

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

*до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
бакалавр*

на тему: «Пристрій для напресовування маточини колісного редуктора
тракторів серії Т-150К»

КРБ.133ГМбд_32[2].06.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_32[2]
КОРЕЦЬКИЙ Михайло

Керівник: БІЛОВОД Олександра

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма *«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної та електричної
інженерії,
канд. техн. наук, доцент,
_____ **Станіслав ПОПОВ**
03 грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Михайло КОРЕЦЬКИЙ

1 Тема роботи: *«Пристрій для напресовування маточини колісного
редуктор тракторів серії Т-150К»*

керівник роботи ***канд. техн. наук, доцентка БІЛОВОД Олександра,***
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *аналіз літературних джерел Національної
бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних
джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана
Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за
тематичним спрямуванням.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *складальний кресленик пристрою, що
вноситься на розгляд; робочі кресленики деталей пристрою.*

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Михайло КОРЕЦЬКИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександра БІЛОВОД
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 4 додаток, 7 рисунків, 15 таблиць, 25 використаних джерел, 49 сторінок.

Об'єкт розробки – процес складання та ремонту колісного редуктора тракторів серії Т-150К.

Предмет розробки – конструкція пристрою для напресовування маточини колісного редуктора.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити існуючі способи напресовування маточин колісних редукторів тракторів серії Т-150К, виявити їх недоліки та на основі проведеного аналізу розробити конструкцію спеціального пристрою, яким забезпечуватиме підвищення якості складання, зменшення трудомісткості ремонтних робіт і виключення пошкодження циліндрових з'єднань.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції пристрою для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К та виконання необхідних технологічних і конструкторських розрахунків.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра – підвищення ефективності ремонтно-складальних робіт, покращення якості монтажу маточини колісного редуктора та скорочення витрат праці під час ремонту тракторів серії Т-150К.

У **загальному розділі** наведено аналіз конструкції колісного редуктора трактора Т-150К, розглянуто особливості його ремонту, проаналізовано існуючі способи напресовування деталей із натягом, обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, а також визначено перспективи використання результатів розробки.

У **технологічному розділі** виконано аналіз технологічності деталі, розроблено технологічний процес її виготовлення, обґрунтовано вибір заготовки, обладнання, інструменту та режимів обробки, визначено припуски на механічну обробку та розроблено маршрут виготовлення деталі.

					КРБ.133ГМбд_32[2]_06.00.00.000 ПЗ	4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У конструкторському розділі наведено опис будови та принципу роботи пристрою для напресовування маточини колісного редуктора, виконано розрахунки різьбового з'єднання, гвинтової передачі та основних елементів конструкції на міцність, а також розроблено комплект конструкторської документації.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища визначено економічну ефективність впровадження розробки, розраховано термін окупності пристрою, запропоновано заходи щодо підвищення безпеки виконання ремонтних робіт та зменшення негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище.

Практичні результати роботи – розроблено конструкцію пристрою для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К та комплект конструкторської документації для його виготовлення.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – розроблений пристрій може бути впроваджений у ремонтних майстернях аграрних підприємств, сервісних центрах та ремонтно-обслуговуючих підприємствах агропромислового комплексу.

Сфера застосування результатів роботи – підприємства агропромислового комплексу, ремонтні майстерні, сервісні центри з технічного обслуговування та ремонту тракторної техніки.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 98,33 %.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Значення технічного обслуговування та ремонту тракторної техніки	9
1.2 Загальна характеристика трактора Т-150К	9
1.3 Будова та принцип роботи колісного редуктора	10
1.4 Основні несправності колісного редуктора	11
1.5 Аналіз способів напресовування деталей	11
1.6 Аналіз існуючих конструкцій пристроїв для напресовування	12
1.7 Обґрунтування напрямку розробки	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Аналіз технологічності деталі	15
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	16
2.3 Обробка поверхонь деталі	20
2.4 Розробка схем базування деталі	23
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	25
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	28
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	32
3.1 Опис пристрою для напресовування маточини колісного редуктора трактора Т-150К	32
3.2 Розрахунок незатягнутого різьбового з'єднання	34
3.3 Силкові відношення в гвинтовій парі	35
3.4 Розрахунок на міцність гвинтової передачі	36
3.5 Технологія виготовлення і монтаж розробленої конструкції	37
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	41
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	41
4.2 Охорона праці	44
4.3 Охорона навколишнього середовища	46
ВИСНОВКИ	49
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	50
ДОДАТКИ	52

КРБ.133ГМбд_32[2].06.00.00.000 ПЗ							
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Корецький М.С.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Біловод О.І.				6	49
Н. Контр.		Біловод О.І.			ПДАУ, каф. МЕІ		
Керівник		Біловод О.І.					
Зав.кафедр		Попов С.В.					

Пристрій для напресовування
маточини колісного редуктора
тракторів серії Т-150К

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без використання потужної та високопродуктивної техніки. Одним із найбільш поширених тракторів, що тривалий час експлуатується в агропромисловому комплексі України, є трактор Т-150К та його модифікації. Надійність роботи цих машин значною мірою залежить від технічного стану трансмісії, ходової частини та колісних редукторів, які сприймають значні навантаження під час виконання польових і транспортних робіт.

У процесі експлуатації трактора деталі колісного редуктора піддаються інтенсивному зношуванню, що призводить до необхідності проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Однією з найбільш трудомістких операцій під час ремонту є напресовування маточини колісного редуктора на вал. Якість виконання цієї операції безпосередньо впливає на довговічність вузла, точність взаємного розташування деталей та надійність подальшої роботи механізму. [5, 16]

На більшості ремонтних підприємств і в майстернях господарств для виконання зазначених операцій використовують універсальні преси або пристосування загального призначення, які не забезпечують необхідної точності центрування деталей, потребують значних витрат часу та фізичних зусиль працівників. Це знижує продуктивність ремонтних робіт і може призводити до пошкодження деталей під час складання. [1, 22]

У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка спеціалізованого пристрою для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К, який забезпечить підвищення продуктивності праці, покращення якості складальних робіт, зменшення трудомісткості ремонту та створення безпечних умов праці.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції пристрою для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К та виконання необхідних технологічних і конструкторських розрахунків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз конструкції колісного редуктора трактора Т-150К та особливостей його ремонту;
- дослідити існуючі способи і засоби напресовування деталей;
- обґрунтувати конструктивну схему пристрою;
- виконати необхідні конструкторські розрахунки елементів пристрою;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованої розробки;
- розглянути питання охорони праці та охорони навколишнього середовища при виконанні ремонтних робіт.

Об'єктом дослідження є процес складання колісного редуктора тракторів серії Т-150К.

Предметом дослідження є конструкція пристрою для напресовування маточини колісного редуктора.

Практичне значення роботи полягає у створенні спеціалізованого пристрою, використання якого дозволить підвищити продуктивність ремонтних робіт, знизити трудомісткість операції напресовування та покращити якість складання колісних редукторів тракторів серії Т-150К.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Значення технічного обслуговування та ремонту тракторної техніки

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується широким застосуванням енергетичних засобів, серед яких важливе місце займають колісні трактори. Від технічного стану тракторного парку значною мірою залежать строки виконання польових робіт, продуктивність праці, собівартість сільськогосподарської продукції та ефективність використання матеріально-технічних ресурсів господарств.

У процесі експлуатації трактори працюють в умовах значних динамічних навантажень, дії ілуду, вологи, змінних температур та інших несприятливих факторів. Це призводить до поступового зношування деталей і вузлів, погіршення технічного стану машин та необхідності проведення технічного обслуговування і ремонту. [4, 24]

Особливе значення мають ремонтні роботи, пов'язані з відновленням трансмісії тракторів, оскільки саме вона передає крутний момент від двигуна до ведучих коліс і забезпечує реалізацію тягових можливостей машини. Одним із найбільш навантажених вузлів трансмісії є колісний редуктор, який працює в умовах значних крутних моментів та ударних навантажень. [5, 23]

Якість виконання ремонтних робіт значною мірою залежить від застосування спеціального технологічного оснащення та пристроїв, що забезпечують точність складання, скорочення трудомісткості операцій і підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу. [1]

1.2 Загальна характеристика трактора Т-150К

Трактор Т-150К є універсально-господарським колісним трактором тягового класу 3, який тривалий час використовується в агропромисловому комплексі України. Машина призначена для виконання широкого спектра сільськогосподарських, транспортних та допоміжних робіт. [5, 16]

					КРБ.133ГМбд_32[2].06.00.00.000 ПЗ	9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Конструкція трактора включає двигун, трансмісію, ходову частину, рульове керування, гідравлічну систему та робоче обладнання. Однією з особливостей трактора є шарнірно-зчленована рама, яка забезпечує високу маневреність та прохідність.

Трансмісія трактора складається зі зчеплення, коробки передач, карданних передач, головних передач, диференціалів та колісних редукторів. Колісні редуктори забезпечують додаткове збільшення частоти обертання та збільшення крутного моменту, що передається на ведучі колеса.

Завдяки простоті конструкції, достатній надійності та високим тяговим характеристикам трактори Т-150К продовжують експлуатуватися в багатьох господарствах, незважаючи на значний термін служби [16, 23]

1.3 Будова та принцип роботи колісного редуктора

Колісний редуктор є кінцевою ланкою трансмісії трактора та призначений для передачі крутного моменту від півосі до ведучого колеса із одночасним зменшенням частоти обертання. [5, 12]

Основними елементами колісного редуктора є корпус, ведуча та ведена шестерні, підшипникові вузли, маточина, вал та ущільнювальні елементи.

Під час роботи крутий момент через піввісь передається на ведучу шестерню, яка знаходиться у зачепленні з веденою шестернею більшого діаметра. В результаті забезпечується збільшення крутного моменту на ведучих колесах трактора.

Маточина колеса встановлюється на вал редуктора з натягом, що забезпечує надійну передачу навантаження та виключає появу люфтів під час роботи. Саме якість монтажу маточини значною мірою визначає довговічність роботи вузла. [14, 19]

1.4 Основні несправності колісних редукторів

У процесі експлуатації колісні редуктори зазнають значних механічних навантажень, що призводить до поступового погіршення їх технічного стану.

Найбільш поширеними несправностями є зношування зубчастих коліс; руйнування підшипників; спрацювання шліцьових з'єднань, порушення герметичності ущільнень, деформація корпусних деталей, зношування посадкових поверхонь маточини та вала. [23, 16]

Виникнення зазначених несправностей призводить до підвищення шуму, вібрацій, збільшення люфтів та зниження надійності роботи трактора.

Під час проведення ремонту особливу увагу необхідно приділяти операціям складання вузла після заміни зношених деталей. [1, 22]

1.5 Аналіз способів напресовування деталей

Монтаж деталей із натягом є однією з найбільш поширених складальних операцій у машинобудуванні та ремонтному виробництві. [12, 19]

Існують такі основні способи напресовування – ударний, механічний, гідравлічний, термічний, комбінований.

