**Форма № Н-9.02**

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики
(повне найменування факультету)

Кафедра експлуатації та ремонту машин
(повна назва кафедри)

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
## до кваліфікаційної атестаційної роботи

бакалавр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Розробка технології відновлення та вибір матеріалу при нанесенні антифрикційних покриттів поверхонь тертя на базі ПП «Ковальов Авто» с. Соколівське Кропивницького району Кіровоградської області»

**Виконав:** здобувач першого (бакалаврського) освітнього рівня за ОПП 132 – «Матеріалознавство», групи МЗ-20СК-3

_____ Роман КОВАЛЬОВ

**Керівник:** _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

**Допустити до захисту:** _____ Сергій МАГОПЕЦЬ

**Рецензент:** _____ _____

**Кропивницький – 2023 рік**

**Форма № Н-9.01**

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра експлуатації та ремонту машин

Освітній рівень – бакалавр

Галузь знань – 13 – Механічна інженерія
(шифр і назва)

Спеціальність – 132 – Матеріалознавство
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
**Завідувач кафедри, доц. Сергій МАГОПЕЦЬ**
_____ «___» _____ 2023 року

# З А В Д А Н Н Я
## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Ковальову Роману Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технології відновлення та вибір матеріалу при нанесенні антифрикційних покриттів поверхонь тертя на базі ПП «Ковальов Авто» с. Соколівське Кропивницького району Кіровоградської області»
керівник роботи Шепеленко Ігор Віталійович, доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від « __ » _____ року № _____
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «08» червня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали переддипломної практики.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

*Загальний розділ.* Інформація про виробничу діяльність бази практики. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.

*Технологічний розділ.* Класифікація видів антифрикційних покриттів. Огляд антифрикційних матеріалів. Розробка технології відновлення деталі з нанесенням антифрикційних покриттів. Аналіз умов роботи деталі, що відновлюється. Основні причини виникнення дефектів. Складання маршруту відновлення. Вибір матеріалу покриття, обладнання, пристосувань, різального і вимірювального інструменту. Розрахунок режимів операції та норми часу на їх виконання.

*Організаційний розділ.* Перелік робіт, що виконуються на слюсарно-механічній дільниці. Розрахунок трудомісткості та показників режиму роботи на дільниці. Визначення кількості робітників та обладнання. Розрахунок площі та енергетичних показників слюсарно-механічної дільниці.

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

1. Класифікація способів нанесення антифрикційних покриттів (А2). 2. Схема реалізації способів отримання антифрикційних покриттів (А2). 3. Матеріали та пристрої для нанесення антифрикційних покриттів (А1). 4. Ремонте креслення деталі (А1). 5. Технологічні карти відновлення деталі (А1). 6. Планування слюсарно-механічної дільниці (А1).

6. Дата видачі завдання: 03.04.2023 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Загальний розділ | 05.05 | |
| 2 | Технологічний розділ | 15.05 | |
| 3 | Організаційний розділ | 25.05 | |
| 4 | Графічний матеріал | 05.06 | |

**Здобувач вищої освіти** _____ Роман КОВАЛЬОВ
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи** _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

## Анотація

Розроблена кваліфікаційна атестаційна робота складається з листів пояснювальної записки та 5 листів графічної частини. Пояснювальна записка до атестаційної кваліфікаційної роботи вміщує три розділи, в яких розкрити наступні питання.

В загальному розділі роботи представлена історія становлення підприємства ПП «Ковальов Авто». Обґрунтована тема кваліфікаційної атестаційної роботи.

У технологічному розділі розглянуті призначення та особливості існуючих методів нанесення антифрикційних покриттів. Значну увагу приділено матеріалам, що використовуються в якості антифрикційного. Показано переваги фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО). На прикладі веденої шестерні шестеренного насосу типу НШ показано можливість та доцільність використання технології ФАБО при відновленні поверхонь тертя деталей.

В організаційному розділі виконанні розрахунки що стосуються проектування слюсарно-механічної дільниці. А саме: розрахунок трудомісткості робіт, кількості робітників та обладнання, режимів роботи, площі дільниці, основних потреби у енергоресурсах. Визначені вимоги до техніки безпеки та охорони праці, що висувають при проектуванні слюсарно-механічної дільниці.

Зміст

стр.

Вступ.....

**1. Загальний розділ**.....

1.1. Приватне підприємства «Ковальов Авто» …….

1.2. Обґрунтування теми бакалаврської кваліфікаційної роботи …

**2. Технологічний розділ**.....

2.1. Підвищення зносостійкості деталей машинобудування застосуванням різних покриттів ……

2.2. Значення та класифікація антифрикційних покриттів, що використовуються в машинобудуванні ……

2.3. Антифрикційні покриття ……..

2.3.1 Антифрикційні матеріали «старого» типу…….

2.3.2 Антифрикційні самозмазуючі матеріали……

2.4. Вибір деталі для використання технології нанесення антифрикційних покриттів при відновленні деталей……

2.5. Умови роботи шестеренних насосів…….

2.6. Характеристика і конструктивні особливості деталі, що відновлюється……..

2.7. Процес дефектації деталі – шестерня ведена…….

2.8. Складання технологічних маршрутів відновлення деталі…….

2.9. Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталі

2.10. Особливості процесу ФАБО……

2.11. Вибір матеріалу антифрикційного покриття, отриманого ФАБО

2.12. Розробка технологічного процесу відновлення деталі – шестерня ведена…….

2.13. Обґрунтування вибору обладнання, пристосувань, різального і вимірювального інструменту……

2.14. Вибір режимів та нормування технологічних операцій……

**3. Організаційний розділ**……

3.1. Організація виконання робіт на слюсарно-механічній дільниці …

3.2. Визначення трудомісткості робіт на слюсарно-механічній дільниці

3.3. Режим роботи підприемства і розрахунок річних фондів часу ….

3.4. Розрахунок робочої сили і робочих місць ……

3.5. Розрахунок, обґрунтування і вибір технологічного обладнання …

3.6. Розрахунок площі слюсарно-механічної дільниці ……..

3.7. Розрахунок вентиляції …….

3.8. Розрахунок та вибір освітлення ……

3.8.1. Розрахунок природного освітлення……

3.8.2. Розрахунок штучного освітлення…….

3.9. Визначення річної необхідності дільниці у електроенергії…….

3.10. Розрахунок пари і палива……

3.11. Розрахунок витрат води…….

3.12. Розрахунок витрат стиснутого повітря…….

3.13. Техніка безпеки та охорона праці під час виконання робіт на слюсарно-механічній дільниці……..

Висновки….....

Список використаної літератури.....

# 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1. Приватне підприємства «Ковальов Авто»

З часом кількість автомобілів, які досягають критичного стану і потребують відновлення, зростає. В нашій країні ця проблема особливо пов’язано з тим, що кількість машин, які потребують ремонту, перевищує кількість нових автомобілі. Для подолання цієї проблеми ще в минулому столітті стали активно з’являтися мережи пунктів та станцій технічного обслуговування (СТО) для підтримки автомобілів у робочому стані. На СТО проводився гарантійний ремонт і технічне обслуговування, а з часом почали виконувати й капітальний ремонт окремих вузлів та автомобілів в цілому.

Цілком розуміючи проблеми при експлуатації автомобілів головний інженер державного на тої час підприємства СТО Олександр Степанович Ковальов, побудував власне СТО та ввів його в експлуатацію. Зараз це відоме на всю область підприємство має назву ПП «Ковальов Авто» та зареєстровано за адресою: «Україна, 27641, Кіровоградська обл., Кропивницький район, с. Соколівське, провулок Гаражний 17» [1].

Територія СТО займає площу 0,38 га, має два виробничих корпуси загальною площею близько 1000 м², а також адміністративну будівлю, кафе і автостоянку (рис.1.1 – 1.4).



а)




б)

Рис.1.1. Бокси для ремонту двигуна (а) та ходової частини



Рис.1.2. Дільниця діагностування автомобілів




Рис.1.3. Виконання робіт з діагностування ходової частини

Потужності СТО дозволяють одночасно виконувати ремонтні роботи, а також обслуговувати до п’яти автомобілів.

Головна мета ПП «Ковальов Авто» – розвиток інфраструктури автосервісу, надання послуг з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, торгівля та інші види діяльності.

Незважаючи на складну ситуацію в країні, підприємство постійно зростає як в організаційному, так і в матеріальному плані (з’являться нові сучасні стенди, обладнання тощо).

Великий досвід управління, організаційні здібності, великий авторитет Олександра Степановича Ковальова дозволяє організувати діяльність підприємства, впевнено рухатися далі та якісно надавати послуги з ремонту та технічного обслуговування легкових та вантажних автомобілів.

## 1.2. Обґрунтування теми бакалаврської кваліфікаційної роботи

Одним із суттєвих резервів підвищення ефективності використання техніки та економії матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів у різних сферах економіки країни є відновлення зношених деталей.

Економічна доцільність відновлення зумовлена можливістю повторного використання 65-75% деталей. При цьому собівартість відновлення деталей не перевищує 75% вартості нових, а витрата матеріалів до 20 разів нижча, ніж під час відновлення деталей.

Одним із численних способів відновлення деталей є нанесення покриттів різними методами. Більш того, прийнято вважати, що «з точки зору підвищення надійності і ресурсу необхідно, щоб кожна деталь незалежно від матеріалу виготовлення мала захисне покриття відповідно до свого прямого призначення та умов експлуатації» [2].

Покриття, що використовуються в машинобудуванні, прийнято класифікувати за різними ознаками. Так за призначенням можна виділити наступні види покриттів:

1. Зносостійкі;
2. Корозійностійкі;
3. Антифрикційні;
4. Теплозахисні та інш.

«Особливе місце серед покриттів займають антифрикційні (покриття з низьким коефіцієнтом тертя), нанесені на поверхню тертя з метою забезпечення сприятливих антифрикційних властивостей» [3].

В машинобудуванні антифрикційні покриття відіграють особливу роль, оскільки вони сприяють зниженню коефіцієнта тертя на поверхні тертя. Це дозволяє покращити ефективність руху, знизити знос та енерговитрати, а також підвищити тривалість експлуатації механізмів і деталей.

Враховуючи важливість антифрикційних покриттів для захисту робочої поверхні деталей актуальним уявляться розробка технологій відновлення поверхонь тертя нанесенням антифрикційних покриттів. Особливу увагу при цьому слід звернути на вибір матеріалу, який багато в чому визначає експлуатаційні властивості поверхні відновленої деталі.

# 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 2.1. Підвищення зносостійкості деталей машинобудування застосуванням різних покриттів

Статистичні дані свідчать, що понад 80% машин і механізмів виходить з ладу внаслідок зношування деталей, що працюють на тертя (підшипників, цапф, зубчастих коліс, деталей ущільнень, муфт, шліцьових з'єднань, ковзних напрямних та ін.). Відомо, що знос перебуває в прямій залежності від швидкостей, навантажень, потужностей і режимів експлуатації машин. У зв'язку з цим багато галузей техніки зіткнулися із серйозною проблемою: матеріали "старого" типу себе вичерпали. Деталі пар, що труться, виготовлені з таких матеріалів, не відповідають вимогам надійності та довговічності. Цей факт перешкоджає вдосконаленню та розвитку нової техніки [4].

Вирішення цієї проблеми можливе такими шляхами:

1. Створення нових перспективних антифрикційних матеріалів.

2. Створення нових типів антифрикційних покриттів.

3. Створення нових сучасних мастил, що відповідають вимогам сучасної техніки.

На наш погляд, напрямок у галузі створення та застосування антифрикційних покриттів є перспективним, своєчасним і дасть змогу знайти нові резерви для підвищення зносостійкості деталей машин і механізмів.

