

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: «Розробка пристрою для викручування гайок із деформованими
гранями для машин та обладнання сільськогосподарського виробництва»

КРБ.133ГМб_41.14.00.00.000 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
МАКСИМОЧКІН Дмитро

Керівник: КАНІВЕЦЬ Олександр

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

Дмитро МАКСИМОЧКІН

1 Тема роботи: *«Розробка пристрою для викручування гайок із деформованими гранями для машин та обладнання сільськогосподарського виробництва»*

керівник роботи *канд. техн. наук, доцент КАНІВЕЦЬ Олександр,*
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: *кресленик загального виду пристрою; складальний кресленик вузла пристрою, що виноситься 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 _____ Дмитро МАКСИМОЧКІН
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександр КАНІВЕЦЬ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 1 додаток, 8 рисунків, 11 таблиць, 21 використаних джерел, 44 сторінки.

Об'єкт розробки – технологічний процес демонтажу різьбових кріпильних елементів із пошкодженою робочою поверхнею.

Предмет розробки – конструкція пристрою, принцип дії та технічні характеристики.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити шляхи підвищення ефективності демонтажу різьбових кріпильних елементів із пошкодженою робочою поверхнею шляхом розробки пристрою, який забезпечить ефективне відкручування гайок із деформованими гранями без пошкодження різьби та з мінімальними затратами часу і фізичних зусиль, а також розробити комплект конструкторської документації.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра Розробка документації на пропонованій пристрій для впровадження в автосервісних підприємствах, в реммастернях, на промислових підприємствах машинобудівної галузі.

У **загальному розділі** проведений аналіз конструкції існуючих аналогів, визначено їх переваги та недоліки, сформульовано технічні вимоги до розроблюваного пристрою та обґрунтовано вибір конструктивної концепції.

У **технологічному розділі** здійснено розробку технологічного процесу виготовлення корпусу пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями, наведено характеристику матеріалу деталі, визначено режими механічної обробки, вимоги до точності та шорсткості поверхонь, а також запропоновано маршрут виготовлення деталі.

У **конструкторському розділі** виконано конструктивні розрахунки крутного моменту, сили затискання гайки, гвинта на міцність, рукоятки на згин. Окрім цього розроблено складальне креслення пристосування, деталювання основних вузлів.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** визначено економічну ефективність запропонованої конструкції, запропоновано

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заходи з безпечної експлуатації інструментів та пристроїв для демонтажу пошкоджених кріпильних елементів та заходи охорони навколишнього середовища.

Практичні результати роботи – розроблений комплект конструкторської документації на пристрій для відкручування гайок із деформованими гранями.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – розроблений пристрій може бути використаний при технічному обслуговуванні, виконанні ремонтних робіт техніки (автомобілі, трактори, комбайни, промислові механізми та інше обладнання), що містить різьбові з'єднання.

Сфера застосування результатів роботи – в автосервісних підприємствах, слюсарно-ремонтних майстернях, на промислових підприємствах машинобудівної та будівельної галузей, а також у польових умовах виконання ремонтних і монтажних робіт.

Графічна частина роботи становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 98,18 %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції пристроїв для відкручування гайок із деформованими гранями. Характерною особливістю розробленої конструкції є надійне захоплення гайок із деформованими гранями, наявність регульованого механізму затискання, простота та ефективність роботи, універсальність використання.

ПРИСТОСУВАННЯ, ГАЙКА З ДЕФОРМОВАНИМИ ГРАНЯМИ, ДЕМОНТАЖ, КРУТНИЙ МОМЕНТ, ЗАТИСКНИЙ МЕХАНІЗМ, ГВИНТ, КОРПУС, РУКОЯТКА, МІЦНІСТІ, БЕЗПЕКА, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ.

ANNOTATION

This bachelor's thesis focuses on the design of a device for unscrewing nuts with deformed edges. Key features of the proposed design include a secure grip on nuts with deformed edges, an adjustable clamping mechanism, ease and efficiency of operation, and versatility.

APPLICATION, NUT WITH DEFORMED FACETS, DISASSEMBLY, TORQUE, CLAMPING MECHANISM, SCREW, HOUSING, HANDLE, STRENGTH, SAFETY, COST-EFFECTIVENESS.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Відомості про об'єкт розробки та його призначення	9
1.2 Аналіз існуючих конструкцій інструментів і пристроїв для демонтажу пошкоджених кріпильних елементів	12
1.3 Розробка та обґрунтування принципових технічних рішень	16
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Аналіз технологічності деталі	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	19
2.3 Обробка поверхонь деталі	22
2.4 Розробка схем базування деталі	24
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	26
2.6 Визначення допусків на обробку та операційних розмірів	28
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	31
3.1 Опис пристрою для відкручування гайок зі збитими гранями	31
3.2 Конструктивні розрахунки	32
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	36
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	36
4.2 Охорона праці	38
4.3 Охорона навколишнього середовища	40
ВИСНОВКИ	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	45
ДОДАТКИ	47

КРБ.132ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ				
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Максимочкін Д.		
Перевінив		Канівець О.В.		
Н. Контр.		Канівець О.В.		
Керівник		Канівець О.В.		
Зав.кафедр		Попов С.В.		
Розробка пристрою для викручування гайок із деформованими гранями для машин та обладнання сільськогосподарського виробництва				
		Лім.	Арк.	Аркунів
		6	4	44
ПДАУ, каф. МЕІ				

ВСТУП

У сучасних умовах технічного обслуговування та ремонту різноманітних машин, механізмів і металоконструкцій однією з найпоширеніших і водночас найбільш трудомістких проблем є демонтаж кріпильних елементів – зокрема гайок із зношеними або повністю збитими гранями. Ця проблема виникає в результаті цілого ряду чинників: тривалого впливу корозійного середовища, застосування невідповідного за розміром або зношеного інструменту, надмірних моментів затягування, механічних пошкоджень при поперечних спробах відкручування, а також природного зносу в умовах циклічних навантажень.