Ударний спосіб передбачає використання молотків та оправок. Його основним недоліком є можливість перекосу деталей та пошкодження посадкових поверхонь.

Механічний спосіб базується на використанні гвинтових пристроїв та пресів. Він забезпечує більш плавне прикладання зусилля та високу точність монтажу. [6, 13]

Гідравлічні преси дозволяють створювати значні зусилля, проте мають високу вартість і не завжди можуть використовуватися безпосередньо в ремонтних майстернях господарств.

Термічний спосіб передбачає нагрівання маточини або охолодження вала для зміни посадкових розмірів. Його застосування потребує додаткового обладнання та контролю температурного режиму.

Порівняльний аналіз показує, що для умов ремонтних майстерень найбільш доцільним є використання спеціалізованих механічних пристроїв гвинтового типу. [2, 21]

1.6 Аналіз існуючих конструкцій пристроїв для напресовування

На сучасних ремонтних підприємствах застосовуються різні типи пристроїв для монтажу деталей із натягом

Найбільш поширеними є універсальні гвинтові знімачі та напресовувачі, ручні та гідравлічні преси, спеціальні монтажні пристрої. [22, 6]

Рисунок 1.1 – Універсальні гвинтові знімачі

Призначення – зняття підшипників; демонтаж шківів і зубчастих коліс; зняття муфт та маточин; ремонт тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин.

Рисунок 1.2 – Універсальні напресовувачі

Призначення: напресовування підшипників на вали; ретановлення втулок; монтаж маточин; складальні роботи при ремонті редукторів і трансмісій.

Рисунок 1.3 – Ручні преси

Особливості: проста конструкція; невисока вартість; зусилля зазвичай 1–5 т; застосовуються для напресовування підшипників, втулок, шпонок та дрібних складальних робіт.

Рисунок 1.4 – Гідравлічні преси

Особливості: велике зусилля пресування (10–100 т і більше); плавна робота; висока продуктивність; використовуються для монтажу і демонтажу підшипників, маточин, валів, шестерень та інших посадок з натягом.

Рисунок 1.5 – Спеціальних монтажних пристроїв

До спеціальних монтажних пристроїв належать: оправки для напресовування підшипників; пристрої для монтажу та демонтажу маточин; спеціальні стяжки для пружин; пристосування для складання вузлів трансмісії; монтажні стенди для агрегатів тракторів та автомобілів.

Перевагою спеціалізованих пристроїв є можливість їх адаптації до конкретного вузла, забезпечення точного центрування деталей та підвищення продуктивності праці. [21, 13]

Разом з тим більшість існуючих засобів характеризується обмеженою універсальністю, значною трудомісткістю виконання монтажних операцій та недостатньою точністю центрування деталей під час напресовування. Крім того, використання універсальних пресів не завжди забезпечує рівномірне прикладання зусилля, що може призводити до перекосів або пошкодження деталей. У зв'язку з цим актуальним є розроблення спеціального пристрою для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К, який забезпечить точне встановлення деталей, підвищить безпеку виконання робіт і зменшить трудомісткість ремонтних операцій.

1.7 Обґрунтування напрямку розробки

Проведений аналіз показав, що під час ремонту колісних редукторів тракторів Т-150К операція напресовування маточини є однією з найбільш трудомістких та відповідальних.

Використання ударного інструменту призводить до пошкодження деталей та зниження якості складання. Застосування стаціонарних пресів потребує додаткових виробничих площ та обладнання. [22-23]

У зв'язку з цим доцільним є створення компактного спеціалізованого пристрою гвинтового типу, який дозволить виконувати напресовування маточини безпосередньо під час ремонтних робіт, забезпечить необхідне монтажне зусилля та високу точність центрування деталей.

Розробка такого пристрою сприятиме підвищенню ефективності ремонтних робіт, зниженню трудомісткості складання та покращенню експлуатаційної надійності колісних редукторів тракторів Т-150К.

Висновок.

У розділі проведено аналіз конструкції колісного редуктора трактора Т-150К, розглянуто його призначення, будову та особливості роботи. Встановлено, що операція напресовування маточини на вал є однією з найбільш відповідальних під час ремонту вузла. Аналіз існуючих способів і засобів монтажу показав доцільність застосування спеціалізованого гвинтового пристрою, який забезпечує підвищення якості складання, зниження трудомісткості ремонтних робіт та зменшення ризику пошкодження деталей. Це підтверджує актуальність і практичну значущість подальшої розробки конструкції пристрою для напресовування маточини колісного редуктора трактора Т-150К.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Верхня частина корпусу є основним силовим елементом пристрою для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К. Вона сприймає значні осьові зусилля напресовування, що виникають при посадці маточини на шліцьовий хвостовик напівосі, і передає їх на різьбовий зоровий з'єднувач. Вибір матеріалу – сталь 45 за ДСТУ 7809:2015 – обґрунтований необхідністю забезпечити підвищену міцність і зносостійкість при значних навантаженнях. ДСТУ 7809:2015 є чинним національним стандартом України і встановлює технічні умови на гарячекатаний і кований прокат з вуглецевої якісної конструкційної сталі марки 45. Вміст вуглецю 0,42–0,50 %, марганцю 0,50–0,80 %, кремнію 0,17–0,37 %. Механічні властивості після нормалізації: межа міцності $\sigma_B \geq 598$ МПа, межа текучості $\sigma_T \geq 353$ МПа, відносне подовження $\delta \geq 16$ %, твердість 197–229 НВ. Сталь 45 добре обробляється різанням і придатна для загартування при необхідності. [9, 15]

Рисунок 2.2 – Схема верхньої частини корпусу

За конфігурацією верхня частина корпусу є ступінчастим тілом обертання. Загальна довжина деталі – 103 мм. Ліва (бочкова) частина діаметром 870 мм має довжину 62 мм і є основним несучим корпусом. Права частина діаметром 660 мм з нарізаною різьбою М56-6g є нарізним хвостовиком, що з'єднується з нижньою частиною корпусу за допомогою силового гвинта. Різьба М56-6g – великий діаметр з кроком 4 мм (стандартний для М56). Зовнішня 660 мм є основою під різьбу, що

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

підтверджується перерізом А–А: видно різбовий профіль на діаметрі, близькому до $\varnothing 60$ мм.

З перерізу А–А видно внутрішній отвір $\varnothing 46$ мм і зовнішній $\varnothing 60$ мм різбового хвостовика. Чотири наскрізних отвори $\varnothing 10$ мм рівномірно розміщені по колу і слугують для встановлення запобіжних шплінтів, фіксаторів або підключення мастилопроводів. Розмір 22 мм від торця правої частини і 11 мм – визначають позицію отворів $\varnothing 10$ мм уздовж осі.

Шорсткість поверхонь: зовнішній $\varnothing 70$ мм – $Ra\ 6,3$ мкм; торець ступеня (перехід $\varnothing 70 \rightarrow \varnothing 60$) – $Ra\ 3,2$ мкм; поверхня під різьбу і різьба М56-6g – $Ra\ 3,2$ мкм; загальна шорсткість решти поверхонь – $Ra\ 12,5$ мкм. Фаски: $0,5 \times 45^\circ$ на лівому торці $\varnothing 70$ мм і $2 \times 45^\circ$ на переході між ступенями. Гострі кромки на всій деталі притупляються до $R0,5$ мм. Невказані граничні відхилення лінійних розмірів – $\pm IT14/2$ за ДСТУ ISO 2768-1:2001.

Кількісна оцінка технологічності за коефіцієнтом уніфікації:

$$K_y = Q_y / Q \quad (2.1)$$

де Q_y – кількість уніфікованих конструктивних елементів; Q – загальна кількість елементів.

Конструктивні елементи: зовнішні циліндричні поверхні (2 шт.), різьба М56-6g (1), внутрішній отвір $\varnothing 46$ мм (1), чотири отвори $\varnothing 10$ мм (4), торцеві поверхні (3), фаски (2), скруглення кромки $R0,5$ (всі). Разом $Q = 13$ типів елементів, уніфікованих $Q_y = 11$.

$$K_y = 11 / 13 = 0,85$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_t = 1 - 1 / A_{\text{сер}} \quad (2.2)$$

де $A_{\text{сер}}$ – середній квалітет точності поверхонь деталі.

Квалітети поверхонь: різьба М56-6g – клас 6g; $\varnothing 70$ мм – квалітет 14; $\varnothing 46$ мм – квалітет 14; $4 \times \varnothing 10$ мм – квалітет 14; інші – квалітет 14. Середній: $A_{\text{сер}} = (6 \times 1 + 14 \times 12) / 13 \approx 13,5$.

$$K_t = 1 - 1 / 13,5 = 0,93$$

					КРБ.133ГМбд_32[2] 06.00.00.000 ПЗ	16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обидва коефіцієнти перевищують нормативні значення. Деталь є технологічною: всі поверхні – тіла обертання, обробляються токарним методом, чотири отвори $\varnothing 10$ мм свердяться в одній свердлильній операції. Велика різьба М56-6g потребує нарізання різьбовим різцем на токарному верстаті. Деталь добре базується в патроні завдяки значному діаметру $\varnothing 70$ мм.

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь верхньої частини корпусу

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	Кількість	Призначення
1	Зовн. $\varnothing 70$ мм (корпус)	h14	6,3	1	Зовнішня поверхня корпусу
2	Різьба М56-6g (зовн.)	6g	3,2	1	З'єднання з нижньою частиною
3	Поверхня $\varnothing 60$ мм під різьбу	h14	3,2	1	Основа різьбового хвостовика
4	Внутрішній отвір $\varnothing 46$ мм	H14	12,5	1	Канал / посадка силового елемента
5	4 отвори $\varnothing 10$ мм (наскрізні)	H14	12,5	4	Фіксатори / дренажні
6	Торець лівої частини ($\varnothing 70$)	14	12,5	1	Опорний торець корпусу
7	Торець ступеня (перехід $\varnothing 70 \rightarrow \varnothing 60$)	14	3,2	1	Опорна поверхня при з'єднанні
8	Фаски $6 \times 45^\circ$ і $2 \times 45^\circ$	14	12,5	2	Монтажні / захисні фаски

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності верхньої частини корпусу

Показник	Значення	Норматив
Коефіцієнт уніфікації K_u	0,85	$\geq 0,60$
Коефіцієнт точності K_t	0,93	$\geq 0,80$
Середній квалітет точності A_{sp}	13,5	

Показник	Значення	Норматив
Відношення L/D (довжина до діаметра)	$108/70 = 1,54$	< 4 (патрон)
Клас точності різьби M56-6g	6g (середній)	—
Висновок	Деталь технологічна	—

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення верхньої частини корпусу розрахований на умови дрібносерійного виробництва. Заготовка – круглий гарячекатаний прокат зі сталі 45 за ДСТУ 7809:2015, діаметром 75 мм відповідно до ДСТУ 4738:2007. Вибір діаметра 75 мм зумовлений тим, що максимальний зовнішній діаметр деталі $\varnothing 70$ мм потребує припуску 2,5 мм на сторону для чорншої і чистової обробки. Довжина заготовки – 114 мм ($108 + 3$ мм на кожний торець).