Слід мати на увазі, що антифрикційні покриття деталей – велика галузь науки і техніки, що охоплює багато розділів фізики, хімії та механіки. Автором [5] запропоновано класифікацію антифрикційних покриттів за позитивним градієнтом властивостей за глибиною (рис. 2.1). Позитивний градієнт властивостей за глибиною показує, що руйнівна напруга локалізується в зоні тонкого поверхневого шару. Якщо $\frac{d\tau}{dZ} < 0$, тобто зв'язок міцніший за нижчі шари, руйнування відбуватиметься по слабшому місцю,

тобто існуватиме внутрішнє тертя. Щоб ефект внутрішнього тертя здійснювався безперервно і щоб виключити можливість переходу зовнішнього тертя у внутрішнє, в інженерній практиці заведено використовувати нанесення тонких антифрикційних покриттів. Класифікація видів антифрикційних покриттів (рис. 2.1) не тільки чітко охоплює всі наявні види покриттів, а й слугує керівництвом під час розроблення нових, досконаліших видів покриттів.

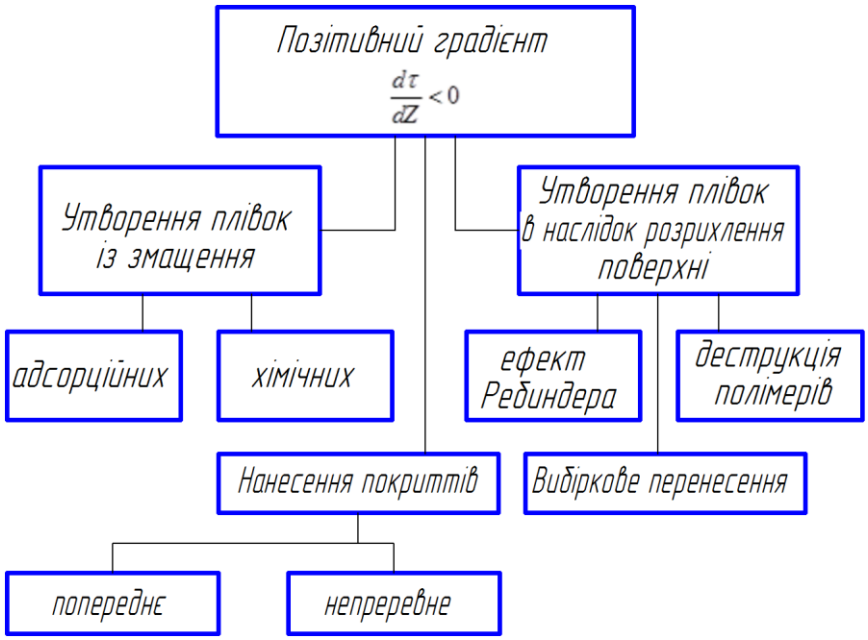



Рис.2.1. Класифікація видів антифрикційних покриттів [5]

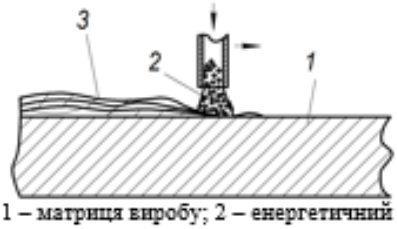
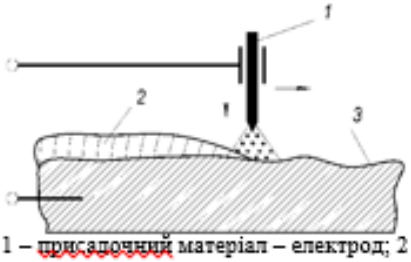
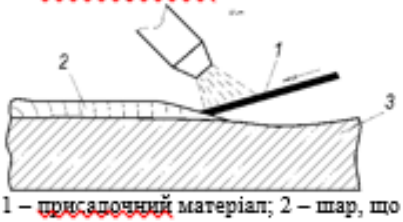
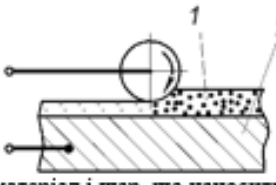
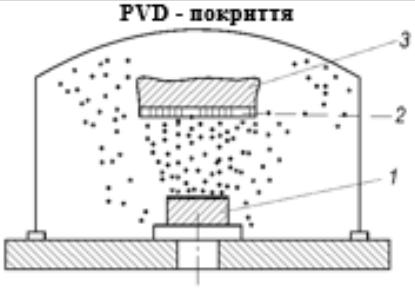
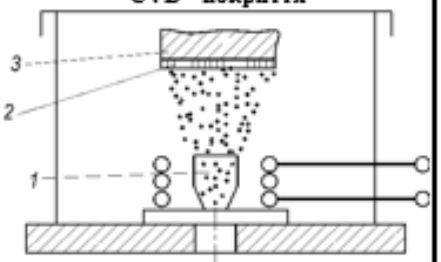
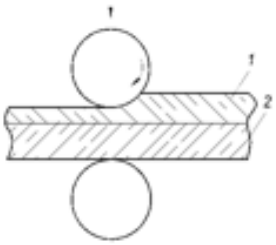
## 2.2. Значення та класифікація антифрикційних покриттів, що використовуються в машинобудуванні

«Антифрикційні (від анти... і лат. Frictio – тертя) покриття мають низький коефіцієнт тертя і застосовуються для виготовлення деталей пар тертя, які працюють в умовах тертя ковзання (підшипників, вкладок, напрямних втулок та ін.). Антифрикційні покриття (матеріали) використовують для роботи як в умовах тертя з мастилом, коли в парах тертя використовують рідкі оливи, пластичні мастила на нафтовій або синтетичній основі, так і сухого тертя (у газах, повітрі, вакуумі), у малов'язких рідинах,

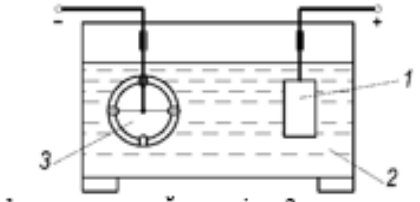
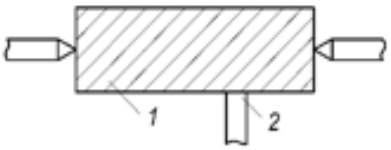
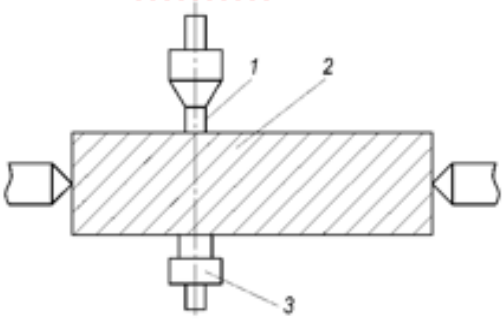
які не мають змащувальних властивостей (вода, органічні розчинники, паливо)» [6].

Слід також зазначити, що крім виконання своїх основних функцій з підвищення антифрикційних властивостей поверхні, ці покриття можуть використовуватися для відновлення, припрацювання, виконувати функції твердого мастила, також поєднувати всі ці властивості (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Класифікація основних способів отримання антифрикційних покриттів за призначенням [3]

| Схема реалізації | Область використання |
|---|---|
| 1 | 2 |
| **Газотермічне напилення**<br><br>1 – матриця виробу; 2 – енергетичний потік, що вміщує напилюючи частинки; 3 – покриття<br>**Електродугове наплавлення**<br><br>1 – присадочний матеріал – електрод; 2 – шар, що наплавляється; 3 – матриця виробу<br>**Газодолуменеве наплавлення**<br><br>1 – присадочний матеріал; 2 – шар, що наплавляється; 3 – матриця виробу<br>**Електроконтактне припікання**<br><br>1 – матеріал і шар, що наноситься; 2 – матриця виробу | ВІДНОВЛЕННЯ |
| **PVD - покриття**<br><br>1 – присадочний матеріал; 2 – покриття; 3 – матриця виробу<br>**CVD - покриття**<br><br>1 – присадочний матеріал; 2 – покриття; 3 – матриця виробу<br>**Термомеханічне плакування**<br><br>1 – шар матеріалу, що наноситься; 2 – матриця виробу | ВІДНОВЛЕННЯ, ПРИПРАЦЬОВАННЯ |

Продовження табл.2.1

| 1 | 2 |
|---|---|
| **Електролітичне осадження**<br><br>1 – присадочний матеріал; 2 – електроліт; 3 – виріб<br>**ФАБО**<br><br>1 – інструмент, 2 –деталь, що оброблюється<br>**Комбінована обробка**<br><br>1 – легуючий електрод; 2 – деталь, що обробляється; 3 – колодка для нанесення покриттів | ВІДНОВЛЕННЯ, ПРИПРАЦЬОВАННЯ, ТВЕРДЕ ЗМАЩЕННЯ |

«Найчисленніша категорія – відновлювальні покриття, основне призначення яких відновлення розмірів деталей» [3].

«Припрацювальні покриття наносять з метою поліпшення умов припрацювання та запобігання можливості виникнення задирів і схоплювання» [3].

«Основне призначення твердомастильних покриттів, що наносяться на робочі поверхні деталей, - забезпечення мастильної дії в широкому діапазоні температур» [3].

Отже, за результатами проведення літературного обзору та аналізу табл.2.1 можна стверджувати про великі можливості застосування антифрикційних покриттів при відновленні деталей. Крім того, способи нанесення покриттів, багато, вони ґрунтовно досліджені [7, 8 та ін. ].

Вибір методи нанесення покриттів, залежить в від ряду факторів, серед яких ми хочемо виділити матеріал нанесення покриття. Але спочатку з’ясуємо, щодо властивостей антифрикційних покриттів.

## 2.3. Антифрикційні покриття

Як відомо, антифрикційні матеріали призначені для виготовлення деталей, що працюють на тертя. З таких матеріалів виготовляють вкладиші підшипників ковзання, вінці зубчастих і черв'ячних коліс, сепаратори підшипників кочення, напрямні різних машин, якими здійснюють ковзання тих чи інших механізмів, і низку інших деталей. Антифрикційні матеріали повинні мати властивості, що забезпечують не тільки низькі значення коефіцієнта тертя, а й високу зносостійкість. Відома група антифрикційних матеріалів «старого» типу, які якоюсь мірою задовольняли вимогам машинобудування. Однак подальший розвиток низки галузей загального машинобудування, розвиток спеціальних галузей техніки зажадали створення нових, більш досконалих антифрикційних матеріалів, що мають специфічні властивості. Особливу групу матеріалів складають самозмащувальні антифрикційні матеріали.

Нові антифрикційні самозмащувальні матеріали нині широко застосовують у загальному машинобудуванні та в спеціальних галузях техніки. Завдяки здатності «самозмащувати» поверхні, що труться, ці матеріали не потребують подачі мастила «з боку», і в цьому їхня основна перевага. Існує багато видів антифрикційних самозмащувальних матеріалів. Механізм змащувальної дії їхніх матеріалів багато в чому визначається принципом побудови матеріалу, компонентами, що входять до його складу, основою - зв'язкою матеріалу.

Основною характерною особливістю самозмащувальних матеріалів є те, що всі вони утворюють на поверхні тертя плівку (покриття) тієї чи іншої природи, що володіє всіма необхідними властивостями мастильної антифрикційної плівки. У деяких випадках, антифрикційні самозмащувальні матеріали застосовуються не для виготовлення робочих деталей (наприклад, підшипників або зубчастих коліс), а як речовини, що сприяють безперервній генерації змащувальної плівки – покриття між двома деталями, що труться. Коротко зупинимося на основних антифрикційних матеріалах, названих вище.

### 2.3.1 Антифрикційні матеріали «старого» типу

Антифрикційні матеріали такого активно застосовують для утворення плівок на поверхнях тертя, і з цього погляду вони становлять певний інтерес.

**Бабіти.** До антифрикційних матеріалів старого типу слід віднести насамперед металеві матеріали та деревину. З металевих матеріалів широкого поширення набули бабіти, які були розроблені в 40-х роках минулого століття Баббітом. Перші бабіти виготовляли на олов'яній основі з добавками сурми і міді. Пізніше з'явилися бабіти безолов'янисті на основі свинцю, що містять різні добавки. Бабіти на олов'яній основі мають кращі експлуатаційні властивості, але вартість їх вища.

