

**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: «Проектування пристрою для складально-розбиральних робіт  
гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К»

КРБ.133ГМбд\_41.19.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 *«Галузеве  
машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_41  
СКРИПАЛЬ Роман

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**

***Роман СКРИПАЛЬ***

1 Тема роботи: *«Проектування пристрою для складально-розбиральних робіт гідроакумулятора коробки переключення передач трактора 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 \_\_\_\_\_  
(підпис)

Роман СКРИПАЛЬ

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Олександра БІЛОВОД

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 6 рисунків, 13 таблиць, 26 використаних джерел, 1 додаток, 50 сторінок.

**Об'єкт розробки** – процес виконання складально-розбіральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К.

**Об'єкт розробки** – конструкція пристрою для складально-розбіральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К.

**Постановка актуальної технічної задачі** – підвищення безпеки та ефективності виконання складально-розбіральних операцій гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора Т-150К шляхом розробки спеціального пристрою, який забезпечує надійну фіксацію вузла, контрольоване стискання пружин та зниження трудомісткості ремонтних робіт.

**Мета кваліфікаційної роботи** – проектування пристрою для складально-розбіральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К.

**Практичне значення кваліфікаційної роботи** полягає у розробленні конструкторської документації на пристрій для безпечного та ефективного виконання операцій складання і розбирання гідроаккумулятора, який може бути використаний у ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств та сервісних центрах.

У **загальному розділі** проведено аналіз конструкції коробки переключення передач трактора Т-150К та гідроаккумулятора. Виконано аналіз існуючих пристроїв для складально-розбіральних робіт та обґрунтовано необхідність розробки спеціального пристосування.

У **технологічному розділі** виконано аналіз технологічності деталі пристрою, обґрунтовано вибір матеріалу заготовки, розроблено технологічний процес виготовлення деталі, визначено способи базування, режими обробки та маршрут виготовлення.

У **конструкторському розділі** запропоновано конструкцію пристрою для складально-розбіральних робіт гідроаккумулятора, виконано необхідні інженерні розрахунки, обґрунтовано конструктивні параметри та розроблено комплект конструкторської документації.

У **розділах економіки, охорони праці та охорони навколишнього середовища** визначено економічну ефективність впровадження розробки,

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		4

розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці та зменшення негативного впливу на довкілля.

**Практичні результати роботи** – розроблено конструкцію пристрою для складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора Т-150К, яка забезпечує підвищення безпеки виконання ремонтних операцій, скорочення часу ремонту та зменшення трудомісткості робіт.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** – результати можуть бути використані на ремонтно-обслуговуючих підприємствах агропромислового комплексу, у сервісних центрах та навчальних лабораторіях технічного профілю.

**Сфера застосування результатів роботи** – ремонтне виробництво, технічне обслуговування тракторної техніки, підприємства агропромислового комплексу, сервісні центри.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу iCheckPlagiarism: унікальність 98,68 %.

#### АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню пристрою для складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К. Запропонована конструкція забезпечує безпечне стискання пружин гідроаккумулятора під час розбирання та складання вузла, підвищує зручність виконання ремонтних операцій, зменшує їх трудомісткість і скорочує тривалість ремонту.

**ГІДРОАКУМУЛЯТОР, КОРОБКА ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ ПЕРЕДАЧ, ТРАКТОР Т-150К, ПРИСТІЙ, РЕМОНТ, СКЛАДАЛЬНО-РОЗБИРАЛЬНІ РОБОТИ, ПРУЖИНА, ГВИНТОВИЙ МЕХАНІЗМ.**

#### ANNOTATION

The qualification work is devoted to the design of a device for assembly and disassembly of the hydraulic accumulator of the gearbox of the T-150K tractor series.

The proposed design ensures safe compression of the hydraulic accumulator springs during disassembly and assembly of the unit, increases the convenience of performing repair operations, reduces their labor intensity and shortens the duration of repairs.

**HYDRAULIC ACCUMULATOR, GEARBOX, T-150K TRACTOR, DEVICE, REPAIR, ASSEMBLY AND DISASSEMBLY WORK, SPRING, SCREW MECHANISM.**

					КРБ.133ГМ67_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		5

## ЗМІСТ

ВСТУП . . . . .	6
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ . . . . .	8
1.1 Значення технічного обслуговування і ремонту тракторної техніки . . . . .	9
1.2 Аналіз конструкції трактора Т-150К та його трансмісії . . . . .	9
1.3 Аналіз існуючих пристроїв для складально-розбиральних робіт . . . . .	14
1.3 Обґрунтування напрямку розробки . . . . .	15
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .	17
2.1 Аналіз технологічності деталі . . . . .	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі . . . . .	20
2.3 Обробка поверхонь деталі . . . . .	22
2.4 Розробка схем базування деталі . . . . .	25
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі . . . . .	27
2.6 Визначення допусків на обробку та операційних розмірів . . . . .	31
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ . . . . .	35
3.1 Опис та будова пристрою . . . . .	35
3.2 Конструктивні розрахунки . . . . .	36
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА . . . . .	42
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки . . . . .	42
4.2 Охорона праці . . . . .	45
4.3 Охорона навколишнього середовища . . . . .	48
ВИСНОВКИ . . . . .	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ . . . . .	51
ДОДАТКИ . . . . .	55

					КРБ.133ГМбд_41.19.00.00.000 ПЗ			
<b>Змн</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Проектування пристрою для складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки передач трактора Т-150К	<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Розробив		Скрипаль Р.І.						50
Перевінив		Біловод О.І.				ПДАУ, каф. МЕІ		
Н. Контр.		Біловод О.І.						
Керівник		Біловод О.І.						
Зав.кафедр		Попов С.В.						

## ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без використання потужної тракторної техніки. Одним із найбільш поширених тракторів, які тривалий час експлуатуються в агропромисловому комплексі України, є трактор серії Т-150К. Завдяки високим тяговим характеристикам, надійності та універсальності він широко застосовується під час виконання польових, транспортних і навантажувальних робіт.

Важливим вузлом трансмісії трактора є коробка переключення передач, від технічного стану якої значною мірою залежить продуктивність роботи машини. До складу гідравлічної системи керування коробкою передач входить гідроаккумулятор, який забезпечує стабілізацію тиску робочої рідини та плавність перемикання передач. У процесі експлуатації його деталі піддаються зношуванню, що потребує проведення технічного обслуговування та ремонту.

Особливістю ремонту гідроаккумулятора є необхідність виконання складально-розбиральних робіт, пов'язаних зі стисканням потужних пружин. Використання універсального інструменту або саморобних пристосувань часто не забезпечує необхідного рівня безпеки та потребує значних затрат часу. Це створює ризик травмування працівників і знижує ефективність ремонтних робіт.

У зв'язку з цим актуальним є проектування спеціального пристрою, який дозволить виконувати складально-розбиральні операції швидко, безпечно та з мінімальними трудовими витратами.

**Метою роботи** є проектування пристрою для складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К.

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

- провести аналіз конструкції коробки переключення передач та гідроаккумулятора трактора Т-150К;
- виконати аналіз існуючих пристроїв для складально-розбиральних робіт;

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

- обґрунтувати конструкцію проектованого пристрою;
- виконати необхідні конструкторські розрахунки;
- оцінити економічну ефективність розробки;
- розробити заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

**Об'єкт розробки** – процес виконання складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К.

**Предмет розробки** – конструкція пристрою для складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К.

**Практичне значення роботи** полягає у створенні пристрою, який дозволяє підвищити безпеку виконання ремонтних операцій, скоротити тривалість ремонту, зменшити трудомісткість робіт та покращити умови праці ремонтного персоналу.

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Значення технічного обслуговування і ремонту тракторної техніки

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без широкого застосування тракторів різних класів тяги. Від їх технічного стану залежить своєчасність виконання польових робіт, продуктивність машинно-тракторних агрегатів, економічні показники діяльності підприємств та якість виконання технологічних операцій. Одним з найважливіших умов забезпечення працездатності тракторів є якісне технічне обслуговування і ремонт їх вузлів та агрегатів.

У процесі експлуатації деталі та вузли тракторів зазнають значних механічних, динамічних і температурних навантажень. Внаслідок цього відбувається їх поступове зношування, зниження надійності та виникнення відмов. Особливого значення набуває ремонт агрегатів трансмісії, оскільки саме вони забезпечують передачу потужності від двигуна до рушіїв трактора.

Практика експлуатації показує, що значна частина несправностей тракторів пов'язана з вузлами коробки переключення передач. Відмова елементів коробки передач призводить до простоїв техніки, збільшення витрат на ремонт та зниження ефективності використання машинно-тракторного парку [4].

Тому удосконалення технологій ремонту коробок переключення передач та розробка спеціальних пристроїв для виконання ремонтних операцій є актуальним завданням сучасного машинобудування [3].

### 1.2 Аналіз конструкції трактора Т-150К та його трансмісії

Трактор Т-150К належить до класу універсально-просапних колісних тракторів підвищеної потужності. Машина широко застосовується у сільському господарстві для виконання енергоємних технологічних операцій: оранки, культивування, сівби, транспортування вантажів та інших робіт [20].

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

Основними перевагами трактора є висока прохідність, значна тягово-зчіпна здатність, простота конструкції, ремонтпридатність, універсальність застосування.

Трансмсія трактора складається з зчеплення, коробки переключення передач, карданних передач, головних передач, диференціалів, гідравлических передач.

Коробка переключення передач (КПП) трактора Т-150К призначена для зміни швидкості руху трактора, величини тягового зусилля на ведучих колесах та забезпечення роботи машини в різних умовах експлуатації. Від технічного стану коробки передач значною мірою залежить продуктивність тракторного агрегату, економічність використання палива та довговічність інших елементів трансмісії [21].