Перед механічною обробкою заготовка проходить нормалізацію при температурі 840–850 °C з охолодженням на повітрі. Нормалізація сталі 45 вирівнює мікроструктуру прокату, усуває смугастість (різномірність вздовж прокатки) і забезпечує рівномірну твердість 197–229 HB. Це суттєво знижує ризик вібрацій при точінні, особливо при нарізанні великої різьби M56-6g, де потрібна стабільна глибина різання. [15, 17]

Основні токарні операції виконуються на токарно-гвинторізному верстаті типу 16K20 або 1К62. Завдяки відношенню $L/D = 108/70 = 1,54 < 4$ деталь обробляється в трикулачковому патроні без задньої опори (люнет не потрібен). Велика різьба M56-6g нарізається різбовим різцем за 12–15 проходів при малій швидкості різання ($V = 6–10$ м/хв). Загальний час нарізання різьби значний – це є суттєвим недоліком діючого процесу при збільшенні серійності.

Чотири отвори $\varnothing 10$ мм свердлиться на вертикально-свердильному верстаті 2Н135 з поворотним кондуктором або дилильним пристроєм (крок 90°).

Позиціонування отворів за розмірами 22 мм і 11 мм по осі забезпечується упором

					КРБ.133ГМбд_32[2].06.00.00.000 ПЗ	18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

або розміткою. Базування при свердлінні – по зовнішній поверхні $\varnothing 70$ мм у призмах або в кільцевому затискному пристрої.

Внутрішній отвір $\varnothing 46$ мм свердлиться і розточується також на токарному верстаті з однієї установки разом із зовнішнім точінням. Послідовність: свердлення свердлом $\varnothing 40$ мм (центрування $\varnothing 46$ мм) і розточування до $\varnothing 46$ мм. Квалітет Н14 не потребує розвертання – розточування забезпечує необхідну точність.

Головним недоліком діючого процесу є значна трудомісткість нарізання різьби М56-6g через велику кількість проходів. Крок 4 мм для М56 – стандартний (груба різьба), але при нарізанні різцем за 12–15 проходів машинний час на одну деталь може перевищувати 15–20 хв. Для підвищення продуктивності доцільно розглянути застосування вихрового фрезерування різьби або вихрового нарізання на верстаті з ЧПК.

Таблиця 2.3 – Структура діючого технологічного процесу верхньої частини корпусу

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
005	Заготівельна	Пила відрізна 8725	1	Прокат $\varnothing 75$, $l=114$ мм
010	Термічна (нормалізація)	Камерна піч 840–850 °С	–	Охолодж. на повітрі ПР 197–229
015	Токарна чорнова	Токарний 16K20	2	$\varnothing 70$, $\varnothing 60$, торці, ств. $\varnothing 40$
020	Токарна напівчистова/чистова	Токарний 16K20	2	$\varnothing 70$ Ra6,3; $\varnothing 60$ Ra3,2, торець Ra3,2
025	Розточувальна ($\varnothing 46$)	Токарний 16K20	1	Розточ. від $\varnothing 40$ до $\varnothing 46$
030	Різьбонарізальна М56-6g	Токарний 16K20	1	12–15 проходів, $V=6-10$ м/хв
035	Свердлильна ($4 \times \varnothing 10$)	Верт.-свердл. 2Н135	1	Крок 90°, кондуктор

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
040	Слюсарна (R0,5, зачистка)	Верстак	–	Притуплення кромки R0,5
045	Контрольна	Контрол. стіл	–	Всі розміри, Ra, різьба

Таблиця 2.4 – Недоліки діючого ТП та заходи з їх усунення

Недолік	Захід з усунення
Велика трудомісткість нарізання M56-6g різцем (12–15 проходів, 15–20 хв на деталь)	Застосування верстата з ЧПК або вихротної різьбонарізного головки
Нарізання різьби і розточування $\phi 46$ в різних операціях – ризик неспіввідповідності	Суміщення розточування $\phi 46$ і нарізання M56 з одного установу на верстаті з ЧПК
Свердління $4 \times \phi 10$ без чіткого кутового фіксатора – нестабільний крок 90°	Застосування ділильного пристрою з фіксатором або кондуктора з 4 втулками $\phi 10$
Відсутність контролю різьби M56-6g після нарізання – виявлення браку тільки при контролі	Введення операційного контролю різьбовим кільцем M56-6g між операцією та контролем

2.3 Обробка поверхонь

Верхня частина корпусу обробляється переважно токарним методом. Матеріал – сталь 45 після нормалізації (HB 197–229) – добре обробляється твердосплавним інструментом при помірних режимах різання. Рекомендований матеріал пластин – T15K6 для напівчистових і чистових операцій, T5K10 для чорнових (випадає ударна в'язкість).

Зовнішня поверхня $\phi 70$ мм (Ra 6,3 мкм) обробляється у два переходи: чорнове точіння з глибиною 2–3 мм (з $\phi 75$ до $\phi 71,5$ мм) і чистове точіння до $\phi 70$ мм. Шорсткість Ra 6,3 мкм досягається чистовим точінням з подачею $S = 0,10$ – $0,15$ мм/об і швидкістю $V = 120$ – 140 м/хв. Чорновий прохід: $S = 0,3$ – $0,4$

мм/об, $V = 80-100$ м/хв, різець Т5К10. Чистовий: $S = 0,10-0,15$ мм/об, $V = 130-150$ м/хв, різець Т15К6.

Торець ступеня переходу $\varnothing 70 \rightarrow \varnothing 60$ ($Ra\ 3,2$ мкм) підрізається у два переходи: чорнове підрізання і чистове підрізання ($S = 0,05-0,08$ мм/об, $V = 130-150$ м/хв). Шорсткість $Ra\ 3,2$ мкм є помітно вищою за $Ra\ 6,3$ мкм і потребує обережного чистового проходу з малою подачею.

Зовнішня поверхня $\varnothing 60$ мм під різьбу М56 ($Ra\ 3,2$ мкм) точиться до номінального зовнішнього діаметра різьби М56 ($d = 56$ мм за ДСТУ ГОСТ 24705:2008 – зовнішній діаметр різьби М56 при кроці 4 мм). Точніше: перед нарізанням різьби зовнішній діаметр заготовки під різьбу $= d - (0,1 \div 0,3)$ мм для забезпечення плавного входу різця. Тобто точиться до $\varnothing 55,8$ мм, потім нарізається різьба. Розмір $\varnothing 60$ мм на кресленнику – зовнішній діаметр поверхні $\varnothing 60$ мм лівіше різбового хвостовика, а не номінал різьби.

Різьба М56-6g ($Ra\ 3,2$ мкм) нарізається різбовим різцем Т15К6 із кроком 4 мм. Режими різання для сталі 45: $V = 6-10$ м/хв (при нарізанні різцем – обов'язково низька швидкість для запобігання вібрації), кількість проходів 12–15 при глибині за прохід 0,2–0,3 мм. Перед нарізанням виконується проточка до $\varnothing 55,8$ мм, у кінці різьби – виточка для виходу різця шириною 6–8 мм. Контроль різьби – різбовим кільцем М56-6g за ДСТУ ГОСТ 16093:2018. [8, 15]

Внутрішній отвір $\varnothing 46$ мм свердлиться і розточується в тій самій операції. Спочатку – свердло $\varnothing 40$ мм для формування попереднього отвору, потім розточний різець до $\varnothing 46$ мм. Квалітет Н14 (допуск $+0,020/0$ мм) легко досягається розточуванням без розвертання. Глибина розточування – на всю довжину деталі або на необхідну глибину за кресленником.

Чотири отвори $\varnothing 10$ мм свердляться свердлом $\varnothing 10$ мм зі сталі Р6М5 при $V = 25-30$ м/хв, $S = 0,12-0,18$ мм/об. Їх розташування визначається кутовим ділильним пристроєм або кондуктором. Позиція вздовж осі – 22 мм від торця правого кінця (різбового) за розміром кресленника. Після свердління – зенківка для зняття задиринок в отворах.

Фаска $6 \times 45^\circ$ на лівому торці виконується фасковим або підрізним різцем за один прохід. Фаска $2 \times 45^\circ$ на переході між ступенями – аналогічно. Пригуплення кромок $R0,5$ мм виконується слюсарним напилком або ручним зачисним інструментом на слюсарній операції.

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь верхньої частини корпусу

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	К-ть перех.	Послідовність переходів
1	Зовн. $\varnothing 70$ мм	h14	6,3	2	Точ. чорн. ($\varnothing 71,5$) → точ. чист. ($\varnothing 70$)
2	Зовн. $\varnothing 60$ мм (під різьбу)	h14	3,2	2	Точ. чорн. → точ. чист. ($\varnothing 55,8$ під M56)
3	Різьба M56-6g	6g	3,2	12–15	Проточ. $\varnothing 55,8$ → нарізання різцем 12–15 пр.
4	Торець ступеня (Ra 3,2)	h14	3,2	2	Підрізання чорн. → підрізання чист.
5	Отвір $\varnothing 46$ мм (внутр.)	H14	12,5	2	Свердл. $\varnothing 40$ → розточ. $\varnothing 46$
6	$4 \times \varnothing 10$ мм	H14	12,5	2	Центрування → свердл. $\varnothing 10$ (4 позиції)
7	Фаски $6 \times 45^\circ$ і $2 \times 45^\circ$	h14	12,5	1	Фасковий або підрізний різець

Таблиця 2.6 – Режими різання для сталі 45 (HB 197–229)

Вид обробки	Інструмент	V, м/хв	S, мм/об	t, мм	ЗОР	Ra, мкм
Точіння чорнове зовн.	T5K10	80–100	0,30–0,40	2–3	Емульсія	12,5
Точіння чистове $\varnothing 70$	T15K6	120–140	0,10–0,15	0,5–0,75	Емульсія	3,3
Підрізання чистове торця	T15K6	130–150	0,05–0,08	0,3–0,5	Емульсія	3,2
Розточування $\varnothing 46$	T15K6	80–100	0,10–0,15	1,5–3,0	Емульсія	12,5

Вид обробки	Інструмент	V, м/хв	S, мм/об	t, мм	ЗОР	Ra, мкм
Нарізання M56-6g	T15K6 різьб	6–10	–	0,2– 0,3/пр.	Масло MC-20	3,2
Свердління 4×ø10	P6M5 ø10	25–30	0,12– 0,18	–	Емульсія	12,5

2.4 Розробка схем базування деталі

Верхня частина корпусу характеризується відношенням $L/D = 108/70 \approx 1,54$, що відповідає класу «коротких» деталей ($L/D < 4$). Це визначає основну схему базування – в трикулачковому патроні без задньої опори. Центрові отвори не потрібні. Головна вимога до точності базування – забезпечення співвісності зовнішніх поверхонь ø70 і ø60 мм, внутрішнього отвору ø40 мм і різьби M56-6g. Досягається обробкою в одному або двох узгоджених установах. [17, 15]

Установ А (перша токарна, затискання по прокату ø75 мм): тимчасова чорнова база. Виконуються: підрізання лівого торця, чорнове точіння ø70 і ø60, свердління ø40 і розточування ø46. Схема: подвійна напрямна база (кулачки по ø75, 4 ступені) і опорна (торець у патроні, 5-й ступінь). Шостий ступінь обертання навколо осі – не обмежується. Похибка базування в патроні по прокату: $\varepsilon_{b1} = 0,05\text{--}0,10$ мм (биття необробленої поверхні). Це достатньо для чорнового переходу.

