

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

П О Я С Н Ю В А Л Ь Н А З А П И С К А

до дипломного проєкту
освітнього ступеня "Бакалавр"

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ
РЕДУКТОРІВ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСУ РЕДУКТОРА**

Виконав: студент 4го курсу, групи АІС-2-23
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ ПОВСТЯНКО Вадим Петрович

Керівник: _____ КАЛГАНКОВ Євген Васильович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » ____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Повстанько Вадиму Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології ремонту редукторів з розробкою технологічного процесу відновлення корпусу редуктора

керівник роботи Калганков Євген Васильович, ст. викладач

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 5.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Для виконання дипломного проєкту використано річні звіти з технічного обслуговування машинно-тракторного парку ПРАТ «Кривбасцемент», план-схему існуючої ремонтної майстерні, технічні характеристики редукторів, що використовуються, а також нормативно-довідкову документацію з організації сервісного обслуговування. Додатково враховано рекомендації заводу-виробника техніки та вимоги до охорони праці на сервісних дільницях..

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз діяльності підприємства та задачі проєкту. 2. Заходи з удосконалення технології ремонту редукторів та розробка технології відновлення корпусу редуктора. 3. Розробка пристосування для закріплення корпусу редуктора при фрезеруванні. 4. Охорона праці. 5. Економічне обґрунтування проєкту. Висновки. Література.

РЕФЕРАТ

Повстянко, В. (2026). *Удосконалення технології ремонту редукторів з розробкою технологічного процесу відновлення корпусу редуктора: Дипломний проєкт* (Невидан. бакалавр. кваліфікац. робота). ДДАЕУ, Дніпро, Україна. 64 с.

У дипломному проєкті розглянуто питання удосконалення технології ремонту редукторів технологічного обладнання в умовах ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». Актуальність роботи зумовлена тим, що редуктори цементного виробництва працюють за підвищеної запиленості, вібрацій, тривалих навантажень і динамічних впливів, а пошкодження корпусу може призводити до порушення співвісності валів, перегрівання підшипників, витікання мастила та простоїв обладнання.

У роботі проаналізовано умови експлуатації редукторів, характерні дефекти корпусних деталей і причини їх виникнення. Обґрунтовано доцільність відновлення корпусу замість його заміни новою деталлю. Запропоновано технологічний процес, що включає очищення, дефектацію, контроль тріщин, підготовку пошкоджених ділянок, зварювання або полімерну герметизацію, механічну обробку посадочних поверхонь, відновлення різьбових отворів, контроль геометрії та складання редуктора.

Виконано розрахунок режимів механічної обробки, норм часу, річної трудомісткості, чисельності працівників, обладнання та площі ремонтної ділянки. У конструкторській частині розроблено пристосування для закріплення корпусу редуктора при фрезеруванні площини рознімання. Розглянуто питання охорони праці та наведено економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованої технології ремонту.

Ключові слова: редуктор, корпус редуктора, ремонт, відновлення, дефектація, зварювання чавуну, механічна обробка, фрезерування, ремонтна ділянка, ПрАТ «Кривий Ріг Цемент».

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ЗАДАЧІ ПРОЄКТУ.....	9
1.1. Характеристика підприємства та види діяльності.....	9
1.2. Обґрунтування теми та задачі проекту	12
2. ЗАХОДИ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ РЕДУКТОРІВ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСУ РЕДУКТОРА	15
2.1. Способи відновлення корпусів редукторів.....	15
2.2. Службове призначення деталі	18
2.3. Матеріал деталі.....	19
2.4. Попередній маршрут відновлення корпусу редуктора	20
2.5. Розрахунок режимів механічної обробки	22
2.6. Розрахунок норм штучного часу	24
2.7. Визначення чисельності працівників дільниці	26
2.8. Розрахунок кількості основного технологічного обладнання.....	27
2.9. Технологічне планування дільниці	30
2.10. Висновок	31
3. РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ КОРПУСУ РЕДУКТОРА ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ	33
3.1. Технічне завдання на конструкторську розробку пристосування для фрезерної обробки.....	33
3.2. Схема базування заготовки для фрезерування площини рознімання	34
3.3. Призначення та принцип роботи верстатного пристосування.....	35
3.4. Схема базування і закріплення заготовки при фрезеруванні площини рознімання	36

	6
3.5. Силовий розрахунок пристосування	37
3.6. Розрахунок пристосування на точність	39
3.7. Висновок	41
4. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ У РЕМОНТНІЙ ДІЛЬНИЦІ ...	42
4.1. Загальні відомості з охорони праці у спроектованій майстерні.....	42
4.2. Вимоги охорони праці при роботі на стенді для зрізання зношених фрикційних накладок з гальмівних колодок.....	46
4.3. Висновок	49
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ	50
5.1 Розрахунок техніко-економічної ефективності проєкту.....	50
5.2. Висновок	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
ЛІТЕРАТУРА.....	61
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

Сучасне цементне виробництво належить до енергоємних і безперервних технологічних процесів, у яких надійність машин та механізмів безпосередньо впливає на продуктивність підприємства, собівартість продукції та стабільність роботи виробничих ліній. У складі технологічного обладнання цементних заводів широко застосовуються механічні приводи дробарок, млинів, конвеєрів, елеваторів, живильників, обертових печей, пакувальних машин та допоміжних агрегатів. Одним із найбільш відповідальних вузлів таких приводів є редуктор, який забезпечує передавання крутного моменту, зменшення частоти обертання та узгодження режиму роботи електродвигуна з робочим органом машини.

Базовим підприємством для виконання дипломного проєкту прийнято ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» [1]. Виробничі умови цементного підприємства характеризуються значною запиленістю, наявністю вібраційних і динамічних навантажень, тривалою роботою обладнання, підвищеними вимогами до герметичності вузлів та своєчасності ремонтного обслуговування. За таких умов редуктори працюють у складному експлуатаційному середовищі, а їх відмови можуть спричиняти зупинку окремих механізмів або цілих ділянок технологічного процесу.

Технічний стан редуктора визначається справністю зубчастих коліс, валів, підшипникових вузлів, ущільнень, системи мащення та корпусних деталей. Особливе значення має корпус редуктора, оскільки він забезпечує правильне взаємне розташування валів і підшипників, сприймає навантаження від роботи зубчастих передач, утримує мастильний матеріал і захищає внутрішні деталі від забруднення. Пошкодження корпусу, зношування посадочних місць, деформація площин рознімання, руйнування різбових отворів або порушення герметичності можуть призвести до перекосу валів, підвищеного шуму, нагрівання, вібрації та прискореного виходу редуктора з ладу [2, 3].

У ремонтній практиці промислових підприємств заміна корпусу редуктора новою деталлю не завжди є раціональною. Це пов'язано з високою вартістю

корпусних деталей, тривалими строками їх постачання, необхідністю зменшення простоїв обладнання та прагненням підприємства ефективно використовувати наявні ремонтні ресурси. Тому важливим напрямом є розробка технологічного процесу відновлення корпусу редуктора, який забезпечує повернення деталі до працездатного стану із дотриманням вимог точності, міцності, герметичності та надійності.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності удосконалення технології ремонту редукторів в умовах ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» з урахуванням характерних дефектів корпусних деталей і специфіки роботи обладнання цементного виробництва. Раціонально організований ремонт дозволяє скоротити простой технологічних машин, знизити витрати на запасні частини, підвищити якість відновлювальних робіт та забезпечити стабільну експлуатацію механічних приводів.

Метою дипломного проєкту є удосконалення технології ремонту редукторів шляхом розробки технологічного процесу відновлення корпусу редуктора для умов ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». Об'єктом розробки є процес ремонту редукторів технологічного обладнання цементного підприємства, а предметом — технологія відновлення корпусу редуктора. Досягнення поставленої мети передбачає аналіз умов роботи підприємства, вивчення конструкції та несправностей редукторів, визначення дефектів корпусу, обґрунтування способу відновлення, вибір обладнання, інструменту, пристосувань і засобів контролю.

Практичне значення дипломного проєкту полягає у можливості використання запропонованої технології в ремонтній службі цементного підприємства під час відновлення корпусів редукторів, які мають типові експлуатаційні дефекти. Застосування розроблених рішень сприятиме підвищенню надійності ремонту, скороченню простоїв обладнання та зменшенню витрат на придбання нових корпусних деталей.

1. АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ЗАДАЧІ ПРОЄКТУ

1.1. Характеристика підприємства та види діяльності

Базовим підприємством для виконання дипломного проекту прийнято ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». Підприємство належить до провідних виробників будівельних матеріалів у центральному та східному регіонах України. Основними напрямками його діяльності є виробництво цементу, бетонних сумішей і гранітного щебню для потреб промислового, цивільного та інфраструктурного будівництва [1]. Схема діяльності наведена на рис. 1.1).

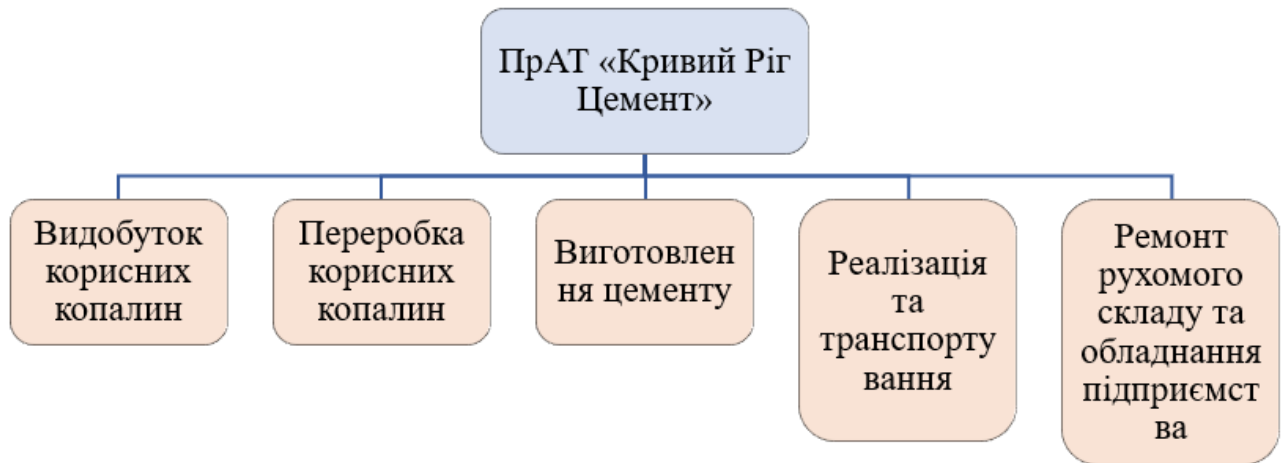


Рисунок 1.1 – Діяльність підприємства

До виробничих активів компанії входять цементні заводи, кар'єри та допоміжні підрозділи, які забезпечують повний цикл підготовки сировини, виготовлення продукції та її відвантаження споживачам (рис. 1.2). Криворізький цементний завод є одним із важливих виробничих майданчиків компанії. На підприємстві цемент виготовляється сухим способом, що передбачає високий рівень механізації, енергонасиченість обладнання та безперервність більшості технологічних операцій [1].



Рисунок 1.2 – Діяльність підприємства

Технологічний процес цементного виробництва охоплює підготовку сировинних матеріалів, їх подрібнення, дозування, транспортування, випалювання клінкеру, охолодження, помел цементу, зберігання та відвантаження готової продукції. Для виконання цих операцій застосовуються дробарки, млини, стрічкові та пластинчасті конвеєри, ковшові елеватори, живильники, вентилятори, димососи, обертові печі, пакувальне й допоміжне обладнання. Значна частина цих машин працює у складі механічних приводів, до яких входять електродвигуни, муфти, редуктори, опори, вали та робочі органи.

Редуктори у приводах технологічного обладнання цементного заводу виконують відповідальну функцію: знижують частоту обертання, збільшують крутний момент і забезпечують узгодження режиму роботи електродвигуна з робочим органом машини. Від їх технічного стану залежить стабільність роботи конвеєрних ліній, млинових агрегатів, живильників, елеваторів, вентиляторів та інших механізмів, що беруть участь у виробничому процесі.