Стандартні засоби – рожкові та накидні ключі, торцеві головки – розраховані на роботу з кріпильними елементами, що мають чітко виражені грані кривильної геометричної форми. Як тільки геометрія гайки порушується, ефективне передавання крутного моменту стає неможливим: інструмент ковзає по зношеній поверхні, що не лише унеможливує відкручування, але й призводить до подальшого руйнування кріпильного елемента та нерідко – до травмування персоналу.

Проблема особливо гостро постає у автомобільній, будівельній, суднобудівній та машинобудівній галузях, де деталі роками піддаються впливу агресивного середовища – вологи, дорожніх реагентів, мастил і високих температур. За статистикою технічних служб, значна частка часу при виконанні ремонтних операцій витрачається саме на боротьбу з пошкодженим кріпленням. Це призводить до прямих матеріальних втрат, простою обладнання та зниження загальної ефективності виробничого або сервісного процесу.

Наявні рішення – зворотні спіральні екстрактори, ударні головки з насічкою, приварювання додаткового важеля, спеціальні кліщі – мають суттєві обмеження. Екстрактори вимагають попереднього свердління отвору в тілі кріпильного елемента, що не завжди технічно можливо і потребує додаткового обладнання. Зварювальні методи застосовні лише за наявності зварювального

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апарата і ризикують пошкодити суміжні деталі. Більшість комерційних інструментів розрахована на обмежений діапазон розмірів гайок і не забезпечує достатнього крутного моменту при значному зносі граней.

Таким чином, існує очевидна потреба у розробці спеціалізованого пристрою, позбавленого зазначених недоліків, – надійного, універсального, зручного у використанні та придатного для застосування як у стаціонарних майстернях, так і в польових умовах.

Метою роботи є розробка конструкції пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями, що забезпечує надійне захоплення пошкодженого кріпильного елемента, ефективну передачу крутного моменту та придатність до застосування в умовах обмеженого доступу без попередньої підготовки місця з'єднання.

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

- провести аналіз існуючих конструкцій інструментів і пристроїв для демонтажу пошкоджених кріпильних елементів, виявити їх переваги та недоліки;
- обґрунтувати вибір конструктивного рішення щодо розробки пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями;
- розробити технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» розробленого пристрою;
- розробити конструкцію пристосування та складальні креслення;
- виконати необхідні конструктивні розрахунки;
- провести техніко-економічне обґрунтування розробки.

Об'єкт розробки – технологічний процес демонтажу різьбових кріпильних елементів із пошкодженою робочою поверхнею.

Предмет розробки – конструкція пристосування, принцип дії та технічні характеристики.

Методи дослідження. У роботі використовуються методи системного аналізу та синтезу, аналітичні методи, метод порівняльного аналізу.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений пристрій орієнтований на широке практичне застосування в автосервісних підприємствах, слюсарно-ремонтних майстернях, на промислових підприємствах машинобудівної та будівельної галузей, а також у польових умовах виконання ремонтних і монтажних робіт. Впровадження пристрою дозволяє суттєво скоротити час демонтажу пошкоджених з'єднань, знизити ймовірність пошкодження суміжних деталей і поверхонь, зменшити трудомісткість ремонтних операцій та підвищити культуру виробництва загалом.

Робота спрямована на розробку конструктивної схеми захоплювального механізму пристрою, що забезпечує самозатискання на пошкодженій поверхні кріпильного елемента пропорційно до прикладеного крутного моменту, що принципово відрізняє його від відомих аналогів із фіксованою геометрією захоплення.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Відомості про об'єкт розробки та його призначення

Об'єктом розробки є пристрій для відкручування гайок із деформованими або пошкодженими гранями, який призначений для виконання ремонтно-монтажних робіт у машинобудуванні, автомобільному транспорті, сільськогосподарській техніці та промислового обладнання.

Під час експлуатації машин і механізмів різьбові з'єднання піддаються впливу значних навантажень, вібрацій, корозії та забруднення. У результаті цього гайки часто прикипають до різьби, а їх грані деформуються під час багаторазового закручування і відкручування. Використання стандартного гайкового ключа у таких випадках стає неможливим або малоефективним [4, 7].

Особливо актуальною дана проблема є при ремонті автомобільних вузлів і агрегатів, тракторної та сільськогосподарської техніки, промислових редукторів, будівельного обладнання, технологічних машин та механізмів [3, 21].

У більшості випадків для демонтажу пошкоджених гайок застосовують ударні інструменти, газові ключі, зубила або зрізання гайки шліфувальними машинами. Такі методи мають ряд недоліків: пошкодження різьби болта, значні витрати часу, небезпека травмування працівника, необхідність використання додаткового обладнання, неможливість роботи у важкодоступних місцях [19].

Тому виникає необхідність у створенні спеціального пристрою, який забезпечуватиме надійне захоплення пошкодженої гайки та дозволить ефективно передавати крутний момент без руйнування різьбового з'єднання.

Актуальність розробки обумовлена широким застосуванням різьбових з'єднань у сучасному машинобудуванні та високою частотою виникнення пошкоджень гайок під час експлуатації техніки.

Під час проведення ремонтних робіт працівники часто стикаються з такими проблемами стирання граней гайки, корозійне прикипання, деформація

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різьби, недостатній доступ до місця кріплення, неможливість використання стандартного інструменту. Застосування традиційних способів демонтажу призводить до збільшення трудомісткості ремонту та простоїв обладнання. Крім того використання ударного інструменту або нагрівання може викликати пошкодження деталей машини.

Розробка спеціального пристрою дозволяє підвищити ефективність ремонтних робіт, скоротити час демонтажу, зменшити фізичне навантаження на працівника, підвищити безпеку праці, забезпечити збереження різьбового з'єднання.