Установ Б (напівчистова і чистова токарна, затискання по ø70 мм після чорнової обробки): чиста установча база. Виконуються: підрізання правого торця і торця ступеня до Ra 3,2 мкм, чистове точіння ø70 до Ra 6,3 мкм, чистове точіння ø60 до Ra 3,2 мкм. Похибка базування в патроні по обробленому ø70 мм: $\varepsilon_{b2} = 0,02\text{--}0,04$ мм. Усі чистові переходи виконуються з цього установу, що забезпечує мінімальне биття поверхонь.

На різьбонарізальній операції деталь базується в тому ж установі (по ø70 мм у патроні). Нарізання M56-6g виконується без переустановлення після чистового точіння ø55,8 мм – це гарантує співвісність різьби і зовнішньої поверхні на рівні $\varepsilon_b \leq 0,04$ мм, що є достатнім для зовнішньої різьби класу 6g

(допуск на зовнішній діаметр М56-6g по ДСТУ ГОСТ 16093:2018 значно більший за 0,04 мм).

На свердлильній операції (4×ø10 мм) деталь встановлюється вертикальною віссю в кільцевий затискний пристрій або самоцентрівні призми по ø70 мм. Настановна база – торець лівої частини на плиту (3 ступені). Напрямна база – ø70 мм у призмах (2 ступені). Кутове положення (6-й ступінь) – ділильний пристрій з кроком 90°. Похибка кутового позиціонування ±30' (ділильний диск з 4 отворами), що дає лінійне відхилення центрів отворів відносно кола діаметром D:

$$\Delta = R \cdot \operatorname{tg}(30') \approx R \cdot 0,00873 \quad (2.3)$$

де R – радіус кола розташування отворів (за кресленником можна оцінити як близько 20–25 мм). При R = 25 мм:

$$\Delta = 25 \cdot 0,00873 \approx 0,22 \text{ мм}$$

Це допустимо для отворів Н14 (допуск ±0,25 мм для ø10 мм)

Таблиця 2.7 – Схеми базування верхньої частини корпусу по операціях

Оп.	Операція	Настановна база (4 ст.)	Опорна база (5 ст.)	Примітка
015A	Токарна чорн., уст. А	ø75 (прокат) у кулачках	Торець у патроні	Чорнова база, εб = 0,05–0,10
015Б	Токарна чорн., уст. Б	ø70 (оброблений) у кулачках	Торець ø70 (оброблений)	Чистова база, εб = 0,02–0,04
020, 030	Чист. точ. і різьба М56	ø70 у кулачках (той же уст. Б)	Торець фланця (упор)	Єдина база для різьби і ø60
035	Свердлильна 4×ø10	ø70 у призмах (кільцевий пристрій)	Лівий торець на плиту	Ділильний пристрій крок 90°

Таблиця 2.8 – Аналіз похибок базування по основних операціях

Оп.	Операція	Причина похибки базування	εб, мм	Допуск за кресл.
015A	Чорнова, уст. А	Биття патрона по необробленому прокату	0,05–0,10	Некритично (чорнова)

Оп.	Операція	Причина похибки базування	εб, мм	Допуск за кресл.
015Б	Чорнова, усс. Б	Биття патрона по ø70 обробл.	0,02–0,04	$\pm IT14/2 = \pm 0,31$ (ø70)
030	Різьба М56-6g	Биття патрона по ø70	$\leq 0,04$	Допуск 6g >> 0,04 мм
035	Свердлильна 4×ø10	Точність ділильного пристрою ($\pm 30''$)	$\approx 0,22$ (кутова)	$\pm 0,26$ мм (H14, ø10)

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення верхньої частини корпусу розроблений з урахуванням дрібносерійного характеру виробництва, матеріалу сталь 45 після нормалізації, великої різьби М56-6g як найскладнішого елемента і необхідності забезпечити Ra 3,2 мкм на відповідальних поверхнях. Принцип побудови маршруту: термічна обробка перед механічною, потім зовнішні поверхні – від чорнових до чистових, далі внутрішні і різьба, наприкінці – свердлильна і контрольна.

Операція 005 – Заготівельна. Відрізання прокату ø75 мм, сталь 45 ДСТУ 7809:2015, довжиною 114 мм на стрічковий верстаті 8725.

Операція 010 – Термічна (нормалізація). Нагрівання у камерній печі до 840–850 °С, витримка 1,5–2 год, охолодження на спокійному повітрі. Мега – сорідна феритно-перлітна структура, твердість 197–225 НВ, усунення залишкових напружень прокатки. Контроль твердості твердоміром.

Операція 015 – Токарня чорнова. Верстат 13К20. Установ А (по прокату ø75): підрізання лівого торця в розмір, чорнове точіння ø70 до ø71,5 мм на довжину 62 мм, чорнове точіння ø60 до ø61,5 мм, свердління ø40 мм наскрізь. Установ Б (по ø70 чорновому): підрізання правого торця, чорнове підрізання торця ступеня.

					КРБ.133ГМбд_32[2]_06.00.00.000 ПЗ	25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Операція 020 – Токарна напівлистова і чистова. Верстат 16K20. По $\varnothing 70$ у патроні: чистове точіння $\varnothing 70$ до розміру Ra 6,3 мкм; чистове точіння $\varnothing 60$ до $\varnothing 55,8$ мм (під різьбу M56), Ra 3,2 мкм; чистове підрізання торця ступеня Ra 3,2 мкм; розточування $\varnothing 46$ від $\varnothing 40$ до розміру; знімання фасок $6 \times 45^\circ$ і $2 \times 45^\circ$. Після операції контролюються $\varnothing 70$ і $\varnothing 55,8$ мм мікрометром, торець ступеня штангенциркулем.

Операція 025 – Проточка виточки виходу різьби. У тому ж установі нарізається проточка для виходу різьбового різця: шириною 6–8 мм, діаметр $\varnothing 53$ мм (нижче внутрішнього діаметра різьби M56). Виконується канавочним різцем.

Операція 030 – Різьбонарізальна (M56-6g). Верстат 16K20, той самий установ (по $\varnothing 70$). Нарізання різьби M56-6g різьбовим різцем T15K6 за 12–15 проходів при $V = 6–10$ м/хв, мастило МС-20. Підрізання до кожного проходу перевіряється глибина різання. Після завершення – контроль різьбовим кільцем M56-6g. Допуск на зовнішній діаметр 6g за ДСТУ ГОСТ 16093:2018.

Операція 035 – Свердлильна ($4 \times \varnothing 10$). Верстат 2H135. Деталь у кільцевому пристрої по $\varnothing 70$, упор у лівий торець. Ділильний пристрій крік 90° . Центрування і свердління 4 отворів $\varnothing 10$ мм наскрізь (крізь стінку $\varnothing 70$). Позиція вздовж осі – 22 мм від правого торця. Після свердління – zenkivka фасок $1 \times 45^\circ$ у торцях отворів.

Операція 040 – Слюсарна. Притуплення всіх гострих кромки до R0,5 мм (вимога 1 кресленника) напилком або зачисним інструментом. Промивання від мастила і стружки.

Операція 045 – Контрольна. Перевірка: $\varnothing 70$ мікрометром; $\varnothing 46$ нутроміром; різьба M56-6g кільцем-непрохідником і прохідником; Ra 6,3 і Ra 3,2 профілометром або зразками; довжини 108, 62, 22, 11 мм штангенциркулем; 4 отвори $\varnothing 10$ мм контрольним пальцем і кутоміром (90° між ними).

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення верхньої частини корпусу

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
005	–	Відрізання прокату $\phi 75$, $l=114$ мм	Пила 8725	Лещата	Стрічкова пила
010	–	Нормалізація 840–850 °С, контроль НВ	Камерна піч	–	Твердомір
015А	А	Підрізання торця, точ. $\phi 71,5$ і $\phi 61,5$, свердл. $\phi 40$	16K20	3-куліт. патрон	Різці T5K10, свердло P6M5 $\phi 40$
015Б	Б	Підрізання правого торця і торця ступеня	16K20	3-куліт. патрон	Підрізний T5K10
020	Б	Чист. $\phi 70$ (Ra6,3), $\phi 55,8$ (Ra5,2), торець (Ra3,2), розточ. $\phi 46$, фаски	16K20	3-куліт. патрон	Різці T15K6, розточний T15K6
025	Б	Проточка виходу різьби $\phi 53$, шир. 7 мм	16K20	3-куліт. патрон	Канавковий різець T15K6
030	Б	Нарізання M56-6g, 12–15 проходів	16K20	3-куліт. патрон	Різьбовий різець T15K6, P=4
035	А	Свердл. $4 \times \phi 10$ з кроком 90°; фаски $1 \times 45^\circ$	2H135	Ділильний пристрій	Свердло P6M5 $\phi 10$, зенківка
040	–	Притуплення кромки R5,5, промивання	Верстак	–	Напилон, зачисний інструмент
045	–	Контроль: $\phi 70$, $\phi 46$, M56-6g, Ra, $l=108,62,22$	Контрол. стіл	–	Мікром., нутром., кільце M56, профіл.

Таблиця 2.10 – Різальний інструмент для виготовлення верхньої частини корпусу

№	Інструмент	Матеріал / марка	Стандарт	Операція
1	Різець протидійний Ø20×20	T5K10 (чорн.) / T15K6 (чист.)	ДСТУ ISO 1832	015A, 015Б, 020
2	Різець підрізний Ø20×20	T5K10 / T15K6	ДСТУ ISO 1832	015A, 015Б, 020
3	Різець розточний	T15K6 (пластина)	ДСТУ ISO 1832	020 (Ø46)
4	Різець різьбовий зовн. Р=4	T15K6, кут 60°	ДСТУ ISO 3685	030 (M56-6g)
5	Різець канавковий лийц. 7 мм	T15K6	ДСТУ ISO 1832	025 (виточка Ø53)
6	Свердло спіральне Ø40 мм	P6M5	ДСТУ ISO 235	015A
7	Свердло спіральне Ø10 мм	P6M5	ДСТУ ISO 235	035 (4×Ø10)

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Розрахунок припусків на механічну обробку виконується розрахунково-аналітичним методом для зовнішньої поверхні Ø70 мм ($Ra\ 6,3\ \mu\text{m}$) і для різьбової поверхні M56-6g як найбільш відповідальних поверхонь. Заготовка – прокат Ø75 мм, сталь 45 після нормалізації.