Умови експлуатації редукторів на цементному підприємстві є складними. На їх роботу впливають тривалі навантаження, пилове середовище, вібрації,

коливання навантаження, нагрівання вузлів, абразивний вплив цементного пилу, а також можливі порушення режимів мащення та герметичності. У таких умовах поступово зношуються підшипникові вузли, зубчасті зачеплення, ущільнення, посадочні поверхні та корпусні деталі.

Особливе місце в конструкції редуктора займає корпус. Він забезпечує правильне взаємне розташування валів, підшипників і зубчастих передач, сприймає навантаження від роботи механізму, утримує мастильний матеріал і захищає внутрішні деталі від забруднення. Порушення геометрії корпусу, зношування посадочних місць під підшипники, пошкодження різьбових отворів, тріщини, сколи, деформація площин рознімання або порушення герметичності призводять до перекосу валів, підвищення шуму, нагрівання, вібрації та прискореного зношування зубчастих передач.

Ремонтна служба підприємства повинна забезпечувати своєчасне технічне обслуговування, діагностування, поточний і капітальний ремонт механічних приводів. До основних завдань ремонтного виробництва належать виявлення дефектів, розбирання та очищення вузлів, дефектація деталей, відновлення зношених поверхонь, механічна обробка, складання, регулювання і контроль працездатності редукторів після ремонту.

Для умов ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» актуальним є не лише своєчасне виконання ремонтів, а й упровадження таких технологічних рішень, які дають змогу зменшити тривалість простоїв обладнання, скоротити витрати на запасні частини та підвищити якість відновлення відповідальних деталей. Особливо це стосується корпусів редукторів, оскільки їх заміна часто пов'язана зі значними витратами, тривалими строками постачання та необхідністю зупинки технологічного обладнання.

Отже, діяльність ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» пов'язана з експлуатацією великої кількості машин безперервної дії, у приводах яких широко застосовуються редуктори. Це обумовлює необхідність удосконалення технології їх ремонту та розробки раціонального технологічного процесу

відновлення корпусу редуктора з урахуванням реальних виробничих умов цементного підприємства.

1.2. Обґрунтування теми та задачі проєкту

Надійність технологічного обладнання цементного виробництва значною мірою залежить від технічного стану механічних приводів. У разі виходу з ладу редуктора зупиняється не лише окремий механізм, а й частина технологічної лінії, що призводить до втрат робочого часу, зниження продуктивності та збільшення витрат на ремонт. Тому організація якісного ремонту редукторів є важливою умовою стабільної роботи підприємства.

Практика експлуатації редукторів показує, що поряд із зношуванням зубчастих коліс, валів, підшипників і ущільнень значна кількість відмов пов'язана з пошкодженням корпусних деталей. Найбільш характерними дефектами корпусу редуктора є зношування посадочних поверхонь під підшипники, порушення співвісності отворів, тріщини, відколи, пошкодження різьбових з'єднань, деформація привалочних площин, втрата герметичності та витікання мастильного матеріалу.

У багатьох випадках корпус редуктора після виявлення тріщин, сколів або значного зношування посадочних поверхонь вибраковують і замінюють новою деталлю. Однак для промислового підприємства такий підхід не завжди є раціональним. Вартість нового корпусу може бути значною, а строки його постачання — тривалими. Крім того, для окремих типів редукторів корпусні деталі можуть не постачатися окремо, що змушує підприємство закуповувати редуктор у зборі або виконувати індивідуальне виготовлення деталі.

У зв'язку з цим важливого значення набуває розробка технологічного процесу відновлення корпусу редуктора. Такий процес повинен передбачати послідовне виконання очищення, дефектації, підготовки пошкоджених ділянок, відновлення зношених або пошкоджених поверхонь, механічної обробки,

контролю геометричних параметрів, перевірки герметичності та підготовки корпусу до складання редуктора.

Для корпусних деталей редукторів можуть застосовуватися різні способи відновлення: наплавлення, заварювання тріщин, встановлення ремонтних втулок, розточування посадочних отворів під ремонтний розмір, відновлення різьбових отворів різьбовими вставками, механічна обробка привалочних площин, герметизація стиків і контроль якості виконаних робіт. Вибір конкретного способу залежить від матеріалу корпусу, характеру дефекту, навантаження на вузол, наявного обладнання та вимог до точності відновлення.

Актуальність теми дипломного проекту полягає в необхідності удосконалення технології ремонту редукторів в умовах ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» шляхом розробки технологічного процесу відновлення корпусу редуктора. Запропоновані рішення мають бути спрямовані на підвищення надійності відремонтованого вузла, зменшення простоїв обладнання та скорочення витрат на придбання нових деталей.

Метою дипломного проекту є удосконалення технології ремонту редукторів технологічного обладнання цементного підприємства з розробкою технологічного процесу відновлення корпусу редуктора.

Об'єктом проектування є процес ремонту редукторів технологічного обладнання ПрАТ «Кривий Ріг Цемент».

Предметом проектування є технологічний процес відновлення корпусу редуктора, вибір ремонтних операцій, обладнання, пристосувань і засобів контролю якості.

Для досягнення поставленої мети у дипломному проекті необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати виробничу діяльність ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» та умови експлуатації редукторів технологічного обладнання;
2. Розглянути призначення редукторів у приводах цементного виробництва та визначити їх вплив на безперервність технологічного процесу;

3. Встановити характерні дефекти корпусу редуктора, причини їх виникнення та наслідки для роботи механічного приводу;
4. Обґрунтувати доцільність відновлення корпусу редуктора замість його заміни новою деталлю;
5. Розробити маршрутний технологічний процес відновлення корпусу редуктора з визначенням послідовності основних операцій;
6. Підібрати технологічне обладнання, інструмент, пристосування та контрольно-вимірювальні засоби для виконання ремонтних робіт;
7. Виконати необхідні технологічні розрахунки, пов'язані з відновленням корпусу редуктора та організацією ремонтних робіт;
8. Розробити заходи з охорони праці під час розбирання, дефектації, зварювально-наплавлювальних, слюсарних і механічних операцій;
9. Визначити економічну ефективність запропонованої технології ремонту та її доцільність для умов базового підприємства.

Виконання зазначених завдань дозволить сформулювати обґрунтовану технологію ремонту редукторів для умов цементного підприємства та підвищити ефективність відновлення корпусних деталей. Практичне значення проекту полягає у можливості використання розроблених рішень у ремонтній службі ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» для скорочення простоїв обладнання, зниження витрат на запасні частини та підвищення надійності механічних приводів.

Таким чином, тема дипломного проекту є актуальною, оскільки вона пов'язана з реальною виробничою потребою цементного підприємства — забезпеченням працездатності редукторів технологічного обладнання шляхом удосконалення ремонтної технології та відновлення корпусу редуктора.

2. ЗАХОДИ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ РЕДУКТОРІВ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСУ РЕДУКТОРА

2.1. Способи відновлення корпусів редукторів

Редуктори технологічного обладнання ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» працюють у важких виробничих умовах, які характеризуються тривалим навантаженням, підвищеною запиленістю, вібрацією, періодичними ударними навантаженнями та дією абразивного цементного пилу. За таких умов корпус редуктора виконує не лише захисну, а й базову функцію, оскільки забезпечує правильне розташування валів, підшипникових вузлів і зубчастих передач.

Найбільш поширеними дефектами корпусів редукторів є тріщини, сколи, пробійни, порушення герметичності, зношування посадочних місць під підшипники, пошкодження різьбових отворів, деформація площин рознімання та місцеве руйнування припливів під кріплення. Виникнення таких пошкоджень призводить до перекося валів, порушення зачеплення зубчастих коліс, підвищення температури мастила, появи шуму й вібрації та прискореного зношування деталей передач [4, 5].

У більшості випадків корпуси редукторів виготовляють із сірого чавуну. Цей матеріал має добрі ливарні властивості, достатню жорсткість і здатність поглинати вібрації. Водночас ремонт чавунних деталей є складним через крихкість матеріалу, відсутність вираженої площадки плинності, можливість утворення відбілених зон, появу внутрішніх напружень і тріщин під час нагрівання.

Для відновлення корпусів редукторів у ремонтній практиці застосовують зварювання, наплавлення, установлення шпильок і стягувальних вставок, використання полімерних композицій, механічну обробку посадочних поверхонь, розточування з подальшим встановленням ремонтних втулок, а також комбіновані клесзварні способи. Вибір конкретного способу залежить від

матеріалу корпусу, характеру дефекту, товщини стінки, відповідальності ділянки, можливості подальшої механічної обробки та вимог до герметичності.

Зварювання чавунних корпусів може виконуватися гарячим, напівгарячим або холодним способом. Для умов ремонтної ділянки цементного підприємства доцільним є використання холодного зварювання короткими валиками з обмеженим тепловкладенням. Такий підхід зменшує ризик появи додаткових тріщин і не потребує нагрівання великогабаритної деталі до високої температури.

Під час холодного зварювання важливо застосовувати електроди або дріт, які забезпечують пластичний метал шва. Для чавунних корпусних деталей можуть використовуватися нікелеві електроди, дріт типу ПАНЧ, а також електроди зі спеціальними покриттями. Зварювання виконують короткими ділянками з проміжним охолодженням, проковуванням валика та обов'язковим контролем відсутності тріщин після кожного етапу [5].

Для відповідальних тріщин, які розташовані в навантажених зонах корпусу, доцільно застосовувати зварювання зі шпильками. Сутність способу полягає в тому, що в підготовлені крайки тріщини встановлюють сталеві шпильки, які сприймають частину навантаження і підвищують міцність відновленої ділянки. Після встановлення шпильок виконують поетапне обварювання та заповнення розробки шва.

За наявності тріщин, які не працюють під значними силовими навантаженнями, але порушують герметичність корпусу, ефективним є використання епоксидних композицій. Полімерні матеріали дають змогу герметизувати тріщину, захистити корпус від витікання мастила та зменшити трудомісткість ремонту. Для підвищення міцності композиції до смоли вводять наповнювачі: металевий порошок, графіт, скловолокно або інші матеріали.

Для довгих тріщин доцільно застосовувати комбінований спосіб: після засвердлювання кінців тріщини та підготовки поверхні на ділянку наносять епоксидний склад і встановлюють металеву накладку, яка закріплюється

болтами або точковим зварюванням. Такий спосіб забезпечує герметичність і підвищує жорсткість пошкодженої частини корпусу.

Зношені посадочні поверхні під підшипники відновлюють розточуванням до ремонтного розміру з установленням втулки або нанесенням відновлювального шару з подальшою механічною обробкою. Остаточне оброблення посадочних місць повинно забезпечити співвісність, необхідну жорсткість і точність посадки підшипників.

У таблиці 2.1 наведено порівняльну характеристику основних способів відновлення корпусів редукторів, які можуть бути використані в умовах ремонтної дільниці ПрАТ «Кривий Ріг Цемент».

Таблиця 2.1 - Порівняльна характеристика способів відновлення корпусів редукторів

Спосіб відновлення	Область застосування	Переваги	Обмеження
Холодне зварювання чавуну	Тріщини, сколи, локальні руйнування стінок корпусу	Не потребує загального нагрівання деталі; придатне для ремонтної дільниці	Потребує високої кваліфікації зварника та контролю тепловкладення
Зварювання зі шпильками	Навантажені зони корпусу, тріщини біля припливів і ребер жорсткості	Підвищує міцність відновленої ділянки	Більша трудомісткість підготовчих операцій
Епоксидні композиції	Герметизація тріщин, невеликі пробоїни, витікання мастила	Мала трудомісткість, відсутність термічного впливу	Не застосовується для високонавантажених силових зон
Металева накладка з герметизувальним шаром	Довгі тріщини та пробоїни у стінках корпусу	Підвищує жорсткість і герметичність ділянки	Потребує місця для встановлення накладки

Розточування та встановлення втулки	Зношення посадочних місць під підшипники	Забезпечує відновлення геометричної точності	Потребує точного базування та подальшого контролю співвісності
-------------------------------------	--	--	--

З урахуванням умов роботи редукторів у цементному виробництві доцільно поєднувати кілька методів ремонту. Тріщини й сколи корпусу слід усувати зварюванням або полімерно-металевими композиціями залежно від відповідальності ділянки, а зношені посадочні поверхні відновлювати механічною обробкою із застосуванням ремонтних втулок або наплавленням із наступним розточуванням.