У малоолов'янистих свинцево-сурм'янистих бабітах як додаткові легувальні елементи використовують мідь, миш'як, кадмій, нікель, телур і магній. Бабіти, як правило, наносять тонким шаром на робочу частину вкладиша підшипника ковзання.

**Сплави на мідній основі**. Антифрикційні сплави на мідній основі представлені двома видами - бронзами і латунями. Бронза - це переважно сплав міді з оловом, латунь - сплав міді з цинком. Бронзи є основними антифрикційними металевими матеріалами. Найчастіше бронзи застосовуються у вигляді вкладишів підшипників ковзання, проте останнім часом їх дедалі ширше використовують як компоненти порошкових антифрикційних матеріалів або як порошкоподібні наповнювачі високополімерних антифрикційних матеріалів. Бронзові порошки застосовуються також як наповнювачі тонкошарових покриттів на високополімерній основі. Крім того, бронзові порошки знайшли застосування у вигляді основи для порошкових матеріалів або тонкошарових пористих покриттів, які просочуються тими чи іншими твердими мастилами або високополімерними матеріалами.

Аналізуючи існуючі численні види бронз [9], як антифрикційні рекомендують переважно олов'яні бронзи, у яких основним легуючим

елементом є олово. До складу цих бронз входять також свинець, цинк, фосфор, нікель. Олов'яні бронзи мають винятково високі антифрикційні властивості: хороше припрацьовування, мале зношування, низькі значення коефіцієнта тертя під час роботи в парі зі сталлю.

Алюмінієві бронзи також застосовуються як антифрикційні матеріали. У цьому випадку одним із компонентів бронзи є свинець. Він покращує антифрикційні властивості алюмінієвих бронз. В особливу групу слід виділити бронзи з підвищеним вмістом свинцю (10...60%). Такі бронзи мають високі антифрикційні властивості. Для поліпшення припрацьовуваності підшипників зі свинцевих бронз до їхнього складу вводять до 3% срібла або наносять на поверхню тертя тонкий шар свинцю та індію.

**Антифрикційні чавуни**. Незважаючи на низьку вартість, чавуни застосовуються досить рідко як антифрикційні матеріали. Пояснюється це насамперед їхньою низькою зносостійкістю порівняно з іншими металевими антифрикційними матеріалами. Чавуни як антифрикційні матеріали знайшли застосування в сільськогосподарському машинобудуванні, у вузлах з невеликими швидкостями ковзання і низькими навантаженнями. У практиці як антифрикційні матеріали застосовують три типи антифрикційних чавунів: сірі з пластинчастим графітом; модифіковані, що містять глобулярний графіт; ковальські, які володіють високою пластичністю (зі збільшенням вільного графіту в чавунах поліпшуються їхні антифрикційні властивості).

Порошкові антифрикційні матеріали. Під час використання цих видів антифрикційного матеріалу враховують такі напрями:

1) Виготовлення антифрикційних матеріалів з металевих порошків за технологією, що забезпечує наявність пор. Ці пори надалі заповнюються рідким мастилом, що є мастильним середовищем. Такі матеріали, як правило, виготовляють методом порошкової металургії.

2) Виготовлення антифрикційних матеріалів з металевих порошків і деякої кількості порошку, що є твердим мастилом (молібденіт, нітрид бору, фоторнласт та ін.). У таких матеріалах наявність пір абсолютно не

обов'язкова, а механізм їхньої дії полягає в змащувальній здатності твердих мастил. Ці матеріали так само, як і перші, виготовляються методом порошкової металургії.

3) Виготовлення металокерамічних антифрикційних матеріалів. Роботи в галузі металокераміки мають на меті створення матеріалів, що поєднують властивості металів і вогнетривкої кераміки, тобто таких матеріалів, у яких існують іонні та металеві молекулярні сили зв'язку. Відомі до теперішнього часу металокерамічні мастильні матеріали складаються з вогнетривких оксидів, карбідів металів і таких металів, як хром, кобальт, нікель, алюміній, берилій, молібден.

4) Виготовлення антифрикційних порошкових матеріалів, у яких сполучним компонентом служить високополімерна смола. Такі матеріали можуть виготовлятися шляхом полімеризації, якщо як сполучна речовина застосовується термореактивна смола, і литтям, якщо сполучною речовиною служить термопластична смола. Змащувальні компоненти в цих матеріалах, як правило, тверді мастила: нітрид бору, фталоціанін міді, молібденіт, графіт тощо.

### 2.3.2 Антифрикційні самозмазуючі матеріали

Антифрикційні самозмащувальні матеріали можна класифікувати за такими ознаками:

1) за типом змащувальної речовини, що міститься в матеріалі (рідкі, пластичні, тверді мастила і полімери);

2) за механізмом змащування (утворення полімерних плівок на поверхні тертя; металевих мил або адсорбованих шарів полярно-активних речовин; хімічних плівок; тонких плівок твердих пластинчастих змащувань);

3) за методом введення змащувальних речовин (разове, періодичне, у процесі виготовлення матеріалу, після виготовлення матеріалу тощо);

4) за типом сполучної речовини (полімерна, металева, керамічна);

5) за методом виготовлення (лиття під тиском, статичне пресування, динамічне гаряче пресування, затвердіння з рідкої фази тощо).

Спеціалізованими організаціями та лабораторіями промислових підприємств багатьох країн розроблено та отримано велику кількість антифрикційних самозмащувальних матеріалів різних типів. Більшість матеріалів створюється методом підбору типів і пропорції компонентів, що у своїй основі є хибним і, звісно, не може призвести до позитивних результатів.

**Антифрикційний самозмащувальний матеріал ПМ.** Антифрикційний матеріал ПМ являє собою складну композицію, до складу якої входить внутрішньопачковий пластифікатор, що складається з малов'язкої полярно-активної мінеральної олії, літієвих і кальцієвих мил, і наповнювач у вигляді дрібнодисперсних порошків. Матеріал ПМ виготовляється методом гарячого пресування в прес-формах. Завдяки наявності пластифікатора матеріал ПМ є самозмащувальним. Молекули пластифікатора внаслідок того, що матеріал перебуває в термодинамічно нестійкому стані, мігрують на поверхню, забезпечуючи ефективне граничне змащення.

**Маслянітами** названо групу самозмащувальних антифрикційних матеріалів, розроблених у лабораторії спеціального матеріалознавства, побудованих за одним принципом, але таких, що мають різний склад і технологію виготовлення, що продиктовано необхідністю отримання матеріалів із різними властивостями.

Матеріали групи "масляніт" знайшли широке застосування в загальному машинобудуванні. З масляніту виготовляють різні деталі тертя, зокрема вкладиші підшипників ковзання, зубчасті колеса, напрямні ковзання різних механізмів, наприклад напрямні шлюзових затворів низки гідростанцій.

**Антифрикційний самозмащувальний матеріал ФТ-1А.** Особливість цього матеріалу полягає в тому, що завдяки його специфічному складу і

структурі на поверхні тертя контртела (наприклад, сталевого вала) утворюється тонка плівка (покриття) нової хімічної сполуки. Дослідження дії йодидів кадмію, свинцю та вісмуту показало важливу роль хімічних процесів, що призводять до якісної зміни поверхневих шарів металів.

Товщина, склад, механічні властивості поверхневих плівок і міцність зчеплення їх з підкладкою визначають значною мірою властивості пар, що труться. Плівки відіграють важливу роль у захисті металевих поверхонь від схоплювання. У зв'язку з цим застосування активних твердих мастил у парах тертя дає змогу докорінно змінити їхні протизносні та антифрикційні властивості. Так, знос фторопластових композиційних матеріалів, наповнених металевими порошками, може зменшуватися при введенні йодидів приблизно у 20-100 разів. Характерною особливістю матеріалу ФТ-1А є його висока зносостійкість і термостійкість. Матеріали цього типу можуть працювати тривалий час за об'ємних температур до 250°С без змащення.

**Антифрикційний самозмащувальний матеріал ЛГС** призначений для роботи в умовах нормальних і високих температур. Одним із компонентів матеріалу є присадка ГС. Матеріал ЛГС має високу зносостійкість і знайшов застосування в загальному машинобудуванні та приладобудуванні. На поверхні контртела матеріал ЛГС утворює товсті антифрикційні зносостійкі плівки, у зв'язку з чим він знайшов широке застосування в ротопринтному методі. Допустима робоча температура матеріалу дорівнює 250 - 270°С, коефіцієнт тертя при цьому не перевищує величини 0,08 - 0,1.

**Антифрикційні самозмащувальні порошкові матеріали.** Відомо, що антифрикційні властивості металокерамічного виробу, що містить тверде мастило, значною мірою залежать від кількості твердого мастила, яке вводиться до його складу. Так, для утворення сухої змащувальної плівки на поверхні тертя матеріал повинен містити графіту понад 30%, молібденіту

понад 50%. Пояснюється це тим, що порошки твердих мастил за високої дисперсності мають малу насипну масу і величезну поверхню контакту.

При приготуванні шихти (в процесі перемішування) металеві частинки обмазуються плівкою твердих мастил, яка перешкоджає їх спіканню. Взаємодія твердих мастил з металами і з захисно-відновлювальною атмосферою перебуває в прямій залежності від поверхні контакту.

Під час використання пластинчастих твердих мастил, наприклад, лускатого графіту або молібденіту, що мають великий розмір частинок, встановлено, що ці мастила розташовуються у виробі своїми великими площинами перпендикулярно до лінії дії посилення пресування. У результаті цього у відпресованому підшипнику пластинки твердого мастила розташовані торцями відносно твірної поверхні цапфи, що різко погіршує антифрикційні властивості підшипника.

Варіантами отримання металокерамічних антифрикційних матеріалів є:

1) частинки твердих мастил хімічним способом покривалися шаром металу або шаром оксидів металів. Товщина нанесеного шару могла регулюватися і практично могла бути будь-якою. З такого порошку виготовляли матеріали або цей порошок вводили як один із компонентів до складу шихти;

2) порошки твердих мастил (наприклад, колоїдного графіту і дисульфіду молібдену) обробляли сполучними речовинами. Як такі речовини були досліджені епоксидна смола, силікат натрію і свинець.

Дані робіт [10] показали, що антифрикційні самозмащувальні матеріали, виготовлені за описаним вище методом, мають високі антифрикційні властивості та зносостійкість. Матеріали цієї групи знайшли застосування в багатьох галузях промисловості. Характерною особливістю є високі допустимі питомі навантаження (до 300 кгс/см$^2$) і високі робочі температури (до 500° С).

## 2.4. Вибір деталі для використання технології нанесення антифрикційних покриттів при відновленні деталей

Пропонуємо на прикладі веденої шестерні шестеренного насосу типу НШ дослідити все переваги нанесення антифрикційних покриттів при відновленні деталі

Вибір деталі обумовлений широким розповсюдженням шестеренних насосів типу НШ у тому числі і гідравлічних системах автомобіля (табл.2.2).

Таблиця 2.2 – Застосовність гідронасосів [11]

| Модель автомобіля | Застосовувані гідровузли | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Рульове керування | Підйом платформи | Перекидаючий пристрій | Гальма |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| МАЗ-64227 | НШ32УК-3 | | | |
| МАЗ-54332 | | | | |
| МАЗ-5337 | | | | |
| МАЗ-5551 | | НШ32УК-3 або НШ32М-4 | | |
| МАЗ-5516 | | НШ50А-3 або НШ50УК-3 | | |
| БелАЗ-75406 | НШ50М-4 | | НШ50М-4 | |
| БелАЗ-7548 | НШ50М-4 | | НШ50М-4Л | |
| БелАЗ-7555 | НШ100А-3 | | НШ100А-3Л | |
| БелАЗ-7549 | | | | |
| БелАЗ-7512 | НШ100А-3 | | НШ100А-3Л | |
| БелАЗ-535 | НШ50М-4 | | НШ50М-4Л | |
| МоАЗ-7505 | НШ100А-3 | | | |
| МоАЗ-7405 | | | | |
| ЗИЛ-ММЗ | | НШ32УК-3Л | | |
| ГАЗ-САЗ | | НШ32М-3Л | | |

Продовження табл.2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| КрАЗ-65 10 | | НШ50А-3Л | | |
| КамАЗ-6520, КамАЗ-6522, КамАЗ-6540 | | | | |
| КамАЗ-55111, КамАЗ-65115, КамАЗ-65111 | | НШ32А-3Л | | |
| Урал-5557, Урал-55571 | | НШ32А-3Л | | |

## 2.5. Умови роботи шестеренних насосів

Досвід експлуатації шестерних насосів типу НШ у гідравлічних системах автомобілів, тракторів і металорізальних верстатів показує, що конструкцію цих насосів відрізняє простота і вони не вимагають протягом усього терміну служби ремонтних впливів. Це пояснюється їх надійною роботою, у порівнянні з іншими типами насосів у тяжких умовах, простотою конструкції і технічного обслуговування, малими габаритами та вагою [11].

