

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

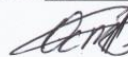
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:


**«Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні
поворотного редуктора зернозбирального комбайну»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 13В-22м
спеціальності 132 – «Матеріалознавство».


 (шифр і назва спеціальності)
Дмитро ОСТАПЧУК
(прізвище та ініціали)

« 13 » грудня 2023 р.

Керівник: к.т.н., доц. Олена ШИЛІНА
(прізвище та ініціали)

 « 14 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. Микола МИТКО, доц. каф. АТМ
(прізвище та ініціали)

 « 18 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Леонід ПОЛЩУК

(прізвище та ініціали)

« 12 » грудня 2023 р.


Вінниця ВНТУ – 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
 Факультет Машинобудування та транспорту
 Кафедра Галузевого машинобудування
 Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
 Галузь знань – 13 Механічна інженерія
 Спеціальність – 132 – Матеріалознавство
 Освітньо-професійна програма – Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

Леонід ПОЛЩУК

«18» грудня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дмитру ОСТАПЧУКУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

керівник роботи к.т.н., доц. Олена ШИЛІНА

Затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 18 ” вересня 2023 року № 247

2. Строк подання студентом роботи «12» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи:

Креслення вала-шестерні поворотного редуктора комбайну;

Режим навантаження – довготривалий;

Річна програма відновлення деталей N=1500 шт.;




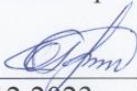

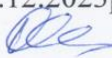
4. Зміст текстової частини:

Вступ. Розділ 1. Стан питання та задачі дослідження. Розділ 2. Дослідження направлені на підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну. Розділ 3. Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення вал-шестерні. Розділ 4. Економічна частина. Розділ 5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки.

5. Перелік графічної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслень)


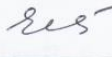


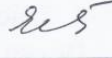
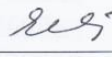


Вал-шестерня редуктора – 1 л. ф. А2; Вал-шестерня редуктора (ремонтне) 1 л. ф. А2 ; 3D модель вала-шестерні поворотного редуктора комбайна -1 л. ф. А2
Технологічний процес відновлення – 1 л. ф. А1; Робоче місце (вид загальний) – 1 л. ф. А1; Установка з числовим програмним керуванням для відновлення деталей (складальне креслення) – 1 л. ф. А1; 3D модель установки з ЧПК – 1 л. ф. А1.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Олена ШИЛІНА, к.т.н., доц., кафедри ГМ	19.09.2023р. 	3.12.2023р. 
Економіка виробництва	Ольга РАТУШНЯК, к.е.н., доц., кафедри ЕПВМ	16.10.2023р. 	2.12.2023р. 
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Софія ДЕМБІЦЬКА, д.п.н., доцент, Олег БЕРЕЗЮК, д.т.н. проф. кафедри БЖД та ПБ	04.09.2023р. 	2.12.2023р. 

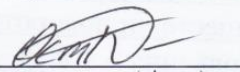
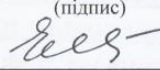
7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	04.09.23 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2023 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.10.23 р.	
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	06.12.23 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	25.11.23 р.	
6	Попередній захист МКР	12.12.23 р.	
7	Нормоконтроль МКР	11.12.23 р.	
8	Опонування МКР	18.12.2023 р.	
9	Захист МКР	21.12.2023 р.	

Студент

Керівник проекту


(підпис)

(підпи)

Дмитро ОСТАПЧУК

Олена ШИЛІНА

АНОТАЦІЯ

УДК 621.669

Дмитро ОСТАПЧУК. Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну.

Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 132 – Матеріалознавство, освітня програма – Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні. Вінниця: ВНТУ, 2023. 103 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 40 назв; рис.: 27; табл. 36.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено вплив порошку графіту з нанопластинами графену на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару. Обґрунтована модель використання методу кінцево-елементного аналізу для розрахунку температурних полів процесу наплавлення покриття.

У розрахунково-конструкторській частині розроблена установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo».

У технологічній частині розроблений технологічний процес відновлення вал-шестерні з використанням електродугового наплавлення, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь валу.

Графічна частина складається з 9 плакатів.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії (обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих факторів, оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці); рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також встановлено, що товщини захисних шарів бетону та ґрунту для захисту від радіоактивного випромінювання мають складати 16,51 см.

Ключові слова: нанопластинки графену, електродугове наплавлення, мікроструктура, багатофакторний експеримент.

ABSTRACT

UDC 621.669

Dmytro OSTAPCHUK. Improving the quality of restoration of the working surfaces of the gear shaft of the rotary reducer of the grain harvester.

Master's thesis on specialty 132 - Materials science, educational program - Intelligent technological systems in surface engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 103 p. In Ukrainian speech Bibliography: 40 titles; Fig.: 27; table 36.

In the master's qualification thesis, the influence of graphite powder with graphene nanoplates on the formation of the structure during welding of the part with welding wire Нп-30ХГСА and on the microstructure of the transition zone of the deposited layer was investigated. A substantiated model of the use of the finite element analysis method for calculating the temperature fields of the process of surfacing the coating.

In the calculation and design part, an installation with numerical software control was developed based on the nodes of the "Festo" company.

In the technological part, a technological process of restoring the gear shaft using electric arc surfacing has been developed, which ensures the restoration of the operational characteristics of the working surfaces of the shaft.

The graphic part consists of 9 posters.

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; technical decisions on occupational hygiene and industrial sanitation (justification of the choice of standardized values of harmful and dangerous production factors, assessment of factors of production and labor processes, hygienic assessment of working conditions); recommendations for improving working conditions, and it was also established that the thickness of protective layers of concrete and soil to protect against radioactive radiation should be 16.51 cm.

Key words: graphene nanoplates, electric arc deposition, microstructure, multifactorial experiment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1 Проблема зносостійкості в практиці відновлення деталей сільськогосподарської техніки.....	11
1.2 Формування покриттів при наплавліюванні.....	15
1.3 Дефектування деталі з використанням багатofакторного експерименту	16
1.4 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень.....	20
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ	22
2.1 Методика, об'єкти і матеріали дослідження	22
2.2 Результати утворення структури при наплавленні з використанням порошку графіту з нанопластинами графену.....	22
2.3 Температурні поля та напруження деформації при наплавленні вал- шестерні	30
2.4 Висновки до другого розділу.....	34
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛ- ШЕСТЕРНІ	35
3.1 Аналіз службового призначення вузла , деталі. Вимого до деталі, що відновлюється та її поверхонь.....	35
3.2 Дефектація вал-шестерні.....	39
3.3 Вибір методів відновлення.....	42
3.4 Вибір витратного матеріалу.....	43
3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення поверхонь.....	44
3.6 Визначення припусків та переходів при механічній обробці.....	48
3.7 Розрахунок та призначення режимів нанесення покриття.....	49
3.8 Нормування операцій технологічного процесу.....	53

3.9 Сворення конструктивної схеми верстата з ЧПК та її опис.....	56
3.10 Висновки до третього розділу.....	63
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	64
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	64
4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки.....	68
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	71
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....	80
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	86
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	87
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	89
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	94
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100
Додток А (обов'язковий) ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	104
Додаток Б (обов'язковий) ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ	
Додаток В (обов'язковий) ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	
Додаток Г(обов'язковий) : СПЕЦІФІКАЦІЯ	
Додаток Д (обов'язковий) : ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	

ВСТУП

Актуальність проблеми. В наш час великим кроком розвивається техніка, починаючи від побутових приладів до великогабаритних конструкцій в багатьох галузях виробництва. З підвищенням робочих швидкостей, тиску, температур, агресивності середовищ, посилюванням умов, характерних для роботи сучасного виробництва, збільшується й інтенсивність зношування, корозії й інших видів пошкодження поверхні металу деталей і механізмів, що контактують з оброблюваними матеріалами і зношуючими середовищами [1].

Технічна сторона робіт по відновленню деталей полягає в забезпеченні високої якості деталей, необхідного для покращення показників надійності відремонтованих агрегатів і машин.

Оптимізація процесів відновлення робочих поверхонь деталей в наш час є актуальною темою. Пояснюється це відносно великою економічною ефективністю відновлення зношеної деталі порівняно із виготовленням нової. Існування пакетів прикладних програм за якими можна моделювати дію тих або інших параметрів технологічного процесу, досліджувати розподіл температурних полів при відновленні.

Як об'єкт ремонту, сільськогосподарська техніка є складним інженерним комплексом, який після відновлення повинен володіти високими експлуатаційними характеристиками, що відповідають рівневі вимог заводів виробників.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні етапи роботи визначалися та виконувалися відповідно до завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та положення про магістерську кваліфікаційну роботу кафедри Галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету. Рівень участі в роботах – відповідальний виконавець.

Мета і завдання роботи. Метою є удосконалення технології відновлення вал-шестерні зернозбирального комбайну електродуговим наплавленням з

додаванням порошку графіту з нанопластинами графену шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконаленням конструкції обладнання для наплавлення.

Для досягнення зазначеної мети були сформульовані та вирішені такі задачі:

1. Аналізування причин масового браку при експлуатації систем сільськогосподарської техніки з переліку основних деталей, які відбраковуються, і у свою чергу докорінно залежать від рівня використовуваних технологій відновлення;
2. Обґрунтування моделі методу кінцево-елементного аналізу для розрахунку температурних полів процесу наплавлення покриття.
3. Моделювання теплового впливу процесу дугового наплавлення на структуроутворення у нанесеному покритті;
4. Дослідження впливу порошку графіту з нанопластинами графену на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та його вплив на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару та структуру поверхневих шарів;
5. Вибір оптимального режиму наплавлення з використанням порошку графіту з нанопластинами графену для отримання зносостійких покриттів із заданими експлуатаційними властивостями;
6. Розробка установки з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «вал-шестерня».

Новизна одержаних результатів.

1. Отримала розвиток та обґрунтована модель використання методу кінцево-елементного аналізу для розрахунку температурних полів процесу наплавлення покриття.

2. Експериментально досліджено вплив порошку графіту з нанопластинами графену на утворення структури при наплавленні деталі

наплавочним дротом Нп-30ХГСА та на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару.

3. Розроблені технологічного процесу відновлення з використанням електродугового наплавлення, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь валу.

4. Розробці установки з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «вал-шестерня».

Об'єкт дослідження – процес формування наплавлених покриттів з використанням порошку графіту з нанопластинами графену на робочих поверхнях деталей типу «вал-шестерня».

Предмет дослідження – закономірності впливу порошку графіту з нанопластинами графену в поверхневих шарах в процесі електродугового наплавлення.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи доповідались та обговорювались на Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «**МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2024)**».

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Основні положення і результати магістерської кваліфікаційної роботи викладені у тезах міжнародної науково-практичній Інтернет-конференції:

1. Остапчук Д.В. Вплив температури на функціональні поверхні при наплавленні. / Д.В. Остапчук // Матеріали тез доповідей КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «**МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2024)**».

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19753/16369>

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сучасний розвиток сільськогосподарської техніки висуває нагальну потребу удосконалення організації і засобів відновлення зношених деталей, впровадження нових ресурсозберігаючих технологій і обладнання, що дозволить з науковою обґрунтованістю і техніко-економічною доцільністю вирішувати експлуатаційні питання при забезпеченні в межах робочих обмежень високого рівня зносостійкості і довговічності вузлів і деталей, які підлягають ремонту. Однак, технологічне забезпечення підприємств, засноване на широкому використанні традиційних методів відновлення, незважаючи на безперервне їх удосконалювання, не відповідає сучасним вимогам і ресурс відновлених деталей у багатьох випадках залишається низьким. Це у свою чергу приводить до передчасного відбраковування відновлених деталей, тим самим створює дефіцит, і, як результат, підвищує вартість ремонту, збільшує його тривалість і побічно призводить до зниження безпеки експлуатації.

1.1. Проблема зносостійкості в практиці відновлення деталей сільськогосподарської техніки

Вивчення ситуації, яка склалась в Україні, підтверджує, що ефективна експлуатація систем сільськогосподарської техніки повинна забезпечуватися як високим рівнем її технічного обслуговування, наявністю необхідного числа запасних частин, так і необхідною якістю відновлювального ремонту, що у свою чергу докорінно залежить від рівня використовуваних технологій [2]. Надійність і безвідмовність техніки є однією з основних умов її готовності, ефективності застосування і безпеки експлуатації [2,3]. Для виконання поставлених задач сучасні машини оснащені потужними силовими установками, технічними засобами, працездатність яких в основному залежить від безвідмовного функціонування рухомих сполучень, що включають різні по конструкції і призначенню пари тертя.

Трибосополучення в процесі експлуатації в результаті дії високих навантажень, швидкостей переміщення і температур, впливу агресивних середовищ і вібрацій піддаються неминучому зносу, що проявляється в зміні їхніх геометричних розмірів і виявляється у виді вм'ятин, налипання, забоїн, залишкової деформації матеріалів [4,5].

В технічній та науковій літературі широко і детально розглянуті питання конструювання, принципи дії агрегатів і систем сільськогосподарської техніки, двигунів та їх агрегатів, але не в значній мірі розглянуті причини і ознаки появи експлуатаційних несправностей в них, пов'язаних з зносом.

При підвищенні інтенсивності зношування, що призводить до руйнування або схоплювання рухомих сполучень, відбувається відмова деталі або агрегату, і як наслідок постає необхідність дострокового зняття з експлуатації. При всьому великому виборі конструкційних форм і функціональних особливостей пар тертя, вимога зносостійкості є загальним параметром, який визначає безвідмовність їхньої роботи.

Статистичні дані розподілу кількості відбракованих деталей в залежності від характеру несправності, отримані на підставі аналізу звітів підприємств, представлені на рис 1.1.

З наведеної діаграми випливає, що в процесі експлуатації діють як мінімум три основних фактори, в результаті яких значно зменшується ресурс. Це, перш за все, зношування, яке підвищує ймовірність схоплювання, небезпеку витікання паливно-мастильних матеріалів та гідравлічних рідин, знижує керованість і безпеку. По-друге, порушення регулювання внаслідок вібрації і зношування ущільнювачів монтажних місць та нерухомих сполучень. По-третє, розвиток контактних втомлювальних пошкоджень, що призводять до руйнування робочих поверхонь в результаті багаторазової дії навантаження при одночасному проковзуванні сполучених поверхонь.

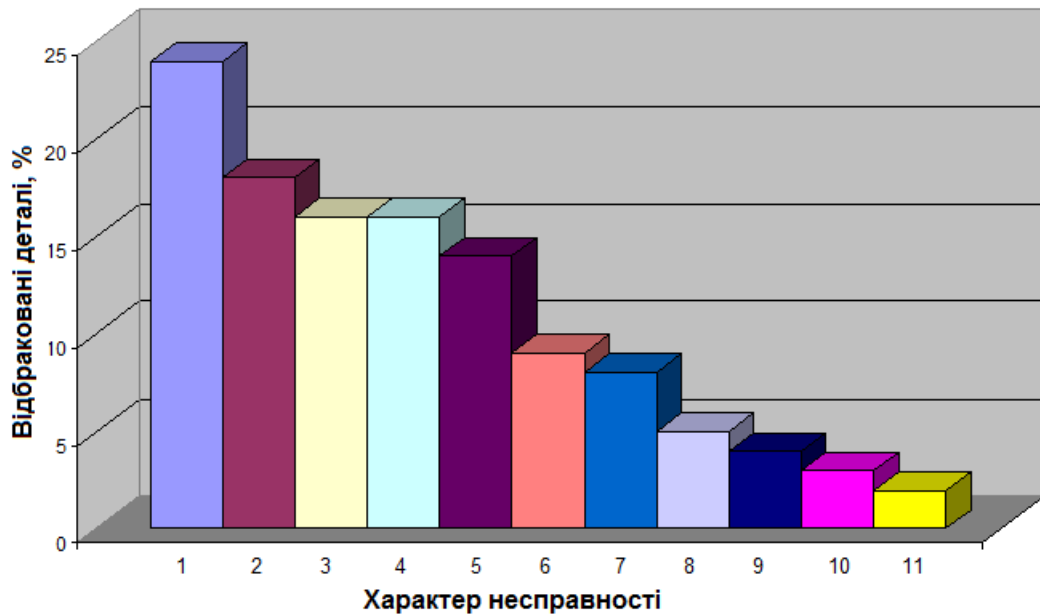


Рисунок 1.1. Статистичні дані розподілу кількості відбракованих деталей в залежності від характеру експлуатаційної несправності:

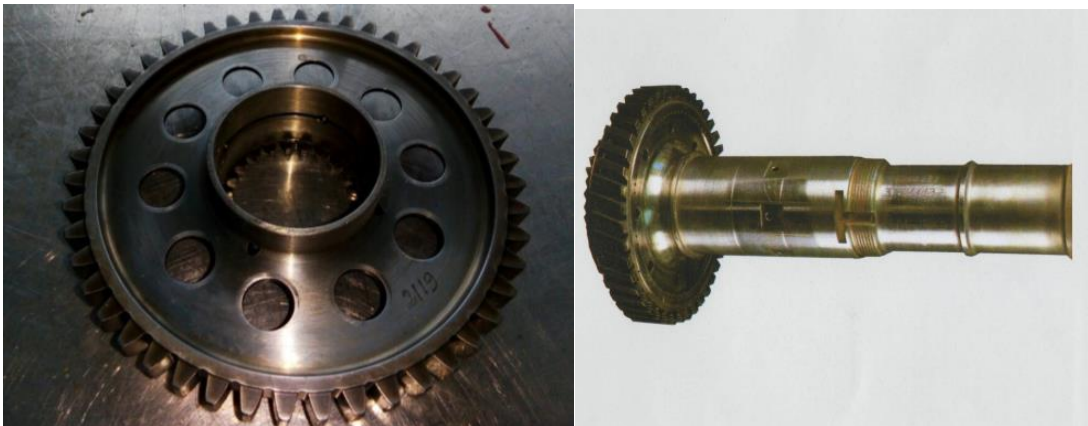
1 – підвищене зношування, збільшення зазорів; 2 – вм'ятини, деформації;
 3 – тріщини; 4 – руйнування поверхні; 5 – перегрів, прогар; 6 – заміна конструкції; 7 – не відповідність ваговому методу; 8 – зрив різьби; 9 – корозія; 10 – відпрацювання ресурсу; 11 – пошкодження при демонтажі.

В результаті встановлено, що зношування є головним фактором, який знижує надійність і строк служби як окремих вузлів і агрегатів, так і всього комбайну в цілому. Таким чином, характерним пошкодженням, що обумовлює найбільшу кількість відбракованих деталей, є пошкодження внаслідок зносу пар тертя. Через зношування знімаються з експлуатації відповідальні деталі, виготовлені із дефіцитних високовартісних матеріалів, і відновлення, повернення їм необхідних експлуатаційних властивостей, є важливою виробничою задачею ремонтних підприємств. До переліку основних деталей, які відбраковуються, відносяться деталі та агрегати двигуна комбайна, зокрема: шестерня приводу маслососа, шестерня приводу гідрососа, шестерня приводу повітряного стартера, вал ротора вентилятора, шестерні паливних агрегатів, вал ротора компресора низького тиску, вал передній та проміжний, вал-шестерня (рис.1.2).



а)

б)



в)

г)

Рисунок 1.2. Деталі агрегатів двигуна: а – шестерня приводу масло насоса; б – шестерня приводу гідронасоса; в – шестерня приводу повітряного стартера; г – ведуча шестерня вільної турбіни.

На підставі аналізу отриманих результатів можна відзначити, що певна частина деталей відновлюється шляхом застосування технології електричного осадження і наплавлення, але значна кількість деталей бракується через неприпустимо великий знос і відсутність у практиці ремонтних підприємств технологій їхнього надійного відновлення. Причиною масового браку є локальний знос, усунути який, використовуючи при відновленні традиційні технології електричного осадження металів і наплавлення матеріалів з наступною їх термічною обробкою, та забезпечити при цьому зносостійкість, стійкість до ушкоджень, які необхідні для збереження розмірів деталей у припустимих межах протягом встановленого терміну служби, неможливо.

Також ресурс відновлених деталей у порівнянні з новим залишається низьким [6].

Таким чином, підвищення якості повинно вирішуватися шляхом впровадження нових матеріалів та сучасних високопродуктивних технологічних процесів зміцнення і відновлення зношених деталей, що є сьогодні актуальною задачею, рішення якої дозволить значно заощаджувати енергетичні, матеріальні і трудові ресурси, підвищити ефективність виробництва, додавши йому якісно новий рівень.

1.2. Формування покриттів при наплавлюванні

В загальному комплексі методів, спрямованих на подовження ресурсу деталей, що працюють в умовах тертя, важливе значення мають технології поверхневого зміцнення, тому що явища зносу, що обмежують терміни експлуатації, виникають і розвиваються в поверхневих шарах. Раціональний вибір і застосування зміцнюючих технологій у більшості виявляється єдино можливим і найбільш вигідним рішенням ряду виробничих задач, пов'язаних не тільки з можливістю відновлення зношених деталей, але і спрямованих на подовження терміну їхньої служби, крім того, для формування високоміцного зносостійкого поверхневого шару потрібно значно менше дорогих і дефіцитних легуючих елементів, ніж для легування всього об'єму. Сьогодні практично у всіх промислово-розвинутих країнах зацікавленість до технічних можливостей різних технологічних методів створення захисних поверхневих покриттів для зміцнення і відновлення зношених деталей безупинно зростає.

Арсенал технологічних способів, що використовуються або можуть бути використані для виконання операцій при ремонті деталей і агрегатів сільськогосподарської техніки, досить великий, і їхнє застосування повинно забезпечити відновлення не тільки початкової геометрії, але і ресурсу деталей. Як правило, з технологічними методами по відновленню зношених деталей поєднуються операції по додаванню необхідних фізико-механічних властивостей поверхневому шару. Найбільш широко при цьому застосовуються

поверхнєве пластичне деформування, термічна обробка, особливо місцеве загартування струмами високої частоти і хіміко-термічна обробка [7, 8].

1.3 Дефектування деталі з використанням багатофакторного експерименту

Діагностичний математичний апарат, який оцінює стан вал-шестерні, досить складний і включає в себе весь арсенал методів аналізу процесів зношування.

Спостереження за зносом і пошкодженнями деталей машин при експлуатації показує, що найбільш проблемні місця це шийки під підшипник та зубчасте спряження. Ці поверхні швидко зношуються, оскільки вони є робочими поверхнями вал-шестерні. Найбільш поширеним пошкодженням цих поверхонь є абразивне зношування, яке виникає в результаті потрапляння частинок пилу або спрацювання робочих поверхонь вал-шестерні. Тому потрібно слідкувати за роботою редуктора та кожної деталі [9].

Для дослідження обрано такі фактори:

- матеріал вал-шестерні;
- швидкість обертання вал-шестерні;
- стан поверхонь вал-шестерні.

На основі попередніх даних припускали, що всі ці параметри, як фактори експерименту дослідження зносостійкості, відповідають умовам їх керованості, незалежності і сумісності один до одного. Керованість факторів розглядали як можливість передавати їм довільний рівень в області визначення і фіксувати сталим протягом всього досліджу, незалежність – як відсутність між ними кореляційного зв'язку, а сумісність – як можливість зафіксувати кожен з них на будь-якому рівні незалежно від значень рівнів інших факторів [9].

Повний багатофакторний експеримент сплановано в інтервалі допустимих значень трьох факторів (матеріал вал-шестерні, швидкість обертання вал-шестерні, стан поверхонь), які визначено попередніми розрахунками та експериментальними дослідженнями. Математичну модель зносостійкості покриттів представимо у вигляді поліному першої степені:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3 \quad (1.1)$$

Обрані фактори позначені через X_1 , X_2 , X_3 . Для спрощення розрахунків було введено кодовані змінні. Рівні факторів, експерименту та інтервали зміни в натуральних і в кодованих значеннях наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Рівні факторів експерименту та інтервали зміни в натуральних і в кодованих значеннях

Рівні факторів	Найменування факторів та їх натуральні значення		
	Матеріал X_1	Швидкість обертання X_2	Стан поверхні X_3
Основний рівень (0)	206	0.175	1,6
Інтервал варіювання (I)	94	0.15	0,4
Верхній рівень (+1)	300	0.25	2
Нижній рівень (-1)	113	0.1	0,8

Для забезпечення необхідної точності експерименту проводилось три незалежних досліди в незмінних режимах. Однорідність дисперсії паралельних дослідів оцінювалась за наступною методикою. В табл. 1.1 показана матриця планування та результати експерименту на зносостійкість

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожної стрічки матриці визначалось за формулою

$$\bar{y}_j = \sum_u \frac{y_{ju}}{r}, \quad (1.2)$$

де r – число паралельних дослідів; u – номер паралельного дослідів;

y_{ju} – значення функції відгуку в u -тому паралельному досліді j -го рядка матриці.

Для оцінки відхилень її від середнього значення обчислювалась дисперсія паралельних дослідів

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^r \frac{(y_{ju} - \bar{y}_j)^2}{(r-1)}. \quad (1.3)$$

Однорідність дисперсії паралельних дослідів перевірялась за критерієм Кохрена, що являє собою відношення максимальної дисперсії, до суми всіх дисперсій.

Гіпотеза про однорідність дисперсій підтверджується, якщо розрахункові значення критерію не перевищують табличного G - критерію Кохрена ($\alpha=0.05$).

Рівень значущості всіх розглянутих критеріїв приймався $\alpha=0,05$. При цьому вірогідність P вірного дослідів складає 95%.

Для проведення розрахунків було складено програму на мові Паскаль для персонального IBM-сумісного комп'ютера. Далі представлено результати роботи програми.

Результатом проведених досліджень отримано рівняння регресії:

$$Y = 0.63 - 0.028X_1 - 0.047 X_2 - 0.055 X_3 + 0.022 X_1 X_2 + 0.005 X_1 X_3 - 0.006 X_2 X_3 + 0.03 X_1 X_2 X_3. \quad (1.4)$$

Перевірка статистичної значущості коефіцієнтів виконувалась за t -критерієм Стьюдента.

Після коректування рівняння регресії була отримана математична модель залежності зносостійкості покриття від параметрів його нанесення:

$$Y = 0.63 - 0.028X_1 - 0.047 X_2 - 0.055 X_3 + 0.022 X_1 X_2 + 0.03 X_1 X_2 X_3.$$

Перевірка на адекватність проводилась за критерієм Фішера:

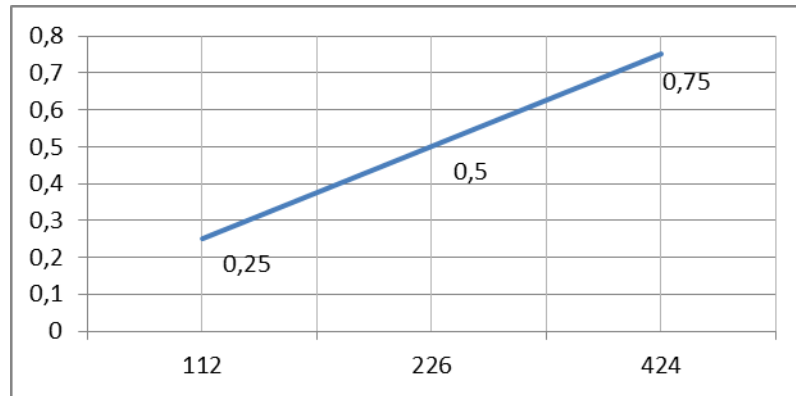


Рисунок 1.3 – Вплив швидкості обертання вал-шестерні на величину зносу з мастилом: 1) 112 м/хв; 2) 226 м/хв; 3) 424 м/хв

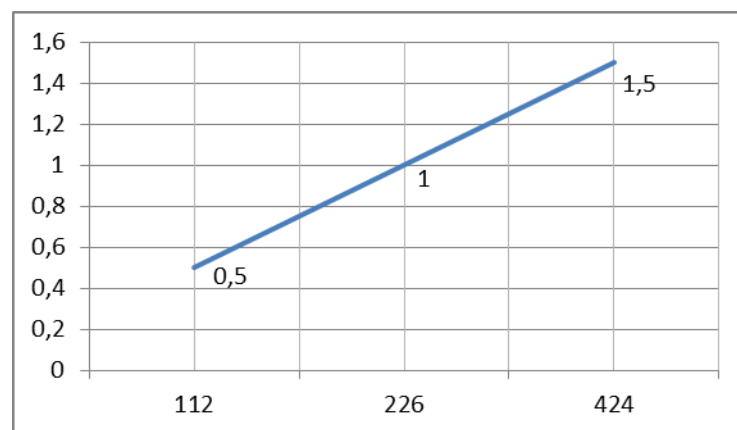


Рисунок 1.4 – Вплив швидкості обертання вал-шестерні на величину зносу без мастила: 1) 112 м/хв; 2) 226 м/хв; 3) 424 м/хв

Оскільки виконується умова $F_p < F_{табл}$ то розроблена модель є адекватною.