2.2. Службове призначення деталі

Корпус редуктора є базовою деталлю механічного приводу. У ньому розміщуються вали, зубчасті колеса, підшипники, ущільнення та мастильний матеріал. Корпус забезпечує правильне взаємне положення деталей редуктора, сприймає навантаження від зубчастих передач і передає їх на опорну раму або фундамент.

У дипломному проєкті як об'єкт відновлення приймається корпус двоступінчастого циліндричного редуктора, який може використовуватися у приводах транспортного або допоміжного технологічного обладнання цементного виробництва. До таких приводів належать приводи стрічкових конвеєрів, елеваторів, живильників, дозаторів, змішувальних механізмів і допоміжних агрегатів.

Основними службовими вимогами до корпусу редуктора є достатня жорсткість, герметичність, точність розташування посадочних місць під підшипники, площинність рознімання, зручність монтажу й демонтажу вузлів, а також можливість контролю технічного стану під час ремонту. Порушення хоча

б однієї з цих вимог може спричинити підвищений знос зубчастих коліс, нагрівання підшипників, витікання мастила та аварійну зупинку обладнання.

Основні поверхні корпусу редуктора, які підлягають контролю та відновленню, наведено на рис. 2.1.

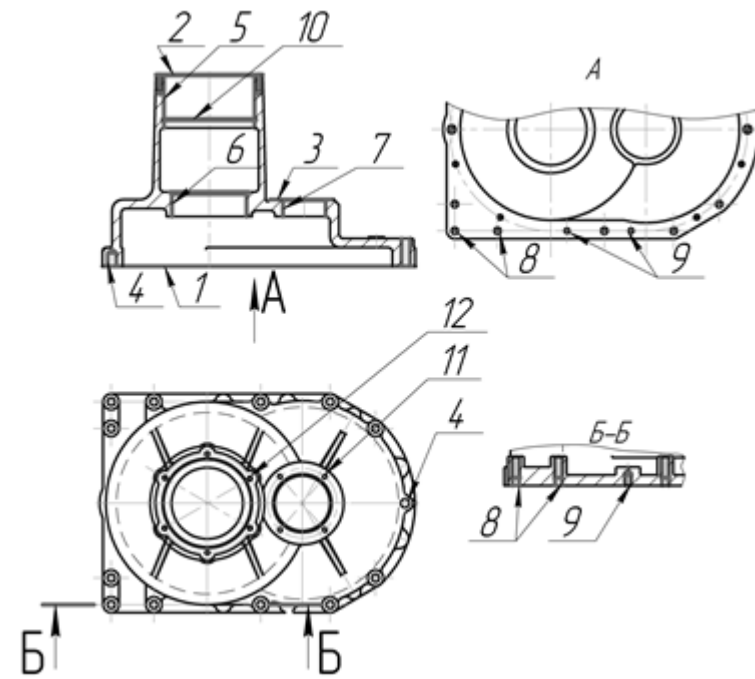


Рисунок 2.1 – Схема основних поверхонь корпусу редуктора, що підлягають контролю та відновленню

2.3. Матеріал деталі

Корпуси редукторів переважно виготовляють литтям із сірого чавуну марок СЧ15, СЧ20 або СЧ25. У проєкті для розрахункової частини приймається сірий чавун СЧ20, який має добрі ливарні властивості, достатню міцність для корпусних деталей і здатність гасити вібрації.

Сірий чавун добре обробляється різанням і забезпечує стабільність форми корпусу під час експлуатації. Наявність графіту в структурі матеріалу сприяє зниженню коефіцієнта тертя та частковому поглинанню коливань. Разом з тим чавун має обмежену пластичність, тому при ударних навантаженнях або неправильному монтажі в ньому можуть виникати тріщини й відколи.

Під час вибору способу ремонту необхідно враховувати, що чавун чутливий до місцевого перегріву. Тому при зварюванні корпусу слід використовувати короткі валики, проміжне охолодження та контроль температури. Після відновлення відповідальні поверхні корпусу підлягають механічній обробці й контролю геометричної точності.

2.4. Попередній маршрут відновлення корпусу редуктора

Технологічний процес відновлення корпусу редуктора повинен забезпечувати послідовне виявлення дефектів, усунення пошкоджень, відновлення базових поверхонь і контроль якості після ремонту. Перед початком робіт корпус очищають від мастила, пилу, залишків ущільнювальних матеріалів і продуктів зношування.

Після очищення проводять зовнішній огляд, вимірювання посадочних місць, контроль площинності рознімання, перевірку різьбових отворів, а також капілярний або магнітопорошковий контроль тріщин. За результатами дефектації складають ремонтний маршрут, у якому визначаються методи усунення конкретних пошкоджень.

Попередній маршрут відновлення корпусу редуктора для умов ремонтної дільниці ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Попередній маршрут відновлення корпусу редуктора

№ операції	Найменування операції	Обладнання або оснащення	Зміст робіт	Контроль
005	Мийна	Мийна машина, щітки, мийний розчин	Очищення корпусу від мастила, пилу та забруднень	Візуальний контроль чистоти
010	Дефектаційна	Оглядовий стіл, лупа, вимірювальний інструмент	Виявлення тріщин, сколів, зношених посадочних поверхонь	Акт дефектації

015	Контроль тріщин	Капілярний комплект або дефектоскоп	Уточнення меж тріщини та засвердлювання її кінців	Відсутність прихованих продовжень тріщини
020	Підготовча	Шліфувальна машина, свердлильний верстат	Розробка тріщини, підготовка крайок, очищення зони ремонту	Розміри розробки та чистота поверхні
025	Зварювальна або полімерна	Зварювальний напівавтомат, джерело струму, епоксидна композиція	Заварювання тріщини або герметизація з накладкою	Візуальний і капілярний контроль
030	Розточувальна	Розточувальний або фрезерно-розточувальний верстат	Відновлення посадочних місць під підшипники	Розмір, співвісність, шорсткість
035	Свердлильна	Радіально-свердлильний верстат	Відновлення різьбових і кріпильних отворів	Калібри, різьбоміри
040	Контрольна	Повірочна плита, індикатор, нутромір	Перевірка геометрії корпусу після ремонту	Відповідність технічним вимогам
045	Складальна	Стенд для складання редукторів	Складання редуктора після відновлення корпусу	Обкатка без навантаження

Запропонований маршрут є універсальним для більшості корпусів редукторів середніх габаритів і може уточнюватися залежно від конкретного типу редуктора, розмірів корпусу та характеру пошкоджень.

2.5. Розрахунок режимів механічної обробки

Режими механічної обробки призначають з урахуванням матеріалу деталі, виду інструмента, жорсткості технологічної системи, припуску на обробку та вимог до точності відновлюваної поверхні. Для корпуса редуктора найбільш відповідальними операціями є фрезерування площини рознімання, розточування посадочних отворів під підшипники та свердління або відновлення різьбових отворів.

Частота обертання інструмента або деталі при механічній обробці визначається за формулою [6, 7]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.1)$$

де n – частота обертання, хв^{-1} ;

V – швидкість різання, м/хв ;

D – діаметр інструмента або оброблюваної поверхні, мм .

Хвилинна подача при фрезеруванні визначається за формулою [6, 7]:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n \quad (2.2)$$

де $S_{\text{хв}}$ – хвилинна подача, мм/хв ;

S_z – подача на один зуб, мм/зуб ;

z – кількість зубів фрези;

n – частота обертання фрези, хв^{-1} .

Основний час виконання операції механічної обробки визначається за формулою [6, 7]:

$$T_o = \frac{L}{S_{хв}} \quad (2.3)$$

де T_o – основний час, хв;

L – розрахункова довжина обробки з урахуванням врізання та перебігу інструмента, мм;

$S_{хв}$ – хвилинна подача, мм/хв.

Для прикладу виконаємо розрахунок режимів чистового фрезерування площини рознімання корпусу редуктора. Приймаємо торцеву фрезу діаметром $D = 250$ мм, кількість зубів $z = 12$, швидкість різання $V = 95$ м/хв, подачу на зуб $S_z = 0,12$ мм/зуб, довжину обробки з урахуванням врізання $L = 620$ мм.

Частота обертання фрези становитиме [6, 7]:

$$n = \frac{1000 \cdot 95}{3,14 \cdot 250} = 121 \text{ хв}^{-1} \quad (2.4)$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 125 \text{ хв}^{-1}$.

Хвилинна подача дорівнює:

$$S_{хв} = 0,12 \cdot 12 \cdot 125 = 180 \text{ мм/хв} \quad (2.5)$$

Основний час фрезерування площини рознімання [6, 7]:

$$T_o = \frac{620}{180} = 3,44 \text{ хв} \quad (2.6)$$

Аналогічно визначаються режими для інших операцій маршруту. Результати розрахунку режимів механічної обробки наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Розрахункові режими механічної обробки корпусу редуктора

Операція	Зміст переходу	Інструмент	D, мм	V, м/хв	n, хв ⁻¹	S _{хв} , мм/хв
025	Чистове фрезерування площини рознімання	Торцева фреза ВК8	250	95	125	180
030	Розточування посадочного отвору під підшипник	Розточувальна оправка	160	60	125	35
030	Розточування другого посадочного отвору	Розточувальна оправка	120	55	140	32
035	Свердління кріпильних отворів	Свердло Р6М5	12	25	630	95
035	Нарізання різьби М12	Мітчик Р6М5	12	6	160	280

2.6. Розрахунок норм штучного часу

Норма штучного часу включає основний час, допоміжний час, час на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби. Для ремонтного виробництва важливо правильно враховувати допоміжні витрати часу, оскільки корпусні деталі мають значну масу, потребують кантування, очищення, установлення та ретельного контролю.

Штучний час на виконання операції визначається за формулою [6, 7]:

$$T_{шт} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{a}{100}\right) \quad (2.7)$$

де Тшт – штучний час, хв;

То – основний час, хв;

Тд – допоміжний час, хв;

а – відсоток часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, %.

Для фрезерної операції приймаємо То = 3,44 хв, Тд = 12,0 хв, а = 6 %. Тоді:

$$T_{шт} = (3,44 + 12,0) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 16,37 \text{ хв} \quad (2.8)$$

Результати розрахунку норм часу за операціями наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Норми штучного часу на операції відновлення корпусу редуктора

№ операції	Найменування операції	То, хв	Тд, хв	Тшт, хв	Тпз, хв
005	Мийна	8,0	5,0	13,8	10
010	Дефектаційна	12,0	8,0	21,2	15
015	Підготовка тріщини	18,0	10,0	29,7	18
020	Зварювання або герметизація	35,0	15,0	53,0	25
025	Фрезерна	3,44	12,0	16,37	16
030	Розточувальна	28,0	14,0	44,5	22
035	Свердлильна та різьбонарізна	14,0	9,0	24,4	18
040	Контрольна	16,0	8,0	25,4	12
045	Складальна та обкатувальна	30,0	18,0	50,9	25

Сумарний штучний час повного відновлення корпусу редуктора за прийнятим маршрутом становить близько 279 хв, або 4,65 люд.-год. Для

складних корпусів із великими тріщинами та значним зношуванням посадочних місць трудомісткість може бути збільшена за результатами дефектації.

2.7. Визначення чисельності працівників дільниці

Чисельність працівників ремонтної дільниці визначається за річною трудомісткістю робіт і дійсним фондом часу одного робітника. Для умов ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» приймаємо, що протягом року на дільниці виконується поточний ремонт, дефектація та відновлення редукторів технологічного обладнання.