1 – розподільвач; 2 – первинний вал; 3 – корпус коробки; 4 – верхня кришка; 5, 6, 7, 9 – ведучі шестерні 4, 1, 2 3 передачі відповідно; 8 – фільтр нагнітання гідросистеми; 10 – кришка відсіку ходозменшувача; 11 – шестерня заднього ходу; 12 – шестерня включення ходозменшувача; 13 – ведуча шестерня ходозменшувача; 14 – мала шестерня ходозменшувача; 15 – вал ходозменшувача; 16 – ведома шестерня ходозменшувача; 17 – піддон корпусу; 18, 19 – задня та передня гідропіджимні муфти; 20 – вторинний вал

Рисунок 1.1 – Коробка передач трактора Т-150К

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

Особливістю коробки передач трактора Т-150К є наявність гідравлічної системи керування перемиканням передач (рис.1.2), яка забезпечує їх плавне включення без розриву потоку потужності. Завдяки цьому значно підвищується комфорт роботи механізатора та зменшуються динамічні навантаження на зубчасті передачі.

Рисунок 1.2 – Схема гідросистеми КПП трактора Т-150К

До складу коробки передач входять корпус, первинний і вторинний вали, проміжні вали, зубчасті колеса, фрикційні муфти, механізми перемикання передач, гідросистема керування та гідракумулятор. Усі вузли розміщені в міцному чавунному корпусі, який забезпечує необхідну жорсткість конструкції та захист деталей від зовнішніх впливів.

Принцип роботи коробки передач полягає у передачі крутного моменту від двигуна через зчеплення до валів коробки та подальшій зміні передавального числа за допомогою різних комбінацій зубчастих передач. Перемикання передач здійснюється через систему гідравлічного керування, яка забезпечує плавне вмикання фрикційних муфт.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

У процесі експлуатації деталі коробки передач працюють в умовах значних навантажень. Найбільш поширеними несправностями є зношування зубчастих коліс, підшипників, фрикційних елементів, ущільнень та деталей гідравлічної системи. Для усунення цих несправностей необхідно проводити своєчасне технічне обслуговування та ремонт агрегату [7].

Одним із найбільш складних вузлів коробки передач є гідроаккумулятор, який забезпечує стабільну роботу системи керування перемиканням передач. Саме цей вузол найчастіше потребує розбирання під час ремонту коробки передач.

Гідроаккумулятор (рис.1.3) коробки переключення передач трактора Т-150К є важливим елементом гідравлічної системи керування. Його основне призначення полягає у накопиченні енергії робочої рідини та забезпеченні плазного перемикання передач.

1 – кришка; 2 – корпус; 3 – поршень; 4 – втулка; 5,6 – пружина; 7 – шайба захисна; 8 – кільце ущільнююче; 9 – прокладка ущільнююча

Рисунок 1.3 – Гідроаккумулятор трактора Т-150К

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

Конструктивно гідроаккумулятор складається з корпусу, кришки, поршня, штока, ущільнювальних елементів, пружин та кріпильних деталей. Корпус виготовляється з високоміцного чавуну або сталі та є основною несучою деталлю вузла. Усередині корпусу розташовано поршень, який переміщується під дією робочої рідини та пружин.

Під час роботи коробки передач масло від насоса надходить до порожнини гідроаккумулятора. Під тиском рідини поршень переміщується та стискає пружини. Таким чином накопичується потенціальна енергія, яка використовується для компенсації коливань тиску в системі та забезпечення плавного спрацювання механізмів перемикачів передач [9].

Під час зміни передач гідроаккумулятор підтримує необхідний тиск у гідросистемі, запобігаючи різким ударам і поштовгам у трансмісії. Завдяки цьому підвищується довговічність зубчастих передач, фрикційних муфт та інших деталей коробки передач.

У процесі експлуатації найбільш інтенсивному зношуванню піддаються ущільнення поршня, напрямні поверхні корпусу та пружини. З часом пружини втрачають свої пружні властивості, а ущільнення забезпечують меншу герметичність. Це призводить до витоків масла, зниження тиску в системі та погіршення роботи коробки передач.

Для відновлення працездатності вузла виконують його розбирання, дефектацію деталей, заміну зношених елементів та подальше складання. Особливу складність становить демонтаж кришки гідроаккумулятора, оскільки всередині знаходяться потужні стиснуті пружини, які створюють значне безпеке зусилля.

Наявність великих зусиль у пружинах значно ускладнює процес ремонту та вимагає використання спеціальних пристроїв для безпечного виконання складально-розбиральних робіт.

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

### 1.3 Аналіз існуючих пристроїв для складально-розбиральних робіт

Для виконання складально-розбиральних операцій у ремонтному виробництві використовуються різноманітні пристрої та механізми, які дозволяють зменшити трудомісткість робіт і підвищити безпеку праці (рис.1.4) [5].

Рисунок 1.4 – Пристосування для виконання складально-розбиральних операцій у ремонтному виробництві

Найпростішими засобами є механічні стяжки. Вони складаються з різьбових шпильок, гайок і траверс та застосовуються для стискання пружин або утримання деталей під час розбирання. Основною перевагою таких пристроїв є простота конструкції та невисока вартість. Недоліком є значна трудомісткість роботи та обмежена універсальність.

Широке застосування мають гвинтові знімачі. Вони дозволяють створювати значні осьові зусилля завдяки використанню різьбової пари. Такі пристрої є надійними, довговічними та не потребують додаткових джерел енергії. Разом з тим вони мають відносно невисоку продуктивність [15].

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

У ремонтних майстернях також використовуються гідравлічні преси. Вони забезпечують значні зусилля стискування та розпресування деталей. До їх переваг належать висока продуктивність і можливість виконання широкого спектра ремонтних операцій. Недоліками є висока вартість обладнання, великі габарити та необхідність наявності спеціально обладнаного робочого місця.

Для ремонту окремих агрегатів застосовуються спеціалізовані стенди. Вони забезпечують високу якість виконання робіт, однак мають вузьке призначення та значну вартість виготовлення.

Останніми роками все більше поширення набувають універсальні пристосування, які поєднують простоту конструкції, достатню продуктивність і можливість використання для різних видів ремонтних робіт.

Проведений аналіз показує, що для розбирання та складання гідроаккумуляторів коробки передач трактора Т-150К найбільш доцільним є застосування спеціального гвинтового пристрою, який дозволяє створювати необхідне зусилля стискування пружин і забезпечує безпечне виконання робіт [21].

#### **1.4 Обґрунтування напружкy розробки**

Під час ремонту гідроаккумуляторів коробки передач трактора Т-150К виникає необхідність виконання складних складально-розбиральних операцій, пов'язаних зі стискуванням і утриманням потужних пружин. У більшості ремонтних майстерень такі роботи виконуються із застосуванням універсального інструменту або саморобних пристосувань, що не забезпечують необхідного рівня безпеки.

Під час зняття кришки гідроаккумулятора існує небезпека раптового вивільнення енергії стиснутих пружин. У результаті можливе зривання гайок кріплення, викидання кришки та травмування працівників. Крім того, використання непризначених для цього інструментів збільшує тривалість ремонту та ускладнює виконання операцій.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

Розробка спеціального пристрою дозволить надійно зафіксувати корпус гідроаккумулятора, забезпечити контрольоване стискання пружин і виключити можливість аварійного демонтажу кришки. Використання такого пристрою сприятиме підвищенню безпеки праці, зменшенню трудомісткості ремонту та скороченню часу простою техніки.

Крім того, конструкція пристрою повинна бути простою у виготовленні, технологічною та доступною для впровадження в умовах ремонтних майстерень сільськогосподарських підприємств. Саме тому розробка пристрою для складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора Т-150К є актуальним і технічно обґрунтованим завданням кваліфікаційної роботи.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності деталі

Гвинт (рис. 2.1) є основним силовим елементом пристрою для складально-розбиральних робіт гідроаккумулятора коробки переключення передач трактора серії Т-150К. Він перетворює обертальний рух у поступальний і створює осьове зусилля, необхідне для запресовування або випресовування деталей гідроаккумулятора. Матеріал деталі – сталь 55 за ДСТУ 7309:2015 [27]. Цей стандарт є чинним національним документом України і встановлює технічні умови на гарячекатаний і кований прокат з вуглецевої якісної конструкційної сталі, зокрема марки 55. Вміст вуглецю 0,52–0,66 %, марганцю 0,50–0,80 %, кремнію 0,17–0,37 %, сірки і фосфору не більше 0,035 % кожного. Сталь 55 має підвищений вміст вуглецю порівняно зі сталлю 45, що забезпечує вищу твердість після загартування: HRC 50–56 при загартуванні від 800–820 °С у маслі. Механічні властивості після нормалізації:  $\sigma_b \geq 660$  МПа,  $\sigma_T \geq 380$  МПа,  $\delta \geq 13$  %, твердість до 255 НВ. Вибір сталі 55 обґрунтований вимогою до твердості поверхні HRC 50, яка зазначена на кресленіку.

Рисунок 2.1 – Схема гвинта

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

За конфігурацією гвинт є ступінчастим тілом обертання. Загальна довжина – 240 мм. Головка (фланець) діаметром  $\varnothing 75h8$  розташована на лівому кінці – довжиною приблизно 50 мм (від лівого торця до початку різьбової ділянки:  $240 - 190 = 50$  мм). Різьбова частина M30-6h займає 170 мм від торця з різьбою. Правий кінець діаметром 30 мм має сферу R8 і є робочим кінцем гвинта – він безпосередньо контактує з деталлю при запресовуванні.

Квалітет головки h8 вказує на посадкову поверхню:  $\varnothing 75h8$  є напрямною або кріпильною поверхнею для гнізда корпуса пристрою. Шорсткість  $\varnothing 75h8$  – Ra12,5 мкм, що відповідає 8-му квалітету при точінні. Різьба M30-6h (Ra 6,3 мкм) – клас точності 6h, стандартний для силових гвинтів. Розмір 30 мм – довжина зони сферичного торця. Розмір 190 мм – відстань від лівого торця до початку сфери або кінця різьбової частини. Загальна шорсткість – Ra 25 мкм. Фаски:  $2 \times 45^\circ$  на лівому торці головки і  $2 \times 45^\circ$  на переході від головки до різьбового стержня.