Аналіз отриманої моделі показав, що оскільки коефіцієнти в рівнянні регресії, яке моделює процес зношування, від'ємні, то всі обрані фактори, зі збільшенням в інтервалі досліджень, впливають на зносостійкість покриттів в сторону її підвищення.

1.4 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень

При роботі вал-шестерні редуктора, з часом, змінюються геометрія поверхонь тертя та фізико-механічні властивості поверхневих шарів матеріалу деталі. Це проявляється при постійних зовнішніх умовах в погіршенні умов тертя, температури та інтенсивності зношування [5, 8].

1. Вивчений стан і проведена якісна оцінка експлуатаційних пошкоджень у залежності від характеру несправностей дозволяють зробити висновок, що широка номенклатура рухомих сполучень бракується через підвищений знос і відсутність технологічних рекомендацій з їх надійного і економічно доцільного відновлення.

2. Діагностичний математичний апарат отриманої моделі показав, що оскільки коефіцієнти в рівнянні регресії, яке моделює процес зношування, від'ємні, то всі обрані фактори, зі збільшенням в інтервалі досліджень, впливають на зносостійкість покриттів в сторону її підвищення.

3. На базі опрацьованого матеріалу встановлено, що застосування покриттів електродуговим наплавленням дозволить з науковою обґрунтованістю і високою техніко-економічною доцільністю вирішити проблему відновлення зношених деталей при цьому значно підвищити показники якості продукції.

Мета і завдання роботи є удосконалення технології відновлення вал-шестерні зернозбирального комбайну електродуговим наплавленням з додаванням порошку графіту з нанопластинами графену шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконаленням конструкції обладнання для наплавлення.

Для досягнення зазначеної мети були сформульовані та вирішені такі задачі:

1. Аналізування причин масового браку при експлуатації систем сільськогосподарської техніки з переліку основних деталей, які відбраковуються,

і у свою чергу докорінно залежать від рівня використовуваних технологій відновлення;

2. Обґрунтування моделі методу кінцево-елементного аналізу для розрахунку температурних полів процесу наплавлення покриття.

3. Моделювання теплового впливу процесу дугового наплавлення на структуроутворення у нанесеному покритті;

4. Дослідження впливу порошку графіту з нанопластинами графену на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та його вплив на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару та структуру поверхневих шарів;

5. Вибір оптимального режиму наплавлення з використанням порошку графіту з нанопластинами графену для отримання зносостійких покриттів із заданими експлуатаційними властивостями;

6. Розробка установки з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «вал-шестерня».

2. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

2.1 Методика, об'єкти і матеріали дослідження

Дослідження виконували на циліндричних зразках зі сталі 40Х.

Наплавлення поверхневих шарів здійснювалось на вдосконаленій установці УД-209М. Зразки наплавляли на постійному струмі, полярність – зворотна (плюс – електрод, мінус – деталь), наплавочним дротом Нп-30ХГСА. Перед наплавленням на поверхню досліджуваної сталі рівномірним шаром (завтовшки 550–800 мкм) наносили попередньо приготовану легувальну обмазку (80 % дисперсного порошку графіту з нанопластинами графену + 20 % рідкого скла).

Зміну структури та фазового складу поверхневих шарів після наплавлення [7,11, 12] оцінювали за допомогою оптичного мікроскопу МИМ-8 за стандартними методиками. Труїння шліфів проводили розчином хлористого заліза ($\text{FeCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$) та ніталем.

На приладі ПМТ-3 методом вдавлення алмазної пірамідки під навантаженням від 0.5 до 2 Н здійснювали дюрOMETричні випробування алмазною пірамідкою з квадратною основою та кутом при вершині між протилежними гранями 136° .

2.2 Результати утворення структури при наплавленні з використанням порошку графіту з нанопластинами графену

При наплавленні електродуговим способом досягається міцне з'єднання на межі з основою. До основних недоліків способу відновлення деталей електродуговим наплавленням слід віднести: істотний термічний вплив на основний метал і виникненням внутрішньої залишкової напруги, що зменшує втомну міцність деталі; деформацію виробів; низький відсоток використання

наплавленого металу у зв'язку з подальшою механічною обробкою і її високу трудомісткість [1, 11].

На установці УД-209М зразки зі сталі 40Х наплавляли дротом Нп-30ХГСА діаметром 1,2 мм в середовищі CO_2 , з додаванням у зону сплавлення порошку графіту з нанопластинами графену. Наявність хрому у дроті та основному металі підвищує твердість наплавленого шару, а кремній і марганець запобігають процесу окислення заліза, вони вступають в реакцію з киснем та інтенсивно розкислюють розплавлений метал валка [1,13].

Для збільшення вмісту вуглецю у покритті використовували порошок дисперсного графіту з нанопластинами графену. При його вмісті в наплавленому шарі до 0,6% в сполученні з іншими карбідотвірними елементами утворюються сплави із доевтектоїдною структурою, що відрізняються високою ударною міцністю при порівняно високій зносостійкості [8]. Внесення вуглецю відбувалось наступним чином: на поверхню, що наплавляється, рівномірним шаром (завтовшки 550–800 мкм) наносили попередньо приготовану легувальну обмазку (80 % дисперсного порошку графіту з нанопластинами графену + 20 % рідкого скла), який під впливом високої температури електричної дуги розчиняється і вуглець пермішується у зварювальній ванні з основним та наплавляємим металом [15]. Твердість наплавленого шару після наплавлення складає НВ 310.

На рисунку 2.1 показано зразок із сталі 40Х діаметром 50 мм з нанесеним шлікерним покриттям феррованадія на основі рідкого скла, встановлений на наплавочній установці УД – 209 М.



Рисунок 2.1 – Вал з нанесеною обмазкою на основі графіту (80 % дисперсного порошку графіту з нанопластинами графену + 20 % рідкого скла)

Для здійснення процесу наплавлення провели розрахунок режимів наплавлення за методикою [16].

В табл. 2.1 наведені режими наплавлення.

Мікроструктурний аналіз напавленого покриття вглиб від поверхні показав шарувату будову структури. Напавлений шар поділяється на три чітко визначені підшари.

Таблиця 2.1 - Режими наплавлювання:

Діаметр дроту d_e мм	1,2
Напруга на дузі U В	26
Сила струму I А	120
Швидкість подачі дроту V_{nn} м/год	129
Швидкість наплавлення $V_{нап}$ м/ГОД	36,3
Частота обертання наплавляємої дета n об/хв	9,3
Крок наплавлення t мм	2,4
Зміщення дроту від zenіту l мм	5

Нижній підшар (рис. 2.2), що межує із матеріалом підкладки, переважно утворений з дрібнозернистого ферито-перлітної суміші та включеннями ледебуриту.

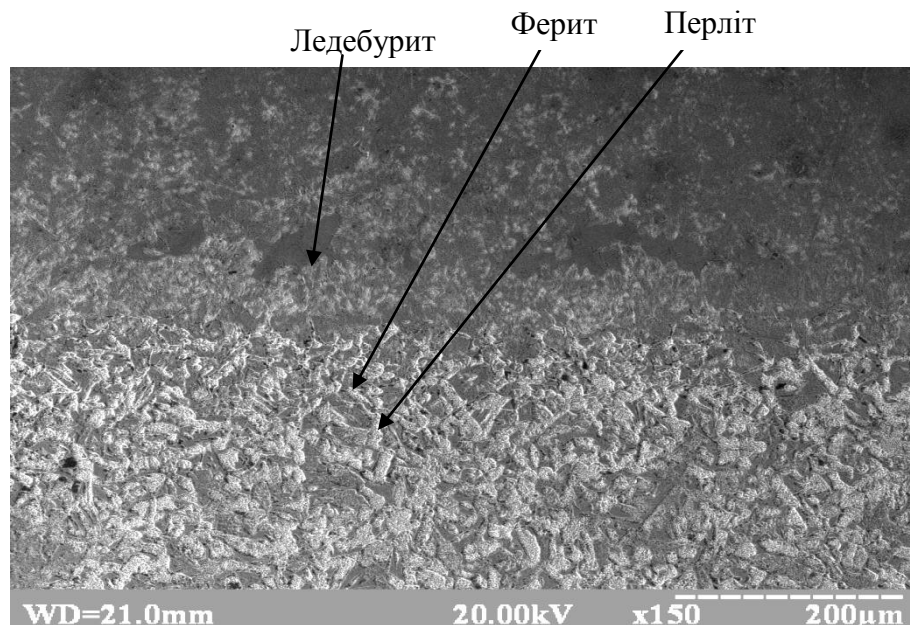


Рисунок 2.2 – Нижній підшар наплавленого покриття

Утворення ледебуритних включень можна пояснити великою швидкістю охолодження ванни розплаву внаслідок тепловідведення в метал заготовки та підвищеним вмістом вуглецю у цій зоні, що є наслідком розчинення графіту з пластинками графену. Висота підшару становить $\sim 0,64 - 0,75$ мм.

Середній підшар (рис. 2.3) має структуру відносно дрібної ледебурито-цементитної сітки з перлітними зернами у своїх комірках. Середній розмір перлітних зерен становить $\sim 20 - 30$ мкм. Тобто в даній зоні графіт встиг майже повністю розчинитися внаслідок більш повільного охолодження. Висота підшару становить $\sim 0,85-1,0$ мм [31].

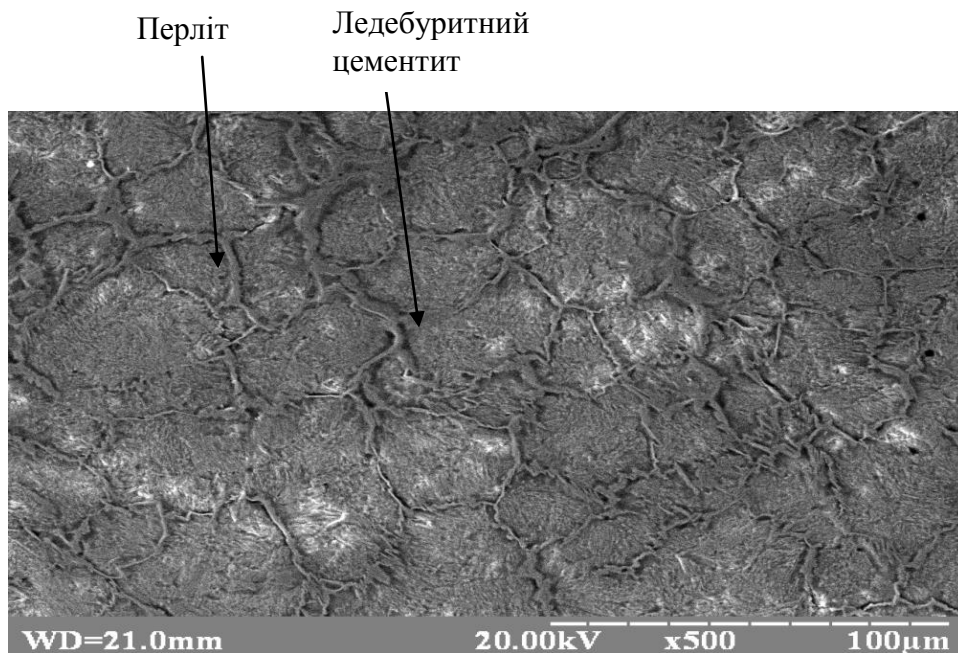


Рисунок 2.3 – Середній підшар наплавленого високовуглецевого покриття

Верхній підшар (рис.2.4) має схожу із середнім підшаром структуру, але з більшим середнім розміром перлітних зерен, що становлять $\sim 80-100$ мкм. В цій зоні також спостерігається утворення включень ледебуриту. Механізм утворення ледебуриту протікає за схемою подібно як і в нижньому підшарі, але прискорене охолодження зони відбувається внаслідок відведення тепла у навколишнє середовище. Висота підшару становить $\sim 1,0-1,15$ мм.

Вимірювання мікротвердості наплавленого шару та навколошовної зони проводили у радіальному напрямі від границі підложка – наплавлений шар на мікротвердомірі ПМТ-3. Результати вимірів представлені у табл. 2.2, створених в Excel-2007, за допомогою якої був побудований графік мікротвердсть – відстань від границі підложка –наплавлений шар (див. рис. 2.4).

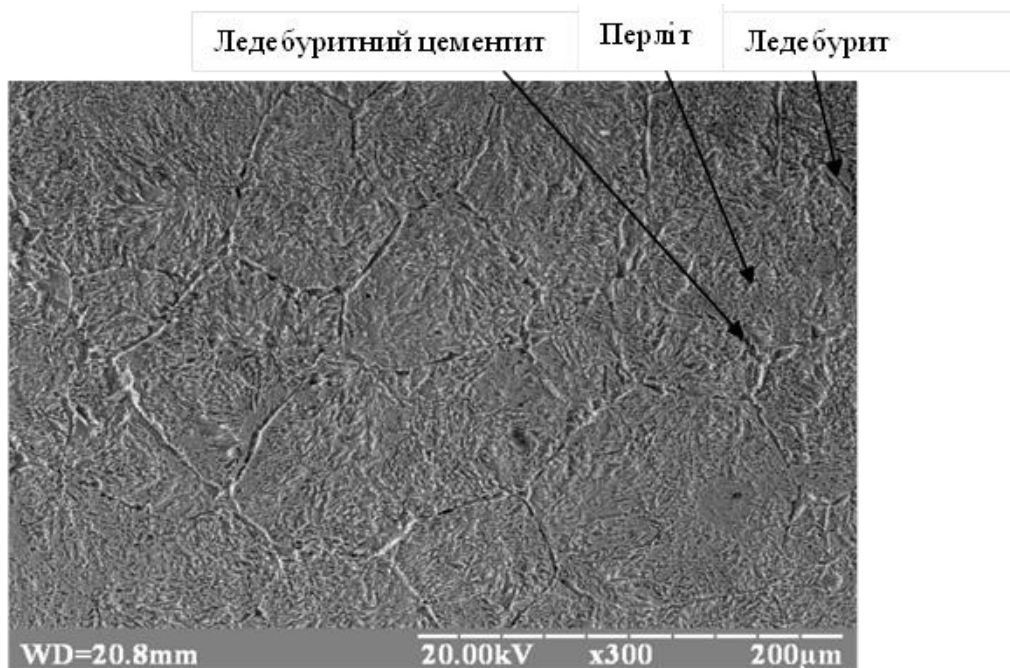


Рисунок 2.4 – Верхній підшар наплавленого високовуглецевого покриття

Наплавлений шар високовуглецевого покриття, має досить значну твердість: HRC -52.

Під час наплавлення відбулося науглецювання поверхні зразка на глибину 0,2...0,4 мм, що підтверджують діаметричні дослідження. На відстані ~ 0,6 мм від зони сплавлення, мікротвердість в наплавленому шарі сягає 6,4032 ГПа. І далі незначне зниження мікротвердості.

Що є результатом наступних явищ:

В поверхневому шарі утворюється ледебуритна структура з максимальною твердістю. В структурі спостерігаються Перліт + Ледебуритний цементит + Ледебурит.

В наступному шарі із-за неповного розчинення графітної фази утворюється структура, в якій поряд з перлітом існує ледебуритний цементит, як результат твердість наплавленого шару дещо понижується.

Наступні шари – зона термічного впливу неоплавленого металу з невеликою кількістю фериту.

Наплавлений шар являє собою перліт та ледебуритний цементит також спостерігаються ділянки ледебуриту.

На поверхні спостерігається зменшення мікротвердості у зв'язку з вигоранням, як легувальних елементів, так і вуглецю.

Відбулось розчинення вуглецю у зварювальній ванні, до якого увійшов метал електродного дроту Нп-30ХГСА.

Таблиця 2.2 – Мікротвердість основного металу та наплавленого шару залежно відстані від границі підложка – наплавлений шар

№	$m, \text{г}$	P, H	$\alpha, \text{рад}$	d, мкм	H _ц , ГПа
	50	0,4905	2,3737		
	відстань, мм	d1, мкм	d2, мкм		
1	-0,8	41	40	40,5	1,1285
2	-0,6	35	35	35	1,5106
3	-0,4	22	22	22	3,8234
4	-0,2	23	22	22,5	3,6554
5	0	20	19	19,5	4,8666
6	0,2	18	19	18,5	5,4070
7	0,4	18	18	18,0	5,7115
8	0,6	17	17	17,0	6,4032
9	0,8	17	18	17,5	6,0425
10	1	17	17	17,0	6,0432
11	1,2	17	18	17,5	6,2045
12	1,4	18	18	18,0	5,7115
13	1,6	18	18	18,0	5,7115
14	1,8	18	18	18,0	5,7115
15	2	18	19	18,5	5,4070
16	2,2	19	19	19,0	5,1261
17	2,4	19	19	19,0	5,1261
18	2,6	19	19	19,0	5,1261

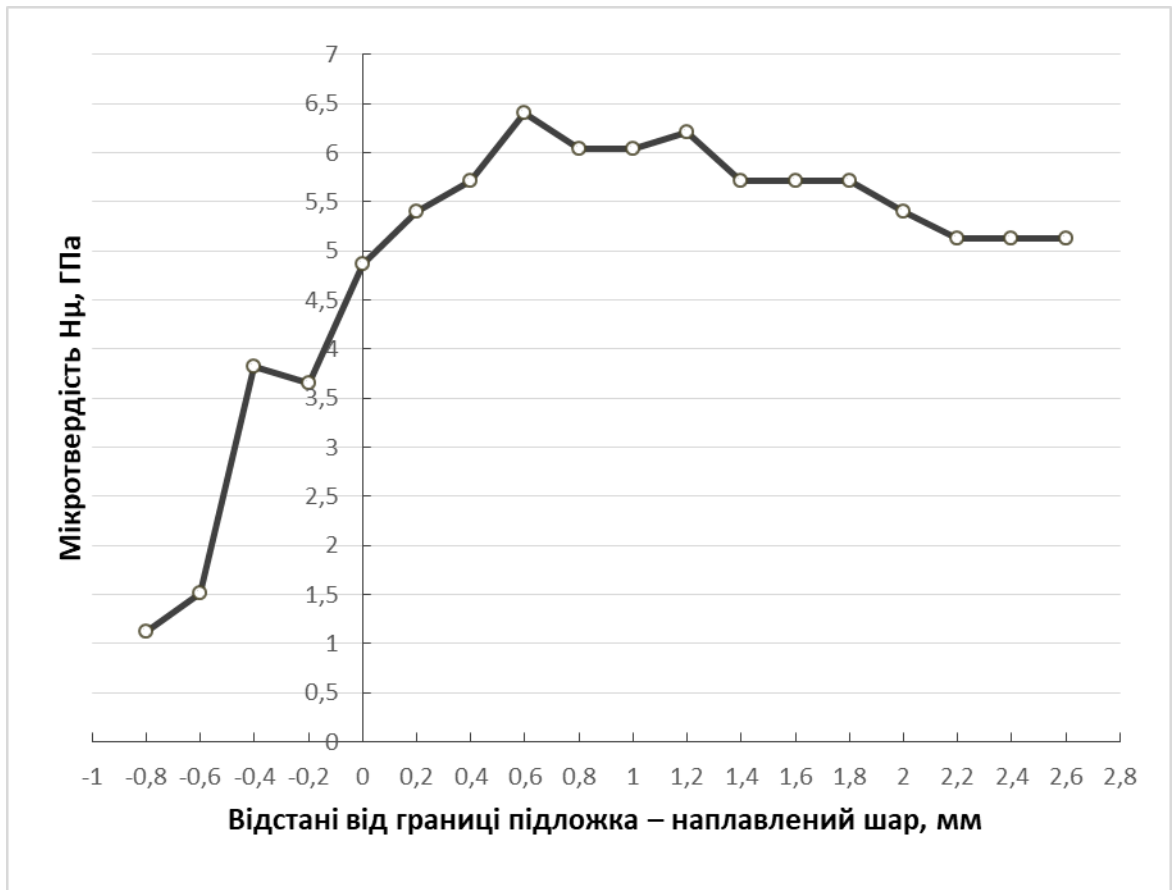


Рисунок 2.5 – Розподіл мікротвердості у навколошовній зоні та напвленому шарі

2.3 Температурні поля та напруження деформації при наплавленні вал-шестерні

Фазові та структурні перетворення при зварюванні, в порівнянні з термічною обробкою, мають свої особливості: протікають в нерівноважних умовах зварювального термдеформаційного циклу (ЗТДЦ), тобто в умовах швидкого нагрівання та охолодження з одночасним розвитком зварювальних напружень і деформацій. Характер перетворень залежить від складу сплаву, максимальних температур нагрівання, а їх завершеність – від швидкісних та деформаційних параметрів зварювального циклу.

Алгоритм проведення розрахунків у програмному пакеті ANSYS [17].

Перший етап розрахунків полягає у створенні 3-D твердотілої моделі деталі. Модуль програми кінцево-елементного аналізу використовуємо для імпортування попередньо створеної моделі (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – 3D модель вал-шестірні

В систему вводяться властивості матеріалу деталі із визначеними властивостями. Створена твердотіла модель генерується в її кінцево-елементний аналог, тобто на моделі показана сітка вузлів та елементів. Области

прикладання температурного навантаження, в нашому випадку це зовнішня поверхня вал-шестерні, більш детально розбиваємо на елементи

Наступним кроком аналізуються види процесів, яким піддається ділянка деталі. При моделювання процесу електродугового наплавлення доцільним є аналіз теплових процесів, деформацій та напружень, що виникають внаслідок теплової дії [25].

Результатом розрахунку першої системи - Transient Thermal є температурне поле, яке виникає та може бути показане у графічному вигляді (рис. 2.7) та чисельних масивах, які формуються автоматично. Масиви даних і є основою для розрахунку деформацій та напружень, які виникають під час наплавлення в матеріалі деталі. Тобто результати розрахунку системи Transient Thermal є вхідними даними, що вводяться у систему Transient Structural у вигляді навантаження (див. рис.2.7) [25].

Аналіз температурного впливу дозволяє розрахувати напруження та деформації в матеріалі вал-шестерні.

Розрахунок виконували при наплавленні в середовщі CO_2 вал-шестерні з режимами: струм – $I=197$ А; напруга на дузі – $U=21,78$ В; швидкість наплавлення – $V_H=20,6$ м/хв.; крок наплавлення – $S_H=4,4$ мм.

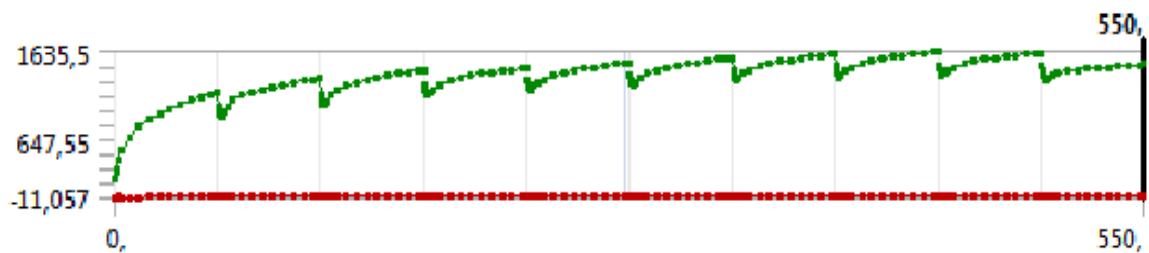


Рисунок 2.7– Графічне зображення температурного поля за весь проміжок часу наплавлення

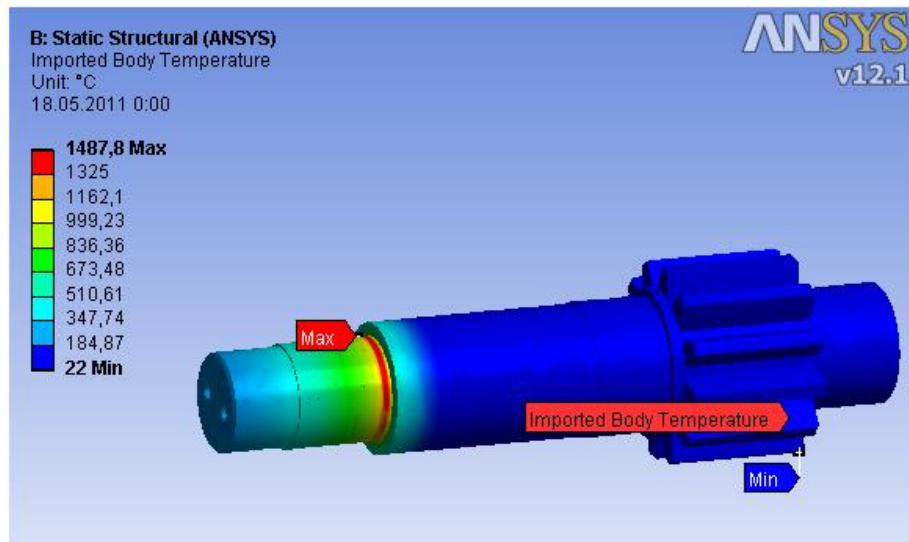


Рисунок 2.8 – Розподілення температури при нагріві під час наплавлення

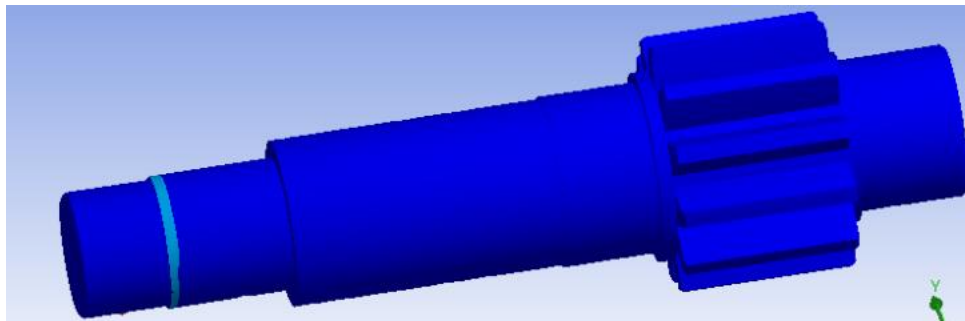


Рисунок 2.9 – Стан деформації деталі до наплавлення

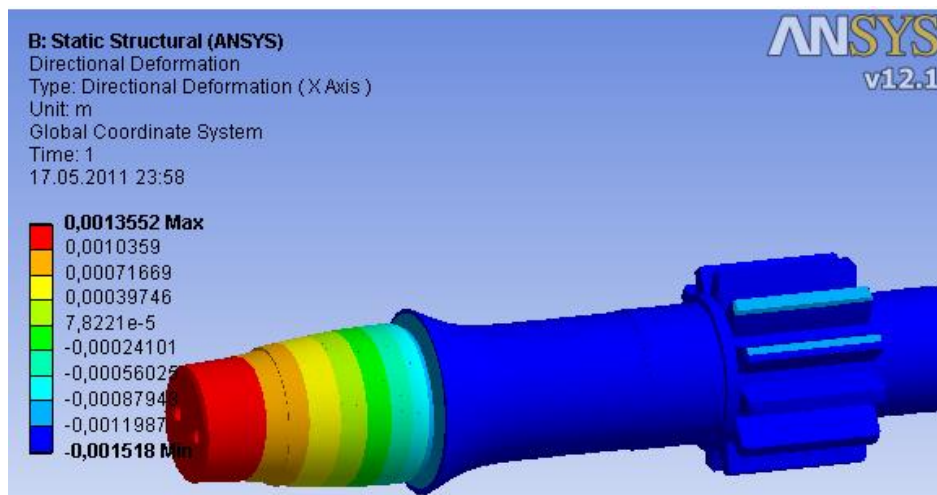


Рисунок 2.10 – Деформації, які утворились відносно осі X і Y після наплавлення відносно осі X