Річна трудомісткість робіт визначається за формулою [8, 9]:

$$T_p = W \cdot T_n \cdot K + T_{\text{відн}} \quad (2.9)$$

де T_p – річна трудомісткість робіт, люд.-год;

W – річна програма ремонту редукторів, шт.;

T_n – нормативна трудомісткість ремонту одного редуктора, люд.-год;

K – коефіцієнт, що враховує складність і нерівномірність ремонтів;

$T_{\text{відн}}$ – трудомісткість відновлення корпусів редукторів за рік, люд.-год.

Приймаємо $W = 180$ шт., $T_n = 18$ люд.-год, $K = 1,05$, $T_{\text{відн}} = 720$ люд.-год.

Тоді:

$$T_p = 180 \cdot 18 \cdot 1,05 + 720 = 4122 \text{ люд.-год} \quad (2.10)$$

Кількість виробничих робітників визначається за формулою:

$$R_{\text{яв}} = \frac{T_p}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{п}}} \quad (2.11)$$

де $R_{\text{яв}}$ – явочна кількість виробничих робітників, осіб;

Фдр – дійсний річний фонд часу одного робітника, год;

Кп – коефіцієнт виконання норм.

Приймаємо Фдр = 1840 год, Кп = 1,05. Тоді:

$$R_{\text{яв}} = \frac{4122}{1840 \cdot 1,05} = 2,13 \text{ особи} \quad (2.12)$$

Приймаємо 3 виробничих робітники: слюсар-ремонтник, верстатник широкого профілю та електрогазозварник. Для забезпечення підготовки робочих місць, транспортування деталей, зберігання інструменту й допоміжних операцій приймаємо 1 допоміжного працівника. Загальна чисельність працівників дільниці становить 4 особи.

2.8. Розрахунок кількості основного технологічного обладнання

Кількість основного обладнання приймається за річною програмою робіт, трудомісткістю операцій, фондом часу роботи обладнання та коефіцієнтом його завантаження. Оскільки ремонт корпусів редукторів виконується у дрібносерійному та одиничному виробництві, частина обладнання приймається за мінімально необхідною кількістю.

Кількість мийних машин визначається за формулою [8]:

$$N_{\text{м}} = \frac{Q}{\Phi_{\text{до}} \cdot q \cdot K_{\text{зм}}} \quad (2.13)$$

де Q – річна маса деталей, що підлягають очищенню, т;

Фдо – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

q – годинна продуктивність мийної машини, т/год;

Кзм – коефіцієнт завантаження обладнання.

Річна маса деталей визначається за формулою:

$$Q = G1 \cdot N \quad (2.14)$$

де $G1$ – середня маса одного редуктора або корпусу, т;

N – кількість деталей, що надходять на очищення за рік, шт.

Приймаємо $G1 = 0,18$ т, $N = 180$ шт. Тоді $Q = 0,18 \cdot 180 = 32,4$ т. За $\Phi_{до} = 2030$ год, $q = 0,5$ т/год, $K_{зм} = 0,65$ маємо:

$$N_m = \frac{32,4}{2030 \cdot 0,5 \cdot 0,65} = 0,05 \quad (2.15)$$

Приймаємо одну мийну машину, оскільки розрахункова кількість менша одиниці, але обладнання необхідне для забезпечення технологічного процесу.

Кількість контрольно-випробувальних стендів визначається за формулою:

$$N_{ст} = \frac{N \cdot t_k}{\Phi_{до} \cdot K_v} \quad (2.16)$$

де t_k – тривалість контролю або обкатки одного редуктора, год; K_v – коефіцієнт використання стенда. Приймаємо $N = 180$ шт., $t_k = 0,8$ год, $\Phi_{до} = 2030$ год, $K_v = 0,75$:

$$N_{ст} = \frac{180 \cdot 0,8}{2030 \cdot 0,75} = 0,09 \quad (2.17)$$

Приймаємо один стенд для складання, контролю та обкатки редукторів.

Перелік основного та допоміжного обладнання дільниці наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Перелік основного та допоміжного обладнання дільниці ремонту редукторів

Найменування обладнання та модель	Кількість
1. Мийна машина для деталей редукторів (ОМ-3600 або аналог)	1
2. Стенд для розбирання та складання редукторів (спеціалізований)	1

3. Прес гідравлічний (П-6326 або аналог)	1
4. Радіально-свердильний верстат (2Н53)	1
5. Вертикально-фрезерний верстат (6Р12 або аналог)	1
6. Розточувальний верстат (горизонтально-розточувальний)	1
7. Зварювальний напівавтомат у середовищі CO ₂ (ПДГ або аналог)	1
8. Джерело ручного дугового зварювання (ВДУ-506 або аналог)	1
9. Піч або шафа для сушіння електродів (електрична)	1
10. Повірочна плита (1000×800)	1
11. Комплект дефектоскопії (капілярний або магнітопорошковий)	1
12. Консольний кран або таль (вантажопідйомність 0,5–1,0 т)	1
13. Слюсарний верстак (двотумбовий)	2
14. Інструментальна тумба (стаціонарна)	2
15. Візок для транспортування редукторів (ручний)	1

Таблиця 2.6 - Габаритні розміри та потужність обладнання дільниці

Позиція та габаритний розмір, мм	Потужність, кВт
1. 2920×2400	17,0
2. 2200×800	2,0
3. 1520×1200	2,5
4. 2445×1000	7,4
5. 2300×2000	7,5
6. 3500×2500	10,0
7. 700×500	5,0
8. 800×600	7,0
9. 600×500	1,5
10. 1000×800	-
11. -	-
12. L = 3,5 м	1,5
13. 1900×800	-
14. 1000×500	-
15. 1200×700	-

Прийнятий комплект обладнання забезпечує виконання основних операцій: очищення, розбирання, дефектацію, зварювання або герметизацію тріщин, механічну обробку посадочних поверхонь, відновлення різьбових отворів, складання та контроль редуктора після ремонту.

2.9. Технологічне планування ділянки

Рациональне планування ділянки ремонту редукторів повинно забезпечувати послідовний рух деталей за технологічним маршрутом, безпечні проходи, зручне переміщення корпусів і вузлів, можливість використання вантажопідійомних засобів та достатню площу для виконання слюсарно-складальних робіт.

Площа ділянки визначається за формулою [9]:

$$F = \Sigma f_{об} \cdot K_{пл} \quad (2.18)$$

де F – розрахункова площа ділянки, m^2 ;

$\Sigma f_{об}$ – сумарна площа, яку займає обладнання, m^2 ;

$K_{пл}$ – коефіцієнт, що враховує робочі зони, проходи, місця складування та транспортні проїзди.

За попереднім плануванням сумарна площа обладнання становить $\Sigma f_{об} = 82 m^2$. Для ремонтної ділянки приймаємо $K_{пл} = 3,5$. Тоді:

$$F = 82 \cdot 3,5 = 287 m^2 \quad (2.19)$$

Приймаємо площу ділянки $288 m^2$ з орієнтовними розмірами $12 \times 24 m$. Така площа забезпечує розміщення обладнання, робочих місць, проходів, зони дефектації, зони зварювання, зони механічної обробки, складального поста та місця тимчасового зберігання редукторів.

Дільницю доцільно поділити на такі функціональні зони: зона приймання та миття редукторів; зона розбирання; зона дефектації; зона зварювання і відновлення корпусів; зона механічної обробки; зона складання та обкатки; зона зберігання інструменту й запасних частин. Обладнання слід розташовувати відповідно до послідовності технологічного процесу, щоб зменшити зайві переміщення важких деталей.

Підлога дільниці повинна бути рівною, міцною, неслизькою та стійкою до дії мастильних матеріалів. У зоні зварювання необхідно передбачити місцеву вентиляцію, захисні екрани та місце для безпечного зберігання балонів. На робочих місцях повинні бути інструкції з охорони праці, засоби пожежогасіння, комплект індивідуального захисту та справний слюсарний інструмент.

2.10. Висновок

У розділі розглянуто основні напрями удосконалення технології ремонту редукторів для умов ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». Встановлено, що корпус редуктора є відповідальною базовою деталлю, від технічного стану якої залежить правильність роботи зубчастих передач, підшипникових вузлів і всього механічного приводу.

Проаналізовано характерні дефекти корпусів редукторів: тріщини, сколи, пробійни, зношування посадочних місць, пошкодження різьбових отворів і деформація площин рознімання. Для їх усунення запропоновано застосовувати комбіновану технологію відновлення, що включає очищення, дефектацію, підготовку пошкоджених ділянок, зварювання або полімерну герметизацію, механічну обробку та контроль якості.

Розроблено попередній маршрут відновлення корпусу редуктора, виконано розрахунок режимів механічної обробки, норм штучного часу, річної трудомісткості робіт, чисельності працівників і кількості основного технологічного обладнання. Для виконання запланованого обсягу робіт

прийнято 3 виробничих робітники та 1 допоміжний працівник, а площу ремонтної дільниці визначено на рівні 288 м².

Запропоновані технологічні рішення дають змогу підвищити якість ремонту редукторів, скоротити простої технологічного обладнання цементного виробництва, зменшити витрати на придбання нових корпусних деталей і забезпечити більш ефективну роботу ремонтної служби підприємства.

3. РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ КОРПУСУ РЕДУКТОРА ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ

3.1. Технічне завдання на конструкторську розробку пристосування для фрезерної обробки

У процесі відновлення корпусу редуктора одним із відповідальних етапів є механічна обробка площини рознімання. Від точності цієї операції залежить правильність взаємного розташування валів, підшипникових опор і зубчастих коліс, а також герметичність корпусу після складання. Для умов ремонтної дільниці ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» доцільно застосувати спеціальне верстатне пристосування, яке забезпечує швидке базування та надійне закріплення корпусу під час фрезерування.

Технічне завдання на проектування пристосування для фрезерної обробки наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічне завдання на проектування пристосування

Розділ	Зміст розділу
Найменування та область застосування	Пристосування для закріплення корпусу редуктора під час фрезерування площини рознімання на вертикально-фрезерному верстаті моделі 654.
Підстава для розробки	Технологічний процес відновлення корпусу редуктора, операція 005 «Фрезерна».
Мета і призначення розробки	Забезпечити точне базування заготовки, надійне затискання корпусу, скорочення допоміжного часу та безпечне виконання робіт.
Основні технічні вимоги	Тип виробництва – ремонтно-відновлювальний. Орієнтовна програма обробки корпусів – до 200 шт./рік. Приєднувальні розміри пристосування мають відповідати столу верстата 654. Допускається регулювання установочних елементів. Габаритні розміри корпусу: довжина 586 мм, ширина 410 мм.
Рівень уніфікації	Не менше 70 %. Перевагу надати стандартним кріпильним, установочним і гідравлічним елементам.

Документація, що підлягає розробці	Пояснювальна записка, креслення загального вигляду, специфікація, схема базування та закріплення, силовий і точнісний розрахунки.
------------------------------------	---

3.2. Схема базування заготовки для фрезерування площини рознімання

При проектуванні пристосування необхідно забезпечити таку схему базування, за якої корпус редуктора займає стійке та повторюване положення відносно робочої поверхні стола верстата. Базування виконується за принципом обмеження необхідної кількості ступенів вільності заготовки з використанням опорних і напрямних елементів. Установчі поверхні повинні сприймати масу корпусу та зусилля, які виникають у процесі фрезерування.

Схему базування заготовки для фрезерування площини рознімання наведено на рис. 3.1.