Мінімальний припуск для зовнішніх поверхонь обертання:

$$2Z_{min}(i) = 2 \cdot (Rz(i-1) + h(i-1) + \sqrt{\rho^2(i-1) + \varepsilon^2 i})) \quad (2.4)$$

де $Rz(i-1)$ – висота нерівностей після попереднього переходу, мкм; $h(i-1)$ – глибина дефектного шару, мкм; $\rho(i-1)$ – просторова похибка на попередньому переході, мкм; ϵ_i – похибка установа, мкм.

Параметри заготовки (прокат $\varnothing 75$ мм після нормалізації): $Rz = 125$ мкм, $h = 150$ мкм. Просторова похибка прокату:

$$\rho_{zag} = \delta \cdot l = 1,5 \cdot 108 / 2 = 81 \text{ мкм}$$

де $\delta = 1,5$ мкм/мм – питоме відхилення від прямолінійності осі для нормальної точності прокату за ДСТУ 4738:2007; $l = 108/2 = 54$ мм – половина довжини.

Похибка установа в патроні по прокату $\varnothing 75$: $\epsilon_{y1} = 100$ мкм. Перехід 1 – чорнове точення $\varnothing 70$:

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (125 + 150 + \sqrt{(81^2 + 100^2)}) = 2 \cdot (275 + 129) = 2 \cdot 404 \approx 810 \text{ мкм} \approx 0,81 \text{ мм}$$

Після чорнового точення: $Rz1 = 63$ мкм (Ra 6,3 після черн.), $h1 = 60$ мкм, $\rho1 = 0,06 \cdot 81 = 4,9$ мкм ≈ 5 мкм. Похибка установа по $\varnothing 70$ у патроні: $\epsilon_{y2} = 40$ мкм. Перехід 2 – чистове точення $\varnothing 70$:

$$2Z_{min2} = 2 \cdot (63 + 60 + \sqrt{(5^2 + 40^2)}) = 2 \cdot (123 + 40,3) \approx 327 \text{ мкм} \approx 0,33 \text{ мм}$$

Операційні розміри для зовнішнього діаметра $\varnothing 70h14$:

$$d_{zag} = 75 \text{ мм (прокат)}$$

$$d_{\text{після черн.}} = 75 - 2 \cdot 1,5 = 72 \text{ мм} \rightarrow \text{приймається } \varnothing 71,5 \pm 0,3 \text{ мм (припуск } 2 \times 1,75 = 3,5 \text{ мм)}$$

$$d_{\text{чист.}} = 71,5 - 2 \cdot 0,75 = 70 \text{ мм} \rightarrow \varnothing 70h14 (-0/-0,740 \text{ мм})$$

Перевірка загального припуску: $2Z_{zag} = 75 - 70 = 5$ мм (2,5 мм на сторону). Сума операційних припусків: $2Z1 + 2Z2 = 3,5 + 1,5 = 5,0$ мм. Умова виконана.

Розрахунок розміру під різьбу M56-6g. Зовнішній діаметр різьби M56 з кроком 4 мм (за ДСТУ ГОСТ 24705:2008): $d = 56,000$ мм. Для різьби 6g верхнє відхилення зовнішнього діаметра $es = -0,038$ мм, нижнє $ei = -0,038 - Td_{6g} = -0,038 - 0,475 = -0,513$ мм ($Td_{6g} = 0,475$ мм для M56, P=4). Тому максимальний

зовнішній діаметр різьби: $d_{\max} = 56 - 0,038 = 55,962$ мм. Діаметр заготовки під різьбу (після точіння):

$d_{\text{під різьбу}} = d - es = 56,000 - 0,038 = 55,962$ мм $\rightarrow$ приймається $\varnothing 55,8$ мм (з невеликим запасом)

Внутрішній діаметр різьби М56-6g (P=4 мм):

$d_1 = d - 2 \cdot 0,6495 \cdot P = 56 - 2 \cdot 0,6495 \cdot 4 = 56 - 5,196 = 50,804$ мм

Виточка для виходу різня виконується до $\varnothing 50$ мм (нижче внутрішнього діаметра різьби).

Таблиця 2.11 – Припуски та операційні розміри для зовнішнього діаметра $\varnothing 70$ мм

№	Перехід	Rz, мкм	h, мкм	ρ , мкм	ε , мкм	2Z _{min} , мкм	Допуск, мм	d опер., мм
0	Заготовка (прокат)	125	150	81	—	—	$\pm 0,4$	$\varnothing 75,0$
1	Точіння чорнове	63	60	5	100	810	$\pm 0,3$	$\varnothing 71,5 \pm 0,3$
2	Точіння чистове	16	20	0	40	327	$-0/-0,740$	$\varnothing 70_{\pm 0,14}$

Таблиця 2.12 – Операційні розміри і параметри різьби М56-6g

Параметр	Формула / джерело	Значення, мм	Примітка
Номинальний зовн. діаметр d	ДСТУ ГОСТ 24705:2008	56,000	М56, P=4 мм (груба)
Верхнє відхилення зовн. діам. es	ДСТУ ГОСТ 16093:2018 (6g)	-0,038	Клас 6g
Допуск зовн. діам. Td6g	ДСТУ ГОСТ 16093:2018	0,475	Для М56, P=4
Розмір під різьбу (d_під різьбу)	$d - es = 56 - 0,038$	$55,962 \rightarrow \varnothing 55,8$	Точіння перед різьбою
Внутрішній діаметр різьби d1	$d - 2 \cdot 0,6495 \cdot P$	50,804	Виточка до $\varnothing 50$ мм

Параметр	Формула / джерело	Значення, мм	Примітка
Середній діаметр різьби d2	$d - 0,6495 \cdot P$	53,402	Контрольний параметр
Кількість проходів різцем	$h_{\text{профілю}} / \Delta t = 2,6 / 0,2$	12–15	$\Delta t = 0,2$ мм/прохід

Виконані розрахунки підтверджують, що прокат $\varnothing 75$ мм забезпечує загальний припуск 2,5 мм на сторону (5 мм на діаметр) для стримання $\varnothing 70h14$ при Ra 6,3 мкм. Розмір під різьбу M56-6g – $\varnothing 55,8$ мм – розрахований з урахуванням верхнього відхилення 6g ($es = +0,038$ мм). Параметри різьби визначені за ДСТУ ГОСТ 16093:2018 (чинний в Україні). Допуски на операційні розміри – за ДСТУ ISO 286-1:2002. Невказані відхилення лінійних розмірів – за ДСТУ ISO 2768-1:2001.

Висновок.

У технологічному розділі виконано аналіз технологічності деталі «верхня частина корпусу» пристрою для напресовування маточини колісного редуктора трактора Т-150К. Встановлено, що конструкція деталі є технологічною для умов дрібносерійного виробництва, оскільки має просту форму тіла обертання, добре піддається механічній обробці та забезпечує зручне базування під час виготовлення.

Обґрунтовано вибір матеріалу заготовки – сталі 45, яка забезпечує необхідні показники міцності, зносостійкості та обробюваності. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі, визначено послідовність операцій, режими обробки, схеми базування та маршрут виготовлення. Також виконано розрахунок припусків на механічну обробку й операційних розмірів, що забезпечують отримання необхідної точності та якості поверхонь.

У результаті проведених розрахунків і аналізу підтверджено можливість виготовлення деталі на універсальному металообробному обладнанні з дотриманням вимог креслення та мінімальними виробничими витратами.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Опис пристрою для напресовування маточини колісного редуктора трактора Т-150К

Ремонт редучого моста трактора Т-150К вимагає напресовування маточини на вал колісного редуктора. Зазвичай дана операція виконується при використанні молотка, що призводить до перекосу маточини і пошкодження шлиць. [16, 5]

Для зменшення трудомісткості і покращення якості виконання даної операції проектом пропонуємо виготовити спеціальний пристрій гвинтового типу, який забезпечить якість при технічному обслуговуванні (ремонті) маточини колісного редуктора трактора Т-150К.

Рисунок 3.1 - Схема пристрою для напресовування маточини колісного редуктора трактора Т-150К

Дане пристосування складається з окремих деталей, які збираються у відповідній послідовності і являють собою гвинтову пару на кінці з цанговим зажимом, що дозволяє напресовувати маточину на вал колісного редуктора трактора Т-150К.

Основний елемент пристрою це гвинт (3), який з одного боку має конусний хвостовик, а з іншого – виконаний на квадрат для утримування його в процесі виконання робіт рукояткою (9).

Гвинт (3) вставляється в корпус пристосування, що має нижню і верхню частини, – основні елементи гвинтової пари пристрою. [6, 12]

Нижня частина корпусу має конусне закінчення під кутом 60° восьмисекторним зацепом з виступаючим буртом і всередині пола (пуста). Верхня частина корпусу (4) являє собою втулку з внутрішньою різьбою для гайки (5).

Додатковими деталями пристосування є проміжна втулка (6), шайба нажимна (7) та гайка (8).

У процесі з'ясування маточини на вал редуктора спочатку в вал (1) потім в неї гвинт (3), за ним нагвинчується на нього внутрішня гайка (5) і вона вкручується по різьбі в верхню частину корпусу (4).

Надтий на гвинт (3) вороток (9) при прокручуванні (закручуванні рукояткою) своєю конусною частиною розводить конусне цангове закінчення нижньої частини корпусу (1). При цьому буртик виходить за межі отвору вала колісного редуктора і утримується на ньому.

Маточина підставляється до вала редуктора, а до маточини притискається проміжна втулка (6) і шайба нажимна (7).

На гвинт поз. 3 накручується гайка (8), утримуючи гвинт (3) рукояткою (9), – таким чином напесовуємо через нажимну шайбу (7) і проміжну втулку (6) маточину на вал редуктора.

При напесовуванні витримуємо зазор 1,5...2 мм між корпусом і внутрішньою стінкою вала редуктора.

Використання даного пристрою значно покращує якісне виконання збірних робіт і знижує трудомісткість монтажних робіт.

3.2 Розрахунок незатягнутого різьбового з'єднання

В запропонованому пристосуванні для напресовування маточини трактора Т-150К на вал колісного редуктора має місце використання механізму різьбового з'єднання.