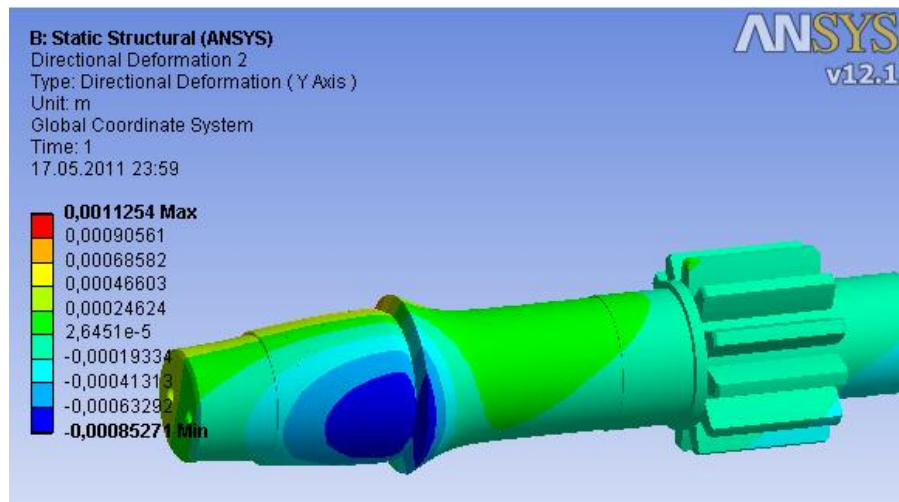


Рисунок 2.11 – Деформації, які утворились після наплавлення відносно осі Y

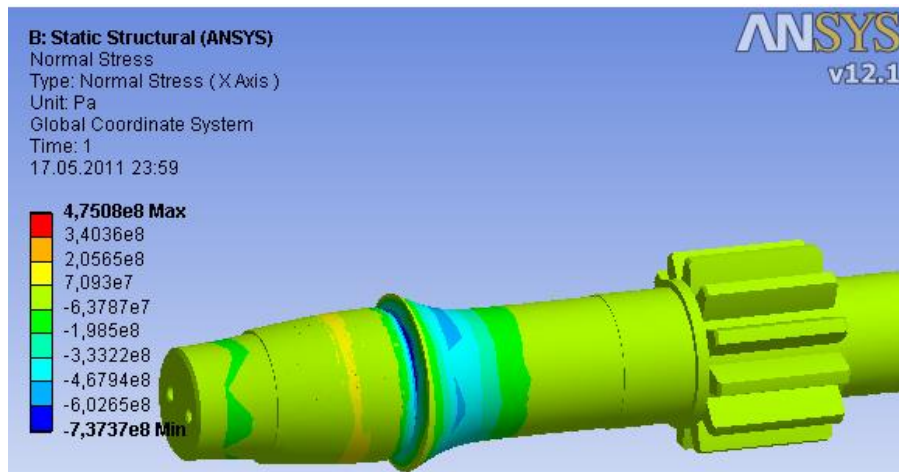


Рисунок 2.12 – Напруження, що виникають після наплавлення відносно осі X

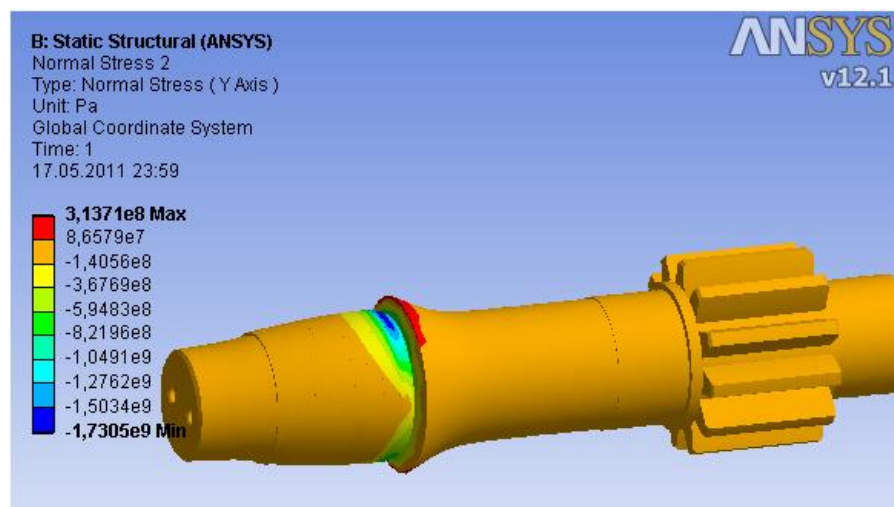


Рисунок 2.13 – Напруження, що виникають після наплавлення відносно осі Y

Розрахунки показали, що температурні поля, які утворюються в процесі наплавлення вал-шестерні, виникають під час завершальної стадії наплавлення. Поява значних теплових напружень призводить до суттєвої зміни структури матеріалу. Для уникнення холодних тріщин та поліпшення якості відновленого поверхневого шару деталі, з метою стабілізації напруженого стану, термічна обробка є необхідною. Термічна обробка після наплавлення здатна врівноважити структуру матеріалу деталі та поліпшити обробку поверхонь різанням.

Аналіз отриманих даних показав, що при таких способах наплавлення (зварювання) можна змінюючи властивості різних ділянок деталі та навколошовної зони, виготовленої з порівняно недорогого конструкційного матеріалу, одержати сплави на робочій поверхні деталі з унікальними характеристиками міцності, зносостійкості і корозійної стійкості.

2.4 Висновки до другого розділу

1. Під час наплавлення зразків зі сталі 40X електродним дротом Нп-30ХГСА діаметром 1,2 мм в середовищі CO_2 , додавали у зону сплавлення попередньо приготовану легувальну обмазку (80 % дисперсного порошку графіту з нанопластинами графену + 20 % рідкого скла). відбулося науглецювання поверхні зразка на глибину 0,2...0,4 мм, що підтверджують дюрOMETричні дослідження та утворення високовуглецевого наплавленого шару.

2. Досліджено розподіл температурних полів при відновленні вал-шестерні електродуговим наплавленням. Розподіл температурних полів має неоднорідний характер, що спричинено різною інтенсивністю відходу тепла із зони нанесення покриття у різних напрямках. Запропонований підхід дозволяє підвищити загальну точність визначення внутрішніх напружень та деформації викликаних впливом наданої температури при електродуговому наплавленні.

3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛ- ШЕСТЕРЕНІ

3.1 Аналіз службового призначення вузла, деталі. Вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь

Деталь «вал – шестерня» - є складовою зернозбирального комбайна. Ось несучого вала редуктора, співпадає з віссю вихідного вала редуктора, це дозволяє найбільш раціональним способом скомпонувати редуктор, виконати в одну лінію вісь механізму повороту і ведучого валу, що спрощує конструкцію, зменшує її габарити, металоємкість і вартість комбайна.

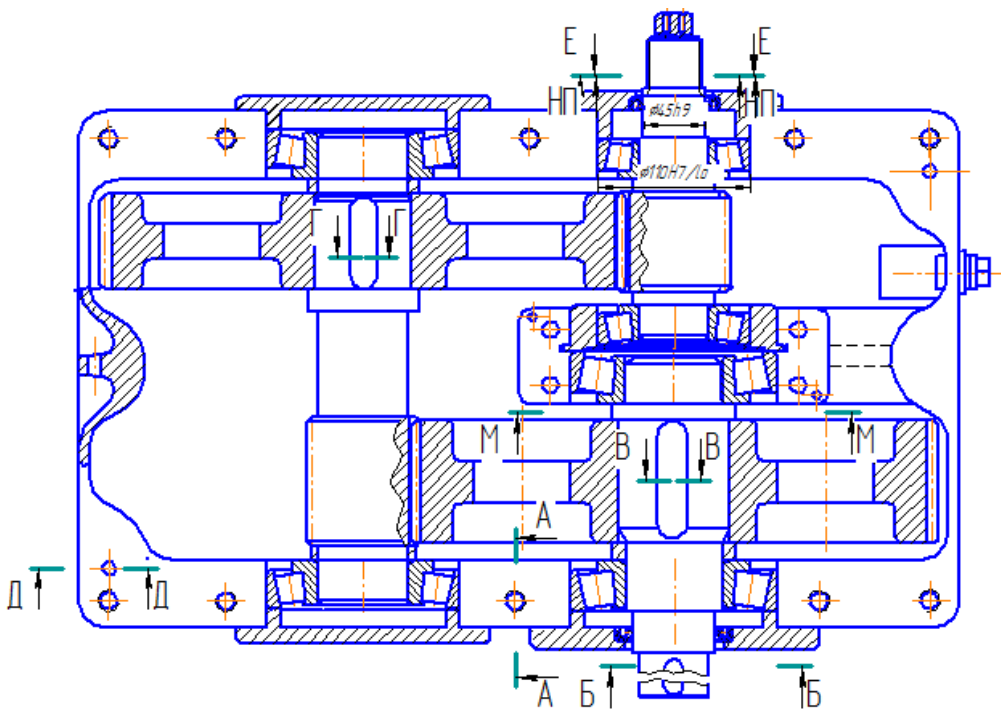


Рисунок 3.1– Поворотний редуктор зернозбирального комбайна

Деталь «вал-шестерня» – є складовою зернозбирального комбайну сільськогосподарської промисловості.

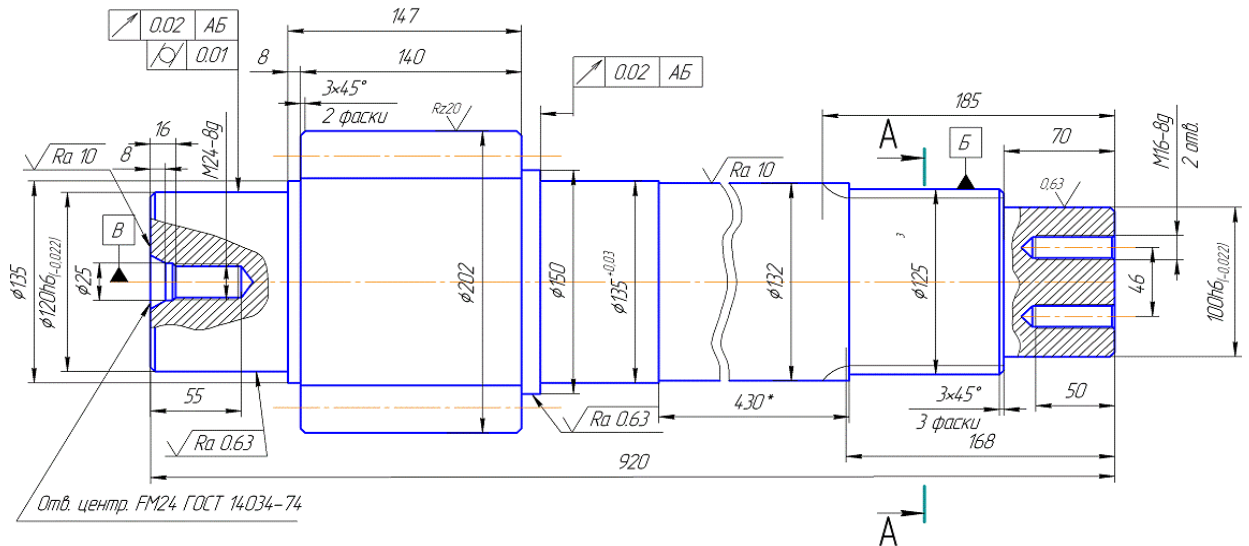


Рисунок 3.2 – Робоче креслення вала-шестерні

Головними конструкторськими базами даної деталі є місця під підшипники це $\varnothing 120 h_{(-0,022)}$, і поверхня $\varnothing 100 h_{(-0,022)}$, оскільки за допомогою них деталь орієнтується у редукторі.

Поверхні $\varnothing 120 h_{(-0,022)}$ і $\varnothing 100 h_{(-0,022)}$ є найбільш точними оскільки вони виконані по 6 квалітету точності, який може бути забезпечений при механічній обробці на верстатах з числовим програмним керуванням.

Поверхні $\varnothing 120 h_{(-0,022)}$ і $\varnothing 100 h_{(-0,022)}$ виконанні під посадку підшипника. Поверхня $\varnothing 125$ в контактi з зубчастим колесом, в результаті чого зубець шліца зношується за товщиною.

Не технологічними елементами даної деталі є зубчасте колесо ($\varnothing 202$), та шліцьова поверхня ($D10 \times 112 \times 125 h7_{(-0,022)}$) які досить важко піддаються механічній обробці.

Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

Вказані на кресленні розміри можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для вимірювання не існує.

Вал-шестерня виготовлена із сталі 20X2H4A ГОСТ4543-71. Сталь 20X2H4A (табл.3.1) [12, 18] придатна для обробки на металорізальних верстатах без затруднення. Дана деталь виготовляється із заготовки методом гарячого штампування.

Таблиця 3.1– Хімічний склад % сталі 20X2H4A ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P	Cu
0.16 - 0.22	0.17 - 0.37	0.3 - 0.6	3.25 - 3.65	1.25 - 1.65	до 0.025	до 0.025	до 0.3

Таблиця 3.2 – Закордонні аналоги матеріалу 20X2H4A

США	Германия	Франция	Англия	Италия	Болгария	Польша	Чехия
-	DIN, WNr	AFNOR	BS	UNI	BDS	PN	CSN
3120 3316H	19CrNi8	20NC6	822M17	20CrNi4	20Ch2N4A	20H N4A	1623

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі проведено за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості [18,19] .

Коефіцієнт уніфікації наведено в табл.3.3, який розраховано згідно стандартній методики, як і всі інші показники (коефіцієнт точності та коефіцієнт шорсткості)

Всі розміри деталі наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількісний аналіз

№ п /п	Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість, Ra	Різь
1	920	D202	45°(5)*	0,63(4) *	M16-8g(2)*
2	168	D25*	0,5×45°(20)*	1,25(10)*	M24-8g*
3	50(2)*	D135	1×60°(2)*	5 (40)	
4	430	D120*h6 ($\frac{+0,025}{+0,003}$)	8×90°(2)*	10(2)	

Продовження табл. 3.3					
5	55*	D150*			
6	8*	R135 ^{+0,03}			
7	16*	D132			
8	235				
9	140*				
10	148				
11	598				
12	115				
13	70				
14	18*				
Q _{ye}	15	7	4	4	2
Q _e	7	3	4	2	2

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

Коефіцієнта точності обробки представлено в табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Квалітет точності

Назва квалітету	Величина квалітету, T _i	Кількість поверхонь, n _i	Середній квалітет, T _{cp}
H	6	2	6·2=12
H	14	22	14·22=308

Коефіцієнт шорсткості поверхонь наведено в табл.3.5.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Величина шорсткості, $Ш_k$	Кількість поверхонь, n_k	Середня шорсткість, $Ш_{cp}$
0,63	4	$0,63 \cdot 4 = 2,52$
1,25	10	$1,25 \cdot 10 = 12,5$
5	40	$5 \cdot 40 = 200$
10	2	$10 \cdot 2 = 20$
Сума	56	235,02

Оскільки $K_{ye} > 0,6$ (1,77), $K_T > 0,8$ (0,952), $K_{ш} < 0,32$ (0,238), то вал-шестерня комбайна 1К101 є технологічним за кількісними показниками.

Отже, на основі проведеного аналізу можна зробити такий висновок, що деталь є технологічною, тому що має додаткові поверхні для виходу інструменту, що забезпечує швидкісну обробку деталі.

3.2 Дефектація вал-шестерні

Вал-шестірня в процесі роботи зазнає механіко-абразивний, фретинг-корозійний, ударно-абразивний знос та зношування внаслідок знакозмінних навантажень.

Знос зовнішніх поверхонь вал-шестерні відбувається:

- під підшипник внаслідок фретинг-корозії;
- шліцьової поверхні внаслідок ударно-абразивного і механіко-абразивного зношування;
- зубців внаслідок ударно-абразивного і механіко-абразивного зношування [3,20, 21] .

Таблиця 3.6 –Таблиця дефектації вал-шестерні

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
Дефект 1	Зношування зовнішнього діаметра під підшипник	Мікрометр ГОСТ 6507-90 Штангциркуль ГОСТ 166-73	Ø120 _{-0,022}	Ø119,978
Дефект 2	Зношування зовнішнього діаметра під підшипник	Мікрометр ГОСТ 6507-90 Штангциркуль ГОСТ 166-73	Ø100 _{-0,025}	Ø99,975
Дефект 3	Зношування зовнішнього діаметра шліців	Мікрометр ГОСТ 6507-90 Штангциркуль ГОСТ 166-73	Ø100 _{-0,022}	Ø99,978
Дефект 4	Зношування зовнішнього діаметра	Мікрометр ГОСТ 6507-90 Штангциркуль ГОСТ 166-73	Ø202	Ø201,90
Дефект 5	Зношування зовнішнього діаметра	Мікрометр ГОСТ 6507-90 Штангциркуль ГОСТ 166-73	Ø135	Ø134,96
Дефект 6	Спрацювання поверхні різьби	Шаблони нарізі	M×24,5-7H	M×24,5-7H

Робота зубчастої передачі супроводжується певними шумами, стуком, звуком. У разі спрацювання деталей, погіршуються умови їх кочення, порушуються координати взаємного розташування деталей та внаслідок інших дефектів характер звуків змінюється (зазвичай посилюється).

Класифікація дефектів дозволяє правильно вибрати технологічні процеси відновлення деталей, особливо типові; обґрунтувати раціональну спеціалізацію підрозділів, зайнятих відновленням; робити укрупнені розрахунки трудових і матеріальних витрат, пов'язаних з відновленням; планувати виробництво.

Дефекти, що розглядаємо [16, 17, 14], відносяться до другої групи пошкоджень і є поправним. Поверхні під підшипник, діаметрами 120 та 100 мм (дефект 1 та 3 рис. 3.3) є однаковими, виникають при зношуванні поверхонь під підшипник. Такі дефекти можливо і доцільно ремонтувати. В результаті механічної взаємодії поверхонь, що контактують, має місце адгезійне зчеплення в поєднанні з корозією. Дефекти посилюються також за рахунок дії підвищених статичних та динамічних навантажень, які спричиняють напруження.

Дефект 2 – знос шліцевої поверхні, зовнішній діаметр якої 125мм, а внутрішній 112мм. В табл.3.7 наведені дефекти валу.

Таблиця 3.7 – Таблиця дефектації вал-шестерні

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірвальний інструмент	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
Дефект 1	Зношування зовнішнього діаметра	Мікрометр ГОСТ 6507-90	Ø120 _{-0,022}	Ø119,978
Дефект 2	Зношування зовнішнього діаметра шліців	Мікрометр ГОСТ 6507-90	Ø125 _{-0,025}	Ø124,975
Дефект 3	Зношування зовнішнього діаметра	Мікрометр ГОСТ 6507-90	Ø100 _{-0,022}	Ø99,978

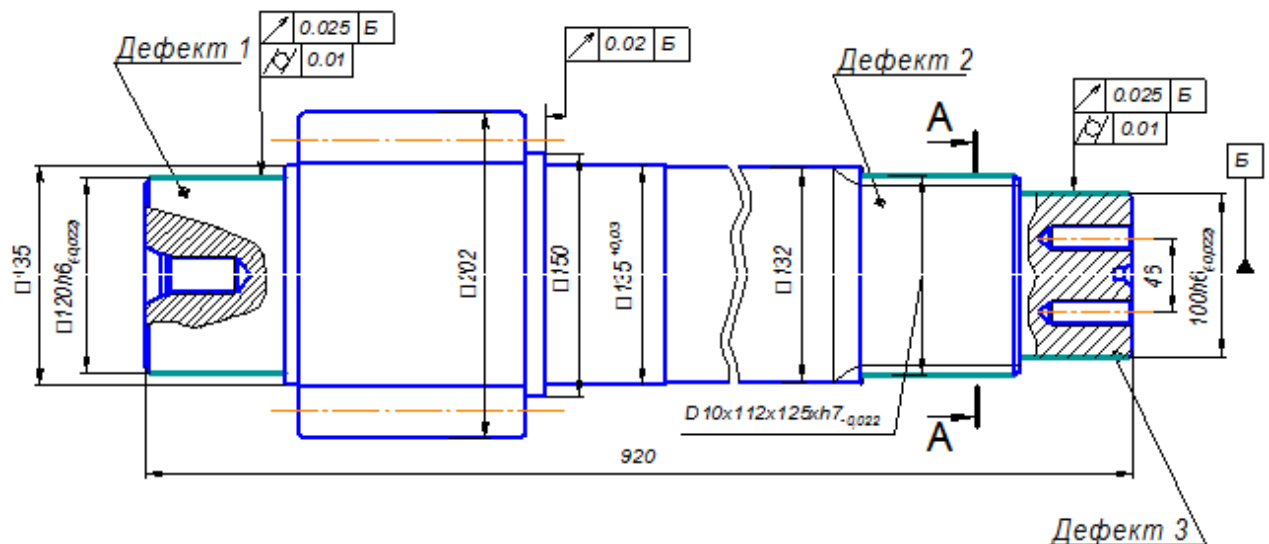


Рисунок 3.3 – Ремонтне креслення

3.3 Вибір методів відновлення

Для вибору раціонального способу відновлення деталі розглянемо відновлення згідно трьох основних критеріїв [7,8,16, 21]:

- 1) можливість використання;
- 2) довговічності;
- 3) техніко - економічної ефективності.

Відновити зношені поверхні вала можна за допомогою таких методів: плазмове напилення, газополуменеве напилювання, наплавлення в середовищі вуглекислого газу, наплавлення під шаром флюсу, детонаційне напилення та наплавлення в середовищі CO₂.

Розглянувши усі переваги та недоліки вище перерахованих методів для відновлення спрацьованих посадкових поверхонь вала під підшипники було обрано наплавлення в середовищі CO₂. [11, 23, 21, 22].

Метод простий в освоєнні і застосуванні, може застосовуватися як в ручному, так і в автоматизованому режимах для зовнішньої поверхні під підшипники та шліцьову поверхню.

3.4 Вибір витратного матеріалу

Для наплавлення вала привідного, який виготовляється із сталі 20Х2Н4А, ми використовуємо наплавочний дріт Нп-30ХГСА ГОСТ 10543-98 (табл. 3.8), який вміщує легуючі елементи марганець, хром та кремній діаметром 1,2 мм.

Таблиця 3.8 – Хімічний склад наплавочного дроту Нп-30ХГСА ГОСТ 10543-98

Марка дроту	C	Mn	Si	Cr
Нп-30ХГСА	0,43-0,45	0,8-1,1	0,2-0,3	0,8-1,1

Хром підвищує твердість наплавленого шару, а кремній і марганець запобігає процесу окислення заліза, вступаючи в реакцію з киснем, та інтенсивно розкислюють розплавлений метал накладеного валика.

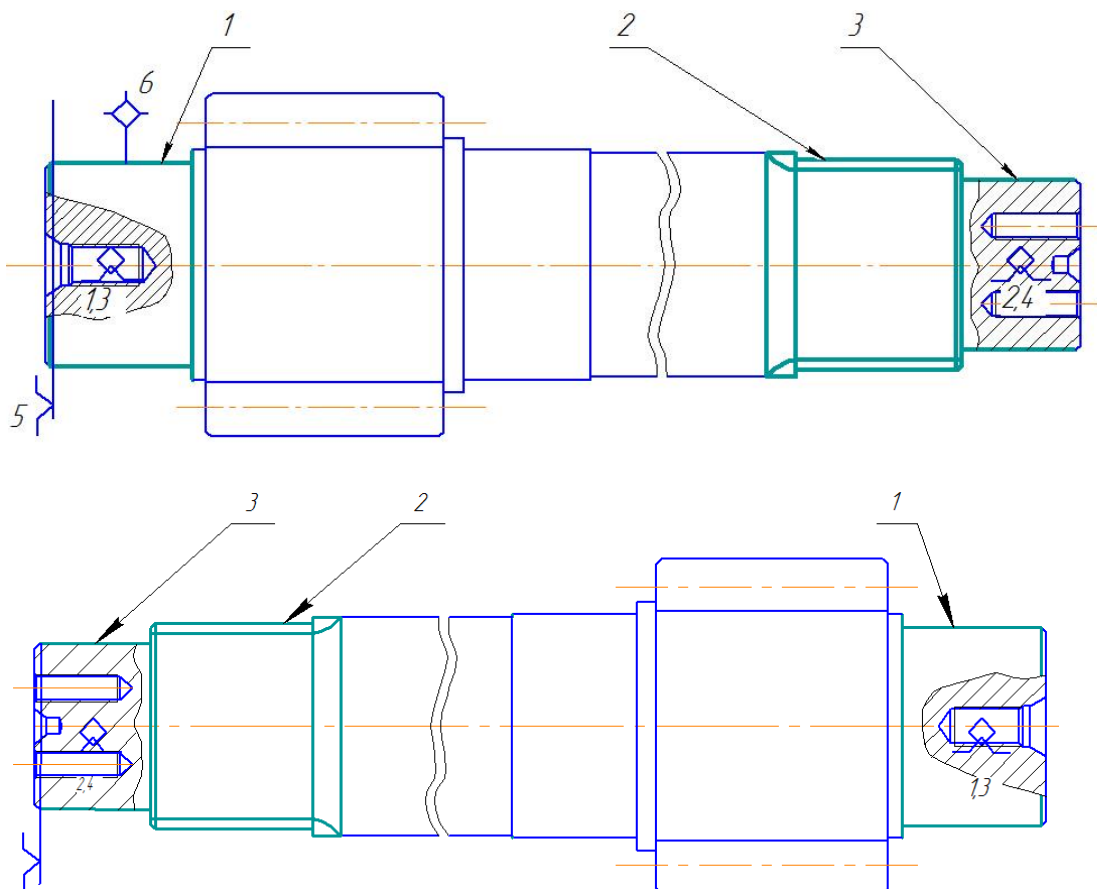


Рисунок 3.4 – Схема встановлення вал-шестерні при обробленні

3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення поверхонь

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення вал-шестерні:

005 – Мийна: мити деталь розчином «Лабомід»;

010 – Токарна: точіння поверхонь 1, 2 та 3 до $\varnothing 119,5\text{мм}$ $\varnothing 112\text{ мм}$ та $\varnothing 99,5\text{мм}$ відповідно;

015 – Наплавлювальна: наплавлення поверхні 1, 2 та 3 до $\varnothing 122,5\text{мм}$, $\varnothing 130\text{мм}$, та $\varnothing 102,5\text{мм}$ відповідно;

020 – Термічна: відпуск деталі при температурі 550°C з подальшим повільним охолодженням на повітрі;

025 – Токарна: точити поверхні 1,2 та 3 до $\varnothing 121,09\text{мм}$, $\varnothing 126,09\text{мм}$, $\varnothing 101,09\text{мм}$.