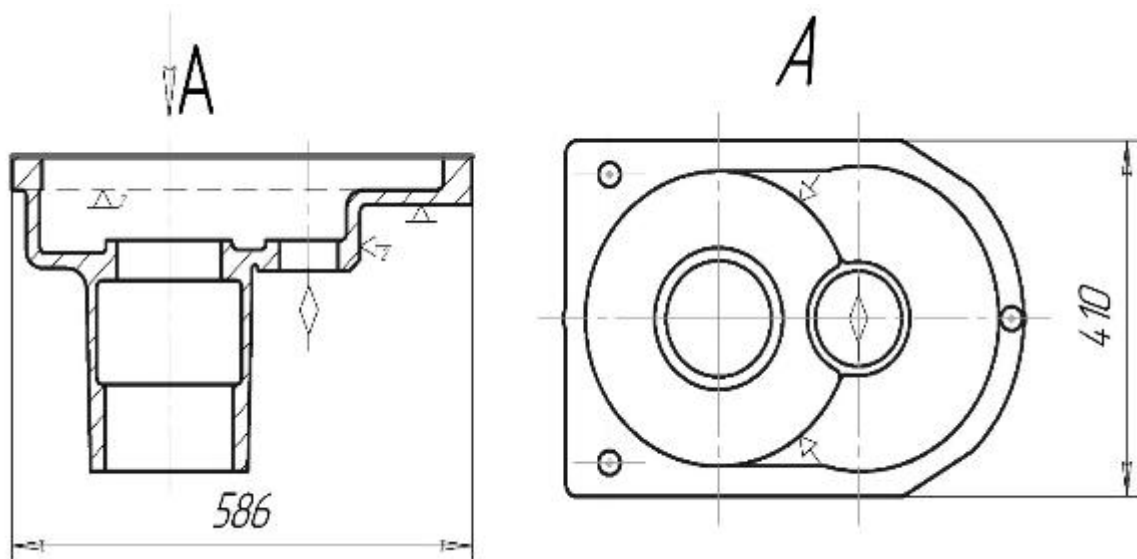


Рисунок 3.1 – Схема базування корпусу редуктора при фрезеруванні площини рознімання

Запропонована схема базування дає змогу виключити зміщення корпусу під дією складових сили різання та забезпечити рівномірне прилягання деталі до опор. Таке рішення є доцільним для ремонтного виробництва, оскільки корпуси

редукторів після експлуатації можуть мати незначні відхилення форми, залишкові деформації та локальні пошкодження поверхонь.

3.3. Призначення та принцип роботи верстатного пристосування

Розроблюване верстатне пристосування призначене для встановлення, базування і закріплення деталі «корпус редуктора» під час виконання операції 005 «Фрезерна». Його застосування дозволяє підвищити точність обробки площини рознімання, зменшити вплив людського фактора під час установлення заготовки та скоротити допоміжний час на закріплення і зняття деталі.

Базовою частиною пристосування є зварний корпус, виготовлений з окремих елементів. Для підвищення жорсткості конструкції передбачено ребра жорсткості та технологічні вікна. Така конструкція забезпечує достатню міцність при відносно невеликій масі пристосування, що важливо для його встановлення на стіл фрезерного верстата.

Закріплення корпусу редуктора виконується за допомогою Г-подібного прихвата, зусилля на який передається від гідроциліндра. Додаткова фіксація деталі здійснюється боковими прихватами, що також приводяться в дію гідроциліндрами. Опорна схема передбачає встановлення корпусу на три опори, розміщені за контуром деталі, що забезпечує стійке положення заготовки та знижує ймовірність її перекосу.

Керування гідравлічною системою пристосування здійснюється за допомогою гідропанелі. Поворотом рукоятки оператор подає робочу рідину в надпоршневу або підпоршневу порожнину гідроциліндра, внаслідок чого прихват відповідно затискає або звільняє корпус. Така схема зручна для ремонтної дільниці, оскільки забезпечує швидке закріплення деталі без значних фізичних зусиль з боку робітника.

Пристосування встановлюють на стіл верстата і фіксують за допомогою шпонок, що входять у пази стола. Піднімання та транспортування пристосування виконують за допомогою рим-болтів. Після установлення корпусу редуктора на

центрувальні штифти здійснюють його притискання основним і боковими прихватами. Після завершення фрезерування гідравлічний кран переводять у зворотне положення, робоча рідина надходить у підпоршневу порожнину, поршень піднімає притискний елемент, і корпус звільняється для зняття з пристосування.

3.4. Схема базування і закріплення заготовки при фрезеруванні площини рознімання

Для забезпечення необхідної точності обробки корпус редуктора повинен бути надійно притиснутий до опор і зафіксований від можливого зміщення в горизонтальній площині. При цьому напрям дії затискних сил має бути узгоджений з напрямом складових сили різання. Це дає змогу запобігти зміщенню корпусу в процесі фрезерування та зменшити похибку обробки.

Схему базування і закріплення заготовки наведено на рис. 3.2.

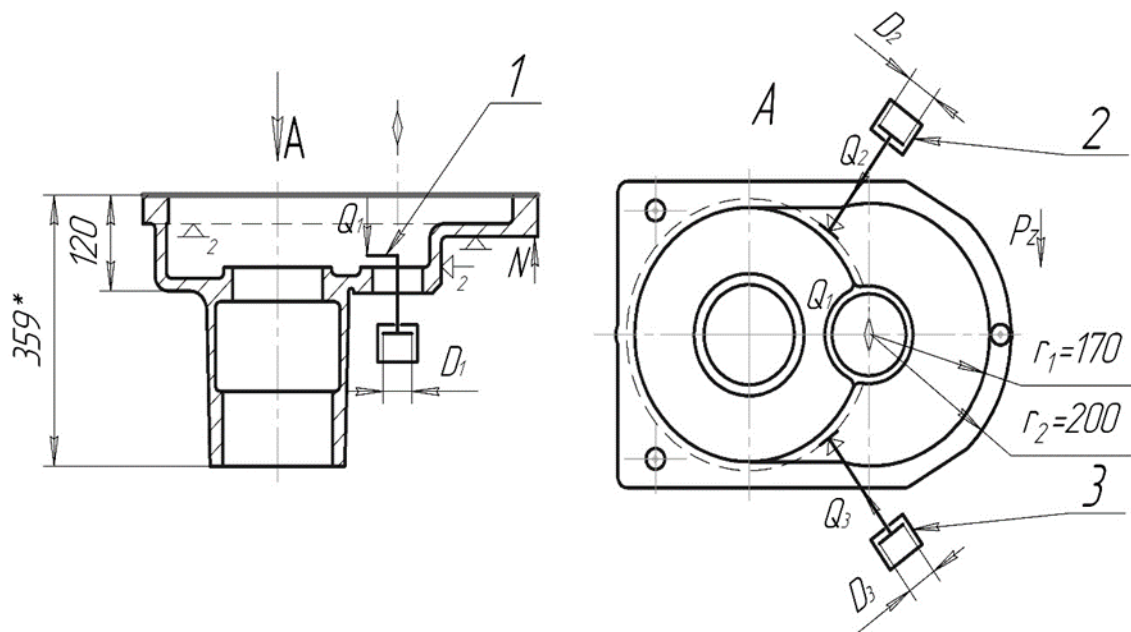


Рисунок 3.2 – Схема закріплення корпусу редуктора у фрезерному пристосуванні

На схемі показано розміщення основного притиску, бокових опор і напрям дії сили різання. Основний притиск створює необхідне вертикальне зусилля, а

бокові елементи забезпечують фіксацію корпусу від повороту і зміщення. Така конструкція дозволяє виконувати чорнове та чистове фрезерування площини рознімання без повторного переналагодження пристосування.

3.5. Силовий розрахунок пристосування

Метою силового розрахунку є визначення необхідного зусилля затискання корпусу редуктора та вибір параметрів гідроциліндра, який забезпечує роботу основного прихвата. Розрахунок виконуємо за умовою, що сила затискання повинна запобігати зміщенню корпусу під дією сили різання з урахуванням коефіцієнта запасу [3].

Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані для силового розрахунку пристосування

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Сила різання	$P_{різ}$	2570	Н
Плече дії сили різання	r_2	200	мм
Плече сили тертя	r_1	170	мм
Коефіцієнт тертя пари «сталь – чавун»	f	0,30	-
Коефіцієнт запасу затискання	K	2,9	-
Тиск робочої рідини в гідросистемі	p	6	МПа

Необхідне зусилля затискання основного прихвата визначаємо з умови рівноваги моментів від сили різання та сили тертя [10, 11, 12]:

$$Q = \frac{K \cdot P_{різ} \cdot r_2}{f \cdot r_1} \quad (3.1)$$

де Q – необхідне зусилля затискання, Н;

K – коефіцієнт запасу;

$P_{різ}$ – сила різання,

H ; r_1 , r_2 – плечі дії відповідних сил, мм;

f – коефіцієнт тертя.

$$Q = \frac{2,9 \cdot 2570 \cdot 200}{0,30 \cdot 170} = 29232 \text{ Н}$$

Отже, для надійного закріплення корпусу редуктора необхідно забезпечити зусилля затискання не менше 29,2 кН.

Діаметр поршня гідроциліндра визначаємо за формулою [10, 11, 12]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p}} \quad (3.2)$$

де D – діаметр поршня гідроциліндра, мм;

Q – зусилля затискання, Н;

p – тиск робочої рідини, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 29232}{3,14 \cdot 6}} = 78,8 \text{ мм}$$

За результатами розрахунку приймаємо стандартний діаметр поршня $D = 80$ мм. Для приводу основного прихвата доцільно використати гідроциліндр двобічної дії з діаметром поршня 80 мм. Прийняте значення забезпечує необхідне зусилля затискання корпусу та відповідає умовам безпечного виконання фрезерної операції.

3.6. Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок пристосування на точність виконують для перевірки можливості забезпечення заданого допуску на оброблюваний розмір. Сумарна похибка, що виникає під час базування, закріплення та обробки деталі, не повинна перевищувати допуску на розмір, який отримують на даній операції [13].

Для оброблюваного розміру 550,3 мм приймаємо допустиме відхилення $\Delta = 0,3$ мм. Умова забезпечення точності має вигляд [13]:

$$\sum \varepsilon_i \leq \Delta \quad (3.3)$$

де $\sum \varepsilon_i$ – сумарна похибка обробки у пристосуванні, мм;

Δ – допуск на оброблюваний розмір, мм.

Сумарну похибку визначаємо за залежністю:

$$\sum \varepsilon_i = k_1 \cdot \varepsilon_{\text{баз}} + (\varepsilon_{\text{кр}} + \varepsilon_{\text{встд}}) + k_2 \cdot \varepsilon_{\text{ек}} + \varepsilon_{\text{пр}} \quad (3.4)$$

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{кр}}$ – похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{встд}}$ – похибка установлення деталі в пристосуванні;

$\varepsilon_{\text{ек}}$ – економічна точність обробки;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка самого пристосування;

k_1, k_2 – коефіцієнти, що враховують умови базування та обробки.

У розглянутій схемі базування напрям зміни положення базових поверхонь не впливає на виконуваний розмір, тому приймаємо $\varepsilon_{\text{баз}} = 0$. Похибку закріплення та установлення деталі приймаємо $\varepsilon_{\text{кр}} + \varepsilon_{\text{встд}} = 0,20$ мм. Похибку обробки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{обр}} = k_2 \cdot \varepsilon_{\text{ек}} \quad (3.5)$$

За умовами фрезерування приймаємо $k_2 = 0,65$, $\varepsilon_{ек} = 0,10$ мм. Тоді:

$$\varepsilon_{обр} = 0,65 \cdot 0,10 = 0,065 \text{ мм}$$

Похибка пристосування залежить від точності виготовлення його елементів і наявності зазорів між базувальними поверхнями:

$$\varepsilon_{пр} = \varepsilon_{виг} + \varepsilon_z \quad (3.6)$$

де $\varepsilon_{виг}$ – похибка виготовлення елементів пристосування;

ε_z – похибка, зумовлена зазорами між установочними елементами пристосування та базовими поверхнями корпусу.