Робочий гвинт поз. 3 спочатку розводить своєю конусною частиною цангове закінчення нижньої частини корпусу (1) і захоплюється розведеною цангою з виступаючим буртиком за вал колісного редуктора.

При наступній дії пристосування здійснюється запресовування маточини через проміжну втулку (6) на вал колісного редуктора.

Стрижень робочого гвинта навантажується при прикладанні зовнішньої сили і зазнає розтягу при напресовуванні маточини.

Здійснюємо розрахунок у визначенні діаметру нарізної частини гвинта і внутрішньої гайки (5).

Розрахунок виконуємо на основі наступних припущень: навантаження діє суворо по осі різьбового з'єднання; напруження розподіляється по осі поперечного перерізу рівномірно.

Небезпечним в різьбовому з'єднанні є поперечний переріз нарізної частини з діаметром, рівним внутрішньому діаметру різьби d .

Умова міцності для цього випадку визначається за формулою:

$$\sigma_p = \frac{4Q}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.1)$$

де $Q=5000\text{Н}$ - осьове навантаження від зусилля напресовування маточини, Н;

$d_1=25\text{ мм}$ - внутрішній діаметр різьби М27х2-6g;

$[\sigma_p]=66\text{МПа}$ - допустиме напруження на розтяг для сталі 55.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 5000}{3,14 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2} = 10,2\text{МПа}.$$

Умова (3.1) виконується, оскільки $\sigma_p = 10,2\text{МПа} < 66\text{МПа}$.

З формули (3.1) визначаємо внутрішній діаметр різьби :

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5000}{3,14 \cdot 66}} = 22,3 \text{ мм.} \quad (3.2)$$

По отриманому значенню d_1 приймаємо стандартний діаметр різьби, що відповідає різьбі М27х2-зг з внутрішнім діаметром $d_1=24$ мм, з кроком різьби $P = 3$ мм.

3.3 Силові відношення в гвинтовій парі

Визначаємо момент M_p , необхідний для напресовування ступиці на вал колісного редуктора трактора Т-150К і коефіцієнт корисної дії η гвинтової пари з трикутною різьбою, що має широке застосування в різних видах пристроїв для знімання чи напресовування деталей машин. [6, 19]

В нашому випадку гвинт вкручується в гайку і піддається дії осової сили Q . Розподіливши рівномірно навантаження за допомогою проміжної втулки (6) пристосування в одній точці на поверхні різьби можна визначити момент відносно осі гвинта.

Прикладений момент визначаємо за формулою :

$$M_p = Q \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho'), \quad (3.3)$$

де ρ' – приведений кут тертя для гострокутної різьби :

$$\rho' = \arctg f' = \arctg \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} > \rho, \quad (3.4)$$

$$\rho' = \arctg \frac{0,2}{\cos \frac{60}{2}} = \arctg 0,2309 = 13^\circ,$$

α – кут профіля різьби, $\alpha = 60^\circ$;

λ – кут підйому гвинтової лінії, $\lambda = 45^\circ - \frac{\rho'}{2} = 45 - \frac{13}{2} = 38,5^\circ$;

f – коефіцієнт тертя в гвинтовій парі, $f = 0,15 \dots 0,2$, для чавунних і сталевих поверхонь без змащування.

$$M_p = 5000 \frac{27}{2} \operatorname{tg}(38,5^\circ + 13^\circ) = 67500 \cdot 1,2572 = 85 \text{ Нм.}$$

Коефіцієнт корисної дії η гвинтової пари при тиску проміжної втулки (6) на ступицю для гострокутної різьби визначаємо за формулою :

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho')} = \frac{\operatorname{tg} 38,5^\circ}{\operatorname{tg}(38,5^\circ + 13^\circ)} = 0,63. \quad (3.6)$$

					КРБ.133ГМбд_32[2].06.00.00.000 ПЗ	35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Гвинтовий механізм має низький ККД, як результат великих втрат на тертя, але перевагою є простота і великий вигрaш в силі.

Гвинтові передачі виходять з ладу в результаті спрацювання ковзаючих поверхонь витків гвинта-гайки під навантаженням.

Для забезпечення нормального терміну строку дії гвинтової пари тиск на поверхнях витків не повинен перевищувати допустимого, який визначаємо за формулою :

$$p = \frac{4Q}{\pi(d^2 - d_1^2)z} \leq [p], \quad (3.7)$$

де $\frac{\pi}{4}(d^2 - d_1^2)$ - кільцева робоча поверхня одного витка;

$d = 27$ мм - зовнішній діаметр різьби;

$d_1 = 24$ мм - внутрішній діаметр різьби;

z - число витків гайки; визначаємо за формулою:

$$z \geq \frac{4Q}{\pi(d^2 - d_1^2)[p]}, \quad (3.8)$$

де Q – осьова сила,

$[p] = 6...10$ МПа - допустимий тиск в різьбі для пари з чавуну, сталі;

$$z \geq \frac{4 \cdot 5000}{3,14(27^2 - 24^2)} = \frac{20000}{4804,2} = 4,2 \text{ витків.}$$

$$p = \frac{4 \cdot 5000}{3,14[(27 \cdot 10^{-3})^2 - (24 \cdot 10^{-3})^2]4,2} = 9,9 \text{ МПа.}$$

Умова (3.10) виконується, оскільки $p = 9,9 \text{ МПа} < 10 \text{ МПа}$. Нормативний термін дії строку дії передачі досягається.

3.4 Розрахунок на міцність гвинтової передачі

Тіло гвинта підлягає одночасній дії стиску (розтягу) осьовою силою Q і скручуванню моментом M_o , визначених по формулах раніше.

Розрахунок на міцність проводимо по розрахунковому зусиллі за формулою :

$$Q_{\text{розр.}} = \beta \cdot Q = 1,3 \cdot 5000 = 7500 \text{ Н,} \quad (3.9)$$

де β - коефіцієнт, що враховує одночасну дію скручування, $\beta = 1,25...1,3$.

Визначаємо внутрішній діаметр різьби d_1 за формулою :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\beta \cdot Q_{розп}}{\pi[\sigma_{cm}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 7500}{3,14 \cdot 18}} = 26,2 \text{ мм}, \quad (3.10)$$

де $[\sigma_{cm}] = 18 \text{ МПа}$ - допустима міцність різьбового з'єднання на стиск для сталі 55.

По отриманому значенню d_1 приймаємо стандартний діаметр різьби для гвинтової передачі M27x2-6g, у якої з кроком $p=3 \text{ мм}$ внутрішній діаметр різьби становить $d_1 = 24 \text{ мм}$.

Гайку розраховуємо на розтяг по кільцевому поперечному перерізу за формулою:

$$\sigma_p = \frac{\beta \cdot Q}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)} \leq [\sigma_p], \quad (3.14)$$

де D - зовнішній діаметр гайки, $D = 45,2 \text{ мм}$;

d_1 - внутрішній діаметр гайки, $d = 24 \text{ мм}$;

$[\sigma_p] = 66 \text{ МПа}$ - допустиме напруження при розтягу для сталі 55;

$$\sigma_p = \frac{1,3 \cdot 7500}{\frac{\pi}{4}[(45,2 \cdot 10^{-3})^2 - (24 \cdot 10^{-3})^2]} = 8,5 \text{ МПа}.$$

Умова (3.14) виконується, оскільки $\sigma_p = 8,5 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 66 \text{ МПа}$.

3.5 Технологія виготовлення і монтаж розробленої конструкції

Конструктивно пристрій для напресовування маточини на вал колісного редуктора трактора Т-150К являє собою в зібраному вигляді трьохгвинтовий знімально – напресовувальний механізм, перевага якого полягає у виграші в силі, що прикладається. Саме завдяки цьому «механізоване» дану операцію при виконанні технічного обслуговування та ремонту маточини, а також ми отримуємо якісну посадку суміжних деталей трактора і не пошкоджуємо при цьому шліцьове з'єднання, яке відбувається при насаджуванні молотком. [5, 13]

Деталі для пристрою виготовляються на токарному верстаті 1К62, який є в наявності в майстерні господарств. Для точіння деталей використовуємо сортамент круглого матеріалу. Для основних деталей, - верхня і нижня частини корпусу, застосовуємо діаметр круглої сталі 45 ГОСТ 2590-88 на 80 мм. Відрізаємо на токарному верстаті заготовки довжиною 110 і 150 мм, які потім

проточуємо прохідним різцем ІК-3 чи Т15К6 з твердосплавною напайкою, затискуючи їх по черзі в патроні токарного верстату.

Далі здійснюємо операцію свердління свердлом Ø40 мм. Для верхньої частини корпусу наскрізно, а для нижньої – на довжину 108 мм. Внутрішні поверхні деталей доводимо до розмірів по деталювальних кресленнях з використанням розточного різця, який затискаємо в поворотну головку різцетримача супорта токарного верстата.

Допуски $\pm \frac{IT_{14}}{2}$ на виготовлення неважливих деталей дозволяють отримати дані деталі в умовах ремонтної майстерні на обладнанні, яке вже має тривалий строк експлуатації.

В верхній частині корпусу розточуємо розгуб діаметром Ø60 мм і довжиною 22 мм, в якій потім на фрезерному верстаті з ділильною головкою через 90° фрезеруємо 4 отвори Ø10 мм.

Заготовку для нижньої частини корпусу розточуємо в розмір під кутом 30°, одержуючи конусну частину, а потім на фрезерному верстаті з ділильною головкою прорізаємо її фрезою товщиною 5 мм, міняючи положення заготовки під кутом 45° і отримуємо сектори для цангового зачепу деталі. Дану частину деталі потім закалюємо в масляній ванні, отримуючи твердість HRC 50...60. Перед цим знімаємо гострі кромки на деталях радіусом R=0,5 мм.

Основний робочий елемент пристрою – гвинт виготовляємо з круглої прокатної сталі Ø56 мм ГОСТ 259088. Відрізаємо з прутка заготовку довжиною 420 мм. Затискаємо її в патроні і проточуємо на розмір діаметром Ø27_{-0,02} мм для отримання потім різьби М27х2-6g мм на довжині 270 мм. Спочатку міняємо положення заготовки (перевертаємо на 180°) в патроні верстата; проточуємо конусне закінчення гвинта під кутом 35°. Конусну частину проточуємо від діаметра Ø54 мм. На фрезерному верстаті затискаємо в лещатах на його столі заготовку гвинта і фрезеруємо хвостовик для отримання квадрату під рукоятку головкою розміром на 22 мм. Потім, вже на токарному верстаті, нарізаємо різьбу гвинта М27х2-6g. Конусну частину гвинта закалюємо в масляній ванні HRC 50...60.

Гайку нажимну та рукоятку виготовляємо з використанням ручного електродугового зварювання ГОСТ 5264-80. Після неї обстукуванням молотком на швах знімаємо окисну і перевіряємо якість зварювальних робіт.