Широке поширення одержали шестеренні насоси наступних марок: НШ-32А-2, НШ-50А-2, НШ-100А-3, що випускаються ПАТ «Гідросила», м.Кропивницький.

Насоси гідравлічних систем працюють у тяжких умовах пов'язаних з дією багатьох факторів, що впливають як на працездатність, так і на термін служби насосів НШ.

До цих факторів варто віднести дію знакозмінних температурних режимів, пов'язаних з температурним балансом під час роботи гідросистеми та впливом змінних температурних режимів навколишнього середовища; циклічні механічні навантаження, які виникають під дією пульсуючого тиску робочої рідини.

Працездатність агрегатів гідросистем в основному визначаються наявністю в робочому середовищі забруднень, що сприяють відмовам у роботі гідросистем.

Найбільш істотними забруднювачами робочої рідини гідросистеми є атмосферний пил, продукти зношування деталей і компоненти окислювання робочої рідини. При цьому найбільша кількість забруднень накопичуються в результаті зношування матеріалів і особливо в перші 50 - 60 годин роботи гідросистеми.

Зазор у з'єднанні «цапфа - підшипникова обойма» по технічних умовах перебуває у межах 23...25 мкм. Потрапляючи в зазор між поверхнями тертя, абразивні частки викликають не тільки підвищене зношування, але й можуть збільшити сили тертя, у результаті цього зростає їх ріжуча дія, що дряпає. Дане сполучення сприймає тиск не менш 10 МПа з боку нагнітального каналу гідронасоса. Тому збільшення зазору в сполученні спричиняє підвищене зношування підшипникової обойми, і як результат, падіння тиску і об'ємного ККД насоса.

З'єднання «цапфа - підшипникова обойма» і «цапфа - підтискна обойма» визначають тривалість періоду припрацювання всього насоса. Тривалість періоду припрацювання даних з'єднань залежить від здатності поверхонь, що сполучаються, придбати оптимальні характеристики, що забезпечують процес нормального зношування деталей сполучення.

Таким чином, аналіз умов роботи насоса показують, що одним з резервів підвищення його ресурсу є скорочення періоду приробітки з'єднань «цапфа - підшипникова обойма» і «цапфа - підтискна обойма». Це можна

досягнути за рахунок нанесення на робочу поверхні цапф шестерен антифрикційних покриттів.

## 2.6. Характеристика і конструктивні особливості деталі, що відновлюється

Назва деталі – шестерня ведена

Матеріал деталі: сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-81 (хімічний склад та фізико-механічні властивості матеріалу деталі наведені в табл.2.3, 2.4)

Твердість матеріалу: HRC 58…62.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад стали 18ХГТ [9]

| Зміст елементів, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Основний склад | | | | | | | Домішки | | |
| C | Cr | Mn | Si | Ni | Mo | Ti | Al | S | P |
| 0,17-0,3 | 1,0-1,3 | 0,8-1,1 | 0,17-0,37 | ≤0,25 | - | 0,06-0,12 | - | 0,02 | 0,03 |

Примітка: інше - залізо.

Таблиця 2.4 - Фізико-механічні властивості стали 18ХГТ [9]

| Границя текучості $\sigma_т$, МПа | Границя міцності при розтягу $\sigma_в$, МПа | Відносне подовження δ, % | Відносне звуження ψ, % | Твердість за Бринелем, НВ |
|---|---|---|---|---|
| 900 | 1000 | 9 | 40 | 217 |

Деталь є технологічної, тому що її виготовлення не вимагає спеціального устаткування і оснащення, вимірювального інструмента для контролю оброблюваних поверхонь при виготовленні та відновленні.

## 2.7. Процес дефектації деталі – шестерня ведена

Дефекти веденої шестерні згруповані та наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Дефекти веденої шестерні і способи їх усунення

| Найменування дефекту | Коефіцієнт повторюваності дефекту | | Основний спосіб усунення дефекту |
|---|---|---|---|
| | від загальної кількості деталей, що надійшли на дефект. | від загальної кількості ремонтно-придатних деталей | |
| 1. Зношування поверхонь цапф до розміру менш ∅29,94 мм | 0,97 | 1 | Шліфування до ремонтного розміру |
| 2. Зношування поверхонь головок зубів по діаметрі менш ∅59,77 мм | 0,91 | 1 | Шліфування до ремонтного розміру |
| 3. Зношування вінця до розміру 30,9 мм | 0,9 | 1 | Шліфування до ремонтного розміру |

## 2.8. Складання технологічних маршрутів відновлення деталі

Відомо, що деталі, які підлягають відновленню, мають, як правило не один дефект, а декілька. Їх кількість залежить від конструкції деталі.

«Чим складніша деталь, тим кількість можливих дефектів на ній буде більша. Маршрутна технологія являється найбільш раціональною формою організації відновлення деталей на сучасному ремонтному виробництві, а дефекти на деталях з’являються у визначених повторюваних перерізах. Тому він запропонував технологічні процеси відновлення деталей розроблювати не

на усунення кожного дефекту окремо, а на визначені сполучення дефектів» [4].

«Кожна деталь може мати декілька маршрутів відновлення. Ці маршрути визначають шляхом проведення спеціальних досліджень. При визначенні маршрутів відновлення необхідно користуватися наступними основними принципами:» [12]

«- сполучення дефектів в кожному маршруті повинно бути дійсним (реально існуючим). Дійсні сполучення дефектів встановлюють шляхом проведення спеціальних досліджень;

- кількість маршрутів відновлення кожної деталі повинно бути мінімальним. Велика кількість маршрутів ускладнює організацію виробництва, збільшує обсяг технологічної документації, вимагає розширення складських помешкань, затрудняє планування і облік виробничих дільниць. Тому кількість маршрутів по кожній деталі повинна бути в межах двох-трьох, а для складних деталей не більше п’яти;

- при формуванні маршрутів необхідно враховувати спосіб відновлення, що використовується;

- відновлені деталі на даному маршруті повинні бути економічно обґрунтовані. Якщо витрати на відновлення деталі, віднесені до одиниці її наробітки, будуть менші відповідних питомих витрат на виготовлення деталі, то відновлення деталі на даному маршруті вважається недоцільним» [12].

Керуючись вищевикладеним складаємо маршрути відновлення веденої шестерні

Таблиця 2.6 – Сполучення можливих дефектів і групування їх по маршрутам відновлення

| Номер маршруту | Номер дефекту | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | + | + | - |
| 2 | - | + | - |
| 3 | - | + | + |
| 4 | - | - | + |
| 5 | + | + | + |

Враховуючи вищевикладене обираємо 5 маршрут відновлення.

## 2.9. Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталі

При виборі способів відновлення стосовно до підприємств по спеціалізованому відновленню деталей рекомендується методика [13]. «Сутність рекомендованої методики полягає в наступному. Розглядають різні потенційно можливі способи відновлення, що відповідають критерію використовності ($к_т = 1$), і вибирають ті, які забезпечують необхідний ресурс відновлених деталей, тобто відповідають необхідному значенню коефіцієнта довговічності ($к_д \geq 0,85$). З способів, що відповідають коефіцієнту довговічності, вибирають відповідні найбільші значення коефіцієнтів техніко-економічної ефективності $к_{т.еф.}$, який пов’язує продуктивність способу відновлення і його економічність.

«Вибір раціонального способу відновлення деталі за критерієм застосовності виконуємо за наступними етапами» [13].

«1 етап. Відбираємо всі існуючі способи відновлення, що забезпечують необхідну товщину, твердість, зчепленність і шорсткість відновленої поверхні» [13].

«2 етап. Розглядаємо способи з погляду їхнього впливу на невідновлювані поверхні, деталь у цілому, а так само оцінюємо вплив відновленої поверхні на показники надійності сполученої деталі» [13].

«3 етап. Способи, що залишилися, розглядаємо з погляду технологічної можливості їх використанні при створенні поточно-механізованої лінії для відновлення деталей» [13].

«4 етап. Аналізуємо дефіцитність ремонтних матеріалів і технологічного устаткування» [13, 14].

Остаточний вибір раціонального способу відновлення деталі робимо за допомогою техніко-економічного критерію.

З цих міркувань, а також з метою зменшення періоду припрацювання для відновлення поверхонь цапф використовуємо фінішну антифрикційну безабразивну вібраційну обробку (ФАБО).

## 2.10. Особливості процесу ФАБО

На зносостійкість поверхонь тертя впливає їх остаточна (фінішна) механічна (абразивна) обробка, при якій зменшується шорсткість (шляхом тонкого шліфування, хонінгування, суперфінішування, полірування і т.д.).

Конструкційні матеріали, поверхні яких володіли б одночасно високими антифрикційними і протикорозійними властивостями, можуть бути отримані шляхом нанесення спеціальних наноструктурованих покриттів.

У промисловості широко застосовується метод фрикційного (за допомогою тертя) нанесення покриттів ФАБО. Покриття товщиною 50-500 нм із пластичних металів наносяться в присутності спеціального технологічного середовища на поверхні тертя деталей - корінні і шатунні

шийки колінчастого вала, гільзи циліндрів, поверхні кочення вагонних колісних пар, різного виду штоки, пальці, нарізні сполучення і т.д.

ФАБО застосовується з метою зниження інтенсивності зношування, підвищення задиростійкості поверхонь тертя та інтенсифікації процесів утворення захисних плівок у період припрацювання після виготовлення або ремонту виробу.

ФАБО здійснюється у спеціальних технологічних середовищах. У всіх середовищах використовується гліцерин, що у результаті трибодеструкції (на поверхнях контактуючих тіл (деталь - інструмент) окисляється, перетворюючись у гліцериновий альдегід, акролеин, формальдегід, гліцеринову кислоту та інші продукти з меншої, чим у гліцерину, молекулярною масою.

При фрикційно-хімічному нанесенні покриттів у металоплакуючих середовищах використовуються різні солі пластичних металів, наприклад дихлорид міді. У процесі обробки відбувається гідроліз солей з утворенням кислот. Взаємодія продуктів перетворення гліцерину та інших органічних речовин, що втримуються в технологічних середовищах, приводить також до утворення високомолекулярних з'єднань і полімерів тертя.

При ФАБО на оброблюваній поверхні формуються рівномірні антифрикційні покриття із пластичних металів і полімерних ланцюгів. У процесі експлуатації під дією поверхнево-активних речовин, що втримуються в моторному маслі, відбувається вибіркове розчинення нанесеного матеріалу з утворенням тонких мідних покриттів, по своїм фізико-механічним і триботехнічних властивостях близьких до сервовитної плівки, характерної для ефекту беззносності.

У Кіровоградському національному технічному університеті доц.Соколенко І.М. розроблений пристрій для фрикційно-хімічного нанесення покриттів [15], що містить механізм обертання і вузол, що натирає, робоча поверхня якого виконана із чохлом з пругопористого матеріалу.

Пристрій містить механізм обертання (може служити шпиндель радіально-свердлильного верстата); приводний вал, жорстко з'єднаний з дисками, між якими встановлений вузол, що натирає, у вигляді колодок з осями. При цьому один кінець колодки повторює поверхня оброблюваної деталі. На колодках установлені чохли з пругопористого матеріалу. Кріплення колодки на осі забезпечує рівномірне притиснення до оброблюваної поверхні під дією сил інерції, що виникають при обертанні. Оброблювану деталь установлюють на столі. Пристрій уводять у гільзу до зіткнення вузла, що натирає, з робочими поверхнями деталі, включають механізм обертання, а потім механізм поздовжньої подачі. Швидкість нанесення покриття 4-6 м/с, шорсткість не змінюється, продуктивність підвищується в 2-3 рази.