Вимога до термічної обробки: загартувати HRC 50. Ця вимога поширюється на різьбову і сферичну частини, що підвищує зносостійкість і стійкість до знакозмінних навантажень при роботі гвинта. Для сталі 55 температура загартування 800–820 °C, охолодження у маслі, відпуск 180–220 °C для зняття гартівних напружень при збереженні твердості HRC 50. Гострі кромки притупляються до R0,5 мм на всій деталі. Невказані граничні відхилення –  $\pm IT14/2$  за ДСТУ ISO 2768-1:2001.

Кількісна оцінка технологічності за коефіцієнтом уніфікації:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q}, \quad (2.1)$$

де  $Q_y$  – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

$Q$  – загальна їх кількість.

Конструктивні елементи: циліндрична головка  $\varnothing 75h8$  (1), різьба M30-6h (1), сфера R8 (1), фаски  $2 \times 45^\circ$  (2), торцеві поверхні (2), циліндрична частина стержня під різьбою (1). Разом  $Q = 8$ , уніфікованих  $Q_y = 7$ .

$$K_y = \frac{7}{8} = 0,91.$$

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}}, \quad (2.2)$$

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

Квалітети:  $\phi 75h8$  – квалітет 8; M30-6h – клас 6h; сфера R8 і різьба – квалітет 14.

$$A_{\text{сер}} = (8 \times 1 + 6 \times 1 + 14 \times 6) / 8 = (8 + 6 + 84) / 8 = 12,25;$$

$$K_T = 1 - 1 / 12,25 = 0,92$$

Обидва коефіцієнти перевищують нормативні значення. Деталь технологічна: всі поверхні – тіла обертання, обробляються токарним методом, сфера R8 формується фасонним або проходним різцем. Найскладніший елемент – поєднання термообробки (HRC 50) і різьби M30-6h, що потребує нарізання різьби до загартування з можливою правкою після [8].

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь гвинта

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	Кількість	Позначення
1	Головка $\phi 75h8$ ( $\phi 50$ мм)	h8	12,5	1	Напрямна/ріпильна в корпусі
2	Різьба M30-6h (l=170 мм)	6h	6,3	1	Силова різьба перетворення руху
3	Сферичний торець R8	14	25	1	Контакт з деталлю при заpresов.
4	Лівий торець головки	14	25	1	Опорний торець головки
5	Фаски $2 \times 45^\circ$ (2 шт.)	14	25	2	Монтажні / перехідні фаски
6	Стержень під різьбою $\phi 30$	14	25	1	Перехідна ділянка до різьби

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності гвинта

Показник	Значення	Норматив
Коефіцієнт уніфікації $K_v$	0,88	$\geq 0,60$
Коефіцієнт точності $K_T$	0,92	$\geq 0,80$
Середній квалітет точності $A_{\text{сер}}$	12,25	-
Довжина деталі $L$ , мм	240	-
Відношення $L/D$ (240/75)	3,2 (патрон з опорою)	$< 4$
Вимога до твердості після ТО	HRC 50	-
Висновок	Деталь технологічна	-

## 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення гвинта розроблений для умов одиночного або дрібносерійного виробництва. Заготовка – круглий гарячекатаний прокат  $\varnothing 80$  мм зі сталі 55 за ДСТУ 7809:2015 і ДСТУ 4738:2007 [24]. Вибір  $\varnothing 80$  мм зумовлений максимальним зовнішнім діаметром деталі  $\varnothing 75h8$ , для якого потрібен припуск 2,5 мм на сторону. Довжина заготовки – 246 мм (240 мм готової деталі + 3 мм на підрізання кожного торця) [15].

Відношення  $L/D = 240/75 = 3,2$  знаходиться в граничній зоні між обробкою тільки в патроні ( $L/D < 3$ ) і обробкою з заднім центром ( $L/D > 3-4$ ). Для забезпечення жорсткості системи ВПД при нарізанні різьби M30 на довжині 170 мм застосовується задній обертовий центр. Нарізання різьби на такій довжині є найтривалішою операцією: M30-6h з кроком 3,5 мм (стандартний для M30) потребує 12–18 проходів різцем при малій швидкості різання.

Перед механічною обробкою заготовка не проходить попередню термічну обробку – сталь 55 після прокатки має достатньо стабільну структуру. Термічна обробка (загартування HRC 50) виконується після механічної обробки. Проте нарізання різьби до загартування є ризикованим кроком: загартування деформує

заготовку, що може призвести до незначного зміщення кроку або відхилення профілю різьби. Тому після термообробки рекомендується контроль різьби М30-6h калібром. Якщо виникає незначне жолоблення стержня, правка на пресі або між центрами не застосовується – різьба не дозволяє правки. Тому деформація після загартування є критичним параметром, і для її мінімізації застосовується загартування у вертикальному положенні (зануренням у масло торцем вниз).

Чотири основних операції механічної обробки: токарна чорнова (зовнішнє точіння головки і стержня), токарна напівчистова і чистова ( $\phi 75h8$  до розміру, формування сфери R8), різьбонарізальна (М30-6h), слюсарна. Після термічної обробки виконуються: правка (за необхідності), контроль твердості і контроль різьби.

Основний недолік діючого процесу – відсутність проміжного відпалу після чорнової обробки. При точінні великого прокату  $\phi 80$  мм у заготовці залишаються значні внутрішні напруження, які при загартуванні підсилюються і можуть призвести до жолоблення або навіть тріщин. Введення відпалу при 600–650 °С після чорнової обробки усунуло б цей ризик [1].

Таблиця 2.1 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення гвинта

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
005	Заготівельна	Пила відрізна 8725	1	Прокат $\phi 80$ , $l=246$ мм
010	Центрувальна	Центрув. МР-73М	1	Центри тип А60°, $\phi 5$ мм
015	Токарна чорнова	Токарний 16К20	2	Патрон+центр, $\phi 76,5$ і $\phi 31,5$
020	Токарна напівчистова/чистова	Токарний 16К20	2	$\phi 75h8$ , Ra12,5; сфера R8
025	Різьбонарізальна М30-6h	Токарний 16К20	1	12–18 проколів, крок 3,5 мм
030	Слюсарна (R0,5, зачистка)	Берстак	–	Притуплення кромки R0,5 мм

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
035	Термічна (загартування HRC 50)	Піч + ванна масляна	-	800–820 °С / масло; відпуск
040	Контрольна	Контрол. стіл	-	HRC, різьба, $\varnothing 75h8$ , Ra, довж.

Таблиця 2.2 – Недоліки діючого ТП та заходи з їх усунення

Недолік	Заход з усунення
Відсутність проміжного відпалу після чорнової обробки – ризик жолоблення при загартуванні	Введення відпалу при 600–650 °С після чорнової операції 015
Загартування в горизонтальному положенні – нерівномірне охолодження, жолоблення стержня	Загартування у вертикальному положенні (занурення різьбовим кінцем вниз)
Нарізання різьби М30-6h різцем за 12–18 проходів – значний машинний час	Застосування різьбонарізного головки (вихростого нарізання) або верстата з ЧПК
Відсутність контролю жолоблення після загартування (биття стержня відносно головки)	Введення контролю биття стержня $\varnothing 30$ індикатором після термообробки

### 2.3 Обробка поверхонь деталі

Гвинт обробляється переважно токарним методом. Матеріал - сталь 55 у стані поставки (після прокатки НВ до 255) – добре обробляється різанням твердосплавним інструментом. Після нормалізації (якщо вона введена) обробка ще більш стабільна. Рекомендований матеріал пластин: Т5К10 для чорнових переходів, Т15К6 для напівчистових і чистових, Т30К4 для чистового точіння  $\varnothing 75h8$  (Ra 12,5) [8,12].

Головка  $\varnothing 75h8$  (Ra 12,5 мкм, квалітет 8) обробляється у три переходи: чорнове точіння (від  $\varnothing 80$  до  $\varnothing 76,5$  мм), напівчистове (до  $\varnothing 75,5$  мм) і чистове (до  $\varnothing 75h8$ ). Квалітет 8 передбачає допуск  $T_h 8 = 0,046$  мм для  $\varnothing 75$  мм. Шорсткість Ra 12,5 мкм досягається напівчистовим точінням з подачею  $S = 0,15–0,20$  мм/об і

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22

$V = 100-130$  м/хв. Після загартування  $\varnothing 75h8$  не шліфується, оскільки  $Ra 12,5$  мкм не вимагає шліфування.

Різьба  $M30-6h$  ( $Ra 6,3$  мкм, клас  $6h$ ) нарізається різьбовим різцем  $T15K6$ . Крок різьби  $M30$  за ДСТУ 24705:2008 –  $3,5$  мм (груба) або  $2$  мм (дрібна). Оскільки на кресленнику зазначено  $M30-6h$  без уточнення кроку, застосовується стандартний крок  $P = 3,5$  мм. Висота профілю:  $h = 0,6495 \times 3,5 = 2,273$  мм. Кількість проходів при глибині  $\Delta 15-0,20$  мм:  $n = 2,273 / 0,175 \approx 13$  проходів. Швидкість різання  $V = 6-10$  м/хв (низька, щоб уникнути вібрацій при великій довжині різьби  $170$  мм). Перед нарізанням вичищується проточка для виходу різця.

Сфера  $R8$  на правому кінці ( $Ra 25$  мкм) формується фасонним різцем із радіусом  $R8$  або методом копіювання по шаблону. Шорсткість  $Ra 25$  мкм відповідає загальній вимозі кресленника і досягається вже при чорному/напівчистовому точінні. Після формування сфери виконується зачистка наждачним полотном для усунення сліду проходу.

Фаски  $2 \times 45^\circ$  на лівому торці головки і на переході від головки до стержня знімаються підрізним або фасковим різцем. Притуплення кромки  $R0,5$  мм виконується на слюсарній операції напилком або абразивним полотном.

Термічна обробка – загартування від  $300-820^\circ C$  у маслі. Деталь нагрівається у камерній або шахтній печі (шахтна забезпечує вертикальне положення, що важливо для мінімізації жолоблення). Відпуск при  $180-220^\circ C$  протягом  $1,5-2$  год забезпечує зняття гартівних напружень при збереженні твердості  $HRC 50-54$ . Контроль твердості твердоміром Роквелла по шкалі  $C$  ( $HRC$ ) в трьох точках по довжині стержня.