030 – Фрезерування шліцевої поверхні 2 до D10 x 112 x 125.

035 – Термічна: гартувати деталь при температурі 970°C , охолодження в маслі;

040 – Шліфувальна: шліфувати шліцеву поверхню D10x112x25xh7_(-0,022)

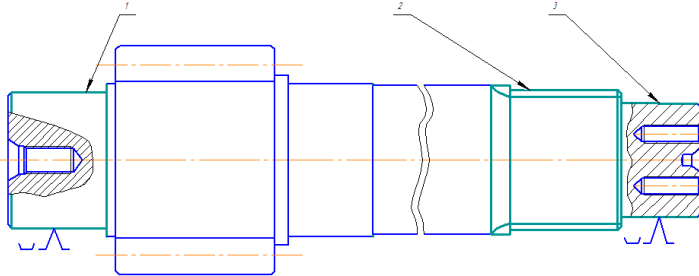
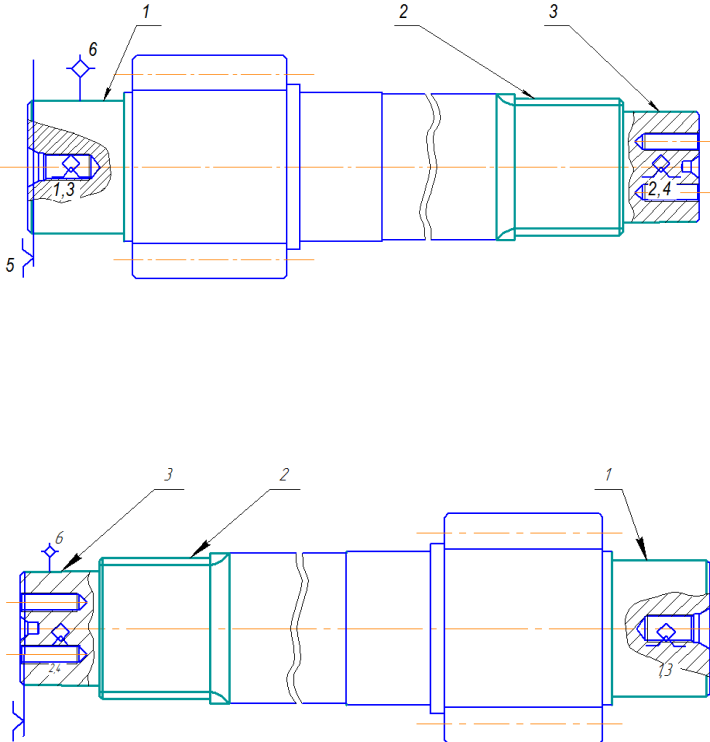
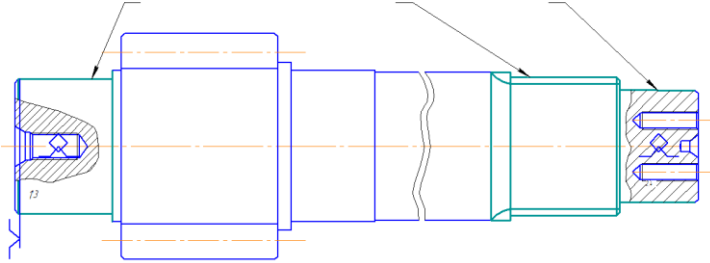
045 – Шліфувальна: шліфування чорнове поверхонь 1 та 3 до розміру $\varnothing 120,14\text{мм}$ та $\varnothing 100,1\text{мм}$ відповідно та чистове шліфування поверхонь 1 та 3 до розмірів $120_{-0,022}\text{мм}$ та $\varnothing 100_{-0,022}\text{мм}$ відповідно;

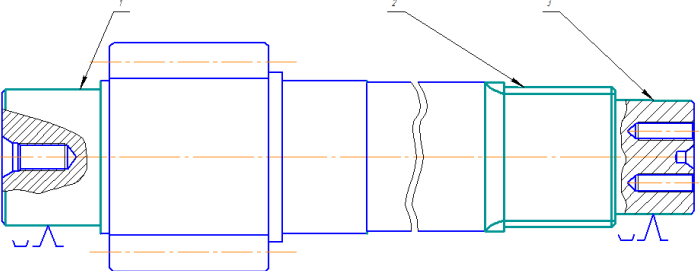
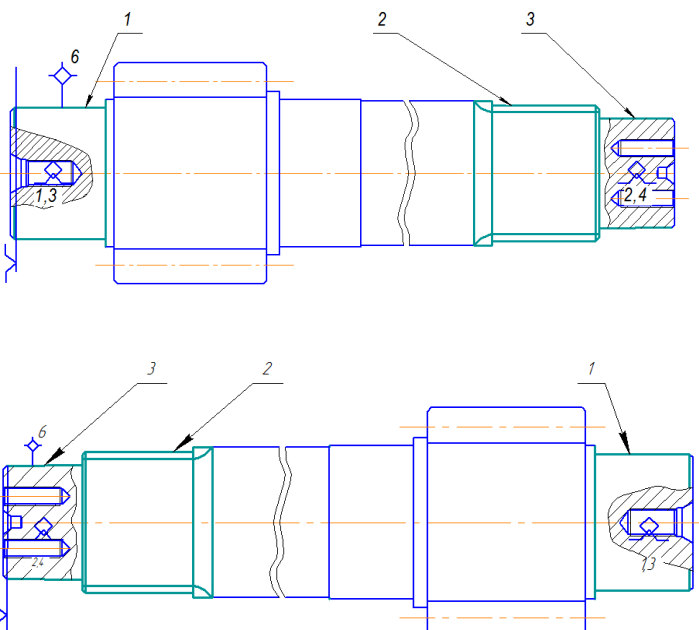
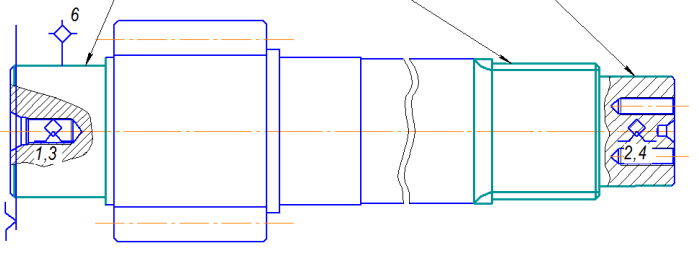
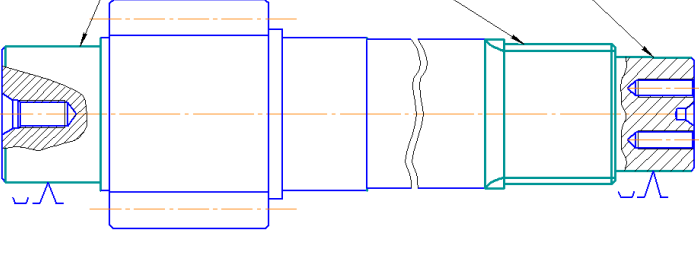
050 – Слюсарна

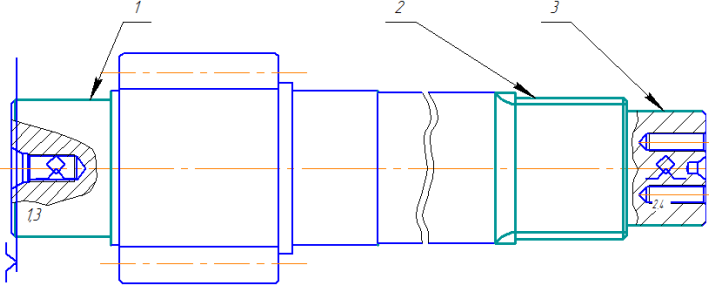
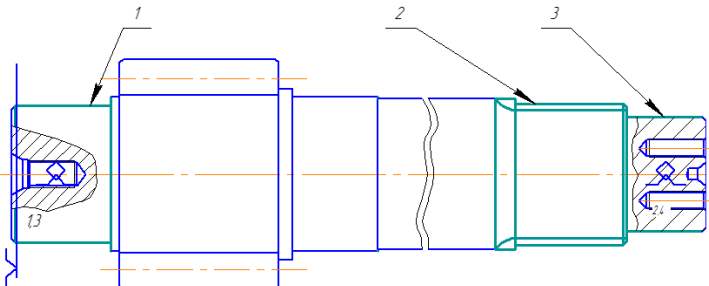
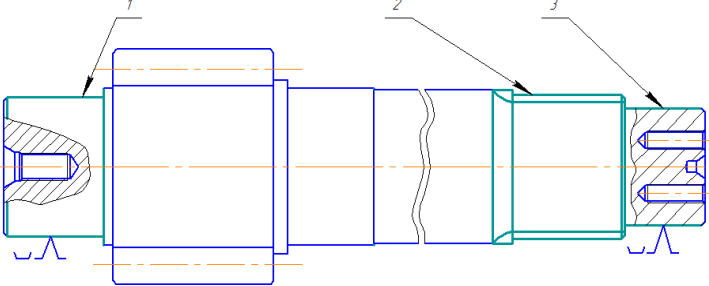
050 – Контрольна.

Маршрутна карта процесу відновлення наведена в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Маршрут обробки

№ операції	Найменування операції та технічних переходів	Схема базування	Обладнання
005	<p>Мийна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Мити деталь розчином «Лабомід» 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Струменво камерна машина ОН-4610
Продовження таблиці 3.9			
010	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити зняти деталь 2. точити поверхню 2 згідно ескізу до $\varnothing 112\text{мм}$ 3. точити поверхню 3 згідно ескізу до $\varnothing 99,5\text{мм}$ 4. Переустановити деталь 5. точити поверхню 1 згідно ескізу до $\varnothing 119,5\text{мм}$ 		<ol style="list-style-type: none"> 1.Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3 2. Центр 1 – 5 – Н 3.Повідковий патрон 4. Повідок звичайний
015	<p>Наплавлювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити зняти деталь 2. Встановити видалити графітові вставки 3. Наплавити поверхню 1 згідно ескізу до $\varnothing 122,5\text{мм}$ 4. Наплавити поверхню 2 згідно ескізу до $\varnothing 130\text{мм}$ 5. Наплавити поверхню 3 згідно ескізу до $\varnothing 102,5\text{мм}$ 		<ol style="list-style-type: none"> 1.Утсановка 3 ЧПК 2. Центр 1 – 5 – Н 3.Наплавочна головка

020	<p>Термічна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити і зняти деталь 2. провести відпуск 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Індуктивна піч ВЧГ-3-160/0,066
025	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити зняти деталь 2. точити поверхню 1 згідно ескізу до $\varnothing 121,09\text{мм}$ 3. точити поверхню 2 згідно ескізу до $\varnothing 126,09\text{мм}$ 4. точити поверхню 3 згідно ескізу до $\varnothing 101,09\text{мм}$ 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3 2. Центр 1 – 5 – Н
030	<p>Фрезерувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити і зняти деталь 2. фрезерувати поверхню 2 згідно ескізу до параметрів D10x112x125. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. фрезерний сатнок 67К16П 2. Повідковий патрон 3. Повідок звичайний
035	<p>Термічна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити і зняти деталь 1. провести гартування 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Індуктивна піч ВЧГ-3-160/0,066

040	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити і зняти деталь 1. шліфувати поверхню 2 згідно ескізу до розмірів $D10 \times 112 \times 125 \times h_{(-0,022)}$ 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Шліце-шліфувальний верстат МШ248 2. Центр 1 – 5 – Н
045	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити і зняти деталь 2. шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розмірів $\varnothing 120,14 \text{ мм}$ 3. шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розмірів $\varnothing 100,1 \text{ мм}$ 4. шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розмірів $\varnothing 120_{(-0,022)}$ 5. шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розмірів $\varnothing 100_{(-0,022)}$ 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Шліфувальний верстат ЗМ163В 2. Центр 1 – 5 – Н
050	<p>Слюсарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Видалити графітові вставки 2. Прогнати різьбу 		Слюсарний стіл
055	<p>Контрольна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. контроль поверхні 1 згідно ескізу 2. контроль поверхні 2 згідно ескізу 3. контроль поверхні 3 згідно ескізу 4. шорсткість обробки поверхонь відхилення розмірів 		<ol style="list-style-type: none"> 1. ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-73 2. Зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-73 3. Пристрій контрольний

3.6 Визначення припусків на переходів при механічній обробці

Розрахунки припусків виконані за стандартною методикою [16, 18, 19, 23]. Отримані значення для усіх розмірів визначені та занесені до таблиці 3.10; 3.11, 3.12;

Таблиця 3.10 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку: $\phi 120h_{6-0,022}$

Маршрут обробки поверхні діаметром $\phi 120h_{6-0,022}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувачні розміри, мкм	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	$T_{дет} / h$	ρ, Δ_{Σ}	ε	Припуск $2 Z_i$, мкм	мінімального діаметра, мм		Max	Min	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка після наплавлення	400	400	110,4	-	-	122,542	1000	123,54	122,540	-	-
Точіння(h11)	150	250	6,624	-	1710,4	120,842	250	121,09	120,840	2,45	1,7
Шліфування(h9)	10	20	0,264	-	804,416	120,038	100	120,14	120,040	0,95	0,8
Шліфування(h6)	5	15	0,01	-	60,17	119,978	22	120	119,98	0,14	0,06

Таблиця 3.11. – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку: $\phi 125h_{6-0,025}$

Маршрут обробки поверхні діаметром $\phi 125h_{6-0,025}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувачні розміри, мкм	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	$T_{дет} / h$	ρ, Δ_{Σ}	ε	Припуск $2 Z_i$, мкм	мінімального діаметра, мм		Max	Min	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка після наплавлення	400	400	110,4	-	-	127,539	1000	128,54	127,540	-	-
Фрезерування(h11)	150	250	6,624	-	1710,4	125,839	250	126,09	125,840	2,45	1,71
Шліфування(h9)	10	20	0,24	-	804,416	125,035	100	125,14	125,035	0,99	0,804
Шліфування(h6)	5	15	0,01	-	60,17	124,975	25	125	124,975	0,1	0,06

Продовження табл. 3.13							
025	Токарна верстат: 16К20Ф3	120,125,100	84,95,70	77,69	20,6	2	38
030	Фрезерувальна верстат: 67К16П m – модуль = 10; D фрези = 180мм; d отвору фрези = 40 мм; L–фрези= 180мм. B – ширина фрези = 22; z – число зубців фрези = 8.	120,100	84,70	0,5	315	1	38
035	Термічна індукційна печ ВЧГ-3- 160/0,066	-	-	-	-	-	38
040	Шліфувальна верстат 3М163В; круг 63С40П5Т1К6	125	95	0,7	80,99	2	38
045	Шліфувальна верстат 3М163В, корундовий круг 24А16СМ18К	125	95	18,9	1114	2	38
050	Слюсарна	120,100	84,70	18,9	2228	2	38
055	Контрольна	-	-	-	-	-	38

3.7.1 Термічна обробка після наплавлення

В якості обладнання для відпуску приймаємо індукційну піч ВЧГ-3-160/0,066.

Проводимо індукційний відпуск:

- температура нагріву під відпуск $t_n=750\dots 780$ °С;
- тривалість витримки при цій температурі $t_b=10-15$ сек;
- охолодження на повітрі. Тривалість витримки $t_b=20$ (хв);

3.7.2 Розрахунок параметрів наплавлення

Розрахуємо режими наплавлення поверхні 1 та 2, згідно [8].

Данні розрахунку наведені у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Параметри режимів наплавлення поверхонь у середовищі вуглекислого газу

Поверхні	Розрахункові значення	Прийняті значення
1	2	3
Поверхня $\text{Ø}120\text{h}6_{(-0,020)}$; $\text{Ø}100\text{h}6_{(-0,022)}$		
діаметр електродного дроту	$d_e=2\text{мм};$	2 мм
величина струму наплавлення	$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_d} = 40 \cdot \sqrt[3]{119,5} = 197\text{ A}$	197 A
напруга	$U = 21 + 0,004 \cdot I_H = 21 + 0,004 \cdot 197 = 21,78\text{В}$	$U = 22\text{В}$
коефіцієнт наплавлення	$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d} = 2,3 + 0,065 \frac{197}{2} = 8,702\text{ г/А} \cdot \text{год}$	8,7 г/А × год.
швидкість подачі електродного дроту	$v_e = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_H}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma_e} = \frac{4 \cdot 9,66 \cdot 197}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 77,69\text{ м/год}$	80 м/год.
коефіцієнт розплавлення	$\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta} = \frac{8,702}{0,9} = 9,66\text{ г/А} \cdot \text{год}$	9,66 г/А × год.
Продовження таблиці 3.14.		
виліт електродного дроту	$H = (6 - 10) \cdot d_e = 8 \cdot d_e = 16\text{мм}$	16 мм
зміщення електроду від zenіту	$a = (0,05 - 0,1) \cdot D_d = 0,1 \cdot 120 = 12\text{мм}$	12 мм
крок наплавлення	$S_H = (2 - 2,5) \cdot d_e = 2,5 \cdot 0,8 = 2\text{ мм};$	2 мм
швидкість наплавлення	$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e}{4 \cdot S_H \cdot h_H} \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot 2^2 \cdot 174}{4 \cdot 4,4 \cdot 6} \cdot 0,9 = 20,6\text{ м/год}$	20,6 м/год
товщина наплавленого шару:	$h_H = 2\text{ мм}$	2 мм
частоту обертання деталі	$n = 5,31 \cdot \frac{20,6}{120} = 0,17\text{ хв}^{-1}$	1 хв ⁻¹
кількість проходів	$n = \frac{h_H}{S_H} = \frac{2}{2} = 1$	1 прохід

Продовження табл. 3.14		
Наплавлення поверхні 2(D10×112×125× $h7_{-0,022}$)		
діаметр електродного дроту	$d_e=2\text{мм};$	
величина струму наплавлення	$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_D} = 40 \cdot \sqrt[3]{112} = 192,8\text{А};$	193 А
напруга	$U = 21 + 0,004 \cdot I_H = 21 + 0,004 \cdot 192,8 = 21,77$	$U = 22\text{В}$
коефіцієнт наплавлення	$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d} = 2,3 + 0,065 \frac{192,8}{2} = 8,566 \text{ з/А}$	$8,57 \text{ з/А} \times \text{год.}$
швидкість подачі електродного дроту	$v_e = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_H}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma_e} = \frac{4 \cdot 9,5 \cdot 192,8}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 74,7 \text{ м/год}$	75 м/год,
коефіцієнт розплавлення дроту	$\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta} = \frac{8,566}{0,9} = 9,5 \text{ з/А} \cdot \text{год}$	9,5 з/А × год.
виліт електродного дроту	$H = (6 - 10) \cdot d_e = 8 \cdot d_e = 16\text{мм};$	16 мм
зміщення електроду від зеніту	$a = (0,05 - 0,1) \cdot D_D = 0,1 \cdot 112 = 11,2 \text{ мм}$	11,2 мм
крок наплавлення	$S_H = (2 - 2,5) \cdot d_e = 2,5 \cdot 0,8 = 2 \text{ мм};$	2 мм
швидкість наплавлення	$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e \cdot \eta}{4 \cdot S_H \cdot h_H} = \frac{3,14 \cdot 2^2 \cdot 74,7}{4 \cdot 4 \cdot 9} \cdot 0,9 = 6,5 \text{ м/год}$	6,5 м/год
товщина наплавленого шару:	$h_H = 2 \cdot 2 + 5 = 9 \text{ мм.}$	9 мм
частоту обертання деталі	$n = 5,31 \cdot \frac{5}{112} = 0,23 \text{ хв}^{-1}$	0,23 хв ⁻¹
кількість проходів	$n = \frac{h_H}{S_H} = \frac{6}{2} = 3$	3
тривалість процесу наплавлення	$T_m = \frac{431 \cdot 1}{10,2 \cdot 3,6} = 11,98 (\text{хв}).$	12,0 хв

Продовження табл. 3.14		
витрати наплавочного дроту	$G_{np} = 0,785 \cdot d_e^2 \cdot V_e \cdot T_m \cdot \gamma_e.$ $G_{np} = 0,785 \cdot 1,8^2 \cdot 83,74 \cdot 7,85 = 1677 (г).$	1677 г
Витрати вуглекислого газу	$G_{CO_2} = q \cdot T_m \cdot K_e,$ $G_{CO_2} = 17 \cdot 11,98 \cdot 1,2 = 244,4 (л).$	244,4 л

3.8 Нормування операцій технологічного процесу

Норми часу за розрахунково-аналітичним методом визначаються за методикою наведеною: [21, 22, 23]. Результати розрахунків наведені в таблицях: 3.15; 3.16; 3.17.

Таблиця 3.15 – Розрахунок основного часу, хв.

№	Розрахунок по формулам
005	0,79
010	1,00
015	114
020	0,75
025	0,05
030	0,30
035	3,35
040	5,00
045	0,01
050	0,01
055	1,00

Дані по розрахунку допоміжного часу записані в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 – Допоміжний час, хв

№	$t_{\text{доп1}}$ (уст і зн)	$t_{\text{доп2}}$ (вкл і викл)	$t_{\text{доп3}}$	$t_{\text{доп4}}$ (підв)	$t_{\text{доп5}}$ (відв)	$t_{\text{доп6}}$ (перемшп)	$t_{\text{доп7}}$ (контр)	$t_{\text{доп8}}$	$\Sigma t_{\text{доп}}$
005	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,33	0	1,16
010	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,33	0	1,16
015	0,23	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,96
020	0,23	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,96
025	0,23	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,96
030	0,23	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,96
035	0,23	0,2	0,5	0,04	0,04	0,16	0,33	0	1,5
040	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,01	0	0,84
045	0,23	0,2	0	0,06	0,06	0	0,33	0	0,88
050	0,23	0,2	0,2	0,06	0,06	0	0,33	0	1,08
055	0,13	0	0	0,01	0,01	0	0,33	0	0,48

Розрахунки часу обслуговування розміщені в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Час на обслуговування, хв.

№	$t_{\text{т.обсл}}$	$t_{\text{о.обсл}}$	$t_{\text{обсл}}$
005	5,80	0,02	5,82
010	5,80	0,02	5,82
015	2,50	0,03	2,53
020	2,50	0,02	2,52
025	5,80	0,02	5,82
030	5,80	0,02	5,82
035	2,80	0,10	2,90
040	5,80	0,10	5,90
045	0,00	0,01	0,01
050	0,00	0,02	0,02
055	0,10	0,01	0,11

Дані з розрахованим підготовчо-заклучним часом наведені в таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 – Підготовчо-заключний час, хв.

№	$T_{п-з}$ (зміна інстр)	$T_{п-з}$ (встдодобл-ння)	$T_{п-з}$ (отр і здача інстр)	$\Sigma T_{п-з}$
005	9	0	5	14
010	9	0	5	14
015	7	0	7	14
020	7	0	7	14
025	14	3,8	7,2	25
030	14	3,8	7,2	25
035	19	2	10	31
040	9	0	5	14
045	8	0	7,2	15,2
050	8	0	7,2	15,2
055	9	0	5	14

Норми часу по всіх операціях обробки наведені в зведеній таблиці 3.20.

Таблиця 3.20 – Зведена таблиця часу

№	Назва операції	t_o	$t_{доп}$	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
005	Мийна	0,79	1,16	1,95	5,82	0,10	7,87	14	8,22
010	Токарна	1,00	1,16	2,16	5,82	0,11	8,09	14	8,44
015	Наплавлювальна	12,0	1,92	13,9	5,05	0,25	19,25	28	20
020	Термічна	0,10	0,96	1,06	5,82	0,07	6,94	25	9,60
025	Токарна	5,00	0,84	5,84	5,90	0,29	12,03	14	12,40
030	Фрезерувальна	0,12	0,96	1,08	5,82	0,07	6,97	25	7,63
035	Термічна	3,35	1,5	4,85	2,90	0,34	8,09	31	8,91
040	Шліфувальна	5,00	0,84	5,84	5,90	0,29	12,03	14	12,40
045	Шліфувальна	0,01	0,88	0,89	0,01	0,44	1,35	15,2	1,75
050	Слюсарна	0,01	1,08	1,09	0,02	0,54	1,65	15,2	2,05
055	Контрольна	1,00	0,48	1,48	0,11	0,07	1,67	14	2,04
№	Назва операції	t_o	$t_{доп}$	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$

3.9 Створення конструктивної схеми верстата з ЧПК та її опис

Схема установка для автоматизованого відновлення деталі показана на рис. 3.5 [24, 25].

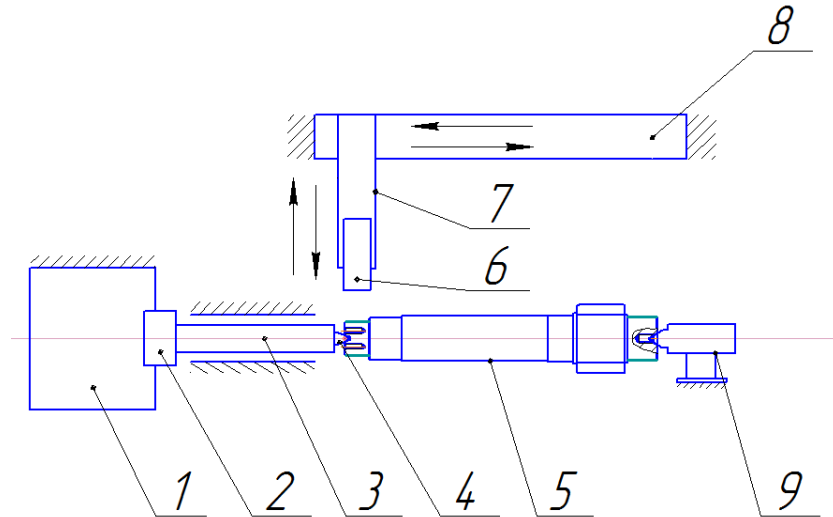


Рисунок 3.5 – Конструктивна схема установки для відновлення

Шпиндель 3 через муфту 2 з'єднано з електромотором 1 закріпленим на рамі установки. Центр 4 закріплено у шпинделі 3 встановленим на підшипниках. Деталь 5 закріплюється між центром 4 передньої бабки та задньою бабкою 9. Електромеханічний привід 7 закріплено на каретці портального приводу 8, що забезпечує можливість переміщення наплавочної головки вздовж деталі 5. На консольному електромеханічному приводі 7 закріплено наплавочну головку 6, що забезпечує можливість автоматизовано вибирати та при необхідності змінювати відстань між деталлю та наплавочною головою[24].

3.9.1 Визначення способу закріплення деталі

Враховуючи те, що деталь вал-шестірня має два центрові отвори, тому розробили закріплюючий пристрій для фіксації деталі в центрах. Ведучим є плаваючий центр, а з іншого боку притискаємо задньою бабкою.

Закріплення ведучого центра на шпинделі – конус Морзе (рисунок 3.6).