Для ФАБО гільз циліндрів найбільше часто застосовуються пристрої на базі хонінгувальних верстатів, на яких замість хонінгувальних брусків установлюють мідні пластини. Є конструкції, що використовують кінематику розточувальних верстатів, у них замість розточувальних різців установлюють мідні колодки, пластини, ролики або щітки.

Застосування фрикційного латунування для колінчастих валів стримувалося через відсутність надійних високоефективних пристосувань. Серед пристосувань для ФАБО шийок колінчастих валів найбільший інтерес представляє конструкція Д.91. Обробка поверхні досягається при зворотно-поступальному переміщенні в автоматичному режимі та застосуванні інструментів, що натирають, з латуні . Пристрій містить корпус, щоки з пазами для обмеження кута повороту інструментів, що натирають, і зі сферичними поглибленнями під державки у вигляді циліндрів, один торець яких має паз, а інший - сферичну поверхню та глухий отвір з різьбленням.

Пристрій може застосовуватися на токарно-гвинторізному, шліфувальному, полірувальному, притирочному та інших верстатах, де є можливість утримувати й обертати оброблювану деталь. Для фрикційно-механічного нанесення покриттів колінчастий вал установлюють у механізм

обертання. У державки поміщають інструменти, що натирають, і кріплять фіксаторами. Потім державки інструментів, що натирають (у зборі) установлюють у сферичні поглиблення щік і закріплюють через підшипники ковзання гвинтами. Тампон просочують технологічною рідиною (наприклад FPT1). Налагодження пристрою здійснюється шляхом установки інструментів, що натирають, у крайнє положення до упору в пазах щік. Останні приводяться в зіткнення з поверхнею оброблюваної шийки колінчастого вала. Обертанням гайки по регулювальному гвинті здійснюється тиск пружини для притиснення інструментів, що натирають, до поверхні щік з необхідним зусиллям.

При обертанні деталі відбувається натирання її поверхні. Розташування інструментів, що натирають, під кутом до осі оброблюваної деталі забезпечує переміщення пристрою щодо оброблюваної поверхні. У результаті автоматичної переустановки інструментів, що натирають, пристрій рухається у зворотному напрямку до зіткнення із протилежним торцем оброблюваної шийки колінчастого вала. При необхідності цикл обробки повторюється. Зворотно-поступальний рух пристрою в автоматичному режимі здійснюється до досягнення необхідних товщини і якості покриття, після цього механізм обертання оброблюваної деталі вимикається.

Нанесення антифрикційних протизносних покриттів дозволяє істотно (більш ніж в 3 рази) знизити інтенсивність зношування конструкційних матеріалів з'єднання «шийка колінчастого вала - вкладиш» у період припрацювання.

При припрацюванні поверхонь із нанесеними антифрикційними покриттями в перший момент часу йде інтенсивне припрацювання з формуванням оптимальної структури поверхневих шарів. Температура в зоні тертя при наявності антифрикційного покриття знижується майже в 5 разів. Це пов'язане із кращою теплопровідністю нанесених покриттів і відсутністю вогнищ схоплювання, так званих миттєвих температурних спалахів на мікроконтактах.

Після фрикційного нанесення протизносних покриттів на конструкційну сталь 45 ГОСТ 1050-90 початковою твердістю НВ 280 ($H_\mu$= 2800 МПа) оброблені поверхні здобувають наклеп з підвищенням твердості до НВ 375 ($H_\mu$ = 3750 МПа). Границя витривалості латуньованих сталевих зразків (550 МПа) також вище, ніж у необроблених зразків (520 МПа).

Розробці способів нанесення антифрикційних покриттів, а також пристроїв для їх здійснення присвячено ряд робіт проф.Шепеленка І.В. [16-18 та інш.].

## 2.11. Вибір матеріалу антифрикційного покриття, отриманого ФАБО

«Великий вибір матеріалів, що використовуються для створення антифрикційних покриттів, дозволяють забезпечувати задані властивості поверхні або комплекс властивостей для будь-яких деталей сучасного машинобудування. Причому вибір матеріалу визначається способом та технологією формування покриття, його призначенням та областю використання та ін.» [3].

В роботі [19] з позицій дослідження напружено-деформованого стану в поверхневому шарі покриття визначено характер напружень при використанні технології ФАБО. При цьому в якості матеріалу покриття обрано: латунь Л63, мідь М1, бронза ОЦС 5-5-5. Це дозволило вибрати в якості матеріалу покриття Латунь.

В загалі, слід визнати, що у якості матеріалу при ФАБО найбільшого поширення одержали: мідь М1, латунь Л63 та бронза ОЦС 5-5-5, властивості яких представлено в табл.2.7.

Таблиця 2.7 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу антифрикційного покриття [9 ]

| № п/п | Матеріал | Cu | Zn | Sn | Pb | НВ, ГПа | $\sigma_в$, ГПа | $\sigma_т$, ГПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Мідь М1 | 99,9 | – | – | – | 0,045 | 0,20…0,250 | 0,090…0,150 |
| 2 | Латунь Л63 | 63 | 37 | – | – | 0,58…0,68 | 0,38…0,45 | – |
| 3 | Бронза ОЦС 5-5-5 | 85 | 5 | 5 | 5 | 0,60-0,62 | 0,15 | – |

## 2.12. Розробка технологічного процесу відновлення деталі – шестерня ведена

Структурна послідовність операцій технологічного процесу відновлення шестерні веденої по 5 маршруту приведена в табл.2.8.

Таблиця 2.8 – Структурна послідовність операцій технологічного процесу відновлення шестерні веденої

| № операції | № переходу | Найменування операції | Зміст операції |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | | Дефектувальна | Перевірити деталь на наявність дефектів |
| 010 | А | Шліфувальна | Встановити шестерню в центрах шліфувального верстату |
| | 1 | | Шліфувати робочу поверхню до ремонтного розміру ∅59,6 мм |
| | 2 | | Шліфувати бокову поверхню до ремонтного розміру $30,64_{-0,02}$ мм |
| | Б | | Зняти шестерню з шліфувального верстату |
| 015 | А | Токарна | Встановити шестерню в центра токарного верстату |
| | 1 | | Проточити поверхню цапфи лівої до ∅29,3 мм |
| | 2 | | Проточити поверхню цапфи правої до ∅29,3 мм |
| | Б | | Зняти шестерню з токарного верстату |
| 020 | А | ФАБВО | Встановити шестерню в центра токарного верстату |
| | 1 | | Обробити поверхню цапфи лівої до $\varnothing 29,7^{-0,045}_{-0,060}$ мм |
| | 2 | | Обробити поверхню цапфи правої до $\varnothing 29,7^{-0,045}_{-0,060}$ мм |
| | Б | | Зняти шестерню з токарного верстату |
| 025 | | Контрольна | Контролювати якість відновлення зношених поверхонь |

## 2.13. Обгрунтування вибору обладнання, пристосувань, різального і вимірювального інструменту

Вибір обладнання, пристосування та інструментів визначається його можливістю забезпечувати виконання технічних вимог, що пред’являються до відновлюваної деталі, точності її розмірів, форми і класу шорсткості поверхонь.

Обладнання вибираємо на основі наступних міркувань:

- відповідність основних розмірів обладнання габаритним розмірам відновлюваної деталі;

- відповідність продуктивності обладнання кількості деталей, що підлягають обробці на протязі року;

- можливість повнішого використання обладнання по потужності і за часом;

- найменші витрати часу на обробку;

- найменша собівартість обробки;

- найменша відпускна ціна.

Дані по вибору обладнання та інструменту заносимо в табл.2.9.

Таблиця 2.9 – Ремонтно-технологічне оснащення для відновлення шестерні веденої

| № операції | Найменування операції | Найменування обладнання і пристосування | Різальний і допоміжний інструмент | Вимірювальний інструмент |
|---|---|---|---|---|
| 010 | Шліфувальна | Верстат кругло-шліфувальний 3А130 | Круг шліфувальний ПП350х40х122 СМ-СМ2-7К ГОСТ 2424-75 | Мікрометр МК25-10( ГОСТ 6507-75 |
| 015 | Токарна | Верстат токарно-гвинторізний 16К20 | Різець розточний 2141-0075 Т15К6 ГОСТ 18883-73 | Штангенциркуль ШЦ 1-125-01-02 ГОСТ 166 80 |
| 020 | ФАБО | Верстат токарно-гвинторізний 16К20, Установка ФАБО власного вигот. | Пруток для латунування ∅5 | Штангенциркуль ШЦ 1-125-01-02 ГОСТ 166 80 |
| 025 | Контрольна | Стіл контролера | | Штангенциркуль ШЦ 1-125-01-02 ГОСТ 166 80 |

## 2.14. Вибір режимів та нормування технологічних операцій

005 Дефектувальна

За даними ремонтних підприємств приймаємо норму часу виконання операції 6 хв.

010 Шліфувальна

Перехід 1

Приймаємо наступні дані [20]

Колова швидкість деталі 16 м/хв

Радіальна подача 0,05 мм/об

Число обертів шліфувального кола визначається за формулою

$$n = 318 \cdot \frac{v}{d} = 318 \cdot \frac{16}{59,6} = 85 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче паспортне значення 90 об/хв.

Визначаємо основний час

$$T_{o1} = \frac{L}{n \cdot S_п} \cdot к = \frac{32,6}{90 \cdot 0,05} \cdot 1,2 = 8,7 \text{ хв,}$$

де L – довжина оброблюваної поверхні;

к – коефіцієнт, що враховує виходжування і доведення при шліфуванні (к=1,2…1,5).

Перехід 2

Приймаємо наступні дані [20]

Колова швидкість деталі 16 м/хв

Радіальна подача 0,05 мм/об

Число обертів шліфувального кола:

$$n = 318 \cdot \frac{v}{d} = 318 \cdot \frac{16}{45} = 113 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче паспортне значення 120 об/хв.

Визначаємо основний час:

$$T_{o1} = \frac{L}{n \cdot S_п} \cdot к = \frac{15}{120 \cdot 0,05} \cdot 1,2 = 3 \text{ хв,}$$

$$T_0 = T_{01} + T_{02} = 8,7+3=11,7 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається з часу на установку та зняття деталі та часу, який пов’язаний з проходом.

$T_д = 0,2$ хв.

Додатковий час операції визначається за формулою

$$T_{дод} = \frac{T_{оп} \cdot к}{100} = \frac{11,9 \cdot 9}{100} = 1,07 \text{ хв,}$$

де к = 9% – відсоткове відношення додаткового часу до оперативного

$$T_{оп}=T_{о}+T_{д}=11,7+0,2=11,7 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час

$T_{п.з} = 7$ хв.

Визначаємо норму часу на операцію

$$T_{н} = T_{оп} + T_{дод} + \frac{T_{п.з}}{n} = 11,7 + 1,07 + \frac{7}{20} = 13,23 \text{ хв},$$

де n = 20 шт. – партія деталей.

015 Токарна

Припуск на обробку:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – початковий діаметр поверхні, що обробляється;

d – остаточний діаметр поверхні, що обробляється.

$$h = \frac{29,8 - 29,4}{2} = 0,2 \text{ мм.}$$

Число проходів, що необхідне для знімання припуску:

$$i = \frac{h}{t},$$

де t – глибина різання, мм.

Вибираємо подачу різання [20]: S = 0,07 мм/об.

Подачу помножуємо на коефіцієнт 0,75, так-як поверхня переривчаста

$$S = 0,07 \cdot 0,75 = 0,05 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання – V = 94 м/хв. З урахуванням поправочного коефіцієнту швидкість різання:

$$V = 94 \cdot 0,5 = 47 \text{ м/хв.}$$

Число обертів :

$$n = \frac{318 \cdot V}{d} = \frac{318 \cdot 47}{29,4} = 508 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче по паспортним даним верстата число обертів n=500 об/хв.