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

Таблиця 2.3 – Методи обробки поверхонь гвинта

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	К-ть перех.	Послідовність переходів
1	Головка $\varnothing 75h8$	h8	12,5	3	Точ. чорн. → напівч. → чистове
2	Різьба M30-6h (P=170 мм)	6h	6,3	~13	Проточ. стержня → виточка → нарізання (~13 пр.)
3	Сфера R8	14	25	1-2	Фасонний різець або копіїювання по шаблону
4	Лівий торець головки	14	25	1	Підрізання (чорн.ве/чистове)
5	Фаски $2 \times 45^\circ$ (2 шт.)	14	25	1	Фасковий або підрізний різець
6	Термообробка HRC 50	-	-	-	Загартування 800–820°C масло + відпуск

Таблиця 2.4 – Режими різання при механічній обробці сталі 55

Вид обробки	Інструмент	V, м/хв	S, мм/об	f, мм	ЗОР	Ra, мкм
Точіння чорнове $\varnothing 75$	T5K10	80–100	0,30–0,40	2–3	Емульсія	12,5–25
Точіння напівчист. $\varnothing 75h8$	T15K6	100–130	0,15–0,20	0,5–0,75	Емульсія	12,5
Точіння чистове $\varnothing 75h8$	T30K4	120–150	0,08–0,12	0,2–0,3	Емульсія	12,5
Нарізання M30-6h (P=3,5)	T15K6 різьб.	6–10		0,15–0,20/пр.	Масло МС-20	6,3
Фасонне точіння R8	Фасонний T15K6	60–80	0,05–0,08	–	Емульсія	25

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
-----	------	----------	--------	-----

КРБ.133ГМ6\_41.19.00.00.000 ПЗ

Арк.

24

## 2.4 Розробка схем базування деталі

Гвинт – довгий ступінчастий вал ( $L/D = 240/75 = 3,2$ ). Це граничне значення, при якому обробка в патроні без опори ще можлива, але нарізання різьби М30 на довжині 170 мм без заднього центра призвело б до суттєвих вібрацій і відхилень профілю різьби. Тому базова схема для токарних і різьбонарізальних операцій – обробка з переднім патроном і заднім опорним центром. Центрові отвори виготовляються в операції 010 і є основними технологічними базами.

Операція 010 – Центрувальна. Заготовку базують у призмах по зовнішньому  $\varnothing 80$  мм (подвійна напрямна база). Виготовляються центрові отвори типу А (кут  $60^\circ$ )  $\varnothing 5$  мм за ДСТУ EN ISO 6411:2018 [25] з обох торців. Точність центрування – биття центрових отворів не більше 0,05 мм відносно зовнішньої поверхні прокату.

Операції 015–025 – Токарні і різьбонарізальна. Схема базування: передній кінець (головка) затискається в трикулачковому патроні (4 ступені вільності), задній центр входить у правий центровий отвір (5-й ступінь). Обертання передається по відком або хомутиком. Ця схема забезпечує співвісність  $\varnothing 75h8$  і М30-6h в межах калібру встановлення в центрах  $\epsilon_y \leq 0,02-0,03$  мм. Саме це важливо: гвинт має довгу різьбу М30, і її вісь повинна збігатися з віссю головки  $\varnothing 75h8$  для рівномірного розподілу навантаження.

При нарізанні різьби М30-6h (установ Б, лівий кінець – у патроні, правий – у центрі) ключовим є точне налагодження шпинделя і задньої бабки на паралельність осей. Відхилення від паралельності призведе до конусності різьби (різний крок по довжині), що неприпустимо для силового гвинта. Тому перед нарізанням перевіряється відсутність конусності по пробному проходу індикатором.

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

На слюсарній опералії (030) деталь укладеться на призми або у V-блок. Базування вільне, оскільки притуплення кромek не потребує точного позиціонування.

Похибка базування в центрах для токарних операцій залежить від биття центрових отворів після центрувальної операції:

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot \Delta u = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ мм}$$

де  $\Delta u = 0,05$  мм – биття центрального отвору після центрувальної операції.

Значення  $\varepsilon_6 = 0,025$  мм є допустимим для квалітету h8 (допуск Th8 = 0,046 мм для  $\varnothing 75$  мм).

Після загартування центрові отвори деформуються. Для забезпечення точності шліфування (якщо воно буде введено) або контрольного встановлення між центрами необхідна правка центрових отворів. При відсутності шліфувальної операції достатньо контролювати биття стержня індикатором.

Таблиця 2.5 – Схеми базування гвнта по операціях

Оп.	Операція	Настановна/напряма база	Опорна база (5 ст.)	Примітка
010	Центрувальна	Призми по $\varnothing 80$ мм (прокат)	Торець у призмах (угор)	Чорнова база
015А	Токарна чорн., уст. А	Патрон по $\varnothing 80$ (4 ст.) + центр (5 ст.)	Задній обертовий центр	Обробка правого кінця
015Б	Токарна чорн., уст. Б	Патрон по $\varnothing 30$ (4 ст.) + центр (5 ст.)	Задній обертовий центр	Обробка лівого кінця ( $\varnothing 75$ )
020, 025	Чист. точ. і різьба МЗС	Патрон по $\varnothing 75$ оброб. + центр	Задній обертовий центр	Єдина база, $\varepsilon_6 = 0,025$ мм
035	Термічна (контроль)	Центри між верстатом і бабкою	Центровий отвір	Контроль биття після ТО

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Таблиця 2.6 – Аналіз похибок базування по основних операціях

Оп.	Операція	Причина похибки базування	εб, мм	Допуск або вимога
015А	Чорнова, усс. А	Биття центрів після центрувальної	0,025	Некритично (чорн.)
015Б, 020	Чорн. і чист. $\varnothing 75_{h8}$	Биття центрів, зазор повідка	0,02–0,03	Th8 = 0,046 мм ( $\varnothing 75$ )
025	Різьба М30-6h	Непаралельність осей патрона і центра	< 0,01/100 мм	Конусність різьби < 0,02
035	Після термообробки	Деформація при загартуванні	до 0,3 мм биття	Контроль індикатором

### 2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення гвинта розроблений з урахуванням вимости до термічної обробки НРС 50, великої довжини різьби М30-6h (170 мм) і необхідності збереження точності  $\varnothing 75_{h8}$  після загартування. Всі механічні операції виконуються до загартування, після якого проводиться контрольна операція. Принцип побудови: спочатку бази (центрові отвори), потім чорнова і чистова обробка всіх поверхонь, різьба, слюсарна і термообробка в кінці.

Операція 005 – Заготівельна. Вдирізання прокату  $\varnothing 80$  мм, сталь 55 ДСТУ 7809:2015 [24], довжиною 246 мм на стрічкопилному верстаті 8725.

Операція 010 – Центрувальна. На центрувальному верстаті МР-73М виготовляються центрові отвори типу А (кут  $60^\circ$ ),  $\varnothing 5$  мм за ДСТУ EN ISO 6411:2018 [25], з обох торців. Деталь базується у призмах по  $\varnothing 80$  мм. Биття центрових отворів після центрування – не більше 0,05 мм.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		27

Операція 015 – Токарна чорнова (установ А і Б). Верстат 16К20, обробка між центрами з повідком. Установ А (правий кінець у центрі, лівий у патроні): підрізання лівого торця, чорнове точіння  $\varnothing 75$  до  $\varnothing 76,5$  мм на довжину 50 мм. Установ Б (лівий кінець у патроні по  $\varnothing 76,5$ , правий у центрі): підрізання правого торця, чорнове точіння стержня  $\varnothing 30$  до  $\varnothing 31,5$  мм по всій довжині до головки. Знімання чорнових фасок  $2 \times 45^\circ$ .

Операція 020 – Токарна напівчистова і чистова (установ А і Б). Верстат 16К20. Установ А ( $\varnothing 76,5$  у патроні, правий у центрі): напівчистове  $\varnothing 75$  до  $\varnothing 75,3$  мм, чистове  $\varnothing 75h8$  до розміру Ra 12,5 мкм; підрізання лівого торця до Ra 25 мкм; чистові фаски  $2 \times 45^\circ$ . Установ Б: чистове точіння стержня  $\varnothing 30$  на ділянці сфери, формування сфери R8 фасонним різцем, Ra 25 мкм. Контроль  $\varnothing 75h8$  мікрометром.

Операція 023 – Проточка виходу різьби. У тому ж установі Б нарізається виточка для виходу різця перед початком різьбової ділянки: ширина 8 мм, діаметр  $\varnothing 26$  мм (нижче внутрішнього діаметра різьби М30:  $d_1 = 25,706$  мм). Канарочним різцем.

Операція 025 – Різьбонарізальна М30-6h. Верстат 16К20. Установ Б (по  $\varnothing 75h8$  у патроні, правий центр). Нарізання різьби М30-6h різьбовим різцем Т15К6 за 13 проходів при  $V = 6-10$  м/хв, масло МС-20. Крок  $P = 3,5$  мм. Контроль після нарізання – різьбовим кільцем М30-6h прохідним і непрохідним за ДСТУ 16093:2018.

Операція 030 – Слюсарна. Притуплення всіх гострих кромки до R0,5 мм напилком і абразивним полотном. Зачистка поверхні сфери R8 наждачним полотном P240 для усунення слідів проходів. Промивання деталі від мастила.

Операція 035 – Термічна. Загартування від 800–820 °С у маслі у вертикальному положенні (різьбовим кінцем вниз). Відпуск при 180–220 °С, 1,5–2 год. Контроль твердості твердоміром HRC у трьох точках. Допустима твердість HRC 50–54.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

Операція 040 – Контрольна. Перевірка: твердості  $HRC \geq 50$ ;  $\varnothing 75h8$  мікрометр (після ТО розмір не змінюється, але деформація перевіряється); різьби M30-6h кільцем; загальної довжини 240 мм; сфери R8 шаблоном; биття стержня  $\varnothing 30$  відносно головки індикатором між центрами, допуск биття не більше 0,3 мм для гвинтів пристроїв.