Для проектованої конструкції приймаємо $\varepsilon_{виг} = 0,048$ мм, $\varepsilon_z = 0$. Тоді $\varepsilon_{пр} = 0,048$ мм. Підставивши значення складових у формулу (3.4), отримаємо:

$$\sum \varepsilon_i = 0 + 0,20 + 0,065 + 0,048 = 0,313 \text{ мм}$$

Оскільки отримане значення дещо перевищує допуск 0,3 мм, у конструкції пристосування передбачаємо додаткове регулювання положення опор і ретельну обробку базувальних елементів. За умови зменшення економічної похибки обробки до 0,08 мм матимемо:

$$\sum \varepsilon_i = 0 + 0,20 + 0,052 + 0,048 = 0,300 \text{ мм}$$

Отже, за умови якісного виготовлення установочних елементів і правильного регулювання пристосування сумарна похибка не перевищує допустиме значення. Це підтверджує можливість використання розробленого пристосування для фрезерування площини рознімання корпусу редуктора з потрібною точністю.

3.7. Висновок

У конструкторській частині дипломного проєкту розроблено спеціальне пристосування для закріплення корпусу редуктора під час фрезерування площини рознімання. Запропонована конструкція забезпечує стійке базування деталі, надійне гідравлічне закріплення, зручність установлення та зняття корпусу, а також скорочення допоміжного часу при виконанні ремонтно-відновлювальних робіт.

Виконаний силовий розрахунок показав, що для утримання корпусу редуктора під час фрезерування необхідне зусилля затискання становить приблизно 29,2 кН. Для його створення прийнято гідроциліндр двобічної дії з діаметром поршня 80 мм. Розрахунок на точність підтвердив, що за умови якісного виготовлення і регулювання базувальних елементів пристосування забезпечує обробку площини рознімання в межах заданого допуску.

Застосування розробленого пристосування в умовах ремонтної ділянки ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» дає змогу підвищити якість відновлення корпусів редукторів, зменшити ймовірність перекосу деталі під час обробки, покращити умови праці та забезпечити стабільність технологічного процесу ремонту.

4. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ У РЕМОНТНІЙ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Загальні відомості з охорони праці у спроектованій майстерні

Охорона праці у спроектованій майстерні є обов'язковою умовою ефективного виконання ремонтно-відновлювальних робіт в умовах ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». У попередніх розділах дипломного проєкту було обґрунтовано технологію ремонту редукторів, відновлення корпусу редуктора та застосування спеціального пристосування для фрезерної обробки. Такі операції виконуються із застосуванням металообробних верстатів, підйомно-транспортних засобів, мийного обладнання, слюсарного інструменту, зварювальних і наплавлювальних установок, тому потребують чіткої організації безпечної праці .

Правовою основою розроблення заходів безпеки є Закон України «Про охорону праці», загальні вимоги щодо забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями, а також правила пожежної безпеки в Україні [15]. Згідно з цими документами роботодавець зобов'язаний створити безпечні умови праці, організувати навчання та інструктаж працівників, забезпечити справний стан обладнання, видати необхідні засоби індивідуального захисту і контролювати дотримання технологічної дисципліни.

Ремонтна майстерня призначена для розбирання, миття, дефектації, відновлення, механічної обробки та складання редукторів технологічного обладнання цементного виробництва. Специфіка такого виробництва полягає у значній запиленості, наявності вібрацій, великих масах ремонтованих вузлів і необхідності скорочення простоїв обладнання. Тому безпечне планування майстерні повинно забезпечувати раціональне розташування робочих місць, достатні проходи, зручне переміщення деталей та виключення зустрічних потоків вантажів.

Основними небезпечними та шкідливими факторами у майстерні є обертові частини верстатів, різальний інструмент, стружка, абразивний і цементний пил, гострі кромки корпусних деталей, підвищений рівень шуму, локальна вібрація, небезпека ураження електричним струмом, падіння вантажів при переміщенні редукторів, а також опіки та дія зварювального аерозолі під час наплавлювальних робіт. Для кожного з цих факторів необхідно передбачити організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи безпеки.

Підлога у майстерні повинна бути рівною, міцною, неслизькою та зручною для прибирання. У місцях можливого потрапляння мастила, мийних рідин або охолоджувальних матеріалів потрібно використовувати піддони, решітчасті настили і своєчасно прибирати розливи. Захаращення проходів деталями, стружкою, тарою або інструментом не допускається, оскільки це збільшує ризик падіння працівника й ускладнює евакуацію.

Освітлення робочих місць має забезпечувати безпечне виконання дефектації, вимірювання, закріплення корпусу редуктора, фрезерування площин і складання вузлів. Доцільно застосовувати загальне рівномірне освітлення та місцеві світильники у зонах контролю, але без сліпучої дії на працівника. Вентиляція повинна видаляти пил, пари мийних засобів і зварювальні аерозолі. На робочих місцях, де утворюється пил або дим, необхідно передбачати місцеві відсмоктувачі [16].

До виконання робіт допускаються лише працівники, які пройшли навчання, медичний огляд, вступний і первинний інструктажі та знають безпечні прийоми роботи. Перед початком зміни працівник повинен перевірити справність обладнання, захисних огорожень, органів керування, заземлення, пристроїв закріплення деталей і наявність необхідного інструменту. Забороняється працювати на несправному обладнанні, знімати захисні кожухи, самовільно змінювати режими обробки або використовувати пристрої не за призначенням.

Таблиця 4.1 - Основні небезпечні фактори та заходи безпеки у майстерні

Джерело небезпеки	Можливі наслідки	Заходи безпеки
1. Металообробні верстати	Захоплення одягу, травмування рук, викидання стружки	Огородження, захисні окуляри, застебнутий спецодяг, зупинка верстата перед регулюванням
2. Корпуси редукторів та важкі вузли	Падіння вантажу, защемлення пальців, травмування ніг	Справні стропи, кран-балка або таль, заборона перебування під вантажем
3. Зварювання та наплавлення	Опіки, пожежа, дія аерозолю й випромінювання	Вентиляція, екрани, спецодяг, вогнегасник, очищення зони від горючих матеріалів
4. Мийні рідини, мастила, пил	Ковзання, подразнення шкіри та органів дихання	Рукавиці, респіратор за потреби, піддони, вологе прибирання або пилосос
5. Електрообладнання	Ураження струмом, коротке замикання	Заземлення, справні кабелі, захисне відключення, огляд перед роботою

Пожежна безпека у майстерні забезпечується справністю електромереж, наявністю вогнегасників, очищенням робочих місць від мастила, пилу й горючих матеріалів, а також дотриманням правил виконання зварювальних робіт. Усі працівники повинні знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння, аварійних вимикачів і шляхів евакуації. Після завершення робіт необхідно вимкнути обладнання, прибрати робочу зону і переконатися у відсутності тління або перегрівання.

Працівники майстерні повинні користуватися засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисним взуттям, окулярами, рукавицями, респіраторами, а при підвищеному шумі - протишумовими навушниками або вкладишами. Засоби захисту мають відповідати виду роботи і перебувати у справному стані.

Їх застосування не замінює технічних заходів безпеки, але суттєво знижує ризик травмування при виконанні ремонтно-відновлювальних операцій. На території майстерні та заводу виставлено агітаційні плакати та попереджувальні знаки (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Плакат з охорони праці

Також підприємство піклується про довкілля, так працівники підприємства постійно проводять суботники з прибирання навколишніх територій (рис.4.2).



Рисунок 4.2 – Прибирання території

Також на підприємстві турбуються про дозволя співробітників так на підприємстві діють різні спортивні секції. Наприклад нещодавно пройшов турнір серед співробітників з настільного тенісу (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Турнір з настільного тенісу

4.2. Вимоги охорони праці при роботі на стенді для закріплення корпусу редуктора при фрезеруванні

Роботи з механічної обробки корпусу редуктора на фрезерному верстаті із застосуванням спеціального стенда або пристосування для закріплення належать до робіт підвищеної небезпеки. Це пояснюється значною масою корпусної деталі, наявністю обертового різального інструмента, можливістю викидання стружки, дією мастильно-охолоджувальної рідини, а також небезпекою затискання рук між корпусом, опорами та притискними елементами пристосування. Тому під час виконання фрезерної операції необхідно суворо дотримуватися вимог охорони праці, виробничої санітарії та правил безпечної експлуатації металорізального обладнання.

До роботи на стенді допускаються тільки працівники, які пройшли вступний і первинний інструктажі з охорони праці, ознайомлені з будовою пристосування, правилами встановлення корпусу редуктора, порядком його базування та закріплення, а також мають практичні навички роботи на фрезерному верстаті. Працівник повинен знати призначення установочних елементів, притисків, опор, кріпильних болтів, упорів і механізмів регулювання. Забороняється допускати до роботи осіб, які не мають відповідної підготовки або не ознайомлені з технологічною картою операції.

Перед початком роботи верстатник повинен одягти справний спецодяг, захисні окуляри або щиток, взуття з неслизькою підошвою, а за потреби — захисні рукавиці під час установлення та переміщення корпусу. Одяг не повинен мати вільних кінців, які можуть потрапити в зону обертання фрези. Під час безпосередньої роботи верстата користуватися рукавицями біля обертових частин забороняється. Волосся повинно бути прибрано під головний убір.

Перед установленням корпусу редуктора необхідно перевірити технічний стан фрезерного верстата, справність органів керування, аварійної зупинки, захисних кожухів, освітлення робочої зони та заземлення електрообладнання. Окремо перевіряють стан стенда для закріплення: відсутність тріщин, деформацій, пошкоджених різьб, ослаблених болтових з'єднань, забруднення базових поверхонь і сторонніх предметів у пазах. Установочні поверхні пристосування та корпусу редуктора мають бути очищені від стружки, мастила, пилу й залишків абразивних частинок.

Корпус редуктора необхідно встановлювати на стенд відповідно до прийнятої схеми базування. Установлення важких корпусних деталей слід виконувати за допомогою талі, кран-балки або іншого справного вантажопідйомного засобу. Під час переміщення корпусу забороняється перебувати під піднятим вантажем, підтримувати його руками знизу або направляти за елементами, які можуть спричинити защемлення пальців. Стропування виконують тільки за надійні місця, що забезпечують рівновагу деталі під час переміщення.

Після встановлення корпусу на опорні елементи необхідно перевірити правильність його положення, щільність прилягання до базових поверхонь і відсутність перекосу. Закріплення виконують поступово, рівномірно затягуючи притискні елементи. Забороняється використовувати подовжувачі ключів, удари молотком по рукоятках затискних гвинтів, несправні гайки, болти або шайби. Надійність закріплення корпусу перевіряють до вмикання верстата. Недостатнє затискання може призвести до зміщення деталі, пошкодження фрези, руйнування пристосування та травмування працівника.

Перед початком фрезерування необхідно встановити різальний інструмент, перевірити його кріплення, відсутність тріщин, сколів і биття. Фреза повинна відповідати матеріалу корпусу, режиму обробки та технічним вимогам операції. Після встановлення інструмента виконують пробний пуск верстата на холостому ході. При цьому працівник повинен переконатися у відсутності сторонніх шумів, вібрацій, ударів, перегрівання вузлів і самовільного переміщення стола.

Під час фрезерування працівник повинен перебувати збоку від зони можливого викидання стружки, не нахилитися близько до фрези, не торкатися руками оброблюваної поверхні та рухомих частин верстата. Видалення стружки допускається тільки щіткою, гачком або спеціальним скребком після зупинки інструмента. Забороняється здувати стружку ротом або прибирати її руками. Вимірювання розмірів, перевірку якості поверхні, підтягування кріплень і регулювання положення корпусу дозволяється виконувати лише після повної зупинки шпинделя.

У процесі роботи необхідно контролювати стійкість закріплення корпусу, рівномірність подачі, відсутність підвищеної вібрації, стороннього шуму та перегрівання інструмента. У разі появи ознак ослаблення кріплення, зміщення корпусу, поломки фрези, різкого збільшення вібрації або витікання мастильно-охолоджувальної рідини верстат слід негайно зупинити. Повторне вмикання дозволяється тільки після усунення причин несправності.

Після завершення обробки необхідно вимкнути верстат, дочекатися повної зупинки шпинделя, відвести інструмент у безпечне положення, очистити робочу зону від стружки та залишків мастила. Зняття корпусу зі станда виконують у зворотній послідовності: спочатку послаблюють притиски, після цього деталь стропують і лише потім повністю звільняють від кріплення. Робоче місце необхідно прибрати, інструмент і пристосування покласти у відведене місце, а про виявлені несправності повідомити майстра або відповідальну особу.