Основний час операції:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L – розрахункова довжина оброблюваної поверхні;

$$L = l + y = 33 + 2 = 35 \text{ мм},$$

де l = 33 мм – довжина оброблюваної поверхні;

y = 2 мм – величина врізання та перебігу інструменту [20];

i = 1 – число проходів;

n = 500 об/хв – число обертів;

S = 0,15 мм/об – величина подачі.

$$T_o = \frac{35 \cdot 1}{500 \cdot 0{,}15} = 1 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається з часу на установку та зняття деталі та часу, який пов'язаний з проходом. Допоміжний час на встановлення та зняття деталі:

$T_{д1}$ = 1,3 хв.

Допоміжний час, пов'язаний з проходом:

$T_{д2}$ = 0,8 хв.

$$T_д = T_{д1} + T_{д2} = 1{,}3 + 0{,}8 = 2{,}1 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час

$$T_{оп} = T_o + T_д = 2{,}0 + 2{,}1 = 4{,}1 \text{ хв.}$$

Додатковий час операції визначається за формулою

$$T_{дод} = \frac{T_{оп} \cdot к}{100} = \frac{4{,}1 \cdot 8}{100} = 0{,}33 \text{ хв},$$

де к = 8% - відсоткове відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заключний час:

$T_{п.з}$ = 9 хв.

Визначаємо норму часу на операцію

$$T_н = T_{оп} + T_{дод} + \frac{T_{п.з}}{n} = 4{,}1 + 0{,}33 + \frac{9}{20} = 4{,}88 \text{ хв},$$

де n = 20 шт – партія деталей.

020 ФАБО

Режими ФАБО вибираємо згідно даних роботи [15-18]:

- зусилля латунування – Р=5 МПа;

- швидкість ковзання інструмента - $V_{ск}$=1,2 м/с;

- відношення частот подвійних ходів інструмента і обертання деталі – $n_{дв.х.}/n_д$=10;

- величина осциляції інструмента – L=6 мм.

Основний час – 1,8 хв.

Допоміжний час

$T_{д2}$ = 0,7 хв.

Додатковий час

$$T_{дод} = \frac{T_{оп} \cdot к}{100} = \frac{2,5 \cdot 15}{100} = 0,37 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час

$T_{п.з}$ = 16 хв.

Визначаємо норму часу на операцію

$$T_н = T_{оп} + T_{дод} + \frac{T_{п.з}}{n} = 2,5 + 0,35 + \frac{16}{20} = 3,65 \text{ хв.}$$

025 Контрольна

Норму часу контрольної операції приймаємо за даними підприємства:

$T_н$ = 2,1 хв.

# 3. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

## 3.1. Організація виконання робіт на слюсарно-механічній дільниці

Слюсарно-механічна дільниця призначена для виконання робіт, що пов’язані з виготовленням та відновленням деталей машин. Основними видами робіт на дільниці є: токарні, фрезерні, строгальні, свердлильні і шліфувальні.

Деталі до слюсарно-механічної дільниці надходять зі складу деталей, що очикують ремонту. Проходження деталей по верстатам і робочим місцям дільниці визначається маршрутом їх відновлення.

Дільницю організовують на основі предметної спеціалізації. Якщо на дільниці обробляють деталі одного типу (корпусні, вали, гільзи тощо), то її створюють з переналагоджуваного устаткування, а якщо - одного виду (найменування), то оснащують непереналагоджуваним устаткуванням. Слюсарно-механічна дільниця, яка оснащена спеціалізованим або спеціальним точним і продуктивним обладнанням, дає змогу:

- забезпечити нормативні значення показників, а також стабільність структури і властивостей технічних показників деталей;

- досягти високої продуктивності праці;

- домогтися за достатніх обсягів виробництва зниження собівартості продукції.

## 3.2. Визначення трудомісткості робіт на слюсарно-механічній дільниці

Програма дільниці задається номенклатурою і кількістю деталей виходячи із об’єму річної програми підприємств і коефіцієнта відновлення (ремонту) деталей.

«Розрахунок річної трудомісткості робіт дільниці можна зробити по відсотковому утримуванню даних робіт від нормативної трудомісткості об’єкту ремонту з урахуванням річної програми підприємства. На потреби допоміжного виробництва враховується 10 % від загальної річної трудомісткості робіт» [21].

Визначимо трудомісткість слюсарно-механічних робіт при ремонті одного об’єкту

$$T_н' = T_р \cdot к_1 = 251{,}73 \cdot 0{,}027 = 7{,}8 \text{ люд·год.},$$

де $T_н$ – трудомісткість капітального ремонту повнокомплектного автомобіля,

$T_р$ = 251,73 люд·год. [21];

$к_1$ – коефіцієнт, що враховує відсоткове відношення виду робіт до трудомісткості капітального ремонту.

$к_1$ = 0,027 [21].

Знаючи трудомісткість слюсарно-механічних робіт на ремонт одного об’єкту, річну програму ремонту та коефіцієнт, що враховує потреби допоміжного виробництва, визначимо річну трудомісткість робіт на дільниці

$$T_н = T_н \cdot N \cdot к_2 = 7{,}8 \cdot 1000 \cdot 1{,}1 = 8600 \text{ люд·год.},$$

де N – річна програма ремонту об’єктів, N = 1000 шт.;

$к_2$ – коефіцієнт, що враховує потреби допоміжного виробництва.

### 3.3. Режим роботи підприємства і розрахунок річних фондів часу

«Режим роботи підприємства характеризується кількістю робочих днів у році, кількістю змін роботи і тривалістю їх. Тривалість робочої зміни і кількість робочих годин на тиждень визначається трудовим законодавством і складає 40 годин на тиждень» [22].

«При п’ятиденному робочому тижні з двома вихідними днями тривалість зміни складає 8,0 години. Якщо тривалість зміни встановлена 8 годин, то кожна восьма субота буде робочим днем» [22].

«Для прийнятого режиму роботи ремонтного підприємства визначають річні фонди часу підприємства в цілому, цеху, дільниці, відділення, робочого місця, а також обладнання і робітника» [22].

«Номінальний річний фонд часу ($Ф_н$) робітників, обладнання, цеху, дільниці, відділення при п'ятиденному робочому тижні і однозмінній роботі дорівнює» [22]

$$Ф_н = Д_р \cdot n - Д_n (n - n_1),$$

де $Д_р$=256 – кількість робочих днів в році;

n=8,0 год. – тривалість робочої зміни;

$Д_n$=5 – кількість передсвяткових днів в році;

$n_1$=7 год. – тривалість зміни в передсвяткові дні.

$$Ф_н = 256 \cdot 8{,}0 - 5(8{,}0 - 7{,}0) = 2093 \text{ год.}$$

«Дійсний річний фонд часу роботи робітників менше номінального річного фонду на час втрат, пов'язаних з відпусками, виконанням державних і громадських обов'язків тощо» [22].

$$Ф_д = \left[Ф_н - \left(d_о + d_у + d_д + d_г + d_n\right) \cdot t_с\right],$$

де $d_о$=24 дня – кількість відпускних днів в році;

$d_у$=30 днів – кількість відпускних днів робітників, які навчаються в навчальних закладах;

$d_д$ – кількість днів декретної відпустки (1,3÷1,6% від $Д_р$);

$d_д = 1{,}6 \cdot 256/100 = 4{,}0$ дня.

$d_г$ – кількість днів не виходу на роботу в зв'язку з виконанням суспільних обов'язків (0,15÷0,30% від $Д_р$);

$d_г = 0{,}2 \cdot 256/100 = 0{,}5$ дня.

$d_n$ – кількість інших невиходів на роботу (0,5% від $Д_р$);

$d_n = 0{,}5 \cdot 256/100 = 1{,}2$ дня.

$t_с$=8,2 год. – тривалість зміни.

$$Ф_д = \left[2093 - \left(24 + 30 + 4 + 0{,}5 + 1{,}2\right) \cdot 8{,}0\right] = 1603 \text{ год.}$$

Річний фонд часу робочого місця

$$Ф_{р.м.} = Ф_н \cdot n_р \cdot c,$$

де $n_р$=2 – кількість робітників одночасно працюючих на одному робочому місці;

с=1 – число змін роботи.

$$\Phi_{р.м.} = 2093 \cdot 2 \cdot 1 = 4186 \text{ год.}$$

«Річні фонди часу обладнання розподіляють на календарні ($\Phi_{о.н.}$) і дійсні ($\Phi_{о.д.}$), які визначаються» [22]

$$\Phi_{о.н.} = \Phi_{н} \cdot с;$$

$$\Phi_{о.д.} = \Phi_{н} \cdot с \cdot \eta;$$

де $\eta$ – коефіцієнт, який характеризує використання обладнання за часом.

Для ремонтних підприємств при однозмінній роботі $\eta$=0,98÷0,97.

$$\Phi_{о.н.} = 2093 \cdot 1 = 2093 \text{ год.}$$

$$\Phi_{о.д.} = 2093 \cdot 1 \cdot 0{,}98 = 2051 \text{ год.}$$

## 3.4. Розрахунок робочої сили і робочих місць

«Явочну ($Р_я$) і облікову ($Р_с$) кількість виробничих робочих визначаємо за формулами» [22]

$$Р_я = \frac{Т}{\Phi_{н} \cdot к} \quad \text{та} \quad Р_с = \frac{Т}{\Phi_{д} \cdot к}$$

де Т – трудомісткість робіт, люд·год;

$\Phi_{н}$ – номінальний фонд часу робочого, $\Phi_{н}$ = 2027 год;

$\Phi_{д}$ – дійсний фонд часу робочого, $\Phi_{д}$ = 1755 год;

к – коефіцієнт перевиконання норм виробітку (к=1,05-1,15).

Визначаємо явочну кількість верстатників

$$Р_{я.с.} = \frac{8600}{2027 \cdot 1{,}1} = 3{,}85$$

Приймаємо $Р_{я.с.}$ = 4 людина.

Знаходимо розрахункову кількість верстатників

$$Р_{с.с.} = \frac{8600}{1755 \cdot 1{,}1} = 4{,}45$$

Приймаємо, $Р_{с.с.}$ = 5 чоловік.

Знаходимо кількість допоміжних робочих, які складають 10-15% від кількості головних виробничих робочих

$$Р_{всп} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ людини}$$

Приймаємо $Р_{всп.}$ = 1 людину.

«Кількість інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу приймаємо у відсотковому відношенні від суми головних виробничих та допоміжних робочих, відповідно 8-10%, 2-3%, 2 %» [22].

Таким чином, загальна кількість робіників на слюсарно-механічної дільниці працюють

$$Р = Р_{гол} + Р_{всп} = 5+ 1 = 6 \text{ чоловік.}$$

### 3.5. Розрахунок, обґрунтування і вибір технологічного обладнання

Число одиниць основного обладнання визначається за формулою:

$$n_{об} = \frac{Т_{о}}{Ф_{од.} \cdot \eta_{з}},$$

де $Т_{о}$ – трудомісткість робіт, які виконуються даним видом обладнання;

$Ф_{од}$ – дійсний річної фонд часу обладнання;

$\eta_{з}$ – коефіцієнт завантаження обладнання.