Таким чином, розробка пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями є актуальною технічною задачею, вирішення якої має практичне значення для ремонтного виробництва та технічного обслуговування машин.

Базовою машиною для використання розроблюваного пристрою можуть бути автомобілі, трактори, комбайни, промислові механізми та інше обладнання, що містить різьбові з'єднання.

Умови експлуатації характеризуються наявністю забруднення, підвищеною вологістю, впливом пилу та мастильних матеріалів, перепадами температур, значними механічними навантаженнями.

Технологія використання пристрою включає встановлення захоплювального механізму на пошкоджену гайку, фіксацію гайки затискним елементом, передачу крутного моменту через рукоятку або приводний механізм.

Конструкція пристрою повинна забезпечувати надійне затискання, простоту використання, можливість роботи в обмеженому просторі, достатню міцність елементів, довговічність і ремонтпридатність.

Основною технічною задачею є розробка пристрою, який забезпечить ефективне відкручування гайок із деформованими гранями без пошкодження різьби та з мінімальними затратами часу і фізичних зусиль.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вирішення технічної задачі необхідно:

- забезпечити надійне захоплення гайки незалежно від ступеня пошкодження граней;
- створити механізм передачі значного крутного моменту;
- забезпечити компактність конструкції,
- підвищити безпечність виконання робіт;
- забезпечити універсальність використання для гайок різних розмірів.

Пристрій повинен працювати в умовах ремонтних майстерень та безпосередньо під час технічного обслуговування машин.

1.2 Аналіз існуючих конструкцій інструментів і пристроїв для демонтажу пошкоджених кріпильних елементів

У процесі експлуатації машин, механізмів і технологічного обладнання часто виникає потреба у демонтажі різьбових з'єднань. Найбільш поширеною проблемою є пошкодження граней гайок або голівок болтів. Таке явище виникає внаслідок корозії, надмірного моменту затягування, використання невідповідного інструменту, зношування кріпильного елемента або порушення умов експлуатації [7].

Гайка із деформованими гранями втрачає правильну геометричну форму, тому звичайний гайковий або накидний ключ не забезпечує надійного контакту з її поверхнями. Під час прикладання крутного моменту інструмент проковзує, ще більше руйнуючи грані. У таких умовах застосовують спеціальні інструменти та пристрої, які забезпечують підвищене зчеплення з пошкодженим кріпильним елементом.

Одним із найпростіших засобів демонтажу є розвідний ключ (рис.1.1). Його перевагою є універсальність, оскільки відстань між робочими губками ключа можна змінювати залежно від розміру гайки. Однак при пошкоджених гранях ефективність такого інструменту невисока. Через наявність рухомої губки та можливий знофт зменшується жорсткість захоплення, що призводить до проковзування [17, 19].

Рисунок 1.1 – Розвідний ключ

Досить поширеним інструментом є газовий або трубний ключ (рис.1.2). Його робочі губки мають насічки, які врізаються у поверхню деталі та забезпечують краще зчеплення. Такий ключ можна використовувати для демонтажу гайок із частково зруйнованими гралями. Недоліком є значне пошкодження поверхні кріпильного елемента, великі габарити інструменту та незручність роботи в обмеженому просторі [17, 19].

Рисунок 1.2 – Газовий (трубний) ключ

Для демонтажу пошкоджених гайок також застосовують затискні кліщі типу «Vise-Grip» (рис.1.3). Вони дозволяють міцно зафіксувати гайку між губками та прикласти крутний момент. Перевагою є простота конструкції і можливість швидкого затискання. Проте площа контакту з гайкою обмежена, і при великих моментах можливе зісковзування або додаткове руйнування металу.

Рисунок 1.3 – Затискні кліщі типу «Vise-Grip»

Більш спеціалізованим інструментом є торцеві головки для зірваних гайок (рис. 1.4). Вони мають внутрішній спіральний або клиноподібний профіль, який під час обертання врізається у пошкоджену поверхню гайки. Такий інструмент забезпечує достатньо надійне захоплення, але має обмеження за розміром гайок і потребує набору головок різних діаметрів. Крім того, після демонтажу гайка зазвичай непридатна для повторного використання [17, 19].

Рисунок 1.4 – Торцеві головки для пошкоджених гайок

Окрему групу становлять гайкорізи (рис. 1.5). Вони не відкручують гайку, а руйнують її шляхом розколювання. Конструкція гайкоріза містить корпус, різальний клин і гвинтовий або гідравлічний механізм створення зусилля. Перевагою є висока ефективність при сильно заіржавілих або заклиненних гайках. Основним недоліком є повне руйнування гайки, можливість пошкодження різьби болта або шпильки, а також неможливість використання в місцях з обмеженим доступом [4].

Рисунок 1.5 – Гайкорізи

Також застосовують екстрактори для болтів і шпильок (рис. 1.6). Вони ефективні переважно тоді, коли пошкоджена головка болта або залишок кріпильного елемента знаходиться всередині отвору. Для гайок із

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деформованими гранями такі пристрої мають обмежене застосування, оскільки потребують свердління або спеціальної підготовки поверхні.

Рисунок 1.6 – Екстрактори для болтів і шпильок

Для важких умов експлуатації використовують ударні інструменти, зокрема ударні гайковерти (рис.1.7). Вони створюють імпульсний крутний момент, який допомагає зірвати прикипіле різьбове з'єднання. Проте при пошкоджених гранях звичайна головка може проковзувати, тому ударний гайковерт ефективний лише разом зі спеціальними головками для пошкодженого кріплення [4].