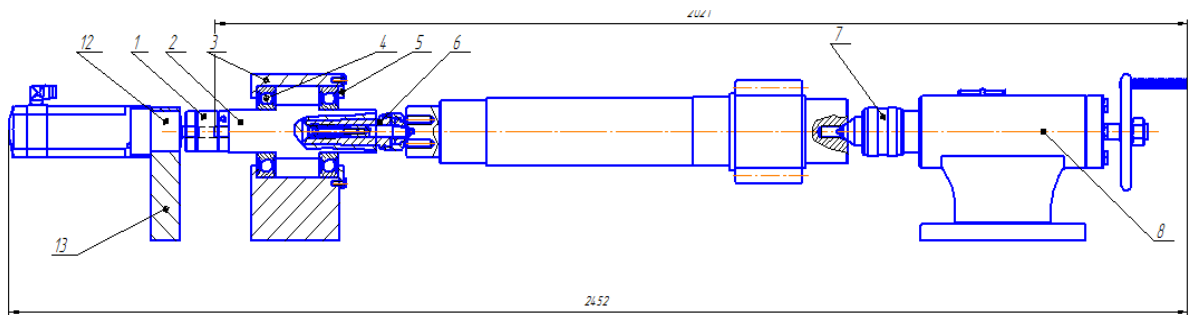


Рисунок 3.6 – Схема закріплення вал-шестерні:

1- корпус шпинделя, 2 – кришка, 3 – гвинти, 4 – центр, 5 – задня бабка, 6 – підшипники шпинделя, 7 – вал шпинделя.

Знаючи конструкцію шпиндельного вузла та способу закріплення можна визначити електродвигун, який буде здатний обертати рухомі деталі шпиндельного вузла з пристосуванням тавал-шестернею.

Для визначення електродвигуна необхідно розрахувати масоцентровочні характеристики всіх тіл які обертаються в процесі відновлення деталі.

3.9.2 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) деталі та пристрою її закріплення.

Для визначення масоцентровочних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей що обертаються (рис. 3.7) [24].

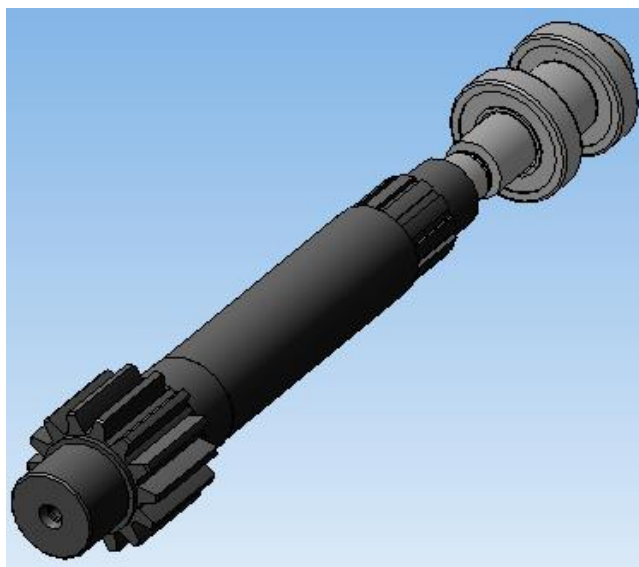


Рисунок 3.7 – 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Розрахунок МЦХ проведемо засобами САПР Компас

МЦХ

Маса	$M = 86631.861347 \text{ г}$
Площа	$S = 1085302.515711 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 16722589.154556 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 653.281551 \text{ мм}$
	$Y_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції: $J_x = 221371264.365585 \text{ г*мм}^2$

$$J_y = 13650531489.745018 \text{ г*мм}^2$$

$$J_z = 13650496947.204992 \text{ г*мм}^2$$

Для розрахунку та вибору приводу обертання необхідно знати осьові моменти інерції в центральній системі координат відносно тієї осі навколо якої відбувається обертання деталей

$$J_x = 221371264.365585 \text{ г*мм}^2 = 2213,7 \text{ кг/мм}^2$$

3.9.3 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення.

Для розрахунку приводу обертання застосуємо програму Positioning drivers компанії Festo [24].

Вихідними даними для розрахунку приводу обертання є момент інерції тіл, які треба обертати (в нашому випадку становить $J_x = 2213,7 \text{ кг/мм}^2$) додаткові сили якими є гальмівні або прискорюючими в нашому випадку відсутні). Відстань від центру тяжіння деталей, що обертаються – приймається нульовою тому що застосовано додатковий проміжний шпindel який сприймає всі навантаження від маси тіл, що обертаються. Максимальна частота обертання – розрахункова 8,1 об/хв, приймаємо – 10 об/хв, що дасть змогу обробляти більшу номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип приводу – сервопривід змінного струму. Монтажне розташування горизонтальне.

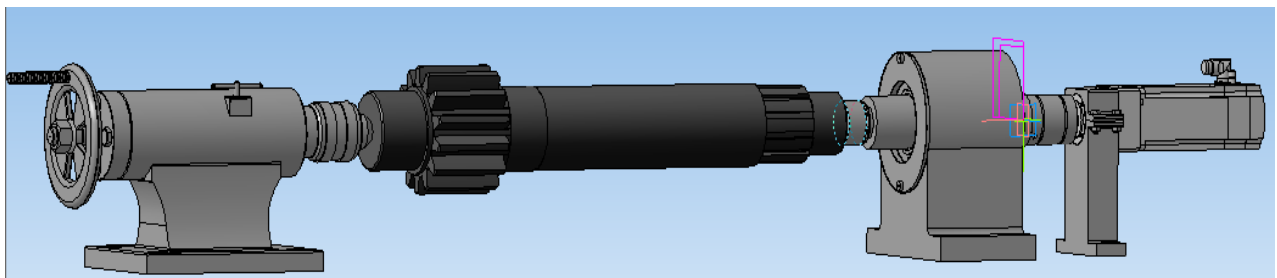
Застосувавши програму Positioning Drivis, знайдемо можливе рішення у вигляді привода позиціонування, результати пошуку наведені в таблиці 3.21 – 3.22.

Таблиця 3.21 – Комплектуючі консольного приводу

• Найменування	• Код
• Серводвигун	• EMMS-AS-100-S-RS
• Осьовий набір	• EAMM-A-D32-40P
• Каретка	• EGSL-BS-55-200-12_7P
• Контролер	• CMMP-AS-C2-3A-Mx
Муфта	• EAMC-30-35-20-12

Замовимо на сайті FESTO усі необхідні комплектуючі [24].

Розроблена 3D модель приводу обертання дивись на рисунку 3.8



Рисунку 3.8 – 3 D модель Вузла обертання вал-шестерні

Привід вертикального переміщення зварювальної головки дає можливість в автоматичному режимі змінювати відстань головки від відновлюваної поверхні. Особливо це важливо при автоматичному відновленні ступінчастих поверхонь де зміна відстані є технологічно необхідною.

Вихідними даними для вибору лінійного приводу вертикального переміщення є маса наплавочної головки, яка становить 0,4 кг.

Скористаємось програмою Positioning drives для вибору лінійного приводу вертикального переміщення розпилюючо пристрою. Маса приводу – 6

кг, в яку входить маса двигуна, редуктора, осьового набору, лінійного приводу та розпилюючого пристрою з приєднаними комунікаціями.

Таблиця 3.22 – Комплектуючі вертикального приводу

• Найменування	Код
• Кроковий двигун	• EMMS-AS-40-M-TS
• Лінійний привід	• DNCE-40-200-LS-25P-Q
• Осьовий набір	• EAMM-A-D40-40G
• Редуктор	• EMGA-40-P-G3-SAS-40
• Контролер	• CMMP-AS-C5-3A

Привід горизонтального переміщення замовимо на сайті FESTO.COM.UA.

Вихідними даними для вибору приводу горизонтального переміщення є маса яку необхідно переміщувати це маса наплавочної головки 0,4 кг плюс маса приводу вертикального переміщення 4,9 кг та маса приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 1 кг. Разом ця маса становить $0,4+4,9+1 = 6,3$ кг. Ще однією величиною для вибору приводу є величина горизонтального переміщення яку приймаємо з запасом і яка становить 1000 мм.

Таблиця 3.23 – Комплектуючі горизонтального приводу

• Найменування	• Код
• Кроковий двигун	EMMS-AS-70-M-RSB-3-0
• Лінійний привід	DMES-63-1000-GF-GK
• Осьовий набір	• EAMK-A-F37-44A-3-0
• Редуктор	• EMGA-60-P-G3-SAS-55
• Контролер	• CMMS-AS-C4-3A
• Монтажна лапка	• HP-63

Поєднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо функціональний вузол горизонтального та вертикального переміщень наплавочної головки та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно їх призначення. Відстань між поверхнею відновлюваної деталі та соплом наплавочної головки повинна складати 15...20 мм. Наступним кроком є створення рамної конструкції яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Основою рамної конструкції є профільний металопрокат – швелер ГОСТ 8240-79 №10 та кутники ГОСТ 8509-93 №4. Додатково встановимо косинки для забезпечення жорсткості конструкції рами. Конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264-80. З правої сторони рами передбачимо щит на якому закріпимо контролери керування приводами горизонтального (контролер СММР-АС-С2-3А) та вертикального (контролер СММС-АС-С4-3А) переміщення наплавочної головки.

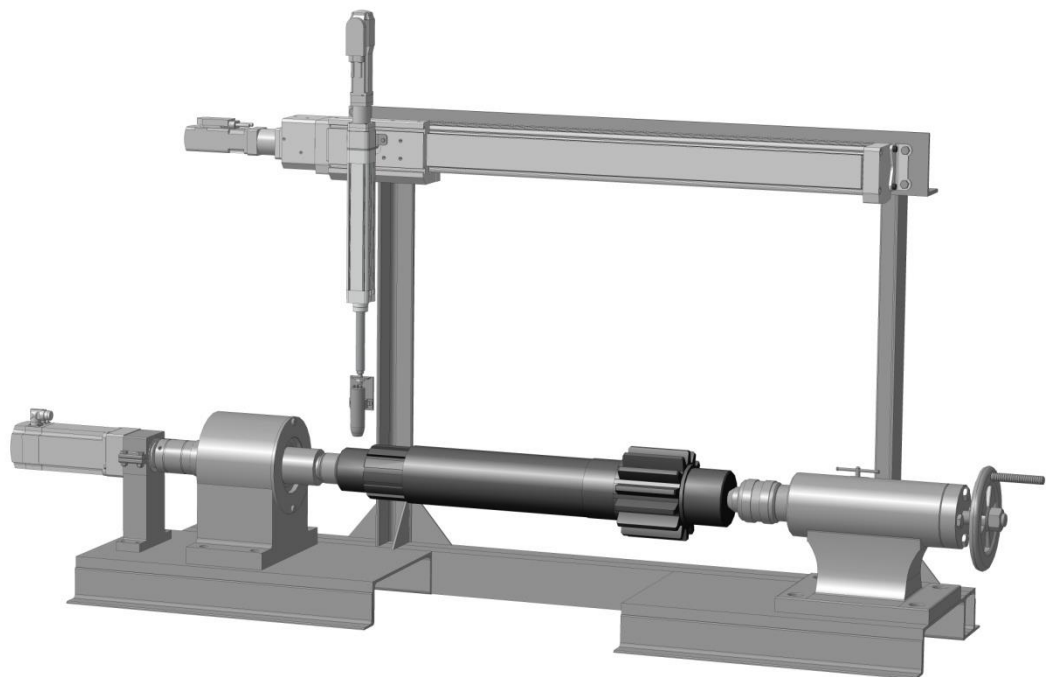


Рисунок 3.9 – 3D модель установки з ЧПК

Установка для відновлення вал-шестерні та інших подібних деталей довжиною не більше 1000 мм та діаметром не більше 300 мм.

3.9.4 Розробка робочого місця і вимоги безпеки

Робоче місце складається з установки з числовим програмним керуванням 1, яка встановлена у захистному боксі 2, в боксі встановлено живильник 3, який подає розпилюваний матеріал в напилювальний пристрій. Бокс 2 оснащенопритоковою 3 та витяжною вентиляцією 4. Електроживлення здійснюється від джерела живлення 5. Керування установкою здійснюється від комп'ютера 7 та контролерів 9, 10. Робочий газ подається від балонів 6 або від компресорної станції. Шинопровід 8 забезпечує підведення всіх комунікацій до виконавчих механізмів.

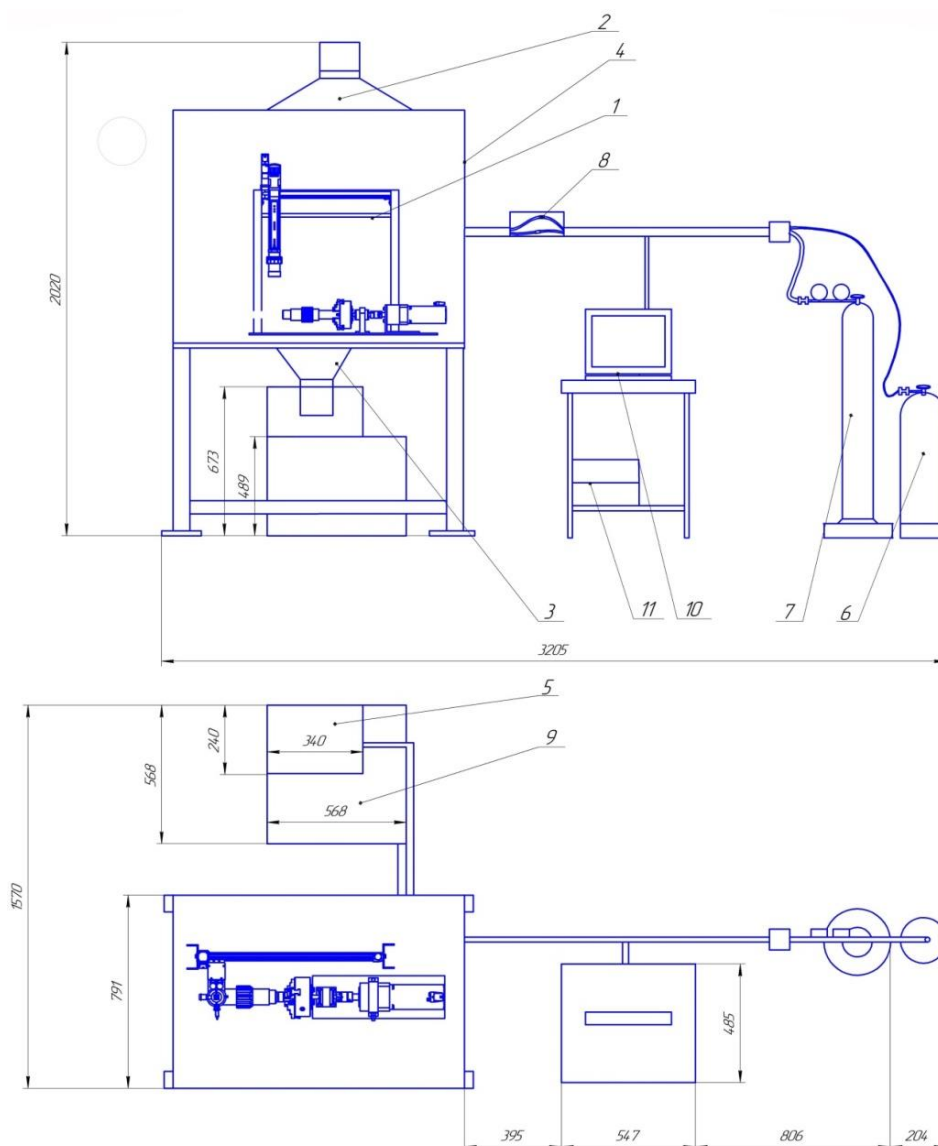


Рисунок 3.10 – Робоче місце

3.10 Висновки до третього розділу:

1. В результаті роботи вал-шестерні виникає пошкодження шийок під підшипники та знос в середньому 0,25-0,75 мм шліцьової поверхні.
2. Проведено аналіз існуючих технологічних процесів відновлення деталей типу «вал-шестерня» який показав, що в процесі відновлення в одному технологічному циклі в різній послідовності виконується операції нагріву, деформації і охолодження деталі, які суттєво впливають на якість відновлення.
3. На основі дефектування деталі розроблено технологічний процес відновлення зношених поверхонь вал-шестерні, визначено кількість переходів, припуски на механічну обробку та розрахунок їх режимів; режимів наплавлення та напилювання на робочі поверхні.
4. Розроблено технічну документацію: креслення деталі, ремонтне креслення та маршрутна карта технологічного процесу.
5. Розроблена конструктивна схема верстата з ЧПК на основі програмуи Positioning Drivis компанії Festo.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для успішного впровадження науково-технічної розробки критично важливо, щоб вона відповідала сучасним вимогам науково-технічного прогресу та враховувала економічні аспекти. Надання оцінки економічної ефективності результатів науково-дослідної роботи є важливою частиною цього процесу. Дослідження, яке представлено у магістерській роботі і присвячене розробці та вивченню "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну", віднесено до науково-технічних робіт, спрямованих на виведення на ринок. Рішення про комерціалізацію розробки може бути прийняте протягом проведення самої роботи, відкриваючи можливості для подальшого виведення на ринок. Цей напрямок визначається як пріоритетний, оскільки розроблені результати можуть бути корисними для різних зацікавлених сторін і приносити економічні вигоди. Однак для успішної реалізації цього процесу ключовим є залучення зацікавленого інвестора, який виявить інтерес до втілення даного проекту, і переконання його у доцільності інвестування у цю розробку. З метою досягнення цього завдання були визначені такі етапи виконання робіт:

1. Проведення комерційного аудиту науково-технічної розробки, включаючи визначення науково-технічного рівня та комерційного потенціалу.
2. Розрахунок витрат на реалізацію науково-технічної розробки.
3. Проведення розрахунку економічної ефективності впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки для потенційного інвестора, а також обґрунтування економічної доцільності комерціалізації з точки зору інвестора.

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні

поворотного редуктора зернозбирального комбайну" є удосконалення технології відновлення вал-шестерні зернозбирального комбайну електродуговим наплавленням з додаванням порошку графіту з нанопластинами графену шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконалення конструкції обладнання для наплавлення.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 4.1 [31].

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою

7	Активна конкуренція великих компаній на	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці. Для оцінки науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами було запрошено трьох незалежних експертів Вінницького національного технічного університету кафедри «Галузевого машинобудування»: професор Савуляк

Валерій Іванович, доцент Шиліна Олена Павлівна, доцент Бакалець Дмитро Віталійович.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПШБ, посада)		
	Савуляк В. І.	Шиліна О. П.	Бакалець Д. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	4	3
2	4	2	3
3	2	3	2
4	3	4	3
5			
6	2	2	3
7	3	4	3
8	4	3	4
9	3	4	3
10	3	4	3
11	3	3	3
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =34	СБ ₂ =37	СБ ₃ =34
Середньоарифметична сума балів СБ _с	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{34 + 37 + 34}{3} = 35$		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 4.3 [31].

Таблиця 4.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну" становить 33 бали, що, відповідно до таблиці 4.3 рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень.

Магістерська кваліфікаційна робота "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну" відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок, тобто при цьому відбувається комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є для нас пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися не тільки самі розробники, а й інші споживачі, отримуючи при цьому суттєвий економічний ефект.

Можливі декілька шляхів реалізації розробки. Оскільки розробка не складна, не вимагає великої кількості людей та спеціального обладнання, то це може бути невелике підприємство, або один або декілька приватних підприємців, які працюють за договорами.

4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

В процесі визначення економічної ефективності науково-технічної розробки також доцільно провести прогноз рівня її конкурентоспроможності за сукупністю параметрів, що підлягають оцінюванню.

В якості аналога для розробки було обрано технологічний процес наплавлення вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну електродуговим наплавленням.

Основними недоліками аналога є: перегрів, окислення і вигорання легуючих елементів матеріалу, що напилюється. Також до недоліків можна віднести надмірний перегрів деталі під час відновлення, як результат

жолоблення деталі та необхідність наступної термічної обробки і це значно збільшую енергоємність процесу відновлення.

У розробці дана проблема вирішується модернізацією технологічного процесу. У порівнянні з базовим методом модернізований відрізняється способом відновлення. У даному процесі основними способами відновлення було обрано електродугове наплавлення для відновлення вал-шестерні з використанням порошку графіту з нанопластинами графену, що сприяло утворенню науглецьовування поверхні зразка на глибину 0,2...0,4 мм. Утворилися високовуглецевий наплавлений шар з ледебуритною структурою та максимальною твердістю. Застосування даного способу дозволяє зменшити кількість витратного матеріалу, а також значно зміцнити робочі поверхні.

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [31]:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{\text{базі}}} \quad (4.1)$$

де q_i – одиничний параметричний індекс, розрахований за i -м параметром;

P_i – значення i -го параметра виробу;

$P_{\text{базі}}$ – аналогічний параметр базового виробу-аналога, з яким проводиться порівняння.

Загальні технічні та економічні характеристики розробки представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Основні техніко-економічні показники аналога та розробки, що проектується

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Зносостійкість, %	80	100	1,25	30%
Твердість поверхневого шару, HRC	48	55	1,15	30%
Напрацювання на відмову, год	30000	40000	1,33	40%

Нормативні параметри оцінюємо показником, який отримує одне з двох значень: 1 – пристрій відповідає нормам і стандартам; 0 – не відповідає.

Груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами розраховуємо як добуток частинних показників за кожним параметром за формулою [31]:

$$I_{\text{нп}} = \prod_{i=1}^n q_i, \quad (4.2)$$

де $I_{\text{нп}}$ – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

q_i – одиничний (частинний) показник за i -м нормативним параметром;

n – кількість нормативних параметрів, які підлягають оцінюванню.

За нормативними параметрами розроблюваний пристрій відповідає вимогам ДСТУ, тому $I_{\text{нп}} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [31]:

$$I_{\text{тп}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.3)$$

де $I_{\text{тп}}$ – груповий параметричний індекс за технічними показниками (порівняно з виробом-аналогом);

q_i – одиничний параметричний показник i -го параметра;

α_i – вагомість i -го параметричного показника, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$;

n – кількість технічних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 4.4.

$$I_{\text{тп}} = 1,25 \cdot 0,3 + 1,15 \cdot 0,3 + 1,33 \cdot 0,4 = 1,25.$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [31]:

$$I_{EP} = \sum_{i=1}^m q_i \cdot \beta_i, \quad (4.4)$$

де I_{EP} – груповий параметричний індекс за економічними показниками;

q_i – економічний параметр i -го виду;

β_i – частка i -го економічного параметра, $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$;

m – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці .

$$I_{EP} = 0,65 \cdot 0,5 + 0,76 \cdot 0,5 = 0,70.$$

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [31]:

$$K_{INT} = I_{НП} \cdot \frac{I_{ТП}}{I_{EP}}, \quad (4.5)$$

$$K_{INT} = 1 \cdot 1,25 / 0,70 = 1,78.$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності $K_{INT} > 1$, отже розробка переважає відомі аналоги за своїми техніко-економічними показниками.

4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну", під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [31]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.6)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=21$ дні.

$$Z_o = 12000 \cdot 5 / 21 = 2727 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	12000	545,5	5	2727
Інженер	10000	454,5	28	12727
Всього				15455

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему "Підвищення якості відновлення робочих

поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну" розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.7)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.8)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), приймемо $M_M=6500$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [31];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 6700,00 \cdot 1 \cdot 1,65 / (21 \cdot 8) = 65,8 \text{ грн.}$$

$$Z_{p1} = 65,8 \cdot 0,14 = 9,2 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Мийна UNIX1-20-2В	0,14	1	65,8	9,2
Токарна верстат: 16К20Ф3	0,14	3	88,8	12,4
Наплавлювальна Установка з ЧПК	0,34	5	111,9	38,0
Термічна індукційна піч ЧВГ-3-160/0,066	0,16	2	72,4	11,6
Токарна верстат: 16К20Ф3	0,21	4	98,7	20,7
Фрезерувальна верстат: 67К16П	0,13	4	98,7	12,8
Термічна індукційна печ ВЧГ-3-160/0,066	0,149	2	72,4	10,8
Шліфувальна Верстат 3М163В; круг 63С40П5Т1К6	0,21	5	111,9	23,5
Шліфувальна Верстат – шліфувальний 3М163В, корундовий круг круг 24А16СМ18К	0,03	5	111,9	3,4
Слюсарна	0,035	3	88,8	3,1
Контрольна Дефектоскоп УД-12	0,034	3	88,8	3,0
Всього				148,6

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100\%}, \quad (4.9)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийнемо 11%.

$$Z_{\text{доп}} = (15455 + 148,6) \cdot 11 / 100\% = 1716,34 \text{ грн.}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{од}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (4.10)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (15455 + 148,6 + 1716,34) \cdot 22 / 100\% = 3810,29 \text{ грн.}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну" .

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (4.11)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
1. Електродний дріт Нп-30ХГСА	65	0,71	46,15
2. Вуглекислий газ	5	5	25
3. Лобомід	32,88	0,2	6,576
4. Ганчір'я	7	0,1	0,7
Всього			78,43
З врахуванням коефіцієнта транспортування			86,27

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_6), які використовують при проведенні НДР на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну".

Витрати на комплектуючі K , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i \quad \text{грн.}, \quad (4.12)$$

- де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;
- C_i – ціна комплектуючих i -го виду, грн.;
- K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1, 1 \dots 1, 15)$;
- n – кількість видів комплектуючих.

Зроблені розрахунки бажано звести до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектувальних	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Серводвигун EMMS-AS-100-S-RS	1	1560	1560
Осьовий набір EAMM-A-D32-40P	2	460	920
Каретка EGSL-BS-55-200-12_7P	1	980	980
Контролер СММР-АС-С2-3А-Мх	2	420	840
Муфта EAMC-30-35-20-12	1	350	350
Серводвигун EMMS-AS-100-S-RS	1	1520	1520
Лінійний привід DNCE-40-200-LS-25P-Q	1	1200	1200
Всього з врахування коефіцієнт транспортних витрат			8107,00

4.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i, \quad (4.13)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;
 $C_{\text{пр.}i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 350000,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 385000 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Напилювальна Установка ЧПУ	1	350000	385000
Всього			385000

4.3.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{\text{обл}} = \frac{C_{\text{б}}}{T_{\text{г}}} \cdot \frac{t_{\text{вик}}}{12}, \quad (4.14)$$

де $C_{\text{б}}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{\text{вик}}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{\text{г}}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{\text{обл}} = (28000 \cdot 2) / (2 \cdot 12) = 2333,33 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Комп'ютер	28000	2	2	2333,33
Прміщення	205000	20	2	1708,33
Силові приводи	3800	4	1	79,17
Всього				4120,83

4.3.6 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (4.15)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 7,5$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,25 \cdot 275 \cdot 7,5 \cdot 0,5 / 0,8 = 322,27 \text{ грн.}$$

4.3.7 Службові відрядження

До статті "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну" належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cb} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cb}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де H_{cb} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», прийmemo $H_{cb} = 20\%$.

$$B_{cb} = (15455 + 148,6) \cdot 20 / 100\% = 3120,63 \text{ грн.}$$

4.3.8 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_v = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{iv}}{100\%}, \quad (4.17)$$

де H_{iv} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{iv} = 50\%$.

$$I_v = (15455 + 148,6) \cdot 50 / 100\% = 7801,57 \text{ грн.}$$

4.3.9 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (4.18)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 100\%$.

$$B_{\text{нзв}} = (15455 + 148,6) \cdot 100 / 100\% = 15603,13 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему " Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну " розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{\text{заг}} = Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}} + Z_n + M + K_6 + B_{\text{спец}} + B_{\text{прз}} + A_{\text{обл}} + B_e + B_{\text{св}} + B_{\text{сп}} + I_8 + B_{\text{нзв}}. \quad (4.19)$$

$$B_{\text{заг}} = 15455 + 148,6 + 1716,34 + 3810,29 + 86,27 + 8107,00 + 385000 + 4120,83 + 322,27 + 3120,63 + 7801,57 + 15603,13 = 445291,46 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ZB = \frac{B_{\text{заг}}}{\eta}, \quad (4.20)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta = 0,5$.

$$ZB = 445291,46 / 0,5 = 890582,91 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора

зернозбирального комбайну" передбачають комерціалізацію протягом 3-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку основу майбутнього економічного ефекту будуть формувати:

ΔN – збільшення кількості споживачів яким надається відповідна інформаційна послуга у періоди часу, що аналізуються;

N – кількість споживачів яким надавалась відповідна інформаційна послуга у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 1 особа

C_o – вартість послуги у році до впровадження інформаційної системи, прийmemo 2800,00 грн;

$\pm\Delta C_o$ – зміна вартості послуги від впровадження результатів, прийmemo зростання на 400,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 3-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [31]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{G}}{100}\right), \quad (4.21)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).
Прийmemo $\rho = 40\%$;

\mathcal{G} – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році $\mathcal{G} = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (1 \cdot 400 + 2800 \cdot 2000) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1093357,9 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (1 \cdot 400 + 2800 \cdot (2000 + 1300)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1804327,8 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (1 \cdot 400 + 2800 \cdot (2000 + 1300 + 1200)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 2450301,6 \text{ грн.}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $ПП$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.22)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 18\%$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} ПП &= 1093357,9 / (1 + 0,18)^1 + 1804327,8 / (1 + 0,18)^2 + 2450301,6 / (1 + 0,18)^3 = \\ &= 3594544,96 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ, \quad (4.23)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв} = 2$;

ZB – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 890582,91 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot ZB = 2 * 890582,91 = 1781165,83 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = III - PV \quad (4.24)$$

де III – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 3594544,96 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 1781165,83 грн.

$$E_{абс} = III - PV = 3594544,96 - 1781165,83 = 1813379,13 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій $E_в$, які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_в = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.25)$$

де $E_{абс}$ – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 3 роки.

$$E_в = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 1813379,13 / 1781165,83)^{1/3} - 1 = 0,45.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій $\tau_{мін}$:

$$\tau_{\min} = d + f, \quad (4.26)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні $d = 0,1$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, приймемо 0,25.