«Трудомісткість токарних робіт складає 35...45% від загальної трудомісткості» [22]

$$Т_{ток} = 8600х0,45 = 3870 \text{ люд.год.}$$

Трудомісткість фрезерних робіт складає 10...15% від загальної

$$Т_{фрез} = 8600х0,1 = 860 \text{ люд.год.}$$

Трудомісткість свердлильних верстатів складає 18...20 % від загальної

$$Т_{св} = 8600х0,20 = 1720 \text{ люд. год}$$

Трудомісткість шліфувальних верстатів складає 8...12% від загальної

$$Т_{шліф} = 8600х0,1 = 860 \text{ люд. год.}$$

Трудомісткість стругальних робіт складає 8...12% від загальної

$$T_{стр}=8600x0,1=860 \text{ люд.год.}$$

Трудомісткість решти верстатів складе 5 % від загальної

$$T_{інш}=8600x0,05=430 \text{ люд.год.}$$

В залежності від трудомісткості розраховуємо кількість верстатів

- токарних

$$n_{ток}=\frac{3870}{2027\cdot 0,95}=2,4.$$

Приймаємо 3 токарні верстати

- фрезерних

$$n_{фрез}=\frac{860}{2027\cdot 0,95}=0,45.$$

Приймаємо 1 фрезерний верстат

- свердлильних

$$n_{свердл}=\frac{1720}{2027\cdot 0,95}=0,9.$$

Приймаємо 1 свердлильний верстат

- шліфувальних

$$n_{шліф}=\frac{860}{2027\cdot 0,95}=0,45.$$

Приймаємо 1 шліфувальний верстат

- стругальних

$$n_{стр}=\frac{860}{2027\cdot 0,95}=0,45.$$

Приймаємо 1 стругальний верстат

- решта

$$n_{фрез}=\frac{430}{2027\cdot 0,95}=0,22.$$

Приймаємо 1 верстат

«Поряд з розрахунком, обладнання мусить бути підібране за технологічною необхідністю згідно з табелем типового обладнання» [22].

Перелік розрахункового і прийнятого обладнання наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1 - Відомість обладнання слюсарно-механічної дільниці

| Найменування обладнання | Кількість | Тип або марка | Габарити, мм | Загальна площа, $м^2$ | Потужність електродв., кВт |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Верстат токарно-гвинторізний | 2 | 16К20 | 2,31×1,47 | 6,8 | 7 |
| 2. Верстат токарно - гвинторізний | 1 | 1Д63А | 2,1х1,3 | 2,73 | 3,2 |
| 3. Верстат кругло-шліфувальний | 1 | 3151 | 2,1х2,4 | 5,04 | 5,8 |
| 4. Верстат горизонтально-фрезерний | 1 | 6Н82Г | 2,3х2,0 | 4,6 | 7,0 |
| 5. Верстат поперечно-стругальний | 1 | 7110 | 2,10×1,26 | 2,6 | 7,5 |
| 6. Верстат універсально-заточний | 1 | 3Б153Т | 2,4×1,4 | 3,4 | 7,5 |
| 7. Верстат шліфувальний двобічний | 1 | 316М | 1,0х0,8 | 0,8 | 4,3 |
| 8. Верстат вертикально-свердлильний | 1 | 2Н118 | 0,84×1,26 | 1,06 | 1,5 |
| 9. Прес монтажно-запресовочний | 1 | | 1,1×1,0 | 1,1 | 5 |
| 10. Прес-ножиці комбіновані | 1 | | 1,5х0,6 | 0,9 | - |
| 11. Плита правочна | 1 | III-I-630х1000 | 0,63х1,0 | 0,63 | - |
| 12. Стіл для контрольної плити | 1 | власн. виготовл. | | | - |
| 13. Тумбочка | 3 | власн. виготовл. | | | - |

Продовження таблиці 3.1

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 14. Тумбочка | 3 | власн. виготовл. | 0,8х0,4 | 0,96 | - |
| 15. Підставка пере-сувна | 6 | власн. виготовл. | 0,6х0,4 | 1,44 | - |
| 16. Верстак | 2 | ОРГ-1464-01 | 1,2х1,0 | 2,4 | - |
| 17. Приставка | 2 | власн. виготовл. | 0,2х1,2 | 0,48 | - |
| 18. Стелаж | 1 | -„- | 1,2х0,5 | 0,6 | - |
| 19. Стелаж | 1 | -„- | 1,0х0,4 | 0,4 | - |
| 20. Стелаж | 1 | -„- | 1,0х0,4 | 0,4 | - |
| 21. Стелаж | 1 | -„- | 0,8х1,0 | 0,8 | - |
| 22. Ящик для відходів | 1 | -„- | 0,6х0,5 | 0,3 | - |
| 23. Ящик для зберігання чистої ветоші | 1 | -„- | 0,3х0,3 | 0,09 | - |
| 24. Ящик для зберігання брудної ветоші | 2 | -„- | 0,15х0,15 | 0,05 | - |
| 25. Тиски слюсарні | 2 | | - | - | - |
| 26. Машина свердлильна ручна | 1 | | - | - | 1,5 |
| 27. Машина шліфувальна ручна електрична | 1 | | - | - | 1,5 |
| Всього | | | | 48,06 | 59,3 |

### 3.6. Розрахунок площі слюсарно-механічної дільниці

Площі окремих дільниць може бути розраховано декількома способами:

1. «Шляхом розстановки обладнання з урахуванням переходів між ними, відстаней від стін, колон, проїздів у відповідності з встановленими нормами техніки безпеки (метод моделювання)» [21].

2. «За площами, зайнятими обладнанням, включаючи площу, зайнятими машинами і агрегатами, які знаходяться в ремонті» [21]

$$F = f_o \cdot k_s,$$

де $f_o$ – площа, яку займає все обладнання, об'єкти ремонту, м$^2$;

$k_s$ – коефіцієнт робочої зони.

3. «За питомими площами, які припадають на одного виробничого робітника» [21]

$$F = f_p \cdot m,$$

де $f_p$ – питома площа на одного виробничого робітника, м$^2$;

m – кількість робітників цеху в найбільш численній зміні.

4. «За граничними площами, які припадають на одне робоче місце» [21].

Визначимо площу дільниці за площею, яке займає обладнання $f_o = 48{,}06$ м$^2$.

$$F = 48{,}06 \cdot 3{,}7 = 177 \text{ м}^2.$$

«Після визначення виробничих площ розраховують побутові, складські і допоміжні площі. Правильність їх розрахунку перевіряються за процентними співвідношеннями до величини загальної виробничої площі майстерні. Відповідно побутові, складські, допоміжні і адміністративно-конторські площі складають 5,6%; 8,5-8,8%; 10-16% і 2-3,1% від загальної виробничої площі підприємства» [21].

Приймаємо площу слюсарно-механічної дільниці рівну 180 м$^2$ (15×12).

## 3.7. Розрахунок вентиляції

«Вентиляційні пристрої в приміщенні ремонтного підприємства призначені для поліпшення умов праці, зменшення запиленості та задимленості повітря, підвищення цілості обладнання» [22].

Загальнообміну механічну вентиляцію проектують у приміщенні без видалення пилу, газів, парів та інш.

Визначаємо величину повітряобміну:

$$L_в = V_п \cdot к,$$

де $V_п$ – об'єм приміщення, м$^3$.

Визначаємо об'єм приміщення дільниці:

$$V_п = S \cdot h = 180 \cdot 6 = 1140 \text{ м}^3,$$

де h – висота будинку, м;

S – площа дільниці, м$^2$.

$$L_в = 1140 \cdot 3 = 3420 \text{ м/г}^3$$

За розрахунковому повітряобміну характеристики вентилятора (осьовий вентилятор типу ЦАТИ серії МЦN4; $L_в$=5000 м$^3$/год; $H_в$=8,8 кг/м$^2$; $\eta_в$=0,68; n=1500 об/хв).

Потужність електродвигуна приводу вентилятора

$$N_e = (1,2 \div 1,5)\frac{L_в \cdot H_п}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_в \cdot \eta_п} = 1,5\frac{5000 \cdot 8,8}{3600 \cdot 102 \cdot 0,68 \cdot 0,98} = 0,25 \text{ кВт},$$

де $H_п$ – напір повітряного потоку, кг/м$^2$;

$\eta_в$ – ККД вентилятора;

$\eta_п$ – ККД передачі;

1,2÷1,5 – коефіцієнт, який враховує недостатні втрати напору повітряного потоку.

Вибираємо електродвигун АО2-11-4 потужністю 0,6 кВт та числом обертів 1360 об/хв.

## 3.8. Розрахунок та вибір освітлення

При проектуванні та розрахунку освітлення для слюсарно-механічної дільниці необхідно врахувати такі вимоги:

«а) освітлення повинно бути достатнім, щоб працівник міг легко та швидко оперувати з об'єктами робіт;

б) освітлення не повинно викликати різких тіней та сліпучих бліків;

в) пристрій освітлення повинен бути з урахуванням характеру виробництва» [22].

*3.8.1. Розрахунок природного освітлення*

Освітленість через світлові ліхтарі (верхнє освітлення) розраховуємо за формулою

$$\sum S_в = S_п \frac{l_{ср} \cdot \eta_ф}{100 \cdot \tau_0 \cdot \tau_г} \text{ м}^2;$$

«де $S_п$ – площа підлоги освітлення, м$^2$;

$l_{ср}$ – нормальне середнє значення при верхньому освітленні;

$\eta_ф$ – світлова характеристика ліхтаря;

$\tau_0$ – загальний коефіцієнт світлопропускання;

$\tau_0$ – коефіцієнт, який враховує вплив відображеного світла при верхньому освітленні» [22].

$$\sum S_в = 180 \frac{5 \cdot 3{,}5}{100 \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}3} = 57{,}7 \text{ м}^2$$

Мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення визначається за формулою

$$l_{ср} = \frac{28{,}3 \cdot 100 \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}3}{180 \cdot 3{,}5} = 1{,}67$$

Таким чином, $l_{ср}$=1,67, а необхідно $l_{ср}$=2.

*3.8.2. Розрахунок штучного освітлення*

«Штучне освітлення – освітлення приміщень електричними лампочками різних конструкції, які забезпечують достатньо передбачену нормами освітленість робочих місць» [22].

«Відповідно до діючих норм, в освітлювальних мережах для місцевого освітлення та електрогайковертів застосовують напругу 12 – 36 В і для

У відповідності до характеру робіт, які виконуються у проектованій дільниці нормована освітленість дорівнює Е=50 лк.

Потужність ламп, які приходяться на 1 м$^2$ дільниці визначаємо за формулою:

$$W_1 = 10\frac{E}{E^I} \text{ Вт/м}^2,$$

«де $W_1$ – потужність ламп для освітлення 1 м$^2$ площі дільниці, Вт;

E – нормоване освітленість для даного розряду робіт, лк;

$E^I$ – середня освітленість однієї лампи, лк» [22].

$$W_1 = 10\frac{50}{31} = 19{,}6 \text{ Вт/м}^2$$

Загальну потужність лампи для освітлення дільниці:

$$W = W_1 \cdot F,$$

де F – площа підлоги дільниці, м$^2$.

$$W = 19{,}6 \cdot 180 = 2940 \text{ Вт}$$

Розраховуємо кількість ламп для освітлення дільниці

$$n = \frac{W}{P},$$

де P=200 Вт – потужність однієї лампи.

$$n = \frac{2940}{200} = 14{,}7 \text{ лампи}$$

Приймаємо 15 лампи.

### 3.9. Визначення річної необхідності дільниці у електроенергії

Активна потужність визначається за формулою:

$$P_а = к_п \cdot \sum P_{уст},$$

де $к_п$ – коефіцієнт попиту, $к_п$=0,8;

$\sum P_{уст}$ - встановлена сумарна потужність групи електроприймачів

$$P_а = 0{,}8 \cdot 59{,}3 = 47{,}44 \text{ кВт}$$

Річна потреба у електроенергії для освітлення

$$W_г = P_а \cdot Ф_{од},$$

де $Ф_{од}$ – дійсний фонд часу обладнання.

$$W_г = 47{,}44 \cdot 1940 = 92033 \text{ кВт год}$$

## 3.10. Розрахунок пари і палива

У відповідності до існуючої методики [21] визначаємо витрати пара і палива на опалення і вентиляцію із розрахунку компенсування теплових втрат будівлі. Ці втрати приймаються 15-20 ккал/год на 1 м$^3$ будівлі.