Таблиця 2.7 – Маршрут виготовлення гвинта

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
005	-	Відрізання прокату $\varnothing 80$ , $l=246$ мм	Пила 8725	Лещата	Стрічкова пила
010	А,Б	Центрує отвори тип А60°, $\varnothing 5$ мм (2 торці)	MP-73M	Призми по $\varnothing 80$	Центр. свердло $\varnothing 5$ Р6М5
015А	А	Підрізання лівого торця, точ. $\varnothing 76,5$ ( $l=50$ )	16K20	Патрон+центр	Різець T5K10
015Б	Б	Підрізання правого торця, точ. $\varnothing 31,5$ ( $l=190$ )	16K20	Патрон+центр	Різець T5K10, підрізний
020А	А	Напівч +чист. $\varnothing 75h8$ ( $Ra12,5$ ) фаски $2 \times 45^\circ$	16K20	Патрон+центр	Різці T15K6, T30K4
020Б	Б	Чист. $\varnothing 30$ і сфера R8, фаска $2 \times 45^\circ$ пер. різьбою	16K20	Патрон+центр	Прохідний T15K6, фасонний R8
023	Б	Виготка виходу різьби $\varnothing 26 \times 8$ мм	16K20	Патрон+центр	Канавковий різець T15K6
025	Б	Нарізання M30-6h, P=3,5, 13 проходів	16K20	Патрон+центр	Різьбовий різець T15K6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМ6\_41.19.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
030	-	Притуплення К0,5; зачистка сфери; промивання	Верстак	Призми	Напилок, наждачне Р240
035	-	Загартування 800–820°C масло; відпуск 200°C	Піч+масл. ванна	Підвіска зортик.	Твердомір НРС
040	-	Контроль: НРС, $\sigma_{75h8}$ , М30-6h, 1-240, R8, біття	Контроль стил	Центри, призми	Мікром., кільце М30-6h, шаблон

Таблиця 2.8 – Різальний інструмент для виготовлення гвинта

№	Інструмент	Матеріал / марка	Стандарт	Операція
1	Різець прохідний $\phi 20 \times 20$	T5K10 / T15K6 / T30K4	ДСТУ ISO 1832	015А, 015Б, 020А, 020Б
2	Різець підрізний $\phi 20 \times 20$	T5K10 / T15K6	ДСТУ ISO 1832	015А, 015Б
3	Різець фасонний R8	T15K6	ДСТУ ISO 1832	020Б (фаса R8)
4	Різець різьбовий зовн. F=3.5	T15K6, кут 60°	ДСТУ ISO 3685	025 (М30-6h)
5	Різець канавковий шир. 8 мм	T15K6	ДСТУ ISO 1832	023 (биточка $\phi 26$ )
6	Свердло центрове $\phi 5$ мм	P6M5	ДСТУ ISO 6411	010

## 2.5. Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Розрахунок припусків виконується розрахунково-аналітичним методом для зовнішньої поверхні  $\varnothing 75h8$  ( $Ra$  12,5 мкм, найвідповідальніша зовнішня поверхня) і для різьби M30-6h. Заготовка – прокат  $\varnothing 80$  мм, сталь 55.

Мінімальний припуск для зовнішніх поверхонь обертання при обробці в центрах:

$$2Z_{min(i)} = 2 \cdot (Rz_{(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{(\rho_{(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2)})$$

де  $Rz_{(i-1)}$  – висота нерівностей після попереднього переходу, мкм;  $h_{(i-1)}$  – глибина дефектного шару, мкм;  $\rho_{(i-1)}$  – просторова похибка, мкм;  $\varepsilon_i$  – похибка встановлення в центрах, мкм.

Параметри заготовки (прокат  $\varnothing 80$  мм, сталь 55):  $Rz = 125$  мкм,  $h = 150$  мкм.

Просторова похибка прокату:

$$\rho_{\text{зар}} = \delta \cdot l = 1,5 \cdot 240/2 = 180 \text{ мкм,}$$

де  $\delta = 1,5$  мкм/мм – питоме відхилення для нормальної точності прокату;

$l = 120$  мм – половина довжини.

Похибка встановлення в центрах після центральної операції:  $\varepsilon_y = 25$  мкм (биття центрових отворів 0,05 мм (2). Перехід 1 – чорнове точіння  $\varnothing 75$ :

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (125 + 150 + \sqrt{(180^2 + 25^2)}) = 2 \cdot (275 + 181,7) \approx 914 \text{ мкм} \approx 1,0 \text{ мм}$$

Після чорнового точіння:  $Rz_1 = 63$  мкм ( $Ra$  6,3 після чорн.),  $h_1 = 60$  мкм,  $\rho_1 = 0,06 \cdot 180 = 10,8 \approx 11$  мкм,  $\varepsilon_{y2} = 25$  мкм. Перехід 2 – напівчистове точіння:

$$2Z_{min2} = 2 \cdot (63 + 60 + \sqrt{(11^2 + 25^2)}) = 2 \cdot (123 + 27,2) = 300 \text{ мкм} \approx 0,30 \text{ мм}$$

Після напівчистового:  $Rz_2 = 20$  мкм ( $Ra$  2,5 після напівч.),  $h_2 = 20$  мкм,  $\rho_2 \approx 1$  мкм,  $\varepsilon_{y3} = 25$  мкм. Перехід 3 – чистове точіння  $\varnothing 75h8$ :

$$2Z_{min3} = 2 \cdot (20 + 20 + \sqrt{(1^2 + 25^2)}) = 2 \cdot (40 + 25) \approx 130 \text{ мкм} \approx 0,15 \text{ мм}$$

Операційні розміри для  $\varnothing 75h8$  (допуск  $Yh8 = 0,046$  мм):

$$d_{\text{зар}} = 80 \text{ мм}$$

$$d_1 = 80 - 2 \cdot 1,5 = 77 \text{ мм} \rightarrow \text{приймається } \varnothing 76,5 \pm 0,5 \text{ (} 2Z_{\text{чорн}} = 2 \times 1,75 = 3,5 \text{ мм)}$$

$$d_2 = 76,5 - 2 \cdot 0,5 = 75,5 \text{ мм} \rightarrow \varnothing 75,3 \pm 0,1 \text{ мм (} 2Z_{\text{напівч}} = 2 \times 0,6 = 1,2 \text{ мм)}$$

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

$$d_3 = 75,3 - 2 \cdot 0,15 = 75,0 \text{ мм} \rightarrow \text{ø}75\text{h}8 \text{ } (-0/-0,046 \text{ мм})$$

Загальний припуск:  $2Z_{\text{заг}} = 80 - 75 = 5 \text{ мм}$  (2,5 мм на сторону). Перевірка:  
 $3,5 + 1,2 + 0,3 = 5,0 \text{ мм}$  – умова виконана.

Розрахунок розміру під різьбу М30-6h (крок P = 3,5 мм). Зовнішній діаметр різьби М30:  $d = 30,000 \text{ мм}$ . Для класу 6h верхнє відхилення  $e_s = 0$  (відхилень для h – нульове). Нижнє відхилення:  $e_i = -Td6h = -0,375 \text{ мм}$  (допуск зовн. діаметра 6h для М30, P=3,5 за ДСТУ 16093:2018). Діаметр стержня під різьбу:

$$d_{\text{стержня}} = d + e_s = 30,000 + 0 = 30,000 \text{ мм} \rightarrow \text{точиться до } \text{ø}30,0-0,1 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр різьби М30-6h

$$d_1 = d - 2 \cdot 0,6495 \cdot P = 30 - 2 \cdot 0,6495 \cdot 3,5 = 30 - 4,547 = 25,453 \text{ мм}$$

Виточка для виходу різця виконється до  $\text{ø}25 \text{ мм}$  (нижче  $d_1 = 25,453 \text{ мм}$ ).

Середній діаметр різьби:

$$d_2 = d - 0,6495 \cdot P = 30 - 0,6495 \cdot 3,5 = 30 - 2,273 = 27,727 \text{ мм}$$

Кількість проходів різцем при глибині 0,175 мм/прохід.

$$n = h_{\text{профілю}} / \Delta t = 2,273 / 0,175 \approx 13 \text{ проходів}$$

Таблиця 2.9 – Припуски та операційні розміри для поверхні  $\text{ø}75\text{h}8$

№	Перехід	Rz, мкм	l, мкм	ρ, мкм	ε, мкм	2Z <sub>оп.</sub> , мкм	Допуск, мм	d опер., мм
0	Заготовка $\text{ø}80$ мм	125	150	180	–	–	+0,4	$\text{ø}80,0$
1	Точіння чорнове	63	60	11	25	914	$\pm 0,3$	$\text{ø}76,5 \pm 0,3$
2	Точіння напівлисто́ве	20	20	1	25	300	$\pm 0,1$	$\text{ø}75,3 \pm 0,1$
3	Точіння чистове	6,3	10	0	25	130	$-0/-0,046$	$\text{ø}75\text{h}8$

Таблиця 2.10 – Параметри різьби М30-6h і розміри технологічних переходів

Параметр	Формула	Значення, мм	Примітка
Номін. зовн. діаметр $d$ (М30)	ДСТУ 24705	30,000	Крок $P = 3,5$ мм (груба)
Клас точності різьби		6h	ДСТУ 16093:2018
Верхнє відхилення $es$ зовн. діам.	$h \rightarrow es = 0$	0	Нульове для класу $h$
Допуск зовн. діаметра $T_{d6h}$	ДСТУ 16093	0,375	М30, $P=3,5$ мм
Розмір стержня під різьбу	$d + es - \Delta = 30,0 - 0,1$	$\varnothing 29,9 - 30,0$	Толщина перед нарізанням
Внутрішній діаметр $d_1$	$d - 2 \cdot 0,6495 \cdot P$	25,453	Виточка до $\varnothing 25$ мм
Середній діаметр $d_2$	$d - 0,6495 \cdot P$	27,727	Контрольний (кільце)
Кількість проходів різцем	$h$ профілю / 0,175	$\approx 13$	Глибина 0,175 мм/прохід

Виконані розрахунки підтверджують, що прокат  $\varnothing 80$  мм забезпечує необхідний загальний припуск 5 мм на діаметр для отримання  $\varnothing 75h8$ . Три переходи (чорновий, напівчистовий, чистовий) забезпечують поступове зменшення похибок від 914 до 130 мкм мінімального припуску. Параметри різьби М30-6h розраховані за ДСТУ 16093:2018 і ДСТУ 24705:2008 – обидва стандарти чинні в Україні. Невказані відхилення лінійних розмірів призначені за ДСТУ ISO 2768-1:2001.