Рисунок 1.7 – Ударний гайковерт зі спеціальними головками

Аналізуючи існуючі конструкції інструментів і пристроїв для демонтажу пошкоджених кріпильних елементів найбільш доцільним є розробка спеціального затискного пристрою, який дозволяє забезпечити надійне захоплення гайки, не потребує руйнування різьбового з'єднання, має просту конструкцію, може виготовлятися із стандартних матеріалів, дає можливість працювати у важкодоступних місцях, характеризується невисокою собівартістю.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, пристрій може бути адаптований для гайок різних типорозмірів шляхом регулювання затискного механізму.

1.3 Розробка та обґрунтування принципів технічних рішень

Для реалізації поставленої задачі розроблено конструкцію пристрою, яка складається з корпусу, затискного механізму, гвинтового елементу, рухомих губок, тяги, рукоятки для передачі крутного моменту.

Принцип роботи пристрою полягає у тому, що під час обертання гвинта рухомі губки зближуються та щільно затискають пошкоджену гайку. Після цього через рукоятку передається крутний момент, необхідний для відкручування.

Для забезпечення надійності конструкції корпус виготовляється зі сталі підвищеної міцності, робочі поверхні губок мають насічки, гвинтовий механізм виконується із загартованої сталі, передбачено можливість регулювання сили затискання.

Основними технічними перевагами конструкції є висока надійність, компактність, простота виготовлення, універсальність, безпечність експлуатації.

Запропоноване технічне рішення дозволяє значно підвищити ефективність ремонтних робіт та знизити трудомісткість демонтажу пошкоджених різьбових з'єднань.

Висновок. У результаті проведеного аналізу встановлено, що проблема відкручування гайок із деформованими гранями є актуальною для ремонтного виробництва та технічного обслуговування машин.

Розглянуто існуючі конструкції інструментів і пристроїв для демонтажу пошкоджених кріпильних елементів, визначено їх переваги та недоліки. Найбільш доцільним варіантом вирішення технічної задачі є розробка і застосування спеціального затискного пристрою, який дозволяє забезпечити надійне захоплення гайки, передачу необхідного крутного моменту та збереження різьбового з'єднання, що підвищує ефективність і безпечність виконання ремонтних робіт.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Корпус є однією з базових деталей пристрою для викручування гайок із деформованими гранями і безпосередньо впливає на точність та надійність роботи усього вузла. Матеріалом для виготовлення корпусу обрано Сталь 45 19.

ДСТУ 2651:2005, яка забезпечує достатній рівень міцності та задовільну оброблюваність різанням. Твердість після формалізації становить HB 170–230, що відповідає технологічним вимогам для деталей подібного класу [1].

Аналіз технологічності конструкції деталі виконується з метою виявлення можливостей щодо зниження собівартості та трудомісткості виготовлення без погіршення експлуатаційних характеристик. Оцінку проводять за якісними та кількісними показниками відповідно до ГОСТ 14.201-83 [5, 15].

З якісної точки зору конструкція корпусу є достатньо технологічною. Деталь має просту симетричну форму з переважно циліндричними поверхнями, що дозволяє виконувати основну частину обробки на токарних верстатах із застосуванням стандартного ріжучого інструменту. Торцеві поверхні є зручними базами як при токарній обробці, так і при свердлінні. Відсутні глухі канавки та важкодоступні поверхні, що суттєво спрощує як саму обробку, так і контроль якості [5].

Різьбові отвори розміщені перпендикулярно до осі деталі, що дозволяє використовувати стандартні мітчики без додаткового перенаштування. Паз під шпінку виконується стандартною кінцевою фрезою. Жодна з поверхонь не вимагає спеціального оснащення, виготовленого виключно для цієї деталі. Разом із тим слід відзначити, що поєднання відносно жорсткого допуску по вазитету IT6 на зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 32h6$ із вимогою шорсткості Ra 0,8 мкм вимагає введення операції шліфування, що дещо ускладнює технологічний маршрут.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількісна оцінка технологічності виконується через розрахунок відповідних коефіцієнтів. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховується за формулою [3, 5]:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_{\text{заг}}}, \quad (2.1)$$

де Q_y – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

$Q_{\text{заг}}$ – загальна кількість конструктивних елементів деталі.

При $Q_y = 14$ та $Q_{\text{заг}} = 18$ отримуємо:

$$K_y = \frac{14}{18} = 0,78.$$

Коефіцієнт стандартизації визначається аналогічно, однак враховує лише стандартизовані елементи:

$$K_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{уст}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (2.2)$$

$$K_{\text{ст}} = \frac{15}{18} = 0,83.$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}}, \quad (2.3)$$

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

При $A_{\text{ср}} = 9,5$ отримуємо: $K_T = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,89$.

Однак якщо брати до уваги лише точні поверхні (квалітети IT6 та IT7), то середнє значення знижується і K_T виходить рівним 0,71.

Таблиця 2.1 – Якісні показники технологічності корпусу

Показник технологічності	Значення	Оцінка
Простота конструктивних форм	Задовільна	Позитивна
Уніфікація поверхонь	Висока	Позитивна
Можливість використання стандартних заготовок	Так	Позитивна
Зручність базування при обробці	Добра	Позитивна
Доступність поверхонь для обробки	Пома	Позитивна
Необхідність спеціального оснащення	Мінімальна	Позитивна

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності корпусу

Показник	Позначення	Значення	Норматив
Коефіцієнт уніфікації	K_u	0,78	$\geq 0,6$
Коефіцієнт стандартизації	$K_{ст}$	0,82	$\geq 0,7$
Коефіцієнт точності	K_T	0,71	$\geq 0,5$
Коефіцієнт шорсткості	$K_{ш}$	0,68	$\geq 0,5$

Усі розраховані коефіцієнти перевищують нормативні значення або знаходяться на їхній межі, що свідчить про достатньо технологічну конструкцію деталей. Виняток становить коефіцієнт точності, скоригований за точними поверхнями, однак це пояснюється функціональними вимогами до деталей, а не конструктивними прорахунками. Загальний висновок: конструкція корпусу є технологічною і придатною для виготовлення в умовах дрібносерійного та серійного виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий технологічний процес виготовлення корпусу розроблений для умов єдиного виробництва і передбачає послідовне виконання операцій на універсальному обладнанні. Аналіз цього процесу є необхідним кроком для виявлення резервів підвищення ефективності виробництва та зменшення похибок обробки. Маршрут складається з восьми основних операцій, кожна з яких виконується на окремому верстаті з ручним управлінням.