Річні потреби у пару та палива на опалення визначається за формулою:

$$Q_П = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{i \cdot 1000};$$

$$Q_т = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{k \cdot 1000 \cdot \eta_К},$$

«де $q_m$ – втрати палива на 1 м$^3$ будівлі;

H – кількість годин в опалювальному періоді;

V – об’єм приміщень підприємства;

i – теплота випарювання;

k – теплотворна здатність палива;

$\eta_К$ – коефіцієнт корисної дії установки» [22].

$$Q_П = \frac{20 \cdot 4320 \cdot 900}{540 \cdot 1000} = 172 \text{ т}$$

$$Q_т = \frac{20 \cdot 4320 \cdot 900}{7000 \cdot 1000 \cdot 0{,}75} = 17{,}9 \text{ т}$$

## 3.11. Розрахунок витрат води

Витрати води на побутові потреби визначаємо таким чином:

$$Q = n \cdot Д_р \cdot c \cdot q,$$

«де n – кількість робочих в одну зміну;

$Д_р$ – кількість робочих днів у році;

с – кількість змін;

q – норма витрат води» [21].

$$Q_б = 6 \cdot 256 \cdot 1 \cdot 25 = 32000 \text{ л} = 32 \text{ м}^3.$$

### 3.12. Розрахунок витрат стиснутого повітря

Середньогодинні витрати стиснутого повітря визначається за формулою:

$$Q_т = Q_м \cdot \eta \cdot n,$$

«де $Q_м$ – витрати повітря при безперервної роботі;

$\eta$ - коефіцієнт використання повітряприймачів;

n – кількість повітряприймачів» [22].

$$Q_т = 3{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 4 = 2{,}8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Дійсні середньогодинні витрати стиснутого повітря дорівнюють:

$$Q_д = 1{,}5 \cdot Q_т,$$

«де 1,5 – коефіцієнт, що враховує течі повітря, що пов’язані з нещільним з’єднаннями та виконанням непередбачений робіт» [22]

$$Q_д = 1{,}5 \cdot 2{,}8 = 4{,}2 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таким чином, річні витрати стиснутого повітря можна визначити за формулою:

$$Q_р = 1{,}3 \cdot Q_д \cdot Ф_{од} \cdot с \cdot \eta_з,$$

«де $Ф_{од}$ – дійсний річний фонд часу;

с – кількість змін;

$\eta_з$ – коефіцієнт завантаження обладнання за часом» [22].

$$Q_р = 1{,}3 \cdot 4{,}2 \cdot 2002 \cdot 1 \cdot 0{,}8 = 8744{,}7 \text{ м}^3.$$

## 3.13. Техніка безпеки та охорона праці під час виконання робіт на слюсарно-механічній дільниці

«Протипожежні заходи на проєктованій дільниці призначають залежно від її категорії вибухопожежної та пожежної небезпеки» [22]. Категорію небезпеки обирають за найнесприятливішим поєднанням чинників щодо можливості вибуху або пожежі, виходячи з видів використовуваних горючих матеріалів, їхньої кількості та властивостей, а також особливостей технологічного процесу. «Категорію виробництва за вибухопожежною і пожежною небезпекою та засоби пожежогасіння вказують на плануванні ділянки» [22].

«Категорія вибухопожежної та пожежної небезпеки виробничої дільниці визначає відповідні вимоги, що стосуються» [23]. А саме:

- можливості під'їзду пожежних машин ззовні та зсередини будівлі до дільниці;

- матеріалів і пристроїв будівельних конструкцій приміщення;

- допустимої площі між протипожежними перешкодами;

- місця розміщення ділянки в будівлі;

- наявності комплекту засобів пожежогасіння; - кількості та розмірів евакуаційних виходів.

Залежно від пожежної небезпеки технологічних процесів на виробничих дільницях передбачають:

- первинні засоби пожежогасіння;

- внутрішній пожежний водопровід;

- автоматичну пожежну сигналізацію;

- автоматичні засоби пожежогасіння.

Первинні засоби пожежогасіння призначають згідно із загальними правилами пожежної безпеки. Бочки з водою необов'язкові за наявності внутрішнього водопроводу.

«Під час проектування слюсарно-механічної дільниці повинно бути передбачено, як правило, не менше двох евакуаційних виходів для можливості працюючими покинути приміщення в екстремальній ситуації. Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть із приміщень» [23].

Організація праці на проектованій ділянці повинна забезпечити її умови, які регламентовані санітарними нормами. Ці норми стосуються охорони здоров'я як тих, хто працює на підприємстві, що проєктується, так і тих, хто перебуває поза ним. «Санітарні вимоги стосуються забезпечення метеорологічних умов на робочих місцях і виділення тепла, освітленості робочих місць, вмісту в повітрі шкідливих речовин і речовин із неприємним запахом, рівню шуму, вібрацій, ультразвуку, електромагнітних хвиль радіочастот, статичної електрики та іонізуючих випромінювань» [23].

Метеорологічні умови в робочій зоні закритих приміщень характеризуються температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря, а також інтенсивністю теплового випромінювання. Робочою зоною вважають простір висотою до 2 м над рівнем підлоги або майданчики, на яких розташовані робочі місця. Постійним робочим місцем вважається те місце, на якому працюючий перебуває більше 50 % часу або більше 2 год безперервно.

«Кількість повітря, необхідного для забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища в робочій зоні, розраховують з урахуванням вмісту в ньому шкідливих речовин, тепла і вологи за даними технологічної частини проекту. Подача зовнішнього повітря в приміщення нормується. Наприклад, у виробничих приміщеннях з об'ємом на одного працюючого менше ніж 20 м$^3$ передбачають подачу зовнішнього повітря в кількості 30 м$^3$/год на кожного працюючого, а в приміщеннях з об'ємом на одного працюючого більше ніж 20 м$^3$ – не менше ніж 20 м$^3$/год. У вікнах передбачають стулки палітурок або інші пристрої, що відчиняються, площею не менш як 20 % загальної площі світлових прорізів для провітрювання.

Повітряний потік при цьому спрямовують на висоту не більше ніж 1,8 м у холодний період року вгору, а в теплий період – униз» [23].

Температура нагрітих поверхонь обладнання та огороджень на робочих місцях не повинна перевищувати 45 $^{o}$C. Інтенсивність інтегрального потоку теплового опромінення в діапазоні довжини хвиль 0,76 ... 10 мкм від нагрітих поверхонь технологічного устаткування та освітлювальних приладів за сумарного часу впливу на людей, що перевищує половину тривалості робочої зміни, не повинна перевищувати 35 Вт/м$^2$ – за умови опромінення 50 % поверхні тіла та більше, 70 Вт/м$^2$ – за умови опромінення 25 ... 50 % поверхні тіла і 100 Вт/м$^2$ – за умови опромінення не більш як 25 % поверхні тіла.

Виробнича діяльність слюсарно-механічної дільниці повинна виключити або звести до мінімуму забруднення ґрунту, водного і повітряного басейнів своїми відходами. Слід пам’ятати, що при випуску продукції одного виду в ремонтному виробництві утворюється приблизно у 20 разів менше відходів, ніж у машинобудуванні.

# ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної атестаційної бакалаврської роботи розроблено технологію відновлення деталей шляхом нанесення антифрикційних покриттів.

У загальному розділі розглянуто основні вехи розвитку бази практики – підприємства ПП «Ковальов Авто». Обґрунтовано можливість та ефективність відновлення деталей нанесенням антифрикційних покриттів.

У технологічному розділі представлено аналіз існуючих методів нанесення антифрикційних покриттів. Особливу увагу приділено матеріалам, що використовуються при проектуванні покриттів. На прикладі веденої шестерні шестеренного насосу типу НШ доведено переваги технології нанесення антифрикційних покриттів при відновленні та зміцненні деталей.

В організаційному розділі виконано розрахунок слюсарно-механічної дільниці: визначено трудомісткість робіт, кількість робітників та обладнання. З урахуванням специфіки робіт обрано технологічне обладнання. Визначені потреби дільниці у енергоресурсах. Розглянуті вимоги до техніки безпеки та охорони праці при виконанні робіт на слюсарно-механічної дільниці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ


1. https://www.ua-region.com.ua/37277402.

2. Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнецов В.Д., Корж В.М. Інженерія поверхні: Підручник. – К.: Наукова думка, 2007. – 559 с.

3. Черновол М.И. Способы формирования антифрикционных покрытий на металлические поверхности трения/ М.И. Черновол, И.В. Шепеленко// Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету, Кіровоград, 2012. – Вип.25 (1). – С.3–8.

4. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: Учеб. пособие/ М.И.Черновол. – К.: УМК ВО, 1989. – 259 с.

5. Крагельский И.В. Трение и износ/И.В. Крагельский. – М.:Машиностроение,1968. – 480 с.

6. Триботехнология: словарь-справочник / С.Н.Соловьев, Л.П.Клименко, С.Ж.Буду, Е.В.Трофимова; под общ.ред. С.Н.Соловьева. – Николаев: НГГУ им. П.Могилы, 2003 – 384 с.

7. Соловых Е.К. Выбор альтернативных технологий нанесения износостойких покрытий дисперсной структуры/ Е.К.Соловых// Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – Вип.23. – С.236-239.

8. Шепеленко И.В. Повышение качества покрытий при финишной антифрикционной безабразивной обработке/ И.В. Шепеленко, Я.Б. Немировский, Э.К. Посвятенко и др.// Международный информационно – технический журнал «Оборудование и инструмент для профессионалов», Харьков, 2020. – №5 (228). – С. 58–60.

9. Попович В.В.. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Підручник/ В.В. Попович, В.В. Попович. – Львів: Світ, 2006. – 623 с.

10. Черновол М.И. Комбинированные металлополимерные материалы и покрытия. – К.: Техніка, 1983. – 169 с.

11. https://shop.hydrosila.com/ukr-nasosy-i-gidromotory-shesterennye/.

12. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин/ Ю.А. Харламов, Н.А. Будагьянц. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им.В.Даля, 2003. – 480 с.

13. Лузан С.А. Критерии выбора способа восстановления деталей машин и определение рационального маршрута технологии/ С.А. Лузан// Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. 2017. Вип.183. – С.45–56.

14. Лузан С.О. Обґрунтування економічної доцільності і ефективності відновлюваного наплавлення деталей композиційними матеріалами/ С.А. Лузан// Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів. 2020. №22. – С.272–280.

15. Шепеленко И.В. Повышение эффективности применения финишной антифрикционной безабразивной обработки/ И.В. Шепеленко, В.В. Черкун, В.И. Гуцул // Інноваційні технології в агропромисловому комплексі: матеріали І Всеукраїн. наук.-практ. Інтернет-конференції (01 – 30 вересня 2020 р.), м.Мелітополь, ТДАТУ, 2020. С.35–38.

16. Шепеленко І.В. Підвищення ефективності обробки цапф шестерень гідронасосів/ І.В. Шепеленко, В.В. Черкун// Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу - 2021» (07 – 10 вересня 2021 р.), випуск 7. – Херсон: ХНТУ, 2021. С.109–112.

17. Шепеленко І.В. Інтенсифікація процесу нанесення антифрикційних покриттів/ І.В. Шепеленко, Я.Б. Немировський, Е.К. Посвятенко // Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта: матеріали XXI Міжнародної науково-технічної конференції (06 – 09 жовтня 2020 р.), м.Київ, КПІ, 2020. С.94–96.

18. Shepelenko I.V. Technological factors influence on the antifriction coatings quality// Проблеми трибології (Problems of Tribology), Хмельницький, 2021. – Т.26, №2/100. – С.50–57.

19. Шепеленко І.В., Гуцул В.І., Магопець М.С. Особливості розрахунку напружено-деформованого стану антифрикційних покриттів// Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС - 2022): матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (26–27 травня 2022 р.): у 2-х т. – Чернігів, 2022. – Т.1. С. 104 – 105.

20. Дідик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера. − Д.: Національний гірничий університет», 2013. − 196 с.

21. Проектування цехів і дільниць для відновлення та зміцнення деталей: метод. вказ. до виконання курс. проекту : для магістрантів спец. 132 - Матеріалознавство / [уклад. : О. В. Бевз, С. О. Магопець, М. В. Красота, Р. А. Осін] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - 35 с.

22. Булей И.А. Проектирование ремонтных предприятий сельского хозяйства. К.: Вища школа, 1983. – 348 с.

23. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

24. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу" // Офіційний вісник України – 2014. – № 41.– С. 95-132.