**Висновок.** У технологічному розділі проведено комплексний аналіз технологічності деталі «Гвинт», яка є основним силовим елементом пристрою для складально-розбиральних робіт гідрожумулятора коробки перемикачів трактора Т-150К. Встановлено, що конструкція деталі є технологічною для умов дрібносерійного виробництва, що підтверджується високими значеннями коефіцієнта уніфікації (0,88) та коефіцієнта точності (0,92).

Виконано аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі, виявлено його переваги та недоліки, а також запропоновано заходи щодо

підвищення якості виготовлення, зокрема введення проміжного відпалу після чорнової обробки та вдосконалення операції термічної обробки.

Обґрунтовано вибір способів механічної обробки всіх поверхонь деталі, визначено режимы різання, різальний інструмент та обладнання, що забезпечують отримання необхідних показників точності, шорсткості та твердості поверхонь. Розроблені схеми базування гарантують співвісність основним поверхонь і необхідну точність виготовлення різьбової частини та прямої поверхні.

На підставі аналізу конструкції та виробничих умов розроблено раціональний маршрут виготовлення гвинта, який включає заготовельні, токарні, різьбонарізальні, слюсарні, термічні та контрольні операції. Виконано розрахунок припусків на механічну обробку та визначено операційні розміри, що забезпечують отримання кінцевих параметрів деталі відповідно до вимог кресленика.

Таким чином, розроблений технологічний процес забезпечує виготовлення гвинта з необхідною точністю, якістю поверхонь та твердістю HRC 50–54 при раціональних витратах матеріалу і трудових ресурсів, що створює передумови для надійної та довговічної роботи розробленого пристрою.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Опис та будова пристрою

В процесі капітального ремонту тракторів Т-150К приходиться розбирати, ремонтувати і складати гідроаккумулятори корпусок переміни передач.

Складність і небезпечність виконання цих операцій пов'язана з конструкцією гідроаккумулятора. До корпусу якого шпильками кріпиться верхня кришка, на яку з середини, з великим зусиллям тиснуть дві потужні спіральні пружини.

При знятті кришки дуже часто під тиском пружин з останніх витків різьби шпильок зриваються гайки. В таких випадках не виключена можливість травмування робітника зірваною кришкою.

В зв'язку з виникненням даних можливих небажаного і небезпечного ситуацій конструкторською розробкою дипломного проекту пропонується виготовити пристосування для розбірно-збірних робіт гідроаккумулятора КПП трактора Т-150К (рис.3.1).

Рисунок 3.1 – Схема пристосування для розбірно-збірних робіт гідроаккумулятора КПП трактора Т-150К

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

Конструкція пристосування складається з сталеві плити-основи (1), графічної частини проекту, з розмірами 450×50×10 мм з привареної до неї двома стійками (3) виготовленими з кутика  $\angle 40 \times 40 \times 5$  мм довжиною  $l=252$  мм.

Верхня ліва стійка закінчується привареною різьбовою віссю для одного кінця ричага, а права стійка має приварений осьовий зацеп для другого кінця відкидного ричала (13). На ричагу кріпиться центральний силовий гвинт (5) з воротком (7).

В процесі роботи ричаг одним кінцем шарнірно закріплений на лівій стійці, а другий – заходить вирізом в зацеп правої стійки і фіксується в ній. Для безпечного виконання розбірно-збірних робіт корпус гідроаккумулятора КПП розміщуємо на плиті (1), а упорний додатково приставний фланець (12) силовим гвинтом (5) прижимається до кришки гідроаккумулятора і тиснемо гвинтом на кришку і утримуємо так до зняття гайок і кришки.

Відгвинчуємо гайки кріплень, знімаємо їх і обертаючи силовий гвинт, поступово знімаємо кришку гідроаккумулятора, розвантажуючи при цьому його пружину.

Монтаж після виконання ремонтних операцій здійснюємо в оберненій послідовності.

### 3.2 Конструкторські та технологічні розрахунки

#### Розрахунок електрозварувального з'єднання

Основні конструктивні з'єднання пристрою виконуємо при використанні ручного електродугового зварювання дСТУ EN ISO 9692-2:2014 [26].

Для виготовлення конструкції пристрою використані такі матеріали: листову сталь товщиною  $t=10$  мм, кутик рівнобокий  $40 \times 40 \times 5$  мм та сталевий круглий прокат для виготовлення деталей на токарному верстаті. Для електрозварувальних робіт застосовуємо шви таврові та стикові.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

Об'єм виконаних робіт здійснюємо електродами E42A Ø 3...5 мм на струмі 150...200А при напрузі дуги 18...25В. Шви виконуємо односторонні без скосу кромки, У4.

Встановлюємо катет кутового зварного шва не більше  $k \leq 5$  мм, який визначено для товщини матеріалу зварюваних деталей до  $t=5$ мм.

Довжина зварювальної дуги повинна бути:

$$l_d = (0,5...1,1)d_e, \quad (3.1)$$

де  $d_e$  – діаметр електрода, мм.

$$l_d = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ мм.}$$

Дуга змінного струму менш стійка і тому для виконання якісних зварних з'єднань застосовуємо електрозварювання на постійному струмі.

Силу електрозварювального струму вибираємо в залежності від умов зварювання і визначаємо за формулою :

$$I_T = (40...50)d_e, \quad (3.2)$$

$$I_T = 50 \cdot 5 = 250 \text{ А.}$$

При зварюванні деталей в верхньому положенні електродами Ø 5 мм при товщині металу  $(1,5...3,0)d_e$  розраховуємо одержаний зварний шов на силу розриву і зріз по формулам :

$$\sigma_p = \frac{P_1}{b \cdot t} \leq [\sigma_p'], \quad (3.3)$$

$$\tau_{cp} = \frac{P_2}{b \cdot t} \leq [\tau_{cp}'], \quad (3.4)$$

де  $[\sigma_p']$  – допустима сила розтягу для металу шва електрода E42A,  $[\sigma_p'] = 420$  МПа;

$[\tau_{cp}'] = 0,65[\sigma_p']$  – допустима сила зрізу,  $[\tau_{cp}'] = 0,65 \cdot 420 = 273$  МПа;

$P_1 = Q = 6500$  Н – сила розриву;

$P_2 = 6500 \cdot 0,65 = 4225$  Н – сила зрізу;

$b$  – довжина шва, мм;

$t$  – товщина зварюваного матеріалу,  $t = 5$  мм.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

Проводимо розрахунок зварюваних швів при мінімальній довжині зварного шва:  $l_{zw}=68$  мм при приварці осевого зачепу (10) до правої стійки пристосування  $t=5$  мм.

Розрахунок довжини шва приймаємо менший на 10 мм із-за непроварки на початку шва і кратера зкінці.

$$b = l_{zw} - 10 = 68 - 10 = 58 \text{ мм}, \quad (3.5)$$

Визначаємо сили розриву і зрізу по прикладеному зусиллі :

$$\sigma_p = \frac{6500}{58 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 22,4 \text{ МПа}, \quad \sigma_p < [\sigma_p],$$

Умова (3.3) виконується, оскільки  $\sigma_p = 22,4 \text{ МПа} < 420 \text{ МПа}$ ;

$$\tau_{cp} = \frac{4225}{58 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 14,6 \text{ МПа}, \quad \tau_{cp} < [\tau_{cp}].$$

Умова (3.4) виконується, оскільки  $\tau_{cp} = 14,6 \text{ МПа} < 273 \text{ МПа}$ .

#### Розрахунок незатягнутого різьбового з'єднання

Ліва стійка пристосування (3) має шарнірне незатягнуте кріплення ричага з силовим гвинтом. Гайка (4) вільно нагвинчується на вісь шарніру і затягується на кінці різьби M16-6H/6g. Стрижень вісі навантажується при прикладанні зовнішньої сили і зазнає розтягу.

Здійснюємо розрахунок в визначенні діаметру нарізної частини. Розрахунок виконується на основі таких допущень, як навантаження діє суворо по осі різьбового з'єднання, напруження розподіляється по осі поперечного перерізу рівномірно, концентрація напружень не враховується.

Небезпечним в різьбовому з'єднанні є поперечний переріз нарізної частини з діаметром рівним внутрішньому діаметру різьби  $d_1$ .

Умова міцності для цього випадку визначається за формулою:

$$\sigma_p = \frac{4Q}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.6)$$

де Q – осеве навантаження від зусилля стиску дружини, що знаходиться в гідроакумуляторі,  $Q = 6500 \text{ Н}$  ;

$d_1$  – внутрішній діаметр різьби M16-6H/6g,  $d_1 = 12 \text{ мм}$ ;

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

$[\sigma_r]$  – допустиме напруження на розтяг,  $[\sigma_r] = 650$  МПа – для сталі 50Г II випадку навантаження.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 6500}{3,14 \cdot (12 \cdot 10^{-3})^2} \approx 32,3 \text{ МПа}, \sigma_p < [\sigma_r],$$

Умова (3.6) виконується, оскільки  $\sigma_p \approx 32,3 \text{ МПа} < 650 \text{ МПа}$ .

З формули (3.6) визначаємо внутрішній діаметр різьби :

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\sigma_r]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6500}{3,14 \cdot 32,3}} = 15,01 \text{ мм},$$

По отриманому значенню  $d_1$  приймаємо стандартний діаметр різьби, що відповідає різьбі М16-6g з внутрішнім діаметром  $d_1 = 12$  мм з кроком різьби  $P = 2$  мм.

### Силові відношення в гвинтовій парі

Визначаємо момент необхідний для підйому-опускання кришки гідроаккумулятора  $M_p$ , і коефіцієнт корисної дії гвинтової пари з трикутною різьбою, що має широке застосування в різних видах знімних пристроїв для механізмів машин.

В нашому випадку гвинт вкручується в гайку і піддається дії осьової сили  $Q$ . Розподіливши рівномірно навантаження за допомогою додаткового фланця (12) до пристосування з однієї точки на поверхні різьби можна визначити момент відносно осі гвинта, який необхідний для стиску пружини гідроаккумулятора.