Дотримання зазначених вимог забезпечує безпечне виконання фрезерної операції, зменшує ризик травмування працівників, запобігає пошкодженню корпусу редуктора, фрезерного верстата та пристосування, а також сприяє підвищенню якості відновлення корпусних деталей у ремонтній дільниці підприємства.

4.3. Висновок

У цьому розділі було розглянуто основні вимоги охорони праці у спроектованій ремонтній майстерні, призначеній для ремонту редукторів і відновлення корпусних деталей в умовах ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». Визначено небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час механічної обробки, переміщення важких вузлів, зварювання, наплавлення, миття деталей і виконання допоміжних операцій.

Запропоновані заходи передбачають раціональне планування робочих місць, підтримання справного стану обладнання, використання огорожень, вентиляції, освітлення, засобів пожежогасіння та засобів індивідуального захисту. Окремо наведено вимоги безпеки при роботі на станді для зрізання фрикційних накладок з гальмівних колодок. Дотримання цих вимог знижує ризик травматизму, поліпшує санітарно-гігієнічні умови праці та забезпечує стабільну роботу ремонтної майстерні.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1 Розрахунок техніко-економічної ефективності проєкту

У попередніх розділах дипломного проєкту обґрунтовано технологію ремонту редукторів технологічного обладнання ПрАТ «Кривий Ріг Цемент», розроблено технологічний процес відновлення корпусу редуктора та запропоновано спеціальне пристосування для закріплення корпусу під час фрезерування площини рознімання. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення якості ремонту, зменшення простоїв обладнання, відновлення придатних корпусних деталей і зниження потреби у закупівлі нових редукторів або передаванні ремонтних робіт стороннім організаціям.

Техніко-економічну оцінку виконано шляхом порівняння базового та проєктного варіантів. За базовий варіант прийнято існуючу організацію ремонту редукторів, за якої частина операцій виконується універсальними засобами, а відновлення корпусних деталей має обмежене застосування. За проєктний варіант прийнято ремонтну діляницю, оснащену необхідним обладнанням, засобами дефектації, зварювальним устаткуванням, розточувальним обладнанням і спеціальним пристосуванням для фрезерування корпусу редуктора.

Економічний ефект від упровадження проєктного варіанта формується за рахунок збільшення річної програми ремонту, скорочення трудомісткості окремих операцій, підвищення точності механічної обробки корпусу, зменшення кількості вибракованих деталей і можливості виконання відновлювальних робіт у межах ремонтної служби підприємства. Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Позначення	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проектний варіант
Річна програма ремонту редукторів	n	шт.	150	180
Нормативна трудомісткість одного ремонту	T _н	люд.-год	20	18
Коефіцієнт складності та нерівномірності ремонтів	K	-	1,10	1,05
Додаткова трудомісткість відновлення корпусів	T _{відн}	люд.-год	-	720
Річна трудомісткість робіт	T	люд.-год	3 300	4 122
Середня годинна ставка працівника	Нз	грн/год	150	150
Умовна вартість одного ремонту	Ц	грн	13 500	16 500
Капіталовкладення в обладнання та оснащення	K _к	грн	850 000	1 250 000
Норма амортизації	На	%	15	15
Норматив витрат на поточний ремонт	Нр	%	4	4
Встановлена потужність обладнання	P _{вст}	кВт	45,0	61,4
Коефіцієнт використання потужності	K _е	-	0,35	0,35
Річний час використання обладнання	F _е	год	900	1 100
Розрахункова ціна електроенергії	Ц _е	грн/кВт·год	6,5	6,5

Річна трудомісткість робіт у базовому варіанті визначається за річною програмою ремонту, нормативною трудомісткістю одного ремонту та коефіцієнтом складності [18]:

$$T_6 = n_6 \cdot T_{н6} \cdot K_6 \quad (5.1)$$

де T_6 – річна трудомісткість робіт у базовому варіанті, люд.-год;

n_6 – річна програма ремонту, шт.;

$T_{н6}$ – нормативна трудомісткість одного ремонту, люд.-год;

K_6 – коефіцієнт складності та нерівномірності ремонтів.

$$T_6 = 150 \cdot 20 \cdot 1,10 = 3\,300 \quad (5.2)$$

Для проєктного варіанта враховується додаткова трудомісткість операцій з відновлення корпусів редукторів:

$$T_{п} = n_{п} \cdot T_{нп} \cdot K_{п} + T_{відн} \quad (5.3)$$

$$T_{п} = 180 \cdot 18 \cdot 1,05 + 720 = 4\,122 \quad (5.4)$$

Основну заробітну плату виробничих працівників визначаємо за формулою:

$$Z_o = H_z \cdot T \quad (5.5)$$

де Z_o – основна заробітна плата, грн;

H_z – середня годинна ставка працівника, грн/год;

T – річна трудомісткість робіт, люд.-год.

$$Z_{o.б} = 150 \cdot 3\,300 = 495\,000 \quad (5.6)$$

$$Z_{o.п} = 150 \cdot 4\,122 = 618\,300 \quad (5.7)$$

Додаткова заробітна плата приймається у розмірі 10 % від основної заробітної плати, а нарахування на заробітну плату – 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$З_{\text{дод}} = 0,10 \cdot З_0; \quad З_{\text{н}} = 0,22 \cdot (З_0 + З_{\text{дод}}) \quad (5.8)$$

$$З = З_0 + З_{\text{дод}} + З_{\text{н}} \quad (5.9)$$

$$З_6 = 495\,000 + 49\,500 + 119\,790 = 664\,290 \quad (5.10)$$

$$З_{\text{п}} = 618\,300 + 61\,830 + 149\,629 = 829\,759 \quad (5.11)$$

Амортизаційні відрахування визначаємо за балансовою вартістю обладнання, стендів, пристосувань та допоміжного оснащення:

$$А = К_{\text{к}} \cdot Н_{\text{а}} / 100 \quad (5.12)$$

$$А_6 = 850\,000 \cdot 15 / 100 = 127\,500 \quad (5.13)$$

$$А_{\text{п}} = 1\,250\,000 \cdot 15 / 100 = 187\,500 \quad (5.14)$$

Витрати на поточний ремонт обладнання та технологічного оснащення приймаємо у відсотках від капіталовкладень:

$$Р_0 = К_{\text{к}} \cdot Н_{\text{р}} / 100 \quad (5.15)$$

$$Р_{0.6} = 850\,000 \cdot 4 / 100 = 34\,000 \quad (5.16)$$

$$Р_{0.п} = 1\,250\,000 \cdot 4 / 100 = 50\,000$$

Витрати на ремонтні матеріали, зварювальні матеріали, електроди, дріт, захисний газ, абразивний інструмент, мастила, кріпильні вироби та інші витратні матеріали визначаємо нормативним методом. Для базового варіанта приймаємо 35 % від фонду оплати праці з нарахуваннями, для проєктного варіанта – 40 %, для іншого варіанта – 45 %.

оскільки він передбачає більший обсяг відновлювальних робіт корпусних деталей:

$$C_m = 3 \cdot H_m / 100 \quad (5.18)$$

$$C_{m.б} = 664\,290 \cdot 35 / 100 = 232\,502 \quad (5.19)$$

$$C_{m.п} = 829\,759 \cdot 40 / 100 = 331\,903 \quad (5.20)$$

Витрати на електроенергію визначаємо за встановленою потужністю обладнання, коефіцієнтом використання потужності, річним часом роботи обладнання та розрахунковою ціною електроенергії:

$$C_e = P_{вст} \cdot K_e \cdot F_e \cdot C_e \quad (5.21)$$

$$C_{e.б} = 45,0 \cdot 0,35 \cdot 900 \cdot 6,5 = 92\,137 \quad (5.22)$$

$$C_{e.п} = 61,4 \cdot 0,35 \cdot 1\,100 \cdot 6,5 = 153\,654 \quad (5.23)$$

Інші витрати включають витрати на спецодяг, засоби індивідуального захисту, повірку вимірювального інструменту, обслуговування робочих місць, протипожежні засоби, господарські матеріали та дрібний ремонт оснащення. Їх приймаємо у розмірі 5 % від суми основних витрат:

$$C_{ін} = 0,05 \cdot \Sigma C_{осн} \quad (5.24)$$

$$C_{ін.б} = 0,05 \cdot (664\,290 + 127\,500 + 34\,000 + 232\,502 + 92\,137) = 57\,521 \text{ грн} \quad (5.25)$$

$$C_{ін.п} = 0,05 \cdot (829\,759 + 187\,500 + 50\,000 + 331\,903 + 153\,654) = 77\,641 \text{ грн} \quad (5.26)$$

Загальні річні витрати визначаємо як суму фонду оплати праці з нарахуваннями, амортизаційних відрахувань, витрат на поточний ремонт, ремонтні матеріали, електроенергію та інші витрати:

$$З_{\text{заг}} = З + А + Р_0 + С_м + С_e + С_{\text{ін}} \quad (5.27)$$

$$\begin{aligned} З_{\text{заг.б}} &= 664\,290 + 127\,500 + 34\,000 + \\ &+ 232\,502 + 92\,137 + 57\,521 = 1\,207\,950 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.28)$$

$$\begin{aligned} З_{\text{заг.п}} &= 829\,759 + 187\,500 + 50\,000 + 331\,903 + \\ &+ 153\,654 + 77\,641 = 1\,630\,456 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.29)$$

Собівартість одного умовного ремонту визначається діленням загальних річних витрат на кількість виконаних ремонтів:

$$C_{\text{од}} = З_{\text{заг}} / n \quad (5.30)$$

$$C_{\text{од.б}} = 1\,207\,950 / 150 = 8\,053 \quad (5.31)$$

$$C_{\text{од.п}} = 1\,630\,456 / 180 = 9\,058 \quad (5.32)$$

Річний дохід або умовний економічний результат від виконання ремонтних робіт визначається за кількістю ремонтів і вартістю одного умовного ремонту:

$$Д = n \cdot Ц \quad (5.33)$$

$$Д_б = 150 \cdot 13\,500 = 2\,025\,000 \quad (5.34)$$

$$Д_п = 180 \cdot 16\,500 = 2\,970\,000 \quad (5.35)$$

Річний прибуток визначаємо як різницю між річним доходом та загальними річними витратами:

$$\text{Пріч} = \text{Д} - \text{Ззаг} \quad (5.36)$$

$$\text{Пріч.б} = 2\,025\,000 - 1\,207\,950 = 817\,050 \quad (5.37)$$

$$\text{Пріч.п} = 2\,970\,000 - 1\,630\,456 = 1\,339\,544 \quad (5.38)$$

Додатковий річний прибуток від упровадження проєктного варіанта становить:

$$\Delta\text{Пріч} = \text{Пріч.п} - \text{Пріч.б} \quad (5.39)$$

$$\Delta\text{Пріч} = 1\,339\,544 - 817\,050 = 522\,494 \quad (5.40)$$

Рентабельність ремонтних робіт визначається як відношення річного прибутку до загальних річних витрат:

$$R = \text{Пріч} / \text{Ззаг} \cdot 100 \quad (5.41)$$

$$R_b = 817\,050 / 1\,207\,950 \cdot 100 = 67,6 \quad (5.42)$$

$$R_p = 1\,339\,544 / 1\,630\,456 \cdot 100 = 82,2 \quad (5.43)$$

Строк окупності додаткових капіталовкладень визначаємо за додатковим річним прибутком:

$$\text{Ток} = \Delta K / \Delta\text{Пріч} \quad (5.44)$$

$$\text{Ток} = 400\,000 / 522\,494 = 0,77 \text{ року} \quad (5.45)$$

У таблиці 5.2 наведено узагальнені техніко-економічні показники проєкту.