Таблиця 2.3 – Операції діючого технологічного процесу виготовлення

корпусу

№	Назва операції	Обладнання	Інструмент
005	Заготівельна (різання прутка)	Відрізний верстат 8Б66	Диск пиловий
010	Токарна (чорнове точіння)	Токарний верстат 16К20	Різець Т15К6
015	Токарна (чистове точіння)	Токарний верстат 16К20	Різець Т30К4
020	Свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н135	Свердло Р6М5
025	Фрезерна	Вертикально-фрезерний 6Р12	Фреза торцева
030	Термічна (загартування)	Піч СНОЛ-3,5	—
035	Шліфувальна	Круглошліфувальний 3М151	Круг ПП 63 × 20 × 20
040	Контрольна	Контрольний стіл	Штангенциркуль, мікрометр

Розглядаючи діючий технологічний процес, слід відзначити кілька суттєвих недоліків. По-перше, операції чорнового та чистевого точіння виконуються в різних установах, що призводить до накопичення похибок базування і збільшення допоміжного часу на переустановлення заготовки. По-друге, відсутність кондуктора при свердлінні отворів вимагає попередньої ручної розмітки та керування, що є трудомістким і малоточним. По-третє, відсутня централізована подача мастильно-охолоджувальної рідини у зону різання, що негативно впливає на стійкість інструменту і якість обробленої поверхні [5, 7].

Аналіз також показує, що базовий процес не передбачає застосування пристосувань для підвищення точності позиціонування заготовки при фрезеруванні пазу. Це призводить до необхідності виконання пробних проходів і, як наслідок, до збільшення машинного часу. Суттєвим є і той факт, що контроль виконується лише після завершення всього маршруту, що не дозволяє вчасно виявляти та виправляти відхилення від технічних умов.

Таблиця 2.4 – Недоліки діючого ТП та пропозиції щодо їх усунення

Недолік діючого ТП	Запропоноване вдосконалення
Роздільне виконання чорнового та чистового точіння на різних установках	Суміщення чорнового й чистового точіння за один установ із застосуванням ЧПК
Відсутність централізованої подачі МОР	Установлення системи примусового охолодження зони різання
Ручна розмітка перед свердлінням	Застосування кондуктора для точного позиціонування отворів
Значний міжопераційний час через ручне переміщення	Впровадження транспортного конвеєра між операціями

Запропоновані вдосконалення, зведені в таблицю 2.4, передбачають передусім застосування верстата 16K20 з числовим програмним керуванням замість ручного управління, що дозволить суміщати чорнове й чистове точіння в одній операції. Впровадження кондуктора при свердлінні усуне похибки позиціонування та скоротить підготовчий час. Установлення системи подачі МОР підвищить стійкість ріжучого інструменту в середньому на 20–30 % та покращить шорсткість обробленої поверхні. Реалізація міжопераційного контролю після токарної та свердлильної операцій дозволить своєчасно виявляти відхилення і скоротити кількість браку.

2.3 Обробка поверхонь деталі

Вибір методів обробки кожної поверхні корпусу визначається вимогами до точності та шорсткості, зазначеними на кресленнику, а також матеріалом деталі та програмою виробництва. Для досягнення заданих параметрів якості застосовується принцип поступового підвищення точності: від чорнової обробки з великими припусками – до чистової та оздоблювальної з мінімальними знімальними шарами [15].

Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 32h6$ є основною конструктивно-технологічною базою деталі. Її обробка передбачає три послідовні переходи: чорнове точіння, чистове точіння та шліфування. Чорнове точіння виконується різцем із пластиною T15K6 при режимах різання $t = 1,5$ мм, $s = 0,4$ мм/об, $v = 120$ м/хв. Чистове точіння здійснюється різцем T30K4 при $t = 0,3$ мм, $s = 0,12$ мм/об, $v = 180$ м/хв. Фінальне шліфування виконується шліфувальним кругом ПП 63×20×20 із зернистістю 25 мкм, що забезпечує шорсткість Ra 0,8 мкм відповідно до вимог кресленника.

Внутрішній отвір $\varnothing 18H7$ обробляється в два переходи: свердління свердлом $\varnothing 16$ з подальшим розвертанням розверткою $\varnothing 18H7$. Перехід від свердління до розвертання забезпечує необхідний допуск IT7 та шорсткість Ra 1,6 мкм. Різьбовий отвір M10 виконується після свердління під різьбу свердлом $\varnothing 8,5$ мм стандартним мітчиком M10 у два проходи (чорзовий і чистовий).

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь корпусу та вимоги до якості

№	Назва поверхні	Метод обробки	Квалітет	Ra, мкм
1	2	3	4	5
1	Зовнішня циліндрична ($\varnothing 32$)	Точіння чорнове → чистове → шліфування	h6	0,8
2	Внутрішній отвір ($\varnothing 18$)	Свердління → розвертання	H7	1,6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1	2			
3	Торцеві площини	Точіння →	11	3,2
4	Гізьбовий отвір М16	Свердління →	7Н	3,2
5	Паз під шпонку ($b=8$)	Фрезерування	P9	3,2
6	Фаски $1 \times 45^\circ$	Точіння	14	6,3

Паз під шпонку $b=8$ мм обробляється кінцевою фрезою $\phi 8$ мм із матеріалу Р6М5. Чорнове фрезерування виконується за один прохід із припуском 0,5 мм на сторону, чистове – з доводкою до номінального розміру. Торцеві площини обробляються при підрізанні в токарній операції, причому чорнова обробка передреє всім іншим операціям для забезпечення бази. Фаски $1 \times 45^\circ$ виконуються переходним різцем при чистовому точінні.