Для деталі гайка спеціальна використовуємо стандартну гайку M27x2 і приварюємо її до виготовленої шайби Ø70 мм товщиною 6 мм на токарному верстаті з прокатного круглого матеріалу Ø70 мм ГОСТ 2590-88.

Для рукоятки використовуємо теж прокатний круглий матеріал Ø70 і Ø20 мм ГОСТ 2590-88. В головці рукоятки фрезеруємо квадратний отвір з стороною 22 мм під хвостовик гвинта.

Гайку внутрішню пристрою виготовляємо також на токарному верстаті з заготовки діаметром Ø56 мм і довжиною 50 мм з прокату круглого Ø56 мм ГОСТ 2590-88. Проточуємо і отримуємо спочатку зовнішню різьбу M56, а потім свердлимо отвір в заготовці Ø20 мм і розточуємо під розмір різьби внутрішньої M27x2-6H. Нарізаємо різьбу і потім відрізним різцем в розмір на довжині 26 мм згідно робочого креслення на деталь відрізаємо від заготовки готову деталь.

Шайбу нажимну отримуємо з заготовки, відрізаної на круглопилочному верстаті ЦА-2 від прокату круглого матеріалу Ø190 мм ГОСТ 2590-88, шириною 25 мм. Заготовку торцюємо на токарному верстаті з обох сторін в розмір, товщиною для деталі 18 мм. Свердлимо отвір Ø40 мм і отримуємо деталь нажимної шайби. Знімаємо гострі кромки радіусом R=0,5 мм.

Проміжну втулку отримуємо з прокатного трубного матеріалу Ø159 мм ГОСТ 10704-90, відрізавши її частину, довжиною 135 мм на верстаті ЦА-2 і притупивши гострі кромки напильком на деталі радіусом R0,5 мм.

Після виготовлення даних деталей в робочому стані, пристрій має вигляд згідно складального креслення, приведеного на аркуші А1 лист 3.

В процесі роботи гвинт викручують і встановлюють у внутрішню порожнину вала редуктора, утримуючи корпус металевим прутком, встановленим в стопорний отвір Ø10 мм.

Обертаючи гвинт за рукоятку, розжимаємо сектори нижньої частини корпусу конусом гвинта. Сектори виходять за межі корпусу і захвачують вал за торець. Потім на вал надівають маточину трактора, втулку (6), шайбу (7) і гайку (8). Притримуючи гвинт за рукоятку (9) і нагвинчуючи спеціальну гайку (8), напресовують маточину трактора

Витримуємо зазор між корпусом і внутрішньою стінкою вала 1,5...2 мм

Висновок.

У конструкторському розділі розроблено конструкцію спеціального пристрою для напресовування маточини колісного редуктора трактора Т-150К, який призначений для підвищення якості виконання складальних робіт та зниження їх трудомісткості. Запропонований пристрій забезпечує точне центрування деталей під час монтажу, виключає перекоси маточини та зменшує ризик пошкодження шліцевих з'єднань.

Виконано опис будови та принципу роботи пристрою, обґрунтовано вибір його конструктивної схеми, а також проведено необхідні інженерні розрахунки основних елементів. Результати розрахунків підтвердили достатню міцність і працездатність різбового з'єднання, силового гвинта та інших деталей пристрою за умов експлуатаційних навантажень.

Запропонована конструкція є простою у виготовленні, не потребує складного обладнання для використання та може бути впроваджена в ремонтних майстернях і сервісних центрах агропромислового комплексу. Використання пристрою дозволить підвищити продуктивність ремонтно-складальних робіт, покращити якість монтажу маточин колісних редукторів та скоротити витрати праці під час ремонту тракторів серії Т-150К.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Економічна ефективність конструкторської розробки визначається шляхом порівняння витрат на виконання ремонтної операції до та після впровадження пристрою. Використання спеціального пристрою дає змогу зменшити трудомісткість напесовування мігочини колісного редуктора, підвищити якість складання та знизити ризик пошкодження деталей.

У сучасних умовах ремонтних підприємств особливого значення набуває скорочення простоїв техніки та зниження трудових витрат на виконання ремонтних робіт. Тому впровадження спеціалізованих пристроїв є одним із найбільш ефективних шляхів підвищення продуктивності ремонтного виробництва [4, 20]

Визначення вартості виготовлення пристрою

Витрати на виготовлення пристрою визначаються за формулою

$$C_v = C_m + C_{од} + C_{пд} + C_{зп} + C_{нв}, \quad (4.1)$$

де C_m – вартість матеріалів;

$C_{од}$ – витрати на виготовлення оригінальних деталей;

$C_{пд}$ – вартість покупних деталей;

$C_{зп}$ – заробітна плата праці

$C_{нв}$ – накладні витрати

Для виготовлення конструкції використовуються сталь Ст3, сталь 45, кріпильні вироби та стандартні комплектуючі.

Таблиця 4.1 – Витрати на матеріали

Найменування	Маса, кг	Ціна, грн	Вартість, грн
Сталь Ст3	24	55	1320
Кріпильні вироби	-	-	310
Сталь 45	18	65	1170
Інші матеріали	-	-	250
Разом			305

Вартість виготовлення оригінальних деталей приймається на рівні 4200 грн, а вартість покупних деталей – 1500 грн.

Повна заробітна плата працівників, зайнятих виготовленням і складанням конструкції, становить 2300 грн.

Загальновиробничі накладні витрати приймаємо в розмірі 80 % від основної заробітної плати:

$$C_{\text{вв}} = 2300 \cdot 0,8 = 1840 \text{ грн.}$$

Тоді загальна вартість виготовлення пристрою становитиме:

$$C_{\text{в}} = 3050 + 4200 + 1500 + 2300 + 1840 = 12890 \text{ грн.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо $C_{\text{в}} = 13000$ грн.

Визначення економії від впровадження пристрою

У ремонтних майстернях надресовування маточини часто виконується за допомогою молотка або універсального преса. Такий спосіб потребує значних затрат часу та не забезпечує належної точності складання.

Трудомісткість операції до впровадження пристрою: $t_1 = 9,0$ год.

Після впровадження пристрою: $t_2 = 0,4$ год.

Годинна ставка ремонтного працівника у 2025–2026 роках приймаємо:

$$C_{\text{г}} = 180 \text{ грн/год.}$$

Собівартість виконання однієї операції до впровадження:

$$C_1 = (9 \cdot 180 \cdot 1,03) + 45 + 367 = 2080 \text{ грн.}$$

Собівартість виконання однієї операції після впровадження:

$$C_2 = (0,4 \cdot 180 \cdot 1,03) + 8 + 16 = 98 \text{ грн.}$$

Економія на одній операції:

$$E_1 = C_1 - C_2 = 2080 - 98 = 1982 \text{ грн.}$$

					КРБ.133ГМбд_32[2].06.00.00.000 ПЗ	42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Річна програма ремонту колісних редукторів становить: $N=13$ шт.

Річна економія:

$$E_r = E_1 \cdot N = 1982 \cdot 13 = 25766 \text{ грн.}$$

Визначення строку окупності

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = 25766 / 13000 = 1,98.$$

Термін окупності:

$$T = 13000 / 25766 = 0,5 \text{ року.}$$

Отримане значення свідчить про те, що витрати на виготовлення пристроїв повернуться приблизно за шість місяців його експлуатації.

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники

Показник	Значення
Вартість виготовлення пристрою, грн	13000
Трудомісткість операції до впровадження, год	9,0
Трудомісткість операції після впровадження, год	2,4
Скорочення трудомісткості, %	95,6
Річна програма ремонтів, шт	13
Річна економія, грн	25766
Коефіцієнт економічної ефективності	1,98
Термін окупності, років	0,5

Проведені розрахунки показали, що впровадження пристрою для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К є економічно доцільним. Використання розробленої конструкції дозволяє скоротити трудомісткість виконання операції на 95,6 %, підвищити якість складальних робіт та зменшити ймовірність пошкодження деталей. При капітальних витратах 13 тис. грн річний економічний ефект становить 25,8 тис. грн, а строк окупності не перевищує 0,5 року, що підтверджує високу ефективність запропонованої розробки.

4.2 Охорона праці

Під час ремонту колісних редукторів тракторів серії Т-150К виконуються операції монтажу та демонтажу деталей із нагрітом. Традиційно напресовування маточини здійснюється за допомогою ударного інструменту або універсального пресового обладнання. Такі методи супроводжуються підвищеним ризиком травмування працівника через можливе зісковзування інструменту, відлітання металевих частинок, перекіс деталей та значні фізичні навантаження.

Аналіз виробничих ризиків показує, що найбільшу небезпеку становлять механічні фактори, пов'язані з передачею значних осьових зусиль. Крім того, існує ймовірність пошкодження шліцьових поверхонь вала та маточини, що може призвести до аварійної роботи вузла після складання.

Підвищення безпеки праці за рахунок конструкції розробленого пристрою.

Однією з головних переваг розробленого пристрою є усунення ударного способу монтажу маточини. Напресовування здійснюється за допомогою гвинтового механізму, що забезпечує плавне прикладання зусилля та контрольований процес посадки деталі.

У результаті використання пристрою досягаються такі переваги: зменшення фізичного навантаження на працівника, виключення ударних навантажень, забезпечення співвісності деталей, підвищення точності складання, зниження ймовірності виробничого, скорочення часу виконання ремонтної операції.

Таким чином, розроблений пристрій виконує не лише технологічну, а й захисну функцію.

Ергономічна оцінка робочого місця.

Ефективність роботи слюсаря значною мірою залежить від організації робочого місця. Для виконання операції напресовування рекомендується встановлювати пристрій на верстаку висотою 850–900 мм, що відповідає антропометричним параметрам працівника та забезпечує зручну робочу позу.

Зона обслуговування повинна мати достатню площу для розміщення деталей редуктора, інструменту та допоміжного обладнання. Організація робочого місця повинна виключати необхідність виконання зайвих рухів і переміщення важких деталей вручну.

Для переміщення маточин і валів масою понад 20 кг рекомендується використовувати підйомно-транспортні засоби або спеціальні візки.

Оцінка професійних ризиків.

Рівень ризику при виконанні операції оцінюється за ймовірністю виникнення небезпечної події та тяжкістю її наслідків.

Таблиця 4.1 – Оцінка ризиків при виконанні операції

Небезпечний фактор	Ймовірність	Наслідки	Рівень ризику
Падіння маточини	Середня	Травма кінцівок	Середній
Перебіс деталі	Висока	Потурбовування	Високий
Удар молотком по руках	Висока	Забій	Високий
Руйнування інструменту	Низька	Травма очей	Середній

Використання розробленого пристрою дозволяє знизити більшість ризиків до мінімального рівня.