Прикладаємий момент визначаємо за формулою:

$$M_p = Q \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho'), \quad (3.7)$$

де  $\rho'$  – приведений кут тертя для гострокутної різьби:

$$\rho' = \operatorname{arctg} f' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} > \rho, \quad (3.8)$$

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

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

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

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

$f$  – коефіцієнт тертя з гвинтової пари,  $f = 0,15 \dots 0,2$ , для чавунних і сталевих поверхонь без змащування.

$$M_p = 6500 \frac{30}{2} \operatorname{tg}(38,5^\circ - 13^\circ) = 97500 \cdot 0,477 = 46,5 \text{ Нм.}$$

Коефіцієнт корисної дії  $\eta$  гвинтової пари при стиску пружини для гострокутної різьби визначаємо за формулою :

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)} = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(38,5^\circ + 13^\circ)} = 0,63. \quad (3.9)$$

Гвинтовий механізм має низький ККД, як результат великих втрат на тертя, але перевага є простота і великий вигрaш в силі [21].

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, що визначаємо за формулою :

$$p = \frac{4Q}{\pi(d^2 - d_1^2)z} \leq [p], \quad (3.10)$$

де  $d = 30$  мм – зовнішній діаметр різьби;

$d_1 = 23$  мм – внутрішній діаметр різьби;

$z$  – число витків гайки;

$$z \geq \frac{4Q}{\pi(d^2 - d_1^2)[p]}, \quad (3.11)$$

$$z \geq \frac{4 \cdot 6500}{3,14(30^2 - 23^2)} = \frac{26000}{3,14(900 - 529)10} = 2,2;$$

$[p] = 6 \dots 12$  МПа – допустимий тиск в різьбі;

$$p = \frac{4 \cdot 6500}{3,14[(30 \cdot 10^{-3})^2 - (23 \cdot 10^{-3})^2]2,2} = 10,14 \text{ МПа, } p < [p].$$

Умова (3.10) виконується, оскільки  $p = 10,14$  МПа  $<$  12 МПа.

### Розрахунок на міцність гвинтової передачі

Тіло гвинта підлягає одночасній дії стиску (розтягу) осьювою силою  $Q$  і скручуванню моментом  $M_p$  визначених по формулах раніше.

Розрахунок на міцність проводиться по розрахунковому зусиллі за формулою :

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

$$Q_{розр.} = \beta \cdot Q = 1,3 \cdot 6500 = 8450 \text{ Н}, \quad (3.12)$$

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

Визначаємо внутрішній діаметр різьби  $d_1$  за формулою :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\beta \cdot Q_{розр.}}{\pi[\sigma_{см}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 8450}{3,14 \cdot 12}} = 34,14 \text{ мм}, \quad (3.13)$$

де  $[\sigma_{см}]$  – допустима міцність різьбового з'єднання на стиск, для сталі  $[\sigma_{см}] = 12 \text{ МПа}$ ;

По отриманому значенню  $d_1$  приймаємо стандартний діаметр різьби для гвинтової передачі М30-6Н/6g. Висоту гайки приймаємо конструктивно  $H = 26 \text{ мм}$ .

Гайку розраховуємо на розтяг по кільцевому поперечному перерізі 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,  $D = 30 \text{ мм}$ ;

$d_1$  – внутрішній діаметр гайки,  $d = 23 \text{ мм}$ , з кроком різьби  $P = 3,5 \text{ мм}$ ;

$[\sigma_p]$  – допустиме напруження при розтягу,  $[\sigma_p] = 90 \text{ МПа}$  – для сталі;

$$\sigma_p = \frac{1,3 \cdot 6500}{\frac{3,14}{4}[(30 \cdot 10^{-3})^2 - (23 \cdot 10^{-3})^2]} = 29,02 \text{ МПа}, \quad \sigma_p < [\sigma_p].$$

Умова (3.14) виконується, оскільки  $\sigma_p = 29,02 \text{ МПа} < 90 \text{ МПа}$ .

**Висновок.** Розроблене пристосування для розбирання та складання гідроаккумулятора КПП трактора Т-150К, яке підвищує безпеку виконання ремонтних робіт і запобігає травмуванню працівників. Виконані розрахунки зварних, різьбових та гвинтових з'єднань підтвердили достатню міцність і надійність конструкції. Запропонований пристрій є простим у виготовленні, зручним в експлуатації та може бути впроваджений у ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИВНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Основною метою розробки пристрою є підвищення безпеки виконання ремонтних робіт, зменшення трудомісткості розбирання та складання гідроаккумуляторів, а також скорочення тривалості ремонту коробок передач тракторів Т-150К.

Використання пристрою дозволяє:

- скоротити час виконання операції на 25–30 %;
- зменшити фізичне навантаження на працівника;
- підвищити безпеку праці;
- виключити пошкодження деталей гідроаккумулятора;
- знизити простій техніки під час ремонту.

*Розрахунок вартості виготовлення пристрою*

Вартість виготовлення визначаємо за формулою:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{м}} + C_{\text{пд}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{нв}}$$

де  $C_{\text{м}}$  - вартість матеріалів;

$C_{\text{пд}}$  – вартість куплених деталей;

$C_{\text{зп}}$  – заробітна плата;

$C_{\text{нв}}$  – накладні витрати.

Таблиця 4.1 – Вартість матеріалів

Матеріал	Кількість	Ціна, грн	Вартість, грн
Лист 10 мм	2,5 кг	65	163
Кутик 40×40×5	3,0 кг	60	180
Круг сталевий Ø30	4,5 кг	70	315
Електроди Е42А	0,5 кг	120	60
Разом			718

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМ6\_41.19.00.00.000 ПЗ

Арк.

42

$C_m = 718$  грн

Таблиця 4.2 – Покупні вироби

Найменування	Кількість	Ціна, грн	Вартість
Гайка М30	1	80	80
Гайка М16	1	15	15
Шайби	комплект	20	20
Воріток	1	150	150
Разом			265

$C_{пл} = 265$

*Заробітна плата*

Трудомісткість виготовлення: токарні роботи – 3 год.; свердлильні роботи – 1 год.; зварювальні роботи – 2 год.; складальні роботи – 1 год.

Загальна трудомісткість:  $T = 7$  год.

Годинна тарифна ставка:  $C_{год} = 180$  грн/год.

Тоді:  $C_{зп} = 7 \cdot 180 = 1260$  грн

Додаткова зарплата:  $C_{доп} = 0,15 \cdot 1260 = 189$  грн

З урахуванням додаткової зарплати вартість 1 год.- год. 200 грн.

Повна зарплата:  $C_{зп} = 1050 + 189 = 1449$  грн

*Накладні витрати*

Приймаємо:  $C_{нв} = 120\% \cdot C_{зп}$

$C_{нв} = 1,2 \cdot 1449 = 1739$  грн

*Собівартість пристрою*

$C_{пр} = 718 + 265 + 1449 + 1739 = 4171$  грн

*Визначення економічного ефекту*

Трудомісткість операції без пристрою:  $t_1 = 1,2$  год.

Трудомісткість з пристроєм:  $t_2 = 0,6$  год.

Економія часу:  $\Delta t = t_1 - t_2$ ,

$\Delta t = 1,2 - 0,6 = 0,6$  год.

За рік ремонтується приблизно:  $N = 120$  гідроаккумуляторів.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

Річна економія часу:

$$T_e = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ год.}$$

Економія заробітної плати:

$$E_z = 72 \cdot 200 = 14400 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:  $E_p = 14400 \text{ грн}$

Термін окупності:

$$T_{ок} = C_{пр} / E_p,$$

$$T_{ок} = 4171/14400 = 0,2 \text{ року} \approx 2,5 \text{ міс.}$$

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники розробленого пристрою

Показник	Значення
Вартість виготовлення пристрою, грн	4171
Трудомісткість виготовлення, люд.-год	7
Трудомісткість ремонту без пристрою, год.	1,2
Трудомісткість ремонту з пристроєм, год.	0,6
Економія часу на один ремонт, год.	0,6
Кількість ремонтів за рік, шт.	120
Річна економія робочого часу, год.	72
Вартість 1 людино-години, грн/год.	200
Річний економічний ефект, грн	14400
Термін окупності, років	0,2

Отже, вартість виготовлення розробленого пристрою становить 4171 грн. Використання пристрою забезпечує скорочення трудомісткості складально-розбиральних робіт приблизно на 33 %, дозволяє одержати річний економічний ефект 14400 грн та забезпечує окупність витрат на його виготовлення протягом 2,5 місяців. Крім економічного ефекту, пристрій значно підвищує безпеку праці під час ремонту гідроаккумуляторів коробки передач тракторів Т-150К.

## 4.2 Охорона праці

Охорона праці є невід'ємною складовою виробничої діяльності та спрямована на забезпечення безпечних і здорових умов праці працівників. Під час експлуатації пристрою для контролю муфт персонал може зазнавати впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, пов'язаних із роботою електрообладнання, рухомими елементами механізмів, шумом та підвищеним нервово-емоційним навантаженням при виконанні контрольних-вимірювальних операцій [4].

Метою даного розділу є аналіз умов праці при використанні розробленого пристрою, визначення потенційних небезпек та розробка комплексу організаційних і технічних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням і забезпечення відповідності умов праці чинним нормативним вимогам з охорони праці.

### *Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів*

Пристрій для контролю муфт призначений для визначення технічного стану муфт шляхом контролю їх геометричних параметрів, биття, зносу та інших експлуатаційних характеристик. Під час роботи оператора можливий вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції електрообладнання;

травмування рухомими частинами контрольного пристрою;

підвищений рівень шуму та вібрації;

недостатня освітленість робочої зони;

психофізіологічне навантаження оператора при проведенні точних вимірювань;

можливість виникнення пожежі при несправності електрообладнання.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідно передбачити комплекс організаційних і технічних заходів.