Таблиця 2.6 — Шорсткість поверхонь по переходах обробки

Поверхня	Буд. обробки	Ra заг., мкм	Ra пром., мкм	Ra кін., мкм
Зовн. циліндр $\phi 32$	T→T→Ш	12,5	3,2	0,8
Внутр. отвір $\phi 18$	Св→Р	25	3,2	1,6
Торцеві площини	T→Ш	12,5	6,3	3,2
Паз під шпонку	Фр→Фр	12,5	6,3	3,2

Порівняльний аналіз значень шорсткості по переходах, наведений у таблиці 3.6, свідчить про закономірне й поступове зниження параметра Ra від заготовки до готової деталі. Найбільш жорсткі вимоги висуваються до зовнішньої циліндричної поверхні $\phi 32h6$, де за три переходи шорсткість знижується з Ra 12,5 мкм (заготовка) до Ra 0,8 мкм (після шліфування). Поверхня внутрішнього створу досягає шорсткості Ra 1,6 мкм після розвертання, що відповідає квалітету І7.

2.4 Гозробка схем базування деталі

Базування деталі є одним із ключових питань технологічного проектування, оскільки від правильності вибору баз залежить точність взаємного розташування поверхонь, забезпечення принципу сталості баз та мінімізація похибок закріплення. Для корпусу, що має форму тіла обертання, природними базами є зовнішня циліндрична поверхня та торцева площина [7].

У токарних операціях при чорновому точінні заготовки встановлюють у трікулачковому патроні з упором у торець [5]. Така схема позбавляє деталь п'яти ступенів вільності: трьох поступальних і двох обертальних відносно осей, перпендикулярних до осі деталі. Шостий ступінь вільності — обертання навколо власної осі — залишається незафіксованим, що є допустимим з огляду на осьову симетрію деталі та характер обробки. Похибка базування при такій схемі визначається перш за все точністю самого патрона і для нового патрона не перевищує 0,05–0,08 мм.

При ністовому точінні та шліфуванні застосовується центрована схема базування [15] – деталь встановлюється в центрах із поведковим хомутиком. Ця схема забезпечує мінімальну похибку базування (до 0,01 мм) за рахунок постійності установчих поверхонь. Принцип сталості баз виконується повністю: одні й ті самі центрові отвори є базою для всіх операцій фінішної обробки. Центрові отвори виготовляються в операції 010 і є технологічними базами для наступних операцій (табл.2.7).

При свердлінні отворів деталь базується на призмах з упором у торець. Дві призми разом із торцевим упором позбавляють заготовку шести ступенів вільності, що відповідає повному базуванню. Застосування кондуктора з направляючими втулками для інструменту дозволяє суттєво знизити похибку позиціонування осей отворів відносно осі деталі. Розрахунок показує, що при використанні кондуктора похибка позиціонування не перевищує 0,05 мм проги 0,15–0,20 мм при ручній розмітці.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 – Схеми базування корпусу на основних операціях

Операція	Схема базування	Базові поверхні	Позбавл. ступенів вільн.
Токарна (Ø32 чернове)	Центрова (у патроні + центр)	Зовн. циліндр + торець	5
Токарна чистова	Центрова (два центри)	Центрові отвори	5
Свердлильна	Установ на призмах + упор	Зовн. циліндр + торець	6
Фрезерна (паз)	На оправці з торцевим упором	Центровий отвір + торець	6
Шліфувальна	Центрова (два центри)	Центрові отвори	5

Для операції фрезерування пазу під шпонку заготовку встановлюють на циліндричній оправці з торцевим упором. Оправка забезпечує базування по внутрішньому отвору Ø18H7, що є бажаним з огляду на принцип розміщення конструкторської та технологічної баз. Таким чином, відстань від паза до осі деталі визначається безпосередньо розміром оправки, без накопичення похибок через ланцюг проміжних розмірів.

Похибка базування розраховується за умови нерівності нуля різниці між вимірювальною та технологічною базами. Загальна похибка у встановлення визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.4)$$

де ε_6 – похибка базування; ε_3 – похибка закріплення.

Умова виконання принципу базування полягає в тому, що $\varepsilon_y < \frac{\delta}{3}$

де δ – допуск на оброблюваний розмір.

Таблиця 2.8 – Розрахунок похибок базування та закріплення по операціях

Операція	Похибка базув. ε_6 , мм	Похибка закріпл. ε_3 , мм	$\varepsilon_6 + \varepsilon_3$, мм	Допуск δ , мм
Термічне точіння	0,12	0,05	0,17	0,52
Чистове точіння	0,04	0,02	0,06	0,16
Свердління отв. Ø18	0,08	0,03	0,11	0,43
Шліфування	0,01	0,01	0,02	0,019

Аналіз таблиці 2.8 підтверджує, що для всіх операцій умова $\varepsilon_y < \delta/3$ виконується із запасом. Найбільш критичною є операція шліфування, де допуск $\delta = 0,019$ мм і сумарна похибка становить лише 0,02 мм, що знаходиться на межі допуску. Для забезпечення надійності обробки рекомендується використовувати жорсткі центри підвищеної точності та регулярно контролювати стан центрових отворів після термічної обробки.

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення корпусу розроблено з урахуванням вимог креслика, типу виробництва (дрібносерійне) та наявного парку обладнання. При формуванні маршруту дотримуються таких загальних принципів: спочатку обробляються поверхні, які будуть технологічними базами для наступних операцій; обдирні операції передують чистовим; термічна обробка виконується після завершення основного формоутворення, але перед фінішними операціями; контроль виконується наприкінці маршруту, а для відповідальних поверхонь — і після окремих ключових операцій [5, 7].