$\tau_{\min} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 0,45$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Інформаційна технологія онтологічного моделювання бази знань з організації бібліотеки» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (4.27)$$

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,45 = 2,2 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну" становить 35 бали, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень оскільки рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,78 разів.

Також термін окупності становить 2,2 роки, що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну".

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Праця — це процес створення матеріальних і моральних цінностей, необхідних для задоволення людських потреб, процес збагачення працюючого знаннями та досвідом, набуття здібностей, певних професійних навичок. В процесі праці, в основному, й формується людська особистість. Тобто праця являє собою доцільну діяльність людини (в рамках трудового законодавства), першопричину її розвитку. Тільки працею створюються матеріальні цінності та задовольняються різнобічні потреби людини. В процесі праці (трудової діяльності) не тільки створюються матеріальні та моральні цінності, а також здійснюються різноманітні умови та послуги, спрямовані на вдоволення потреб людини. В процесі існування людини виникають нові особисті вимоги, більш широкі потреби. Така людська дійсність. Це вимагає підвищення продуктивності праці, запровадження більш високих досягнень науковотехнічного прогресу, тобто створення нової, більш досконалої, високопродуктивної техніки. Створення такої техніки тягне за собою розробку нових правил технічного її обслуговування; створення нових, більш досконалих, більш безпечних умов праці. Тобто виникають зовсім інші, підвищені вимоги до 2 рівня технічних знань обслуговуючого персоналу та до стану безпеки та охорони праці в процесі обслуговування такої техніки.

Під час розробки підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну на працівника, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [32]: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена та понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму; підвищений рівень статичної електрики; підвищена напруженість електричного поля; недостатня освітленість повітря робочої зони; фізичні перевантаження (статичні); нервово - психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів).

Відповідно до визначених факторів формуємо рекомендації щодо

покращення умов праці на робочому місці.

5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Проектування робочих місць розробника підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну, забезпечених ПК, відноситься до числа важливих проблем ергономічного проектування в області обчислювальної техніки.

Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця проектувальника повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення [33].

Головними елементами робочого місця проектувальника є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення працівника. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і постійність розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібне для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Висота робочої поверхні столу для користувачів повинна регулюватися в межах 680-800 мм, при відсутності такої можливості висота робочої поверхні столу повинна бути 725 мм. Модульними розмірами робочої поверхні столу для ПК, на підставі яких повинні розраховуватися конструктивні розміри, слід вважати: ширину 800, 1200, 1400 мм, глибину 800 і 1000 мм при нерегульованій висоті, що дорівнює 725 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною – не менше 500 мм, глибиною на рівні колін - не менше 450 мм і на рівні простягнутої ноги – не менше 650 мм. Робочий стілець (крісло) повинен бути підйомно-поворотним і регульованим по

висоті і кутам нахилу сидіння і спинки, а також - відстані спинки до переднього краю сидіння. Робоче місце необхідно обладнати підставкою для ніг, має ширину не менше 300 мм, глибину не менше 400 мм, регулювання по висоті в межах до 150 мм і по куту нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10 мм. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача, або на спеціальній регульованій по висоті робочій поверхні, відокремленої від основної стільниці.

Електричний струм – являє собою прихований тип небезпеки, бо його важко визначити в токо- та неструмоведучих частинах устаткування, які є хорошими провідниками електрики. Смертельно небезпечним для життя людини вважають струм, величина якого перевищує 0,05 А, струм менше 0,05 А - безпечний (до 1000 В). З метою попередження уражень електричним струмом до роботи повинні допускатися тільки особи, що добре вивчили основні правила з безпеки виконання роботи.

Приміщення, де експлуатуються ПК, належать до приміщень без підвищеної небезпеки ураження людини електричним струмом. Вимоги електробезпеки і пожежної безпеки у приміщеннях, де встановлені ПК і все устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження роботи їх, електропроводи і кабелі мають відповідати електробезпеці зони та мати апаратуру захисту від струму короткого замикання.

Лінії електромережі ПК, у приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників (заземлення або занулення), причому площі перерізу нульового робочого і нульового захисного провідника повинні бути не менші за площу перерізу фазового провідника.

Відповідно до правил електробезпеки в службовому приміщенні повинен здійснюватись постійний контроль стану електропроводки, запобіжних щитів, шнурів, за допомогою яких включаються в електромережу комп'ютери, освітлювальні прилади, інші електроприлади. Електричні установки, до яких

відноситься практично все обладнання ПК, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок - струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ і іншого устаткування, яка під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування діючих електроустановок ВЦ, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт.

Оскільки в приміщенні використовується понад п'ять ПК, тому на помітному місці встановлено аварійний резервний вимикач, який в разі небезпеки повністю знеструмлює електричну мережу (крім освітлення). В такому випадку при використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволено прокладати їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів, що ми і спостерігаємо у приміщенні.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [35] мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від

теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року. Категорія виконуваних робіт під час проектування - 1а [36] (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	21 ... 25 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м / с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	22 ... 28 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	0,1 ... 0,2 м / с

Для підтримання у виробничих приміщеннях метеорологічних умов, які задовольняють нормативні вимоги використовують систему вентиляції. Приміщення обладнано системою загально обмінної припливно-витяжної вентиляції. На кожен вентиляційну установку складений паспорт з технічною характеристикою та схемою установки.

Крім того, для підтримання температури в холодний період року використовують загальну систему опалення.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Оксид азоту	0,085	0,085	2
Вуглекислий газ	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Під час роботи на ПК важливо, щоб повітря мало певний іонний склад. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ПК мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення на робочому місці проектувальника є бічне одностороннє.

Сучасні норми визначають, що мінімальна освітленість встановлюється за характеристикою зорової роботи з найменшим розміром об'єкта розрізнення, контрастом об'єкта із фоном і характеристикою фону.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні (характеристика зорової роботи – дуже високої точності) зазначені у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для максимального використання природного освітлення в приміщенні слід систематично очищувати вікна від пилу та встановити жалюзі. Віконні прорізи не затемнюються іншими будівлями.

Як джерела світла для штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення

5.2.4 Виробничий шум

Шум погіршує умови праці здійснюючи шкідливу дію на організм людини. Працюючі в умовах тривалої шумової дії випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, пониження апетиту, болі у вухах і т.д. Такі порушення в роботі ряду органів і систем організму людини можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини аж до стресових ситуацій. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється стомленість у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами і нервово-психічною напругою, погіршується мовна комутація. Все це знижує працездатність людини і її продуктивність, якість і безпеку праці. Тривала дія інтенсивного шуму (вище 80 дБ) на слух людини приводить до його часткової, або повної втрати.

Рівні шуму на робочих місцях визначаються за ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [37]

(табл.5.5).

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку, еквівалентні і рівні звуку, дБА/дБАек в.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творча діяльність, обробка даних,	86	71	61	54	49	45	42	40	38	60

Рівень шуму на робочих місцях не має перевищувати 60 дБА, що досягається застосуванням мал шумного обладнання, використанням спеціальних матеріалів для обшивки приміщень, а також різноманітними звукопоглинальними пристроями (перегородки, кожухи, прокладки тощо).

5.2.5. Виробничі випромінювання

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях із ПК (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих [38] (табл.5.6).

Таблиця 5.6 – Допустимі параметри електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень [35].

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпусу відео терміналу при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не повинна перевищувати ОД бер/год (100 мкР/год).

Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп'ютерних випромінювань необхідно застосовувати приєкранні фільтри, локальні світлофільтри (засоби індивідуального захисту очей) та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат (згідно Директиви № 90/270/ЕЕС [39]).

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

5.3.1 Дія радіації на живі організми

Так як 70% маси тіла складається з води, то під впливом радіації розпочинається утворення вільних радикалів гідроксогрупи і гідрогени, які в свою чергу утворюють пероксид гідрогену. Утворені радикали окислюють і відновлюють молекули органічних сполук. Цими речовинами є білки, ліпіди, нуклеопротейди, ферменти та інші.

Кінцевим результатом початкової дії іонізуючих випромінювань є порушення структури тканини і клітин.

Після припинення процесу опромінення живого організму біохімічні зміни не припиняються тому, що утворені іони і радикали продовжують свою активну дію ще деякий період часу. Виникає період вторинної дії променів.

Особливості біологічної дії іонізуючих випромінювань такі:

– біологічний ефект залежить від поглинутої дози випромінювання. Ця залежність прямо пропорційна – із зростанням дози посилюється ефект;

– ефект опромінення пов'язаний із розподілом дози за часом, тобто із місткістю поглинання енергії. Ступінь променевого ураження залежить від розділу сумарної дози на окремі фракції. Якщо число фракцій зростає;

– ураження живого організму зменшується тому, що в ньому між окремими порціями ураження розпочинається відновлення деяких функцій.

Біологічна дія залежить від виду випромінювання. Залежно від передатної енергії зарядженій частці на одиницю довжини пробігу в речовині всі іонізуючі випромінювання ділять на рідко-іонізуючі і щільно-іонізуючі. Довжина пробігу частинок випромінювання в людському організмі називається лінією передачі енергії.

Лінія передачі енергії заряджених частинок збільшується при зниженні їх швидкості тому в кінці пробігу віддана енергія найбільша.

Наявність прихованого періоду дії реакції. Прихованим періодом називається проміжок часу, що охоплює період від моменту опромінення до появи змін, які реєструються клінічно. Тривалість цього періоду зворотно-пропорційна поглинутій дозі. Чим вища поглинута доза тим коротший прихований період.

Властивість кумуляції – накопичення. Це означає, якщо якась ділянку опромінювати кілька раз, то загальний біологічний ефект залежить від загальної поглинутої дози.

У формуванні біологічного ефекту особливу роль відіграє діяльність інтегруючих систем організму – нервової системи, ендокринного апарату гуморальної системи, що утворилася внаслідок опромінення.

– Кінцевим результатом біологічної дії ультра-випромінювання є виникнення променевих хвороб різних ступенів важкості.

Для зниження рівня забруднення радіоактивними речовинами використовують дезактивацію.

5.3.2 Визначення товщин захисних шарів сховища в умовах радіоактивного випромінювання

Вихідні дані: $t_n = 1,5$ год; $t_k = 10,7$ год; $P_{1\max} = 340$ Р/год; $D_d = 2,3$ Р; $h_1 = h_2$; сховище – окремо розташоване.

Коефіцієнт послаблення для сховища визначається за формулою

$$K_{\text{носл.сх}} = K_P \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i}, \quad (5.1)$$

де K_P – коефіцієнт розташування сховища (для окремо розташованих $K_P = 1$);

n – кількість захисних шарів перекриття;

d_i – товщина половинного ослаблення i -го захисного шару, см;

h_i – товщина i -го захисного шару, см.

Так як за умовою задачі $h_1 = h_2 = h$, то попередня формула зводиться до наступної

$$K_{\text{носл.сх}} = K_P 2^{h/d_1} 2^{h/d_2} = K_P 2^{2h(1/d_1 + 1/d_2)}, \quad (5.2)$$

звідки можна виразити товщину захисного шару

$$h = \frac{\lg(K_{\text{носл.сх}} / K_P)}{2(1/d_1 + 1/d_2) \lg 2} \text{ [см]}. \quad (5.3)$$

Коефіцієнт послаблення для сховища можна виразити із формули

$$D_d = \frac{1,33P_{1\max} \left(\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3} \right)}{K_{\text{носл.сх}}} \text{ [Р]}, \quad (5.4)$$

звідки

$$K_{\text{носл.сх}} = \frac{1,33P_{1\max} \left(\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3} \right)}{D_d}; \quad (5.5)$$

$$K_{\text{носл.сх}} = \frac{1,33 \cdot 340 \left(\sqrt[4]{10,7^3} - \sqrt[4]{1,5^3} \right)}{2,3} = 897.$$

Товщина шару половинного ослаблення для радіоактивного зараження:
бетон – $d_1 = 5,7$ см, ґрунт – $d_2 = 8,1$ см.

Таким чином, товщини захисних шарів бетону та ґрунту дорівнюють

$$h_1 = h_2 = h = \frac{\lg(897/1)}{2(1/5,7 + 1/8,1)\lg 2} = 16,51 \text{ (см)}.$$

Висновки

Встановлено, що товщини захисних шарів бетону та ґрунту для захисту від радіоактивного випромінювання мають складати 16,51 см.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі наведені наступні основні результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень:

– Проведено аналіз причин масового браку при експлуатації систем сільськогосподарської техніки з переліку основних деталей, які відбраковуються, і у свою чергу докорінно залежать від рівня використовуваних технологій відновлення. Підвищення якості повинно вирішуватися шляхом впровадження нових матеріалів та сучасних високопродуктивних технологічних процесів зміцнення і відновлення зношених деталей, рішення якої дозволить значно підвищити ефективність виробництва, додавши йому якісно новий рівень.

– Визначено розподіл температурних полів процесу електродугового наплавлення деталей типу «вал-шестерня» шляхом застосування методу кінцево-елементного аналізу з метою стабілізації напруженого стану для уникнення холодних тріщин та поліпшення якості відновленого поверхневого шару деталі. Термічна обробка після наплавлення здатна врівноважити структуру матеріалу деталі та поліпшити обробку поверхонь різанням.

– Досліджено вплив порошку графіту з нанопластинами графену на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА, який показав що відбулося науглецьовування поверхні зразка на глибину 0,2...0,4 мм і це підтверджують дюрOMETричні дослідження. Утворилися високовуглецевий наплавлений шар з ледебуритною структурою та максимальною твердістю. Мікроструктурні дослідження виявили наступну структуру: Перліт + Ледебуритний цементит + Ледебурит.

– Розроблено технологічний процес відновлення вал-шестерні з використанням електродугового наплавлення, що забезпечує значне покращення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь при незначному зростанні собівартості;

– Розраховано проміжні припуски та технологічні розміри на механічну

обробку;

– Розраховано та призначено режими механічної обробки до та після відновлення;

– Спроектвана установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo»;

– При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,78 разів.

Також термін окупності становить 2,2 роки, що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок;

– Розроблений технологічний процес відновлення відповідає вимогам охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Для забезпечення сприятливих умов роботи персоналу на спроектованій ділянці розроблені технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії. Встановлено, що товщини захисних шарів бетону та ґрунту для захисту від радіоактивного випромінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнєцов // К.:Наукова думка. – 2007. – 557с.
2. Щепотьєв О.І. Надійність авіаційної наземної техніки: підручник / О.І. Щепотьєв, В.В. Щепетов // К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк». – 2009. – 328с.
3. Войнов К.Н. Анализ износа пар трения / К.Н.Войнов, М.А.Шварц // Гидравлика и пневматика. – 2003. – №10. – с.8-15.
4. Войнов К.Н. Износ и надёжность трибосопряжений / К.Н. Войнов, С.П. Алексеев, Б.В. Громский // Инструмент и технологи. – 2003. – №11-12. – с.73-
5. Трибологія / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут // К.:Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк». – 2009. – 392с.
6. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
7. Полянский А.С., Дубинин Е.А., Плетнев В.Н. Анализ и классификация показателей ремонтпригодности средств транспорта // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві: Зб. наук. праць, Вип. 60. – Харків, 2007. – С. 165- 169.
8. Большаков В.І. Прикладне матеріалознавство: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів. 2-е вид., доп. і перероб./ Большаков В.І., Береза О.Ю., Харченко В.І. Під ред.. д-ра техн. наук, проф.В.І. Большакова. – РВА «Дніпро-VAL»: 2000. – 290 с.
9. Гайдамак О. Л. Узли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки. – Навчальний посібник / О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк – Вінниця: УНІВЕРСУМ. 2005. – 92 с.
10. Носов Д. Г. Алгоритм оптимізації технологічних параметрів режиму наплавлення деталей типу «вал» та його реалізація / Д. Г. Носов, В. В. Перемітько // Математичне моделювання. – 2009. – №1(20). – С. 33–36.

11. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
12. Металознавство: Підручник / О.М.Бялік, В.С.Черненко та ін. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: ІВЦ ”Видавництво <<Політехніка>>”, 2002. – 384 с
13. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенка – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
14. Павлов О. Г. Аналіз технологій компенсації зношеного шару металевих поверхонь / О. Г. Павлов, К. А. Мірошніченко // Вісник Сумського національного аграрного університету, випуск №10. – 2013. – С. 22 –23.
15. Шиліна О. П. Вплив легування ванадієм на структуру та зміну властивостей наплавлених шарів конструкційних сталей [Текст] / О. П. Шиліна // Вісник машинобудування та транспорту. – 2018. – № 2. – С. 127-131.
16. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів: Лабораторний практикум. / Савуляк В.І. , Івацько В.Т. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 96 с.
17. Куплун А.Б. ANSYS в руках інженера./ А.Б. Куплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева – М.: Едиториал УРСС, 2003 – 272.
18. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. – 768 с.
19. Іванов М.І. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Частина 2 / М.І. Іванов, Ж.П. Дусанюк., С.В. Дусанюк., О.М. Іванова – Вінниця, ВНАУ 2009. – 148с.
20. Мірошник В.О. Ремонт меліоративних, будівельних машин. Практикум.: навч. посібник/ За ред. В.О.Мірошника – К.: Вища школа, 1995р.
21. Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум / Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 51 с.
22. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.

22. Дубинин Е.А. Совершенствование методов нормирования ремонтпригодности автотракторной техники/ Дубинин Е.А., Полянский А.С. // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов, ХНАДУ, Вып. 16. – Харьков, 2005. – С. 103-105.
23. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування та ремонту машин / В.М. Токаренко Київ: Вища школа - 1982. – 34 с.
23. Yrafen W., Sdenhofer B. Acetylene low-pressure carburizing – a novel and superior carburizing technology. – Heat treatment progress, 1999, v.26, w. 4.
24. www.festo.com.ua.
25. Василик А.В. Теплові розрахунки при зварюванні / А.В. Василик, Я.А. Дрогомирецький, Я.А. Криль. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 209с.
26. Довбыш В. М. Аддитивные технологии и изделия из металла / Довбыш В. М., Забеднов П. В., Зленко М. А. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [nami.ru/ upload/AT_metall.pdf](http://nami.ru/upload/AT_metall.pdf)
27. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.
28. Шиліна О.П. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Наплавлення і напилювання» студентами напряму підготовки 6.050504 – Зварювання /Уклад. О.П. Шиліна. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 34 с.
29. Козловський, В. О. Основи підприємництва : навчальний посібник. Видання 3-ге, переробл. та доповн. / В. О. Козловський. Вінниця : 2023. 132 с.
30. V. Savulyak, B. Shenfeld, O. Shylina, I. Vishtak. Management of morphology and structure besieged coatings. Problems of Tribology, V. 25, No 3/97-2020, s.70-73
31. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
32. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с

33. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php
34. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с
35. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
36. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
37. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
38. ДСНіПЗ.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>
39. Директива № 90/270/ЕЄС «Про мінімум вимог безпеки і гігієни праці при роботі з екранними пристроями - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/provisions-on-workload-ergonomical-and-psychosocial-risks/osh-directives/5>
40. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

Додаток А
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-
ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНУ**

ПОГОДЖЕНО



Керівник або заступник

Назва підприємства або установи

Підпис

Ініціали та Прізвище

2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ,

д.т.н., проф.


 Леонід ПОЛЩУК

"18" вересня 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

08 – 62.МКР.007.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ


 Олена ШИЛІНА

Виконав: ст.гр. 13В-22м


 Дмитро ОСТАПЧУК

Вінниця ВНТУ 2023

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу складається з основних етапів, які відповідають стандарту та ГОСТ 2.103-2013.

Підстава для розробки наказ ректора ВНТУ № 247 “18” вересня 2023 року.

1 Назва та об’єкт проектування

Назва: Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну

Умовне позначення: 08-62.МКР.007.00.000 ТЗ

Деталь «вал-шестерня» – є складовою зернозбирального комбайна. Вал-шестерня входить до поворотного редуктора зернозбирального комбайна. В якому ось несучого вала, співпадає з віссю вихідного вала редуктора.

Має ступінчасту зовнішню поверхню. Встановлюються в корпусі редуктора на підшипниках кочення. Деталь в цілому технологічна, майже всі поверхні мають добрий доступ для обробки але і є нетехнологічні елементи.

Поверхні $\varnothing 120h6_{(-0,022)}$ і $\varnothing 100h6_{(-0,022)}$ виконанні під посадку підшипника. Поверхня $\varnothing 125$ працює в контакті з зубчастим колесом, в результаті чого зубець шліца зношується за товщиною.

Не технологічними елементами даної деталі є зубчасте колесо ($\varnothing 202$), та шліцьова поверхня ($D10 \times 112 \times 125h7_{(-0,022)}$) які досить важко піддаються механічній обробці.

Можливе суміщення технологічних і вимірювальних баз при виконанні розмірів, що мають вказані допустимі відхилення.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

В якості чистових технологічних баз використовується центрові гнізда. Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

На кресленні деталі немає специфічних вимог і тому немає необхідності змінювати вимоги.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Відносне розташування поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій .

2 Мета, завдання, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора ВНТУ "18" вересня 2023 року № 247, складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ і затвердженого кафедрою ГМ.

Призначенням даної магістерської кваліфікаційної роботи є виконання технологічних та конструкторських розробок для вдосконалення технологічного процесу аналога. Це можливо досягнути шляхом введення необхідних операцій для кращих експлуатаційних властивостей вал-шестерні, проведення необхідних розрахунків оптимальних режимів обробки та модернізації, або проектуванням нової конструкції окремого технологічного обладнання.

Мета і завдання роботи. є удосконалення технології відновлення вал-шестерні зернозбирального комбайну електродуговим наплавленням з додаванням порошку графіту з нанопластинами графену шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконаленням конструкції обладнання для наплавлення.

Для досягнення зазначеної мети були сформульовані та вирішені такі **задачі:**

1. Аналізування причин масового браку при експлуатації систем сільськогосподарської техніки з переліку основних деталей, які відбраковуються, і у свою чергу докорінно залежать від рівня використовуваних технологій відновлення;
2. Обґрунтування моделі методу кінцево-елементного аналізу для розрахунку температурних полів процесу наплавлення покриття.
3. Моделювання теплового впливу процесу плазмового напилювання на структуроутворення у нанесеному покритті;
4. Дослідження впливу порошку графіту з нанопластинами графену на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та його вплив на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару та структуру поверхневих шарів;
5. Вибір оптимального режиму наплавлення з використанням порошку графіту з нанопластинами графену для отримання зносостійких покриттів із заданими експлуатаційними властивостями;
6. Розробка установки з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «вал-шестерня».

Джерелами розробки є:

- методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу вал;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплексу документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;
- загальні правила класифікації, розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення та процесів Р 50-54-93-88;

- ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
 - технічна література, довідникові видання.
1. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
 2. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. – 103 с
 3. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. – 768 с.
 4. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
 5. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенко – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
 6. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
 7. Козловський, В. О. Основи підприємництва : навчальний посібник. Видання 3-ге, переробл. та доповн. / В. О. Козловський. Вінниця : 2023. 132 с.
 8. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
 9. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
 10. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.

3 Технічні вимоги та економічні показники

3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування

Зміст розділів магістерської кваліфікаційної роботи та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу та положенням кафедри за модульно-рейтинговою оцінкою рівня та термінів виконання роботи.

Стадії розробки та етапи робіт встановлені за ГОСТ 2.103-2013.

Поетапні строки, що вказуються в ТЗ, є орієнтовними. Основними строками виконання робіт вважають строки, які встановлені в плані дослідно-конструкторських робіт.

Зміст стадій проектування та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу.

3.2 Вихідні дані для технологічного проектування

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту валу коробки відбору потужності 1500 шт,
- знос поверхонь, що відновлюються менше 0,3 мм, від робочого креслення.

3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

З метою підвищення надійності, ремонтпридатності та економічності експлуатації технологічного обладнання, що розробляється, слід максимально застосувати стандартні вироби.

Рівень стандартизації та уніфікації конструкції повинен складати не менше 80%.

3.4 Вимоги до охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Конструктивні рішення повинні відповідати вимогам безпеки згідно встановлених параметрів відповідних стандартів по охороні праці та безпеці у надзвичайних ситуаціях.

Викиди в навколишнє середовище не повинні перевищувати параметри, встановлені екологічним паспортом підприємства.

4 Стадії та етапи розробки

Проектування технологічного процесу повинно проводитись з використанням варіантного пошуку раціонального рішення, включати такі основні етапи:

- розробка основної проектної задачі;
- технологічне проектування технологічного процесу;
- розробка обладнання та пристосування для технологічного процесу;
- охорона праці, навколишнього середовища та ЦО;
- економічна ефективність розробок.

5 Порядок контролю та приймання

Контроль та приймання розробок виконується у відповідності до „Положення про дипломне проектування” на кафедрі ГМ.

Технічне завдання оформлюється у відповідності з загальними вимогами до текстових конструкторських документів по ГОСТ 2.705-2013, на листах формату А4 по ГОСТ 9327-90.

