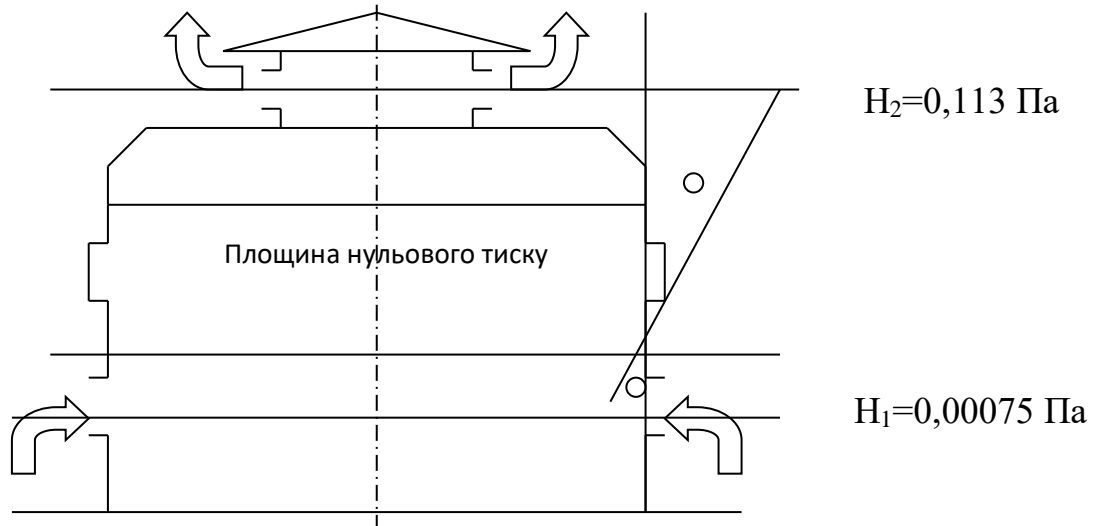


Рисунок 5.2 Принципова схема аерації дільниці відновлення валів.

#### 5.4 Евакуація при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах

Евакуація полягає у вивозі або виведенні робітників і населення за межу осередку хімічного ураження. Зволікання з евакуацією при аваріях на хімічно небезпечних підприємствах може привести до отруєння і загибелі людей. Якщо є захисні споруди з фільтровентиляційним обладнанням, то потрібно негайно укрити в них робітників, службовців підприємства і населення.

Документом, який визначає термін і порядок проведення евакуації, є розділ плану ЦО на мирний час. Він стосується захисту населення при аваріях на підприємствах, що використовують у своєму виробництві отруйні речовини. Планування евакуації населення, яке мешкає поблизу хімічно небезпечного підприємства, здійснюється по кожному об'єкту.

При плані евакуації враховують: небезпечні концентрації отруйних речовин можуть зберігатися від декількох годин до декількох діб; небезпечне ураження людей отруйними речовинами через шкіру не потребує застосування засобів захисту шкіри при евакуації;

особливості розповсюдження отруйних речовин.

У зв'язку із швидким розповсюдженням хмари сильнодіючої отруйної речовини збірні евакопункти не розгортаються

В умовах значної відстані від місць аварії евакуацію необхідно проводити комбінованим способом. Зони хімічного зараження при аваріях з розливанням СДОР можуть мати довжину від десятків метрів до десятків кілометрів. Це буде залежати від кількості розлитої СДОР, її виду, умов зберігання, а також від швидкості вітру і вертикальної стійкості повітря. Дуже важливо враховувати напрямок вітру, який може бути від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . У зв'язку з цим у плані ЦО повинно бути кілька варіантів відселення в залежності від напрямку вітру. Маршрути евакуації вибирають перпендикулярно до розповсюдження хмари СДОР. Розміщення евакуйованих планується в населених пунктах, що знаходяться за межею хімічного зараження, у будинках житлового сектора. У теплу погоду для розміщення евакуйованих використовують намети.