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення корпусу

№ оп.	Назва та зміст операції	Обладнання	Оснащення	Розряд роб.
005	Заготівельна. Різання прутка Ø35 мм на заготовки l = 85 мм	Відрізний 8Б66	Лещата, лінійка	2
010	Токарна. Підрізання торців, чорнове точіння Ø32 мм, свердління центрових отворів	16К20 з ЧПК	Патрон 3-кул., різець Т15К6	3
015	Токарна. Чистове точіння Ø32h6, точіння фасок 1×45°	16К20 з ЧПК	Центри, різець Т30К4	4
020	Свердлильна. Свердління Ø16, розвертання Ø18H7, нарізання різьби М10	2Н135	Кондуктор, свердло, розвертка, мітчик	3
025	Фрезерна. Фрезерування пазу b = 8 мм (чорнове та чистове)	6Р12	Оправка, фреза кінцева Р6М5	3
030	Термічна. Загартування HRC 45...50	Під СНОЛ-3,5	Пристосув. для загартування	4
035	Шліфувальна. Шліфування ø32h6 до Ra 0,8 мкм	3М151	Центри, круг ПП 63×20×20	4
040	Контрольна. Перевірка розмірів та шорсткості	Контрольний стіл	Мікрометр, нутромір, профілометр	5

Операція 005 передбачає отримання заготовки різанням прутка гарячекатаного прокату Ø35 мм на відрізному верстаті 8Б66. Довжина заготовки становить 85 мм з урахуванням припусків на підрізання торців. Застосування прокату замість кування є виправданим для дрібносерійного виробництва з

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

огляду на низьку вартість матеріалу та відсутність необхідності в ковальсько-пресовому обладнанні.

В операції 010 виконується підрізання торців, чорнове обточування зовнішньої поверхні та свердління центрових отворів. Застосування верстата 16K20 із числовим програмним керуванням дозволяє виконати ці переходи в одному установі, суттєво знижуючи часові витрати та похибки переустановлення. Операція 015 виконується в центрах і включає чистове точіння з виходом на розмір $\varnothing 32,2$ мм (з урахуванням припуску на шліфування).

Свердлильна операція 020 включає три переходи: свердління під $\varnothing 18H7$, розвертання та нарізання різьби M10. Суміщення цих переходів в одній операції скорочує кількість переустановлень і підвищує точність відносного розташування отворів. Термічна операція 030 виконується перед шліфуванням для надання поверхні необхідної твердості HRC 45–50. Після термообробки обов'язково перевіряють стан центрових отворів і, в разі потреби, виконують їх виправлення.

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Розрахунок припусків є важливою частиною технологічного проектування, оскільки від правильності призначення припусків залежать витрати матеріалу, кількість переходів та собівартість виготовлення. Надто великий припуск веде до зайвого знімання металу та зростання трудомісткості, надто малий – до ризику залишення поверхневого дефектного шару на готовій деталі.

Мінімальний припуск на кожний перехід обробки розраховується аналітичним методом за формулою Кована [15]:

$$2z_{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{(\rho^2_{i-1} + \varepsilon^2_i)}),$$

де Rz_{i-1} – висота нерівностей після попереднього переходу, мкм;

h_{i-1} – глибина дефектного шару після попереднього переходу, мкм;

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ_{i-1} – сумарне відхилення розміщення поверхні після попереднього переходу, мкм;

ε_i – похибка базування на даному переході, мкм.

Для зовнішньої циліндричної поверхні Ø32h6 вихідними даними є заготовка – прокат нормальної точності Ø35 мм. для якого $Rz = 160$ мкм, $h = 200$ мкм, $\rho = 400$ мкм. Послідовно обчислюючи значення $2z_{min}$ для кожного переходу, отримуємо ланцюжок операційних розмірів від заготовки до готової деталі. Максимальний припуск для кожного переходу визначається як сума мінімального припуску та допуску попереднього переходу:

$$2z_{max} = 2z_{min} + \delta_{i-1}.$$

Таблиця 2.10 — Розрахунок припусків на обробку зовнішньої циліндричної поверхні Ø32h6

Перехід обробки	Rz, мкм	h, мкм	ρ , мкм	ε , мкм	$2z_{min}$, мм	Розмір після обробки, мм
Заготовка (прокат Ø35)	160	200	400	—	—	35,0
Точіння чорнове	50	50	100	80	2,3	32,7 +0,3
Точіння чистове	25	25	30	40	0,5	32,2 +0,1
Шліфування чорнове	6	8	15	20	0,14	32,06 +0,025
Шліфування чистове	3	3	8	10	0,06	32,0 -0,016

З таблиці 2.10 видно, що загальний припуск на обробку зовнішньої циліндричної поверхні становить 3,0 мм (по діаметру), з яких 2,3 мм знімається при чорновому точінні, 0,5 мм – при чистовому, і 0,2 мм розподіляється між двома переходами шліфування. Такий розподіл відповідає рекомендаціям щодо раціонального призначення припусків для деталей із загартуванням. Перевірка за рівнянням залишкової ланки розмірного ланцюга:

$$D_{заг} = D_{гот} + \Sigma(2z_i),$$

$$35,0 = 32,0 + 3,0, \text{ що підтверджує правильність розрахунку.}$$

Таблиця 2.11 – Операційні розміри деталі та перевірка розмірних ланцюгів

№ сп.	Операція / перехід	Операц. розмір, мм	Допуск ITn, мм	Зн. прип. Zz, мм	Перевірка (ланц.)
010	Чорнове точіння Ø32	32,7 +0,30/0	IT12 = 0,30	2,3	Замк.
015	Чистове точіння Ø32	32,2 +0,10/0	IT10 = 0,10	0,50	Замк.
035	Шліфування чорнове Ø32	32,05 +0,025/0	IT8 = 0,039	0,14	Замк.
035	Шліфування чистове Ø32h6	32,0 -0,016	IT6 = 0,016	0,06	Замк.
020	Свердління Ø16, розвертання Ø18H7	18,0 +0,021/0	IT7 = 0,021	1,0	Замк.