Додаток Б
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

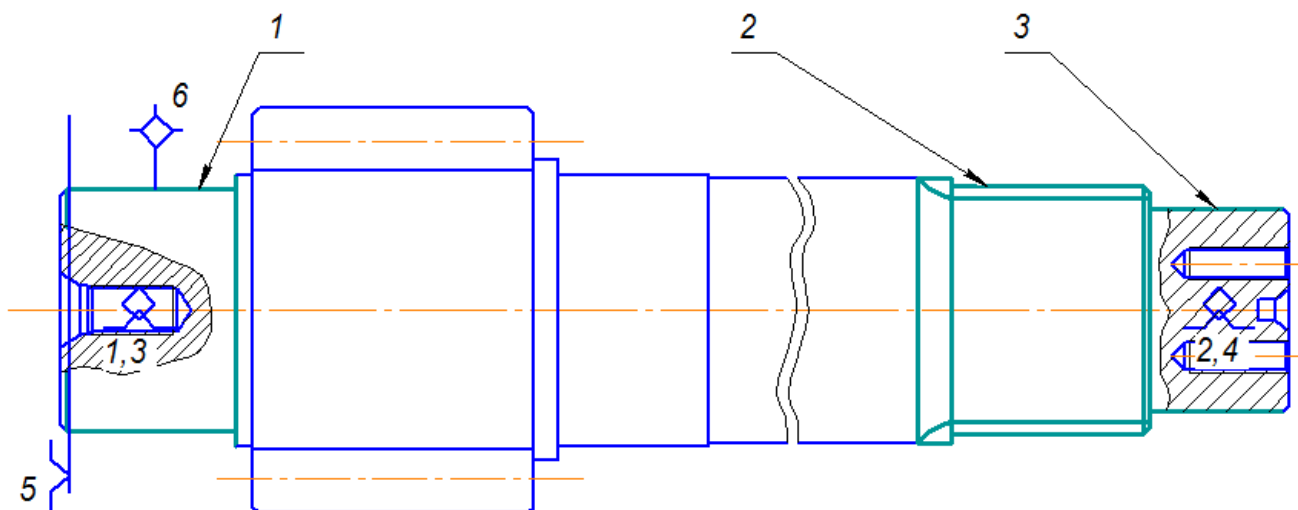
**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-
ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНУ**

Дубл.									
Взам.									
Подп.									
					08-62 МКР.007.00.000.ТП				
ВНТУ							08-62 МКР.007.00.000		
Вал-шестерня							М	К	Р
<p>Вінницький національний технічний університет Кафедра галузевого машинобудування</p>									
<p>Керівник Шиліна О.П.</p>									
<p>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ на технологічний процес відновлення робочих поверхонь «вала-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайну»</p>									
<p>Студент гр. 13В-22м Остапчук Д.В.</p>									

Дубл.			
Взаєм.			
Подл.			

08-62 МКР.007.00.000.ТП

Разробив	Остапчук Д.В.			ВНТУ			08-62 МКР.007.00.000.ЕК
Відп.викон							
Наук.керів	Шиліна О.П.						
				Вал-шестерня			
Н. контр.	Шиліна О.П.						



Модуль	m	14
Число зубців	Z_1	12
Дільний діаметр	d_2	168 мм
Діаметр впадин зубців	d_1	138,5 мм

ЕК

Ескізна карта

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
											08-62 МКР.007.00.000.ТП									
Розроб.	Остапчук Д.В.						ВНТУ		УК.41.00.					08-62 МКР.007.00.000.ВТД						
Перев.	Шиліна О.П.																			
М.контр.							Вал-шестерня													
Н.контр.	Шиліна О.П.																			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{шт}	Т _{пз}	Т _{шт}					
Р	Название документа				Код				Условное обозначение			Лист	Листов							
К/М	Маршрутна карта ремонту				08-62 МКР.007.00.001				МК			3	1							
02	Операційна карта миття				08-62 МКР.007.00.002				ОК			4	1							
03	Операційна карта точіння				08-62 МКР.007.00.003				ОК			5	1							
04	Операційна карта наплавлювання				08-62 МКР.007.00.004				ОК			6	1							
05	Операція термічної обробки				08-62 МКР.007.00.005				ОК			7	1							
08	Операційна карта точіння				08-62 МКР.007.00.006				ОК			8	1							
09	Операційна карта фрезерування				08-62 МКР.007.00.007				ОК			9	1							
10	Операція термічної обробки				08-62 МКР.007.00.008				ОК			10	1							
11	Операційна карта шліфування				08-62 МКР.007.00.009				ОК			11	1							
12	Операційна карта шліфування				08-62 МКР.007.00.010				ОК			12	1							
13	Операційна карта слюсарна				08-62 МКР.007.00.011				ОК			13	1							
14	Операційна карта технічного контролю				08-62 МКР.007.00.012				ОК			14	1							
15	Відомість оснастки				08-62 МКР.007.00.013				ВО			15	1							
16																				
17																				
16																				
МК	Відомість технологічної документації																			

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62									
										МКР.007.00.000.ТП									
Розроб.	Остапчук Д.В.					ВНТУ		УК.41.00.						08-62 МКР.007.00.003.МК					
Перев.	Шиліна О.П.																		
М.контр.						Вали-шестерні													
Н.контр.	Шиліна О.П.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції				Обозначення документа										
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	Т _о	Т _{доп}	Т _{оп}	Кшт	Т _{пз}	Т _{штк}				
А 01	005 Мийна									3,6	0,7	2,33	4,45	12	5,11				
Б 02	Струменева камерна машина ОМ-4610					мийн.	3		1										
Т 03																			
	010 Токарна						3			1,737	0,7	2,437	2,57	10,5	3,16				
А 04	Токарний верстат 16К20Ф3					токар													
Б 05																			
А 07	015 Наплавлювальна						3		1	12,3	0,83	2,654	12,7	18	13,78				
Б 08	Установка з ЧПК					напл													
А 09																			
10	020 Термічна									1,5	0,3	2,1	4,45	10,4	3,16				
Т 11	ВЧГ-3-160/0,066					терм	3		1										
А 12																			
Б 13	025 Токарна						5		1	1,737	0,3	2,437	2,57	10,5	3,16				
Т 09	Токарний верстат 16К20Ф3					токар													
МК																			

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
																	08-62			
																	МКР.007.00.000.ТП			
Розроб.	Остапчук Д.В.								ВНТУ		УК.41.00.								08-62 МКР.007.00.003.МК	
Перев.	Шиліна О.П.																			
М.контр.																				
Н.контр.	Шиліна О.П.																			
																	Вал-шестерня			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	T _о	T _{доп}	T _{оп}	K _{шт}	T _{п з}	T _{штк}				
А 01	030 фрезерувальна						фрез	3		1	2,76	0,9	2,1	2,45	15	3,28				
Б 02	фрезерний станок 67К16П, Черв'ячна фреза ГОСТ 8027-60, рифлений центр																			
Т 03																				
А 04	035 Термічна										1,5	0,3	2,1	4,45	10,4	3,16				
Б 05	ВЧГ-3-160/0,066						терм	3		1										
А 09	040 Шліфувальна						шліф	3		1	17,82	0,84	2,54	17,4	12	18,11				
Б 10	Шліфувальний верстат МШ248																			
Б 11	Рифлений центр, абразивний круг 63С4ОПВТ-ЧТ1К6, мікрометр,																			
МК																				

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
										08-62										
										МКР.007.00.000.ТП										
Розроб.	Остапчук Д.В.																			
Перев.	Шиліна О.П.																			
М.контр.																				
Н.контр.	Шиліна О.П.																			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	Т _о	Т _{доп}	Т _{оп}	К _{шт}	Т _{пз}	Т _{штк}				
А 01	045 Шліфувальна						шліф	5		1	0,32	0,84	2,54	2,45	12	3,11				
Б 02	Шліфувальний верстат 3М163В																			
Т 03	Рифлений центр, абразивний круг 3П24А16СМ18К, мікрометр;																			
А 04	050 Слюсарна						контр				3,2	1,4	4,6	4,7	2	4,911				
Б 05	Стіл слюсарний																			
А 07	055 Контрольна																			
Б 08	Стіл контрольний																			
Т 03																				
А 12																				
Б 13																				
МК																				

Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
										08-62 МКР.007.00.000.ТП								
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ				УК.41.00.				08-62 МКР.007.00.0004.ОК						
Перев.	Шиліна О.П.																	
										Вал-шестерня								
Н.контр.	Шиліна О.П.																	
01	Код, наименование операции					Обозначение документа							МИ					
	005 Мийна					НОТ №1875-82												
02						Код, наименование оборудования					Тд	То						
						Струменева камерна машина ОМ-4610					0,7	3,6						
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.					
Р	1.Установити деталь, закріпити,зняти																	
М 03	2.Мити деталь																	
М 04	Мийний розчин «Лобамід»																	
05																		
О 06																		
07																		
08																		
Р 09																		
Р 10																		
О11																		
Р12																		
О13																		
Р14																		
15																		
ОК	Операційна карта																	

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
										08-62 МКР.007.00.000.ТП		1	1							
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ	УК.41.00.						08-62 МКР.007.00.005.ОК									
	Шиліна О.П.																			
Перевір.																				
				Вал-шестерня																
Н.контр.	Шиліна О.П.																			
Наименование операции			Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД						
010 Токарна			Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71		НВ 241-269		кг							1						
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы		Т _о	Т _д	Т _{п-з}	Т _{шт}												
					1,737	0,7	10,5	2,577												
Р					ПН		D	L	t	i	s	n	V							
О 01	1. Установити деталь, закріпити, зняти																			
Т 02	.Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3, Центр 1 – 5 – Н																			
О 03	1. точити поверхню 1 згідно ескізу до Ø119,5мм						120 _{-0,022}	80	0,5	1	0,5	250	94,2							
Р 04																				
О 05	2. точити поверхню 2 згідно ескізу до Ø112мм						125 _{-0,025}	98	2	1	0,5	250	94,2							
Р 06																				
О 07	3. точити поверхню 3 згідно ескізу до Ø99,5мм						100 _{-0,022}	70	0,5	1	0,5	250	94,2							
Р 08																				
О 09																				
Т 10																				
Р 11																				
О 12																				
ОК	Операційна карта																			

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62 МКР.007.00.000.ТП									
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ					УК.41.00.					08-62 МКР.007.00.006.ОК					
Перев.	Шиліна О.П.																		
										Вал-шестерня									
Н.контр.	Шиліна О.П.																		
01	Код, наименование операции							Обозначение документа							МИ				
	015 Наплавлювальна							НОТ №1875-82											
02	Оборудование, установка з ЧПК							Код, наименование оборудования					Тд	То					
								Установка з ЧПК					0,83	14,3					
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала							Код, обозначение			ОП	П	ОВ	ОН	КИ	Нрасх.			
Р	I, A U, B V _H , м/год α_n , Г/А·ГОД n, ХВ ⁻¹																		
М 03	Нп30ХГСА																		
О 04	1. Установити деталь, закріпити, зняти																		
О 05	2. Наплавити поверхню 1 до Ø120,5мм																		
Р 06	197	22	20,6	8,7	0,17														
Т 07	3. Наплавити поверхню 2 до Ø130мм																		
О 08	197	22	20,6	8,7	0,17														
О 09	4. Наплавити поверхню 3 до Ø102,5мм																		
Т 10	197	22	20,6	8,7	0,17														
11																			
Р 12																			
13																			
14																			
15																			
ОК	Операційна карта шліфування																		

Дубл.														
Взам.														
Подп.														
										08-62				
										МКР.007.00.000.ТП				
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62 МКР.007.00.007.ОК				
Перев.	Шиліна О.П.													
				Вал-шестерня										
Н.контр.	Шиліна О.П.													
01	Код, наименование операции				Обозначение документа							МИ		
	020 Термічна				НОТ №1875-82									
02					Код, наименование оборудования					Тд	То			
					ВЧГ – 3 – 160/0,066					0,3	1,5			
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.		
Р	1. Установити деталь, закріпити, зняти													
М 03	2. Нагріти деталь до температури $t_n = 530^\circ\text{C}$													
М 04	Тривалість витримки при цій температурі $t_b = 10-15$ сек													
05	3. Охолоджувати на повітря. Тривалість витримки $t_b = 60$ хв													
О 06														
07														
08														
Р 09														
Р 10														
О 11														
Р 12														
О 13														
Р 14														
15														
ОК	Операційна карта													

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62 МКР.007.00.000.ТП		1	1						
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62 МКР.007.00.008.ОК									
	Шиліна О.П.																		
Перевір.																			
Н.контр.	Шиліна О.П.						Вал-шестерня												
Наименование операции				Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД				
025 Токарна				Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71		НВ 241-269		кг							1				
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т _о	Т _д	Т _{п-з}	Т _{шт}										
						1,737	0,7	10,5	2,577										
Р						ПИ		D	L	t	i	s	n	V					
О 01	1. Установити деталь, закріпити, зняти																		
Т 02	.Токарно-гвинтовий верстат 16Б16А, Центр 1 – 5 – Н ГОСТ 8742-75																		
О 03	2. точити поверхню 1 згідно ескізу до Ø120,4мм							120	80	0,9	1	1	180	81,3					
Р 04																			
О 05	3. точити поверхню 2 згідно ескізу до Ø125,4мм							125	98	2	1	1,2	180	54,98					
Р 06																			
О 07	4. точити поверхню 3 згідно ескізу до Ø100,55мм							100	70	0,9	1	1,2	180	31,55					
Р 08																			
О 09																			
Р 10																			
Р 11																			
О 12																			
Т 13																			
ОК	Операційна карта																		

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62 МКР.007.00.000.ТП			1	1					
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62 МКР.007.00.009.ОК									
	Шиліна О.П.																		
Перевір.																			
Н.контр.	Шиліна О.П.						Вал-шестерня												
Наименование операции				Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД				
030 Фрезерувальна				Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71		НВ 241-269		кг							1				
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т _о	Т _д	Т _{п-з}	Т _{шт}										
						2,76	0,9	2,1	0,4										
Р						ПИ		D	L	t	i	s	n	V					
О 01	1. Установити заготовку; закріпити; зняти																		
Т 02	Центр І-5-Н ГОСТ 14034-74																		
О 03	2. Фрезерувати поверхню 1 до параметрів D10 x 112 x 125h7																		
Р 04								125	98	2	1.4	2	90	35,32					
Т 05	Черв'ячна фреза 2520-0674 ГОСТ 6637-80																		
Р 06																			
Т 07																			
Р 08																			
О 09																			
Т 10																			
Р 11																			
Т 13																			
ОК	Операційна карта																		

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62 МКР.007.00.000.ТП									
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ					УК.41.00.					08-62 МКР.007.00.010.ОК					
Перев.	Шиліна О.П.																		
Н.контр.	Шиліна О.П.			Вал-шестерня															
01	Код, наименование операции					Обозначение документа										МИ			
	035 Термічна					НОТ №1875-82													
02						Код, наименование оборудования							Тд		То				
						ВЧГ – 3 – 160/0,066													
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Код, обозначение					ОП	П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.			
Р	1.Установити деталь, закріпити,зняти																		
М 03	2.Нагріти деталь до температури $t_n=950^\circ\text{C}$																		
М 04	Тривалість витримки при цій температурі $t_b=10-15$ сек																		
05	3. Охолодити деталь в маслі . Витримати 2-4хв.																		
О 06																			
07																			
08																			
Р 09																			
Р 10																			
О11																			
Р12																			
О13																			
Р14																			
15																			
ОК	Операційна карта																		

Дубл.														
Взам.														
Подп.														
						08-62 МКР.007.00.000.ТП								
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ	УК.41.00.		08-62 МКР.007.00.011.ОК							
Перев.	Шиліна О.П.													
				Вал-шестерня										
Н.контр.	Шиліна О.П.													
01	Код, наименование операции				Обозначение документа							МИ		
	040 Шліфувальна				НОТ №1875-82									
02					Код, наименование оборудования					Тд	То			
					МШ248					0,84	6,32			
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.			
Р						t,мм	S _{шп} ,мм/об	N _{різ}	N _к ,об/хв	V _{кр} ,м/хв				
О 03	1.Установити деталь, закріпити, зняти													
Т 04	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75													
О 05	2. шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розмірів Ø120,1мм													
Р 06						120	80	0,005	1.4	18,9				
О 07	3. шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розмірів Ø100,1мм													
Р 08						100	70	0,005	1.4	18,9				
О 09	4. шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розмірів Ø120 _(-0,022)													
Р 10						120	80	0,005	1.4	18,9				
О 11	5. шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розмірів Ø100 _(-0,022)													
Р 12						100	70	0,005	1.4	18,9				
Т 13	Шліфувальний верстат МШ248													
Т 14	Абразивний круг марки 63С4ОПВТ-ЧТ1К6													
ОК	Операційна карта шліфування													

Дубл.													
Взам.													
Подп.													
									08-62 МКР.007.00.000.ТП				
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ		УК.41.00.					08-62 МКР.007.00.012.ОК		
Перев.	Шиліна О.П.												
				Вал-шестерня									
Н.контр.	Шиліна О.П.												
01	Код, наименование операции			Обозначение документа							МИ		
	045 Шліфувальна			НОТ №1875-82									
02	Код, наименование оборудования						Тд	То					
	3М163В						0,84	3,32					
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Код, обозначение		ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.			
Р						t,мм	S _{шп} ,мм/об	N _{різ}	N _к ,об/хв	V _{кр} ,м/хв			
О 03	1.Установити деталь, закріпити, зняти												
Т 04	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75												
О 05	2. шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розмірів Ø120,1мм												
Р 06						120	80	0,005	1.4	18,9			
О 07	3. шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розмірів Ø100,1мм												
Р 08						100	70	0,005	1.4	18,9			
О 09	4. шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розмірів Ø120 _(-0,022)												
Р 10						120	80	0,005	1.4	18,9			
О 11	5. шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розмірів Ø100 _(-0,022)												
Р 12						100	70	0,005	1.4	18,9			
Т 13	Шліфувальний верстат 3М163В												
Т 14	Абразивний круг марки 63С4ОПВТ-ЧТ1К6												
ОК	Операційна карта шліфування												

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
										08-62 МКР.007.00.000.ТП											
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62 МКР.007.00.013.ОК											
Перев.	Шиліна О.П.																				
										Вал-шестерня											
Н.контр.	Шиліна О.П.																				
01	Код, наименование операции						Обозначение документа						МИ								
	050 Слюсарна						НОТ №1875-82														
02							Код, наименование оборудования						Тд	То							
							Слюсарний стіл						0,84	2,32							
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала						Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.							
Р																					
О 03																					
Т 04	Слюсарний стіл																				
О 05	1. Видалити графітові вставки 2. Прогнати різьбу																				
Р 06																					
О 07																					
Р 08																					
О 09																					
Р 10																					
О 11																					
Р 12																					
Т 13																					
Т 14																					
ОК	Операційна карта слюсарна																				

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										08-62 МКР.007.00.000.ТП			
Розроб.	Остапчук Д.В.			ВНТУ		УК.41.00.			08-62 МКР.007.00.014.ТК				
Пров.	Шиліна О.П.												
								Вал-шестерня					
Наименование операции						Наименование, марка материала						МД	
						Сталь 45 ГОСТ 1050-88							
Наименование оборудования				To	Tд	Обозначение ИОТ							
055 Контрольна				3.2	1.4	№14-315							
P	Контролируемые параметры			Код средств ТО		Наименование средств ТО			Объем и ПК		То/Тв		
01	1. $\varnothing 120h6_{-0,022}$ мм,					ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-73, мікрометр ГОСТ 6507-90			100		3,2/1,4		
02	2. $\varnothing 125h7_{-0,030}$ мм,					ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-73, мікрометр ГОСТ 6507-90			100		3,2/1,4		
03	3. $\varnothing 100h6_{-0,022}$ мм,					ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-73, мікрометр ГОСТ 6507-90			100		3,2/1,4		
04	3.Шорсткість оброб. поверхні					Зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-73					3,2/1,4		
05	4. Відхилення від циліндричності					Пристрій контрольний			100		3,2/1,4		
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
14													
ОК		Технічний контроль											

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
													08-62 МКР.007.00.000.ТП						
Розроб.	Остапчук Д.В.						ВНТУ						08-62 МКР.007.00.015.ВО						
Перев.	Шиліна О.П.																		
М.контр.													Вал-шестерня						
Н.контр.	Шиліна О.П.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції				Обозначення документа										
Б					Код, найменування обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Т _{пз}	Тшт
01				005	Мийна машина ОН-4610; розчин «Лабамід»														
02				010	Центр І-5-Н ГОСТ 14034-7; токарний верстат 16К20Ф3; прохідний різець Т15К6; ШЦ-1-125-0,1														
03				015	Рифлений центр; Установка з ЧПК; 30ХГСА; ШЦ-1-125-0,1														
04				020	Індукційна піч ВЧГ-3-160/0,066														
05				025	Центр І-5-Н ГОСТ 14034-7; токарний верстат 16К20Ф3; прохідний різець Т15К6; ШЦ-1-125-0,1														
06				030	Центр І-5-Н ГОСТ 14034-74; Фрезерний станок 67К16П; Фреза черв'ячна ГОСТ 8027-60; ШЦ-1-125-0,1; повідковий патрон; повідок звичайний.														
07				035	Індукційна піч ВЧГ-3-160/0,066														
08				040	Шліфувальний верстат МШ248; Рифлений центр; Абразивний круг марки 3П24А16СМ18К; Мікрометр ГОСТ-6507-90.														
09				045	Шліфувальний верстат 3М163В; Рифлений центр; Абразивний круг марки 63С40ПВТ-ЧТ1К6; Мікрометр ГОСТ-6507-90.														
10				050	Слюсарний стіл														
11				055	Шаблон, кутомір, мікрометр ГОСТ-6507-90, штангенциркуль ГОСТ 166-90, зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789 – 73.														
12																			
13																			
16																			
МК/ВО	Відомість оснастки																		

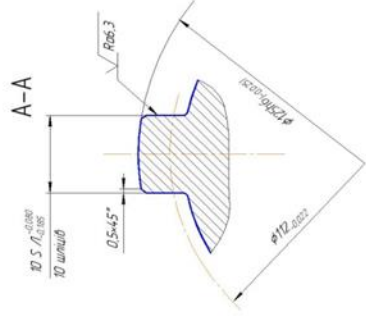
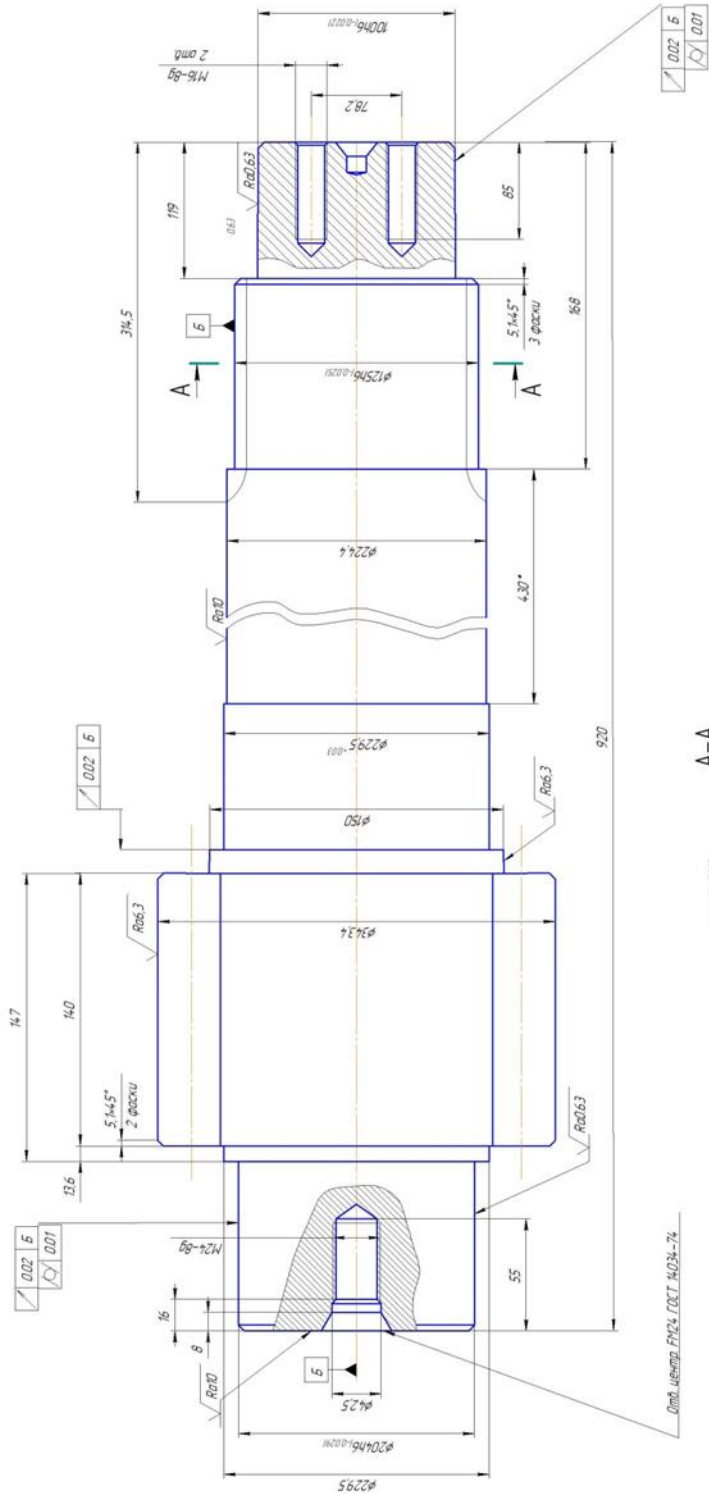
Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-
ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНУ

08-62МКР.007.00.001

√ R0.02

Материал	М	Т4
Число зубцов	z ₁	12
Диаметр деления	d ₂	168 мм
Диаметр посадочного отверстия	d ₁	128.5 мм



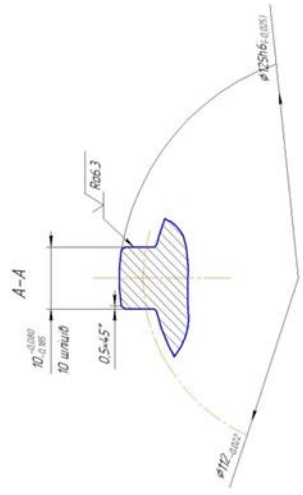
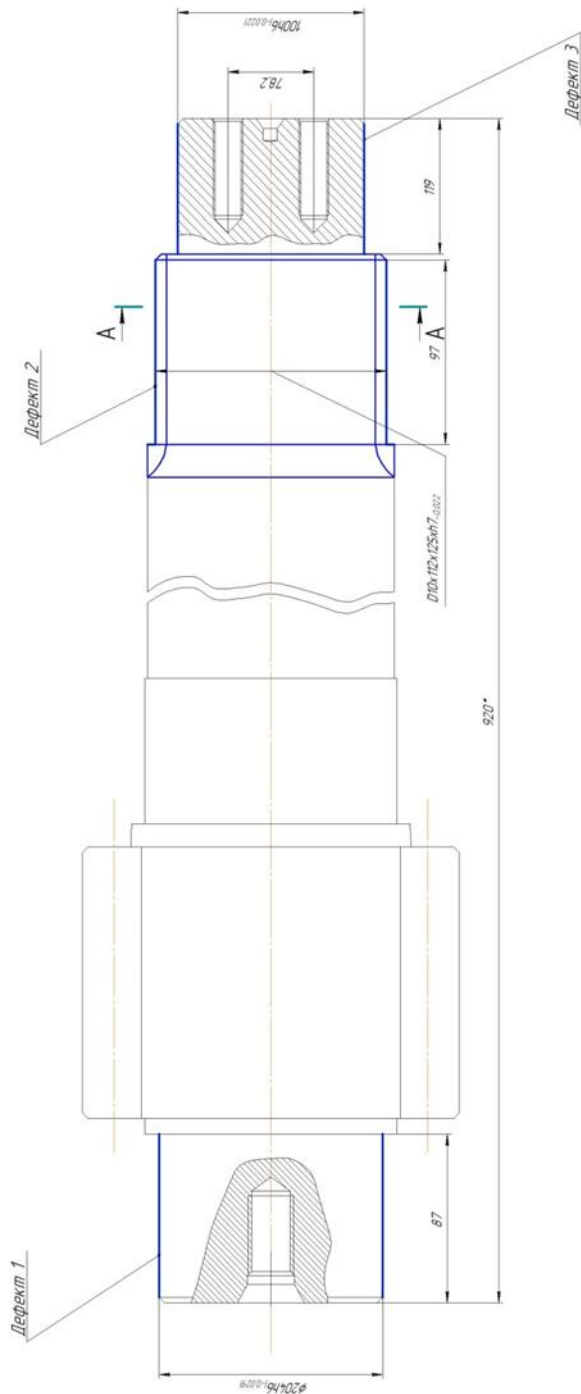
1. НК, п.п. 1, 2
2. 56-62 НСЗ.
3. Некакие радиусы округлить 15мм
4. *Размеры для доделок.