Відстань евакуації залежить від масштабу аварії, і, як правило, не перевищує 15 км від зони хімічного зараження. У пунктах тимчасового відселення передбачається розгортання медпунктів, підприємств торгівлі і інших необхідних засобів, які забезпечують життєдіяльність евакуйованого населення. Проведення евакуації. Штаб ЦО про аварію на хімічно небезпечному підприємстві сповіщає населення, доводить інформацію про аварію керівництву ЦО. Почувши текст оповіщення про аварію на хімічно небезпечному підприємстві, люди, які знаходяться в квартирах (будинках), негайно зачиняють вікна, вимикають нагрівальні прилади, газ, гасять вогонь. Попереджують сусідів. Одягають дітей та швидко виходять із зони хімічного зараження

Напрямок виходу населенню вказують представники служби охорони громадського порядку (ОГП). Якщо їх не буде близько, то потрібно йти в сторону,

перпендикулярну до напрямку вітру, бажано на підвищеній місцевості, яка добре провітрюється

Після виходу із зони хімічного зараження люди направляються на пункти збору, де розподіляються на тимчасове поселення.

Якщо дозволяє час і відстань від осередку хімічного ураження, то евакуація проводиться через ЗЕП. Організовується реєстрація, виділяється транспорт, формуються піші колони. Населення евакуюється у призначені райони, де тимчасово влаштовується органами державної влади.

## ВИСНОВКИ

В представленій магістерській роботі розроблено технологію виготовлення вугільних вставок тролейбусних струмознімачів з відпрацьованих матеріалів, яка дозволяє використовувати зношені вставки для подальшої експлуатації. Спроековано ділянку виготовлення вставок, розраховано споживання енергоносіїв.

Теоретичними і експериментальними дослідженнями підтверджено, що застосування запропонованої технології дозволяє підвищити довговічність вставок виготовлених з відпрацьованих матеріалів та позитивно впливає на підвищення їх зносостійкості.

Розроблені заходи по створенню безпечних та нешкідливих умов праці робітників на ділянці виготовлення вставок, розраховано вентиляцію та захисне заземлення електрообладнання, що дозволить забезпечити проведення робіт у відповідності з вимогами ДСТУ.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Акимов С. В. «Автомобильные генераторные установки» М:Транспорт 1995-118с.
2. Патент України 38485. Струмознімальний пристрій / Ванкевич П.І., Затхей Б.І. та ін.// Бюл.-2001.- №4.
3. Патент України 19814. Спосіб струмознімання / Счастливий Г.Г., Межений Ю.Я. та ін.// Бюл.-1997.- №6.
4. Патент України 48851. Струмознімальний ковзний елемент / Большаков Ю.Л., Большаков М.Ю. та ін. // Бюл.-2002.- №8.
5. Вестник ВНИИЖТ. Гершман И.С. Токосъёмные углеродно-медные материалы.
6. Либенсон Г. А. «Производство спеченных изделий» М: «Металлургия»1982г-256 с.
7. Височин Б. О. «Електроматеріалознавство» Київ-1971р, 164 с.
8. «Справочник по триботехнике» \Под ред. М. Хебды. А.В. Чичинадзе- М:Машиностроение, 1989г.-400с.
9. Кулу П. Износостойкость порошковых материалов и покрытий.– Таллин: Валгус, 1988.– 120 с.
10. Кузьменко А.Г. “Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність.”
11. Миценко І.М. Забезпечення життєдіяльності в навколишньому середовищі. – Кіровоград, 1998.
12. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.
13. Підвищення надійності машин при ремонті/ Смолінський В., Моргун Я., Йовенко В. та ін.// Техніка АПК.– 2000, №3.– С. 16-17.
14. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения. Справочник / И. М. Федорченко, И. Н. Францевич, И. Д. Радомысельский и др.; Под ред. И. М. Федорченко.- К.: Наукова думка, 1985.–



745с.

15. Сірий І. С., Колісник В. С. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.– К.: Урожай, 1995.– 264 с.