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

### *Заходи з електробезпеки*

Контрольний пристрій живиться від електричної мережі напругою 220 В. Для запобігання ураженню електричним струмом передбачаються захисне заземлення металевих частин обладнання, використання кабелів із подвійною ізоляцією, встановлення автоматичних вимикачів та пристроїв захисного відключення, періодичний контроль стану ізоляції електричних кіл, проведення інструктажів з електробезпеки для персоналу.

Експлуатація пристрою допускається лише після перевірки справності електрообладнання та захисних засобів.

### *Виробнича санітарія [10]*

Для забезпечення комфортних умов праці необхідно підтримувати нормативні параметри мікроклімату – температура повітря 18–22 °С, відносна вологість 40–60 %, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с.

Освітленість робочого місця повинна становити не менше 300–500 лк. Робоча зона обладнується комбінованим освітленням із використанням світлодіодних світильників.

Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА. При необхідності застосовуються шумопоглинальні матеріали та засоби індивідуального захисту органів слуху.

### *Вимоги безпеки під час роботи з пристроєм*

Перед початком роботи оператор зобов'язаний: перевірити справність пристрою; переконатися у наявності захисного заземлення; перевірити надійність кріплення муфти; підготувати необхідний вимірювальний інструмент.

Під час роботи забороняється торкатися рухомих частин пристрою, виконувати регулювання під час обертання контрольованої деталі, працювати при пошкодженні ізоляції електропроводки, залишати працююче обладнання без нагляду.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

Після завершення роботи необхідно вимкнути пристрій від мережі, очистити робоче місце та повідомити керівника про виявлені несправності.

#### *Пожежна безпека*

Основними причинами пожежі можуть бути коротке замикання, перевантаження електромережі та несправність електрообладнання.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно використовувати справну електромережу, проводити регулярний технічний огляд обладнання, оглядати приміщення вогнегасниками типу ВЗК-2 або ВП-5, забезпечити вільний доступ до евакуаційних виходів, виконувати вимоги пожежної безпеки при експлуатації електрообладнання.

Безпечна експлуатація пристрою для контролю муфт забезпечується не лише технічними засобами захисту, а й належною організацією робіт. До роботи з пристроєм допускаються особи, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, а також ознайомлені з правилами експлуатації обладнання.

На робочому місці повинні підтримуватися порядок і чистота. Проходи до обладнання та евакуаційних виходів мають бути вільними. Працівник зобов'язаний використовувати справний інструмент і засоби індивідуального захисту, дотримуватися вимог виробничої дисципліни та негайно повідомляти керівника про виявлені несправності обладнання.

Періодично проводяться повторні інструктажі, перевірка знань з питань охорони праці та контроль технічного стану пристрою. Організація безпечних умов праці сприяє зниженню виробничого травматизму, підвищенню продуктивності праці та надійності роботи обладнання.

Отже, розглянуто основні питання охорони праці при експлуатації пристрою для контролю муфт. Визначено небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено заходи з електробезпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки. Реалізація запропонованих заходів забезпечує безпечні умови праці

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

персоналу, знижує ризик виробничого травматизму та підвищує надійність експлуатації розробленого пристрою.

### 4.3 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є одним із пріоритетних напрямів сучасного виробництва. Під час проектування та експлуатації машин, механізмів і контрольно-вимірювального обладнання необхідно враховувати їхній можливий вплив на довкілля та передбачати заходи щодо мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Метою даного розділу є аналіз екологічних аспектів використання пристрою для контролю муфт та розробка заходів щодо забезпечення екологічної безпеки під час його експлуатації.

*Аналіз впливу пристрою на навколишнє середовище [17]*

Розроблений пристрій для контролю муфт не є джерелом значних викидів шкідливих речовин в атмосферу та не створює істотного негативного впливу на довкілля. Разом з тим під час його експлуатації можуть виникати окремі фактори впливу утворення відпрацьованих мастильних матеріалів під час технічного обслуговування, утворення металевих відходів при заміні зношених деталей, споживання електричної енергії, утворення побутових та виробничих відходів.

Основним завданням є раціональне використання ресурсів та належне поводження з відходами.

*Заходи щодо зменшення негативного впливу на довкілля*

Для зниження екологічного навантаження передбачаються такі заходи:

використання енергоощадного електрообладнання;

своєчасне технічне обслуговування пристрою;

запобігання витокам мастильних матеріалів,

сортування та передача металевих відходів на переробку;

збирання відпрацьованих мастил у спеціальні герметичні ємності;

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

дотримання правил поводження з виробничими відходами.

Реалізація зазначених заходів забезпечує мінімальний вплив пристрою на навколишнє середовище.

#### *Раціональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів*

Одним із напрямів екологізації виробництва є зниження споживання енергетичних і матеріальних ресурсів. Для цього передбачено використання сучасних вимірювальних приладів із низьким енергоспоживанням, застосування довговічних конструкційних матеріалів, ремонтпридатність вузлів пристрою, можливість повторного використання окремих деталей після відновлення.

Такі рішення сприяють зменшенню матеріаломісткості та енергоємності виробництва.

#### *Організаційні природоохоронні заходи*

На підприємстві повинні виконуватися вимоги природоохоронного законодавства України. Персонал зобов'язаний дотримуватися правил поводження з відходами, підтримувати чистоту робочого місця та не допускати забруднення навколишнього середовища.

Для працівників проводиться інструктаж з питань екологічної безпеки, а контроль за виконанням природоохоронних заходів покладається на відповідальних осіб підприємства.

Отже, встановлено, що розроблена конструкція не створює значного негативного впливу на довкілля. Запропоновані технічні та організаційні заходи забезпечують раціональне використання ресурсів, належне поводження з відходами та дотримання вимог екологічної безпеки.

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи проведено аналіз конструкцій муфт, умов їх експлуатації та існуючих методів контролю технічного стану. Встановлено, що застосування універсальних засобів вимірювання не завжди забезпечує необхідну точність і продуктивність контролю, що обумовлює необхідність створення спеціалізованого пристрою.

Розроблено конструкцію пристрою для контролю муфт, яка забезпечує надійну фіксацію контрольованого вузла, підвищення точності вимірювань та зменшення трудомісткості проведення контрольних операцій. Виконані конструкторські розрахунки підтвердили працездатність, міцність та надійність запропонованої конструкції.

Обґрунтовано вибір матеріалу деталі, розроблено технологічний процес її виготовлення, визначено способи базування, маршрути механічної обробки та режими різання, що забезпечують отримання виробу необхідної якості при мінімальних виробничих витратах.

Виконана економічна оцінка показала доцільність впровадження розробки у виробництво та ремонтну практику. Застосування пристрою дозволяє скоротити тривалість контрольних операцій, підвищити якість діагностування та зменшити витрати, пов'язані з виявленням і усуненням дефектів.

А також розроблено заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища, реалізація яких забезпечує безпечні умови праці персоналу та відповідність вимогам екологічної безпеки.

Таким чином розроблений пристрій для контролю муфт може бути рекомендований до використання на машинобудівних підприємствах, ремонтних виробництвах та сервісних центрах.

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Altich J. C., Dornfeld D. Burr Formation and Removal in Machining. Berlin : Springer, 2021. 319 p.
2. Бабич М. Т., Шевченко О. В. Конструкція і розрахунок машин : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2020. 312 с.
3. Варченко О. М., Дороган О. А. Організація ремонту машинно-тракторного парку : підручник. Київ : НУБіП України, 2021. 356 с.
4. Войналович О. В., Іванюга В. В. Охорона праці в галузі : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2020. 292 с.
5. Гевко Р. Б., Романюк Р. С. Технологічне обладнання ремонтних підприємств : підручник. Тернопіль : ТНТУ, 2021. 384 с.
6. Гречко А. В., Петров С. О. Діагностування технічного стану трансмісії тракторів : монографія. Харків : ХНТУСГ, 2022. 248 с.
7. Гунько І. В., Коваль О. П. Технологія ремонту машин : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2019. 460 с.
8. Гуцаленко Ю. Г., Яценко І. О. Технологія машинобудування : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2021. 336 с.
9. Дмитрів І. В., Олексів І. І. Механічні передачі: конструкція та розрахунок : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2020. 298 с.
10. Дорошенко В. О., Нечипоренко В. І. Виробництво санітарія та гігієна праці : навч. посіб. Харків : Факт, 2021. 204 с.
11. Дудніков А. А., Чабан В. І. Механіко-технологічне обґрунтування конструктивних параметрів сільськогосподарських машин : монографія. Полтава : ПДАА, 2020. 310 с.
12. Єресько О. В., Трубачев І. В., Мала Я. О. Технічне нормування праці в машинобудуванні : навч. посіб. Київ : НТУУ «КП», 2021. 256 с.
13. Заїка П. М., Мороз М. М. Теорія сільськогосподарських машин : підручник. Харків : Основа, 2019. 520 с.
14. Кириченко І. Г., Голуб Г. А. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : НУБіП України, 2022. 476 с.

					КРБ.133ГМб_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

15. Кравченко О. П., Маринін А. І. Технологічні основи машинобудування : навч. посіб. Миколаїв : МНУ ім. В. О. Сухомлинського, 2020. 280 с.

16. Кузик О. В., Паньківський С. А. Деталі машин і основи конструювання : підручник. Рівне : НУВГН, 2021. 398 с.

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

18. Лук'яненко В. М., Шевченко І. А. Прикладна механіка : підручник. Полтава : ПДАА, 2020. 352 с.

19. Надикто В. 7. Трактори : підручник. Мелітополь : Люкс, 2019. 444 с.

20. Пилипенко О. І., Харченко О. В. Технічне обслуговування і ремонт тракторів та автомобілів : підручник. Харків : Діса плюс, 2022. 488 с.

21. Тіщенко Л. М., Леженкін О. М. Технологія ремонту машин і обладнання : підручник. Харків : ХНТУСТ, 2021. 496 с.

22. ДСТУ 2651:2005. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.

23. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Київ: Держспоживстандарт України, 2002.

24. ДСТУ 3540:2015. Прокат сортовий і фасонний зі сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2015.

25. ДСТУ EN ISO 6411:2018. Кресленики технічні. Спрощене подання центральних отворів (EN ISO 6411:1997, IDT; ISO 6411:1982, IDT)

26. 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)

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

ДОДАТКИ

					КРБ.133ГМ6_41.19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53