Заходи щодо забезпечення безпечної роботи

Для безпечної експлуатації пристрою необхідно:

- проводити періодичний огляд різбових елементів;
- контролювати стан упорів та напрямних;
- не перевищувати розрахункове зусилля напесовування;
- використовувати захисні рукавиці та окуляри;
- не допускати роботи з несправними деталями пристрою;
- регулярно проводити інструктажі працівників.

Аналіз умов праці показав, що найбільша небезпека під час ремонту колісних редукторів пов'язана з операцією напесовування маточини.

Запропонований пристрій дозволяє усунути ударний спосіб монтажу, забезпечити контрольоване прикладання зусилля та підвищити безпеку працівника. Впровадження конструкції сприяє зниженню виробничого травматизму, покращенню умов праці та підвищенню якості ремонтних робіт. [3, 18]

4.3 Охорона навколишнього середовища

Вплив ремонтного виробництва на навколишнє середовище.

Сільськогосподарська техніка є важливою складовою сучасного агропромислового виробництва, проте її експлуатація та ремонт супроводжуються певним негативним впливом на навколишнє середовище. Основними джерелами забруднення під час виконання ремонтних робіт є відпрацьовані мастильні матеріали, технічні рідини, металеві відходи, забруднене танчір'я, а також викиди пилу та шуму.

Під час ремонту колісних редукторів тракторів серії Т-150К виконуються операції розбирання, очищення, дефектування та складання деталей. У процесі виконання цих робіт утворюються відходи металу, залишки мастил, промивних рідин та інші виробничі відходи, які потребують належного збирання й утилізації.

Особливу небезпеку для навколишнього середовища становлять нафтопродукти. потрапляння навіть незначної кількості мастила в ґрунт або водойми призводить до погіршення екологічного стану та порушення природних процесів. [18, 3]

Екологічні переваги розробленого пристрою

Запропонований пристрій для напресовування маточини колісного редуктора дозволяє виконувати складальну операцію без застосування ударного способу монтажу та без використання додаткового нагрівання деталей.

На відміну від традиційних методів складання, розроблена конструкція забезпечує зменшення ймовірності пошкодження деталей редуктора,

скорочення кількості вибракованих елементів, зниження витрат металу на виготовлення запасних частин, скорочення тривалості ремонту, підвищення ресурсу відремонтованого вузла, зменшення споживання енергії під час виконання ремонтних робіт.

Завдяки більш точному напресовуванню маточини забезпечується якісніше складання редуктора, що сприяє збільшенню міжремонтного ресурсу агрегату та скороченню витрат матеріальних ресурсів.

Поводження з виробничими відходами.

Під час ремонту гоісних редукторів утворюються такі види відходів: відпрацьовані мастильні матеріали, металевий брухт, зношені підшипники, пошкоджені ущільнення, забруднені обтиральні матеріали, відпрацьовані мийні розчини.

Відпрацьовані мастила необхідно зократи у герметичні металеві ємності та передавати спеціалізованим підприємствам для регенерації або утилізації. Металеві відходи підлягають сортуванню та здаються як вторинна сировина.

Заборається зливати мастила та технічні рідини на територію підприємства, у каналізацію або природні водойми.

Заходи щодо зменшення негативного впливу на довкілля

Для зниження екологічного навантаження під час ремонтних робіт необхідно:

- впроваджувати ресурсозберігаючі технології ремонту;
- використовувати багаторазові піддони для збору технічних рідин;
- своєчасно усувати витoki мастил;
- організовувати роздільне збирання відходів;
- забезпечувати повторне використання металобрухту;
- застосовувати енергоощадне освітлення ремонтної майстерні;
- контролювати технічний стан вентиляційних систем.

Важливим напрямком природоохоронної діяльності є підвищення якості ремонту техніки. Надійно відремонтований редуктор має більший ресурс роботи,

що сприяє зменшенню споживання запасних частин, металу та енергетичних ресурсів.

Оцінка ресурсозбереження від впровадження розробки.

Застосування пристрою забезпечує скорочення трудомісткості ремонтної операції та підвищення точності складання. Це дозволяє зменшити кількість повторних ремонтів і пов'язаних із ними матеріальних витрат.

За умови виконання 13 ремонтів на рік та зменшення втрат металу і комплектуючих навіть на 5–7 % досягається економія ресурсів, що позитивно впливає не лише на економічні показники підприємства, а й на стан навколишнього середовища. [18, 20]

Таким чином, запропонована конструкція відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження та раціонального використання матеріальних ресурсів.

Отже, у процесі ремонту колісних редукторів тракторів серії Т-150К основними джерелами негативного впливу на довкілля є відпрацьовані мастильні матеріали, металеві відходи та допоміжні технологічні матеріали. Використання розробленого пристрою для напресовування маточини сприяє підвищенню якості ремонтних робіт, скороченню кількості пошкоджених деталей та зменшенню споживання матеріальних і енергетичних ресурсів. Запропоновані природосхоронні заходи забезпечують екологічно безпечне виконання ремонтних робіт та відповідають принципам сталого розвитку і ресурсозбереження.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено пристрій для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К, застосування якого дозволить підвищити ефективність виконання ремонтно-складальних робіт та покращити якість монтажу деталей.

Запропонована конструкція забезпечує плавне створення необхідного зусилля напресовування, надійне центрування маточини відносно вала та виключає необхідність використання ударного інструменту. Це сприяє зменшенню ризику пошкодження шліцевих з'єднань, підвищенню точності складання та збільшенню ресурсу роботи колісного редуктора після ремонту.

При розробці конструкції враховано умови експлуатації та ремонту тракторів Т-150К, що дозволило створити простий, надійний і технологічний пристрій, придатний для виготовлення в умовах ремонтної майстерні із застосуванням стандартного обладнання та доступних матеріалів. Проведені розрахунки підтвердили достатню міцність і працездатність основних елементів конструкції при сприйнятті робочих навантажень.

Використання пристрою дозволяє значно скоротити трудомісткість виконання операції напресовування маточини, зменшити витрати робочого часу та підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу. Економічна оцінка показала доцільність впровадження розробки, оскільки отриманий економічний ефект перевищує витрати на виготовлення пристрою, а термін його окупності є незначним.

Застосування розробленого пристрою також сприяє покращенню умов праці працівників завдяки зменшенню фізичних навантажень та підвищенню безпеки виконання ремонтних операцій. Підвищення якості ремонту дозволяє зменшити кількість повторних ремонтів, раціональніше використовувати матеріальні ресурси та скоротити утворення виробничих відходів.

Отже, розроблений пристрій для напресовування маточини колісного редуктора тракторів серії Т-150К є технічно обґрунтованим, економічно ефективним та практично цінним рішенням, яке може бути рекомендоване для використання на ремонтно-обслуговуючих підприємствах агропромислового комплексу.

					КРБ.133ГМбд_32[2]_06.00.00.000 ПЗ	49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабій А. Е., Гуменюк О. М. Технічне обслуговування та ремонт сільськогосподарських машин : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2021. 268 с.
2. Boichenko S., Kovtan D., Yakovlieva A. Technological aspects of maintenance and repair of agricultural machinery transmission units. Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science. 2022. Vol. 8 No. 1. P. 45–54.
3. Войналович О. В., Іванюта В. Б. Охорона праці в галузі : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2020. 292 с.
4. Голуб Г. А., Марченко В. М. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. Київ : НУБіП України, 2020. 234 с.
5. Горобець В. Г., Трофімов І. Л., Сало Б. М. Ремонт і технічне обслуговування тракторів : підручник. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. 412 с.
6. Гуков Я. С. Гвинтові механізми підйомно-пресового обладнання: конструкція та розрахунок. Технічна інженерія. 2023. № 1 (91). С. 48–57.
7. ДСТУ 2651:2005. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.
8. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Київ: Держспоживстандарт України, 2002.
9. ДСТУ 8540:2015. Прокат сорговий і фасонний зі сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови. Київ. Держспоживстандарт України, 2015.
10. ДСТУ EN ISO 6411:2018 Кресленики технічні. Спрощене подання центральних отворів (EN ISO 6411:1997, IDT; ISO 6411:1982, IDT)
11. ДСТУ EN ISO 9692-2:2014 Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 2. Дугове зварювання сталей під флюсом (EN ISO 9692-2:1998 + EN ISO 9692-2:1998/AC:1999, IDT)
12. Іванченко Ф. К., Назаренко І. І., Туриця Ю. С. Деталі машин і основи конструювання : підручник. 3-тє вид. Київ : Вища школа, 2020. 520 с.
13. Кириченко І. Г., Чумак В. А. Дослідження зусиль на пресування деталей із посадкою з натягом у вузлах трансмісій тракторів. Machinery & Energetics. 2023. Vol. 14, No. 2. P. 72–80.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 06.00.00.000 ПЗ	50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

14. Klymenko M., Bondarenko A., Titova L. Stress-strain state analysis of press-fit joints in agricultural machinery wheel reducers. *Acta Technologica Agriculturae*. 2022. Vol. 25, No. 3. P. 105–112.

15. Козаченко О. В. Технологія виготовлення деталей машин : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2021. 198 с.

16. Кравченко В. А., Мороз С. М. Ремонт трансмісій колісних тракторів серії Т-150К: особливості та сучасні підходи. *Вісник ХНТУСГ*. 2023. Вип. 243. С. 35–44.

17. Ліщинська Л. Б., Пилипенко О. І. Основи технології машинобудування: підручник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 296 с.

18. Лімаренко О. М., Кравченко М. В. Охорона навколишнього середовища на виробничих підприємствах : навч. посіб. Кривий Ріг : КНУ, 2022. 188 с.

19. Михайлов О. В., Кулик Т. І. Методика розрахунку пристроїв для запресовування та випресовування з'єднань із гарантованим натягом. *Науковий вісник НУБіП України*. 2022. Вип. 319. С. 98–107.

20. Науменко О. А. Організація ремонту техніки в агропромислових підприємствах : монографія. Полтава : ПДАА, 2021. 178 с.

21. Nikitin O., Hrytsenko M., Shapoval O. Design of special-purpose fixtures for tractor axle hub assembly operations. *International Journal of Agricultural Engineering*. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 23–31.

22. Олійник О. О., Головань Ю. Б. Технологічне обладнання для ремонту тракторів і автомобілів : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2022. 236 с.

23. Петренко М. М., Демиденко А. І. Аналіз причин відмов вузлів колісних редукторів тракторів серії Т-150К та заходи щодо підвищення їх надійності. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2022. № 27. С. 60–68.

24. Сало В. М., Лузан П. Г., Богатирьов Д. В. Технологія ремонту сільськогосподарської техніки : підручник. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. 448 с.

25. Stetsenko V., Bondarenko S., Khomych H. Experimental study of screw mechanism efficiency in agricultural machinery maintenance devices. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2022. Vol. 10, No. 2. P. 138–147.

ДОДАТКИ

					КРБ.133ГМбд_32[2].06.00.00.000 ПЗ	52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