08-62МКР.007.00.001			
Исполнитель	Проверен	Утвержден	Инженер
Ведущий инженер	Инженер	Инженер	Инженер
59	12		
ВНИС от 158-22ч			
(полю 2012) ИА ГОСТ 1543-71			

Исполнитель	Проверен	Утвержден	Инженер
Ведущий инженер	Инженер	Инженер	Инженер

08-62 МКР 007 01001 Р

✓ 08/07/17



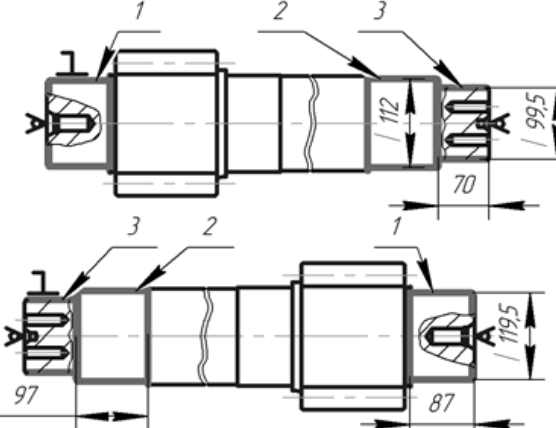
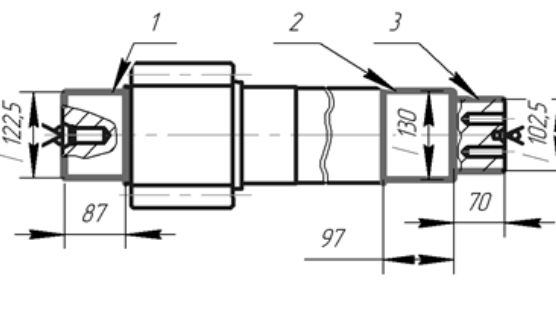
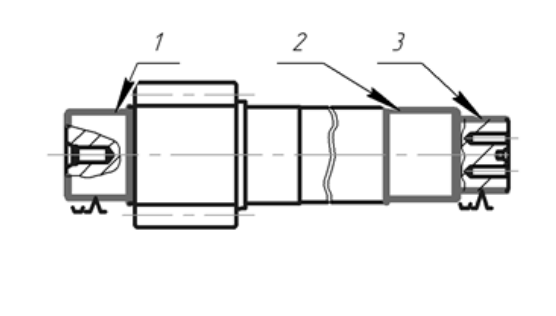
1. НН, НК, ± 17%
2. 56-62 НВ_{0.5}
3. Неказан радиуси стурлень 15мм
4. *Размеры для доливок.

Дефекты	Коеф	Основной способ	Дополнительный способ
2. Знос поверхности до размера $\phi 124.975$ 0.8 0.8	Напыления в среде/облиц. зокисних газів	Плазмаде напылення	
3. Знос поверхности до размера $\phi 95.978$ 0.8 0.8	Напыления в среде/облиц. зокисних газів	Плазмаде напылення	

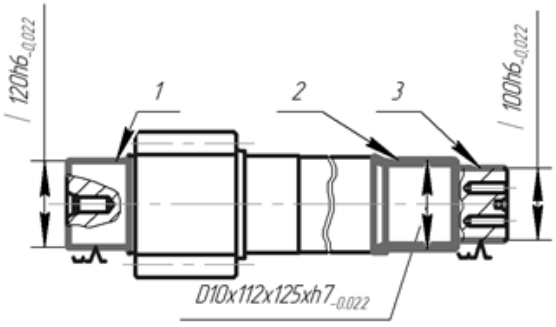
08-62 МКР 007 01001 Р			
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа
08-62 МКР 007 01001 Р	08-62 МКР 007 01001 Р	08-62 МКР 007 01001 Р	08-62 МКР 007 01001 Р
Вариант	Вариант	Вариант	Вариант
59	59	59	59
Лист	Лист	Лист	Лист
1	1	1	1
ВНТУ, стр. 138-22М	ВНТУ, стр. 138-22М	ВНТУ, стр. 138-22М	ВНТУ, стр. 138-22М

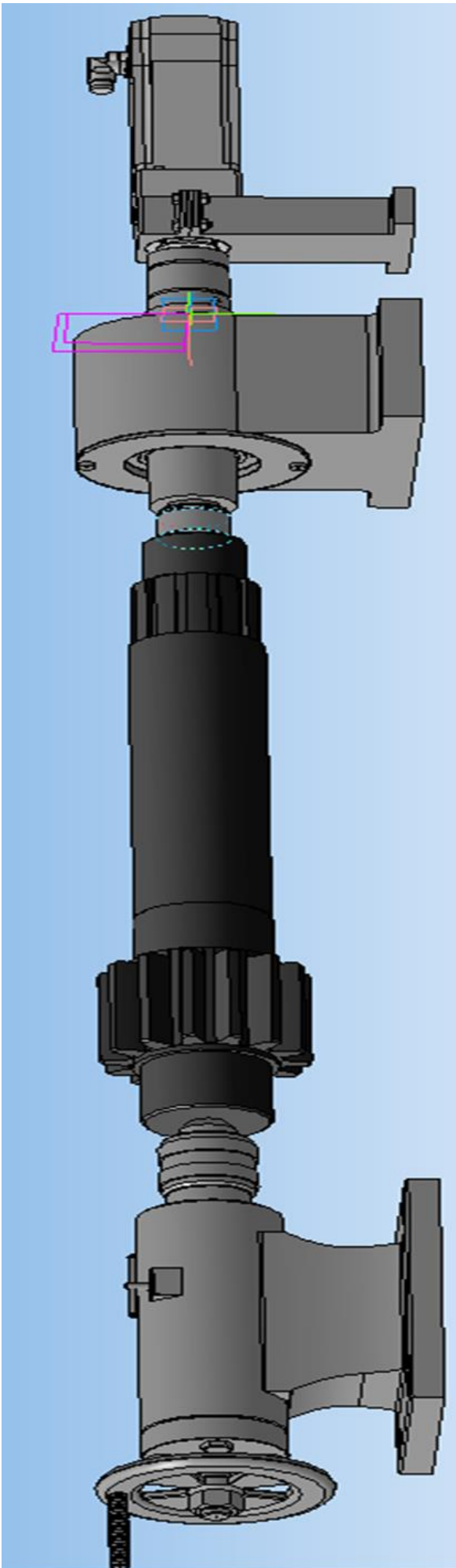
Масштаб: 1:1
 Дата: 08/07/17
 Автор: [blank]
 Проверен: [blank]
 Утвержден: [blank]



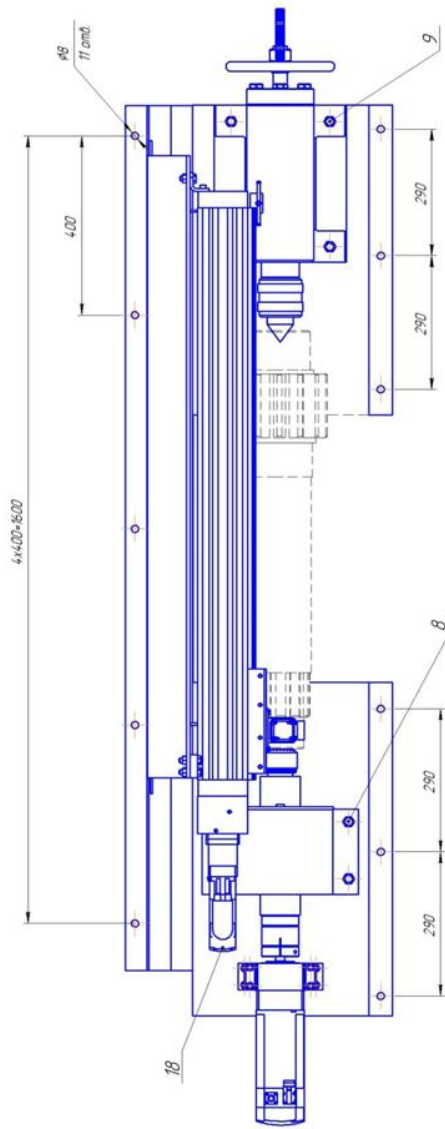
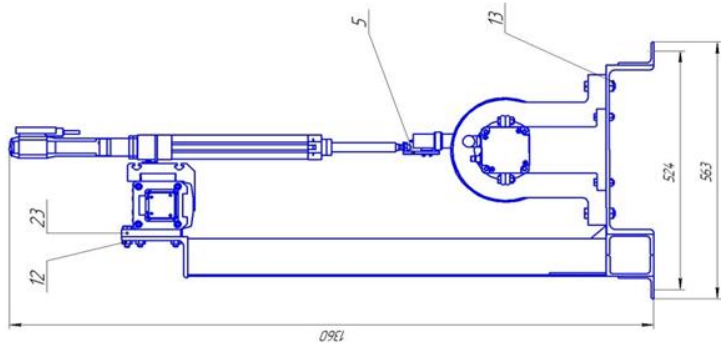
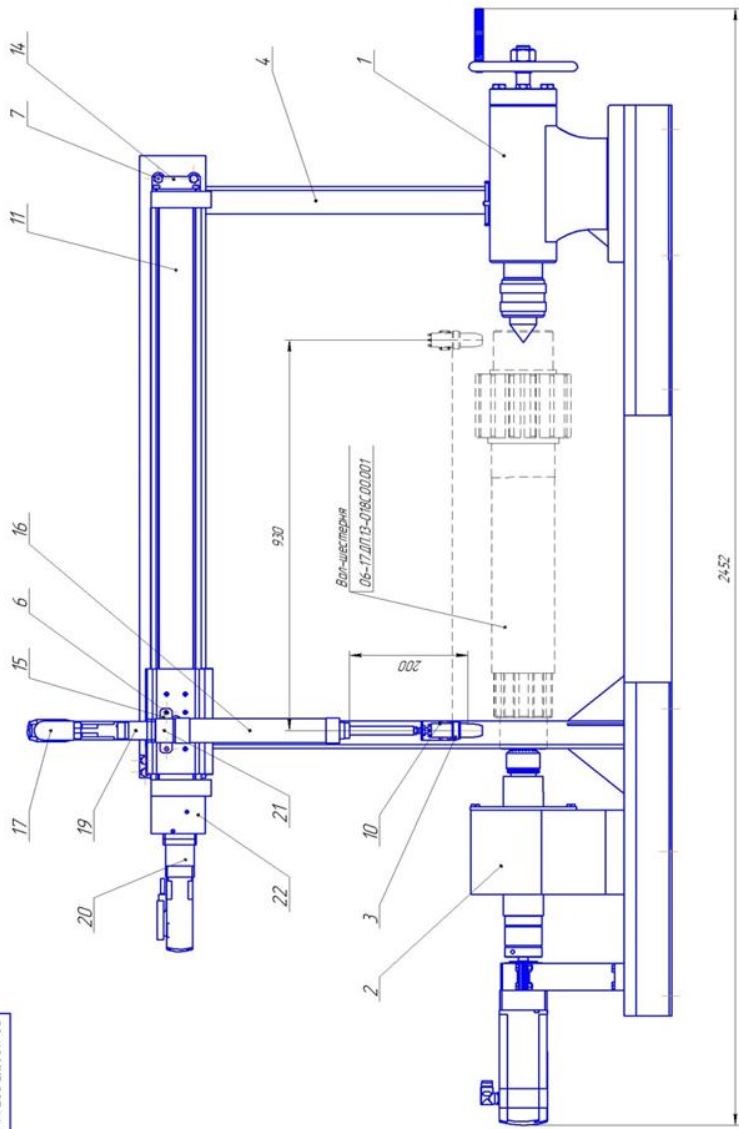
№ операції	Найменування операції та технічних переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p>Мийна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Мити в розчині "Лабамід" 		<p>Струменево камерна машина OM4610</p>
010	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Точити поверхню 1 згідно ескізу до розміру $\phi 119,5\text{мм}$ 3. Точити поверхню 2 згідно ескізу до $\phi 112\text{мм}$ 4. Точити поверхню 3 згідно ескізу до розміру $\phi 99,5\text{мм}$ 		<p>1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3</p>
015	<p>Наплавлявальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Наплавити поверхню 1 згідно ескізу до $\phi 122,5\text{мм}$ 3. Наплавити поверхню 2 згідно ескізу до $\phi 130\text{мм}$ 4. Наплавити поверхню 3 згідно ескізу до $\phi 102,5$ 		<p>1. Установка з ЧПК</p>
020	<p>Термічна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Провести відпуск 		<p>1. Індуктивна піч ВЧГ-3-160/0,066</p>

№ операції	Найменування операції та технічних переходів	Операційний ескіз	Обладнання
025	<p>Токарна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Точити поверхню 1 згідно ескізу до $\phi 121,09\text{мм}$</p> <p>3. Точити поверхню 2 згідно ескізу до $\phi 126,09\text{мм}$</p> <p>4. Точити поверхню 3 згідно ескізу до $\phi 101,09\text{мм}$</p>		<p>1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3</p>
030	<p>Фрезерувальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Фрезерувати поверхню 2 згідно ескізу до параметрів $D10 \times 112 \times 125$</p>		<p>1 Фрезерний верстат 67К16П</p>
035	<p>Термічна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Провести гартування</p>		<p>1. Індуктивна піч ВЧГ-3-160/0,066</p>
040	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Шліфувати поверхню 2 згідно ескізу до розмірів $D10 \times 112 \times 125 \times h7_{-0,022}$</p>		<p>1. Шліфувальний верстат МШ248</p>
045	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Шліфувати поверхню 1 до розміру $120,14\text{ мм}$</p> <p>3. Шліфувати поверхню 3 до розміру $100,1\text{ мм}$</p> <p>4. Шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розміру $120h6_{(-0,022)}$</p> <p>5. Шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розміру $100h6_{(-0,022)}$</p>		<p>1. Шліфувальний верстат ЗМ163В</p>

№ операції	Найменування операції та технічних переходів	Операційний ескіз	Обладнання
050	<p>Слюсарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Видалити графітові вставки 2. Прогнати різьбу 		Слюсарний стіл
055	<p>Контрольна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Контроль поверхні 1 згідно ескізу 2. Контроль поверхні 2 згідно ескізу 3. Контроль поверхні 3 згідно ескізу 4. Шорсткість обробки поверхонь відхилення розмірів 	 <p>Technical drawing of a cylindrical part with three inspection surfaces labeled 1, 2, and 3. The drawing shows a cross-section of a cylinder with a diameter of 10 mm and a total length of 125 mm. The tolerance for the diameter is 0.022 mm. The drawing also shows two vertical dimensions of 120 mm and 100 mm, both with a tolerance of 0.022 mm. The part is labeled with the dimensions D10x112x125xh7-0.022.</p>	1.Стіл контрольний



08-62МКР00744.000 СК



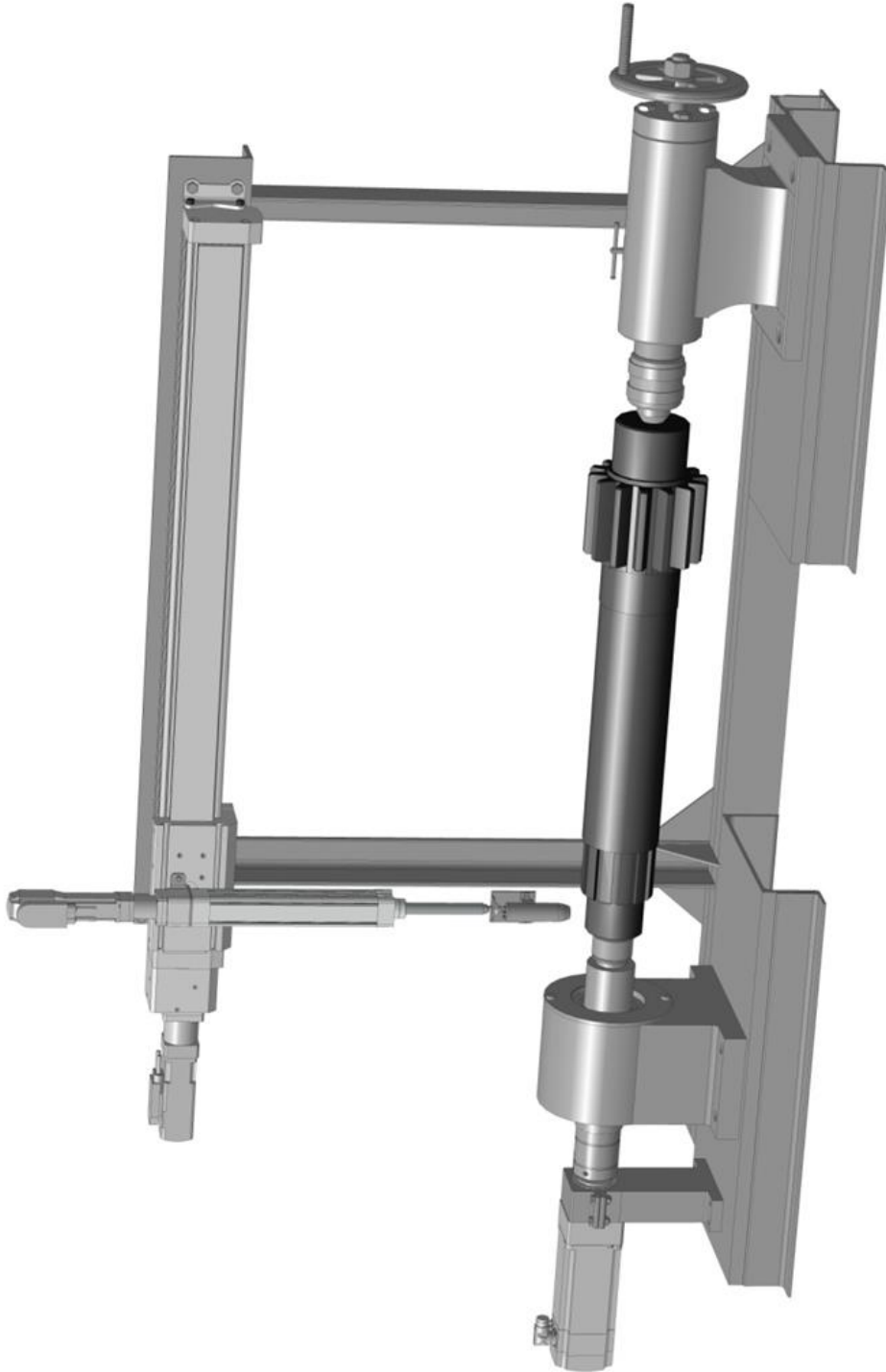
Техничи карактеристики

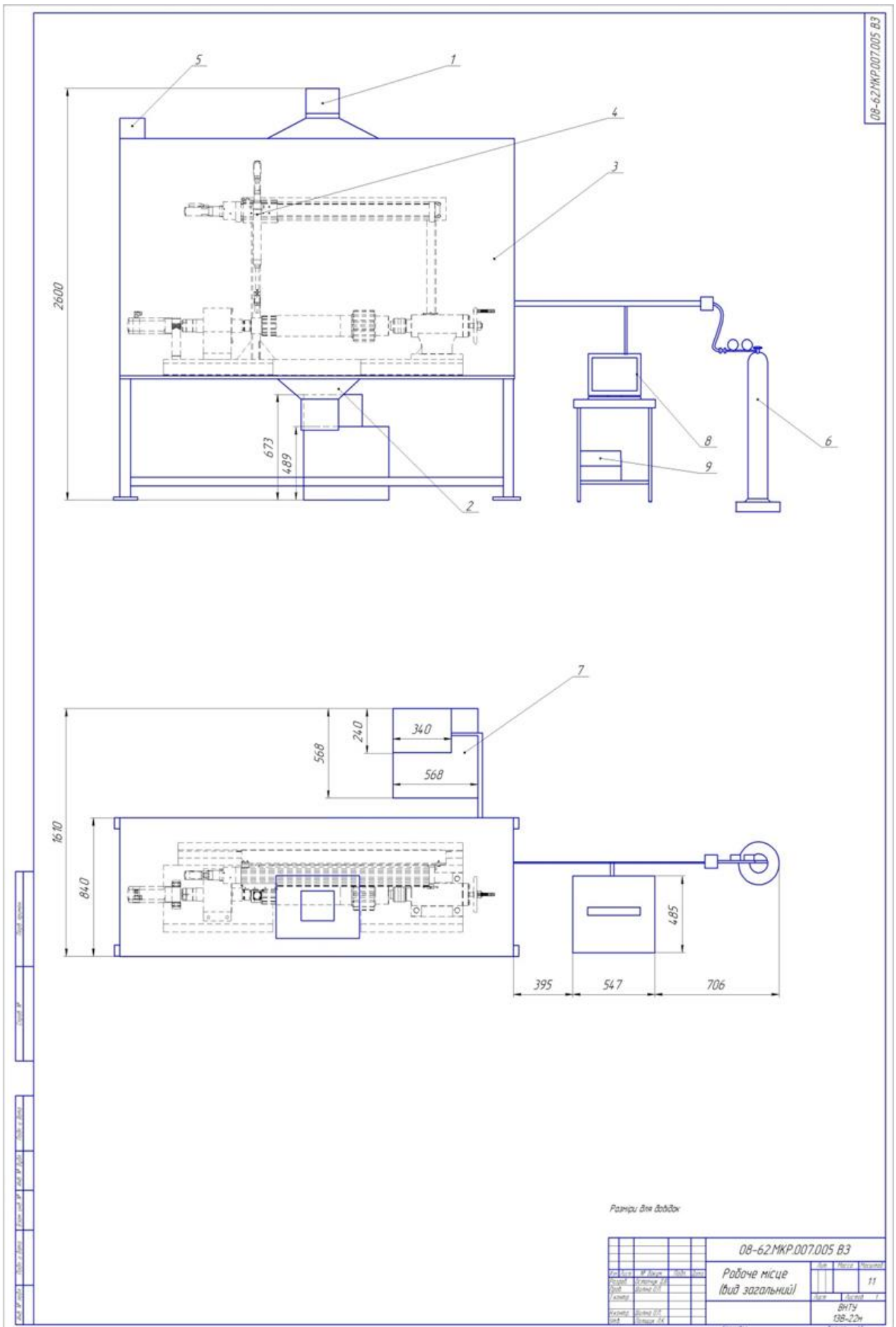
- 1. Максимальна брзина обраќање вдувна отворања 300об/мин
- 2. Час развоју вдувна отворања 5с
- 3. Точност постављања прибора наместена покривка 0,5мм
- 4. Час постављања прибора наместена покривка 7с
- 5. Максимальна дубина стандардирана отворања 1000мм
- 6. Минимальна дубина стандардирана отворања 70мм
- 7. Максимальна димензија стандардирана отворања 250мм

Технички цртежи

- 1. Размери для додвож

08-62МКР00744.000 СК			
Издање	Издање	Издање	Издање
1	1	1	1
Установа з членом програмни карактеристики для додвожња делова			
ИНУ (ст.бр. 138-2м)			
Класификација			
Формат А1			





08-62МКР.007.005.В3

Розміри в мм до відок

08-62МКР.007.005.В3					08-62МКР.007.005.В3		
№	Код	Назва	Матеріал	Кількість	№	Матеріал	Кількість
1	08-62МКР.007.005.В3	Рабоче місце (вид загальний)			11		
2	08-22н	ВНТЗ					
3	08-22н	08-22н					
4	08-22н	08-22н					

Додаток Г
(обов'язковий)

СПЕЦІФІКАЦІЯ

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-
ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНУ**

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				<u>Документация</u>		
			08-62МКР.007.44.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-62МКР.007.41.000	Задня бідка	1	
		2	08-62МКР.007.42.000	Вузол обертання	1	
Справ. №		3	08-62МКР.007.43.000	Наплавлювальна головка	1	
		4	08-62МКР.007.44.000	Рама	1	
				<u>Деталі</u>		
		5	08-62МКР.007.05.000	Кріплення наплавлювальної головки	1	
Підп. і дата				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт ГОСТ 7805-70		
Інв. № дроб.		6		ВМ6-6gx16.14Н016	2	
		7		ВМ8-6gx28.14Н016	8	
Взам. інв. №		8		ВМ10-6gx55.14Н016	4	
		9		ВМ10-6gx45.14Н016	4	
Підп. і дата		10		Гвинт ВМ4-6gx12.14Н016	4	
				ГОСТ 11074-93		
			08-62.МКР.007.44.000			
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата	
	Разроб.		Остапчук Д.В.			
	Проб.		Шиліна О.П.			
	Н.контр.		Шиліна О.П.			
	Утв.		Поліщук Л.К.			
				Установка з числовим програмним керування для відновлення деталей		
				Лит.	Лист	Листов
					1	2
				ВНТУ, ст.гр. 13В-22м		
Копіравал				Формат А4		

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Приме- чание</i>
		11		<i>Вісь DMES-63-1000-GF-GK</i>	1	
				<i>Гайка ГОСТ 5927-70</i>		
		12		<i>ВМ8-6г.12h014</i>	8	
		13		<i>ВМ510-6г.12h014</i>	8	
		14		<i>Монтажна лапа НР-63</i>	1	
		15		<i>Монтажна лапа ННСЕ-40</i>	1	
		16		<i>Привід DNCE-40-200-LS-25P-Q</i>	1	
		17		<i>Сервомотор EMMS-AS-40-M-TS</i>	1	
		18		<i>Сервомотор EMMS-AS-70-M-RSB-3-0</i>	1	
		19		<i>Редуктор EMGA-40-P-G3-SAS-40</i>	1	
		20		<i>Редуктор EMGA-60-P-G3-SAS-55</i>	1	
		21		<i>Осьовий надір ЕАМІІ-А-D40-40G</i>	1	
		22		<i>Осьовий надір ЕАМЖ-А-F37-44А-3-0</i>	1	
		23		<i>Центральна опора МУР-63</i>	1	

Инв. № подл.
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08-62.МКР.007.44.000

<i>Лист</i>
2

Копиробал

Формат А4

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
Справ. №		A1			08-62.МКР.007.04.000 В3	Вид загальний			
						<u>Складальні одиниці</u>			
			1		08-62.МКР.007.41.000	Вентиляція верхня	1		
			2		08-62.МКР.007.42.000	Вентиляція нижня	1		
			3		08-62.МКР.007.43.000	Захисна камера	1		
			4		08-62.МКР.007.44.000	Установка ЧПК	1		
			5		08-62.МКР.007.45.000	Механізм подачі дроту	1		
						<u>Стандартні вироби</u>			
Подп. и дата			6			Балон з вуглекислим газом	1		
			7			Блок живлення ПДУ-315УЗ	1		
			8			Ком'ютер	1		
			9			Контроллер СМMS-AS-С4-3А	2		
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Инв. № дубл.									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
		08-62.МКР.08.04.000							
		Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата			
		Разрад.	Остапчук Д.В.				Лит.	Лист	
		Проб.	Шиліна О.П.					Листов	
		Н.контр.	Шиліна О.П.					1	
		Утв.	Поліщук Л.К.				ст.гр. 13В-22М		
		Робоче місце							
		Копировал					Формат А4		

Додаток Д
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-
ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНУ**

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал-шестерні поворотного редуктора зернозбирального комбайна»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ.
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unischek

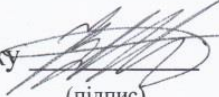
Оригінальність 85,9% Схожість 14,1%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

✓ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Шенфельд В. Й.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unischek щодо роботи.

Автор роботи  Останчук Д.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Шиліна О.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)