Таблиця 5.2 - Техніко-економічні показники проєкту

№	Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проектний варіант
1	Річна програма ремонту редукторів	шт./рік	150	180
2	Річна трудомісткість робіт	люд.-год	3 300	4 122
3	Капіталовкладення	грн	850 000	1 250 000
4	Фонд оплати праці з нарахуваннями	грн/рік	664 290	829 759
5	Амортизаційні відрахування	грн/рік	127 500	187 500
6	Поточний ремонт обладнання	грн/рік	34 000	50 000
7	Ремонтні матеріали та витратні частини	грн/рік	232 502	331 903
8	Електроенергія	грн/рік	92 137	153 654
9	Інші витрати	грн/рік	57 521	77 641
10	Загальні річні витрати	грн/рік	1 207 950	1 630 456
11	Собівартість одного ремонту	грн	8 053	9 058
12	Умовна вартість одного ремонту	грн	13 500	16 500
13	Річний дохід	грн/рік	2 025 000	2 970 000
14	Річний прибуток	грн/рік	817 050	1 339 544
15	Додатковий річний прибуток	грн/рік	-	522 494
16	Рентабельність	%	67,6	82,2
17	Строк окупності додаткових капіталовкладень	років	-	0,77

5.2. Висновок

У результаті техніко-економічного розрахунку встановлено, що впровадження проєктного варіанта організації ремонту редукторів у ремонтній дільниці ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» є економічно доцільним. Проектний варіант передбачає використання удосконаленого технологічного процесу

відновлення корпусу редуктора та спеціального пристосування для закріплення корпусу під час фрезерування, що дозволяє збільшити річну програму ремонту зі 150 до 180 редукторів.

За прийнятої середньої годинної ставки працівника 150 грн/год фонд оплати праці з нарахуваннями становить 664 290 грн у базовому варіанті та 829 759 грн у проєктному варіанті. Збільшення витрат на оплату праці пояснюється розширенням обсягу ремонтних робіт і виконанням додаткових операцій з відновлення корпусних деталей, однак ці витрати компенсуються підвищенням виробничої програми та вартості виконуваних ремонтів.

Загальні річні витрати у базовому варіанті становлять 1 207 950 грн, а у проєктному – 1 630 456 грн. При цьому річний прибуток збільшується з 817 050 грн до 1 339 544 грн. Додатковий річний прибуток від упровадження проєктних рішень становить 522 494 грн.

Рентабельність ремонтних робіт у проєктному варіанті становить 82,2 %, що вище за базовий варіант на 14,6 відсоткових пункти. Строк окупності додаткових капіталовкладень дорівнює 0,77 року, тобто менше одного року. Отже, запропонована технологія ремонту редукторів і відновлення корпусу редуктора може бути рекомендована до впровадження в умовах ПрАТ «Кривий Ріг Цемент».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті удосконалено технологію ремонту редукторів обладнання ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» з розробкою процесу відновлення корпусу редуктора. Встановлено, що в умовах тривалих навантажень, запиленості, вібрацій і динамічних впливів стан корпусу визначає співвісність валів, роботу підшипників, герметичність вузла та надійність приводу.

Проаналізовано типові дефекти корпусів: тріщини, сколи, пробоїни, зношування посадочних місць під підшипники, пошкодження різьбових отворів, деформацію площин рознімання та втрату герметичності. Обґрунтовано доцільність відновлення корпусу замість його заміни, оскільки це скорочує простої обладнання, зменшує витрати на запасні частини та краще використовує ремонтну службу.

Розроблено маршрутний технологічний процес, який включає очищення, дефектацію, контроль тріщин, підготовку пошкоджених ділянок, зварювання або полімерну герметизацію, розточування, відновлення різьбових отворів, контроль геометрії, складання та обкатку. Для корпусу із сірого чавуну СЧ20 рекомендовано холодне зварювання короткими валиками, зварювання зі шпильками, полімерні композиції та ремонтні втулки для посадочних місць.

Виконано розрахунки механічної обробки. Для чистового фрезерування площини рознімання прийнято торцеву фрезу діаметром 250 мм, швидкість різання 95 м/хв, частоту обертання 125 хв⁻¹ і хвилинну подачу 180 мм/хв. Основний час операції становить 3,44 хв. Сумарний штучний час відновлення корпусу дорівнює 279 хв, або 4,65 люд.-год.

Визначено параметри ремонтної дільниці: річна програма ремонту редукторів — 180 шт./рік, річна трудомісткість — 4122 люд.-год. Для виконання робіт прийнято 3 виробничих робітники та 1 допоміжного працівника. Підібрано 15 одиниць обладнання: мийну машину, стенд розбирання і складання, прес, свердлильний, фрезерний і розточувальний верстати, зварювальне устаткування та засоби контролю. Площа дільниці — 180 м².

У конструкторській частині розроблено пристосування для закріплення корпусу при фрезеруванні площини рознімання. Економічні розрахунки показали зростання річного прибутку з 817 050 до 1 339 544 грн; додатковий прибуток становить 522 494 грн, рентабельність підвищується з 67,6 до 82,2 %, а строк окупності — 0,77 року. Отже, запропонована технологія є технічно й економічно доцільною.

ЛІТЕРАТУРА

1. ПРАТ “Кривий Ріг цемент” вітчизняний лідер з виробництва високоякісних будівельних матеріалів. <https://krcement.com>. URL: <https://krcement.com/about-company/>.
2. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки: навчальний посібник / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ.: РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.
3. Діденко М. М. Вплив розмірно-точносних характеристик посадок підшипників кочення на їх довговічність / М. М. Діденко, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułow naukowych Sp. z o.o. «Diamond trading tour». – 2017. – S. 38–43.
4. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
5. Мельянцов П. Т. Організація використання техніки за умов дефіциту матеріально - технічних ресурсів / П. Т. Мельянцов, Є. В. Калганков. // Zbiór raportów naukowych. „Inżynieria i technologia. Teoria. Praktyk Sp. z o.o. «Diamond trading tou. – 2010. – С. 84–87.
6. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2013. – 75 с.
7. Калганков Є.В. Проектування ремонтно-технологічної документації / Є.В. Калганков, М.Г. Зайцев. Дніпро. ДДАЕУ, 2016. – 48 с.
8. Проектування сервісних підприємств ремонту машин та агрегатів АПК: навчальний посібник / [Дирда В.І., Калганков Є.В., Мельянцов П.Т. та інші] – Д.: «Герда», 2014. – 100 с.
9. Мельянцов П.Т. Методичні рекомендації «Організація та технологія ремонту МТП в умовах сільськогосподарського підприємства» / Мельянцов П.Т., Калганков Є.В., Кириленко О.І. – Д.: ДДАУ, 2010. – 125 с.

10. Деталі машин: підручник / [Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін.]. – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.
11. Дирда В.І. Довідковий посібник розрахунків механізмів сільськогосподарських та підйомно-транспортних машин: навчальний посібник / В.І. Дирда, Ю.М. Овчаренко - Дніпропетровськ, 2003. – 52 с.
12. Овчаренко Ю.М. Деталі машин: практикум / Овчаренко Ю.М. – Дніпропетровськ, 2003. – 68 с.
13. Сірий І. С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання: підручник / І. С. Сірий. – 2-е вид., допов. І переробл. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
14. Кагадій С.В. Основи механіки матеріалів і конструкцій: навчальний посібник / Кагадій С.В., Демяненко А.Г., Гурідова В.О. – Дніпропетровськ : Вид-во Свідлер А.Л., 2011. – 416 с.
15. ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT). Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. На заміну ДСТУ OHSAS 18001:2010 ; чинний від 2021-01-01. Вид. офіц. Київ, 2021. 5 с.
16. Основи охорони праці: / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний. - К.: Основа, 2006 — 448 с
17. Агальцов, Г. М., Лисиця, М. І., Новікова, А. В., & Калганков, Є. В. (2024). Оцінка та управління ризиками, пов'язаними з виробничим шумом та вібраціями на виробництві. У «ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ»: матеріали XXI Всеукр. наук.-техн. конф., присвяч. 102- річниці з дня народження акад. НАН України В.М. Потураєва (с. 61-62). НТУ Дніпровська політехніка. <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/10825>
18. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.
19. Калініч М.О. Дослідження параметрів відновлення деталей типу вал методом наплавлення / М.О. Калініч, Є.В. Калганков// Zbior artykułow

naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". – 2020. – №34. – С. 36–40.

20. Обобщенная теория износа упруго-наследственных сред / А. С.Кобец, В. И. Дырда, Е. В. Калганков, И. Н. Цаниди. // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2012. – №2. – С. 81–84.

21. Калганков, Є.В. Технічне діагностування об'ємних гідроприводів трансмісії як об'єктивна необхідність / Є.В. Калганков // Сучасна наука: теорія і практика. – Запоріжжя, 2012. – Т. 2. – С. 88-90

22. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2017. – №133. – С. 66–74.

23. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.39.

24. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
				<u>Документація</u>		
Спроб. №	A1		46ДП.175 100. 000 ВЗ	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	46ДП.175 101. 000 СК	Привід центральний	1	
		2	46ДП.175 102. 000 СК	Привід боковий	2	
		3	46ДП.175 103. 000 СК	Блок керування	1	
				<u>Деталі</u>		
		4	46ДП.175 100. 001	Корпус	1	
		5	46ДП.175 100. 002	Корпус упора центрального	1	
		6	46ДП.175 100. 003	Корпус упора бокового	1	
		7	46ДП.175 100. 004	Опора права	1	
		8	46ДП.175 100. 005	Опора ліва	2	
		9	46ДП.175 100. 006	Фланець	2	
		10	46ДП.175 100. 007	Колектор	1	
		11	46ДП.175 100. 008	Упор правий	1	
		12	46ДП.175 100. 009	Упор лівий	1	
		13	46ДП.175 100. 010	Кранштейн правий	1	
		14	46ДП.175 100. 011	Кранштейн лівий	1	
		15	46ДП.175 100. 012	Головка	3	
		16	46ДП.175 100. 013	Вісь упора правого	1	
		17	46ДП.175 100. 014	Вісь упора лівого	1	
Підп. і дата						
Підп. і дата						
Взам. инв. №						
Инв. № дубл.						
Підп. і дата						
Инв. № подл.						

46ДП.175 100. 000

Приспосовання
для фрезерування

Лист 1 Листов 2

ДДАЕУ

Копіював

Формат А4

Перв. примеч.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №						Документація		
	A1				46ДП.175 106. 000 СК	Упор центральний. Складальне креслення	1	
						Деталі		
					46ДП.175 106. 001	Основа	1	
					46ДП.175 106. 002	Стійка	1	
					46ДП.175 106. 003	Гвинт	1	
				46ДП.175 106. 004	Гайка стопорна	1		
Подп. и дата								
Подп. и дата								
Инд. № подл.						46ДП.175 106. 000		
Инд. № подл.	Разрб.	Павстянко В.П.			Упор центральний	Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Калганков Е.В.					1	1
	Н.контр.	Ілєв В.В.				ДДАЕУ		
	Утв.	Дудін В.Ю.						

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.									
Спроб. №	A1				46ДП.175 102. 000 СК	Документація Привід Боковий	1		
						Складальне креслення			
						Деталі			
			1		46ДП.175 102. 001	Корпус	1		
			2		46ДП.175 102. 002	Кришка	1		
			3		46ДП.175 102. 003	Шток	1		
						Стандартні вироби			
Підп. і дата			4			Кільце гумове ущільнююче			
						025-030-33-2-2 ГОСТ 983-73	2		
			5			Кільце гумове ущільнююче			
						065-070-73-2-2 ГОСТ 983-73	2		
Взам. инв. №									
Підп. і дата									
Инв. № подл.						46ДП.175 102. 000			
	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дати					
	Разраб.	Підгітянко В.П.							
	Проб.	Калганков Е.В.							
	Н.контр.	Івась В.В.							
	Утв.	Дудін В.Ю.							
						Привід боковий	Лит.	Лист	Листов
								1	1
							ДДАЕУ		

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ
РЕДУКТОРІВ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСУ РЕДУКТОРА**

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3го скороченого курсу, групи АІС-2-23
Повстянко Вадим Петрович

Керівник: ст. викладач
Калганков Євген Васильович

Дніпро - 2026