Операційні розміри та допуски на них, наведені в таблиці 2.11, призначаються виходячи з точності, досяжної на відповідному верстаті та за відповідного методу обробки. Для чорнового точіння на верстаті 10K20 з ЧПК досяжна точність відповідає IT12 для чистового – IT10, для шліфування – IT6. Допуски на операційні розміри враховуються при розрахунку максимальних припусків і при побудові розмірного ланцюга деталі.

Перевірка розмірного ланцюга виконується для кожної замикальної ланки методом повної взаємозамінності. Умова замикання виконується, якщо сума всіх складових ланок дорівнює замкальній ланці, а сума допусків на складові ланки не перевищує допуску на замикальну ланку. Для внутрішнього отвору Ø18H7 мінімальний припуск під розвертання після свердління свердлом Ø16 становить 1,0 мм (по діаметру), що є стандартним для даного способу обробки відповідно до нормативів машинобудування [10,11].

Таким чином, розроблений технологічний маршрут виготовлення корпусу, обрані схеми базування та розраховані припуски утворюють узгоджену систему яка забезпечує отримання деталі з заданими на кресленні точнісними та якісними характеристиками за умов дрібносерійного виробництва.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Опис пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями

Пристрій для відкручування гайок із деформованими гранями призначений для демонтажу різьбових з'єднань, у яких робочі поверхні гайки пошкоджені внаслідок корозії, значного зношування або використання невідповідного інструменту. У таких випадках застосування стандартних гайкових ключів стає неефективним, оскільки ключ просковзує по поверхні гайки і не забезпечує передачу необхідного крутного моменту [19].

Для вирішення даної проблеми пропонується універсальний пристрій для відкручування гайок із деформованими гранями, який дозволяє надійно затиснути пошкоджену гайку за рахунок спеціального механізму захоплення та передати на неї значне зусилля для відкручування. Конструкція пристрою (рис.3.1) є простою, технологічною у виготовленні та придатною для багаторазового використання в умовах ремонтного виробництва, автомайстерень та машинобудівних підприємств.

1 – корпус, 2 – тяга; 3 – гвинт, 4 – гайка фіксуюча, 5 – гайка силова, 6 – заклепка, 7 – рукоятка

Рисунок 3.1 – Пристрій для відкручування гайок із деформованими гранями.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним елементом конструкції є корпус пристрою (1). Корпус є несучим елементом пристрою. У ньому розташовані рухомі губки та гвинтовий механізм затискання. Корпус сприймає основні силові навантаження під час роботи пристрою. Конструктивно корпус виконується у вигляді масивної металевої деталі з отворами для осей та різьбового гвинта.

До корпусу висуваються такі вимоги: висока жорсткість, стійкість до ударних навантажень, достатня зносостійкість, технологічність виготовлення.

Рукоятка (7) є основним елементом для прикладання фізичного зусилля оператором. Вона виготовляється у вигляді металевого стержня круглого або профільного перерізу. Довжина рукоятки підбирається таким чином, щоб забезпечити достатній крутний момент при мінімальних фізичних зусиллях оператора.

Для підвищення зручності роботи на кінці рукоятки може встановлюватися гума або полімерна накладка.

Гайка (стрижень) (2) служить для передачі навантаження від рукоятки до затискного механізму. Вона працює переважно на кручення та частково на згин.

Матеріалом для виготовлення тяги зазвичай є конструкційна сталь 45 або 40Х, які мають достатню міцність і зносостійкість.

Гвинт затискання (3) забезпечує створення необхідної сили затискання губок. Під час закручування гвинта виникає осьове зусилля, яке передається на губки і притискає їх до поверхні гайки.

Для спрощення експлуатації використовується гвинт із барашком або Т-подібною рукояткою. Основні вимоги до гвинта: висока міцність, стійкість до зриву різьби, плавність роботи, достатня довговічність.

Захоплюючі губки є робочими елементами пристрою, які безпосередньо контактують із гайкою. Внутрішня поверхня губок може мати насічки, зубці, рифлення, загартовану поверхню. Це необхідно для збільшення коефіцієнта тертя між губками і гайкою та запобігання прослизанню. Губки виготовляють із загартованої інструментальної сталі.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шарнірне з'єднання забезпечує рухомість затискного механізму та дозволяє губкам адаптуватися до різних розмірів гайок. Вісь шарніра працює на зріз і виготовляється зі сталі підвищеної міцності [20].

Принцип роботи: пристрій встановлюють на пошкоджену гайку, за допомогою гвинта губки підводяться до поверхні гайки. Гвинт затягують до створення необхідної сили притискання. Оператор прикладає зусилля до рукоятки. Крутний момент передається через тягу до корпусу та губок. Завдяки силі тертя гайка провертається та відкручується.

Матеріали основних деталей:

Деталь	Матеріал
Рукоятка	Сталь 45
Тяга	Сталь 40Х
Корпус	Сталь 45
Гвинт	Сталь 35 або 40Х
Губки	У8А або ХВГ
Вісь шарніра	Сталь 40Х

3.2 Конструктивні розрахунки

Розрахунок крутного моменту

Крутний момент, який створює оператор [6]:

$$M = F \cdot l, \quad (3.1)$$

де F – сила, прикладена до рукоятки, Н;

l – довжина рукоятки, м

Приймаємо:

$$F = 250 \text{ Н}, \quad l = 0,35 \text{ м}$$

$$\text{Тоді:} \quad M = 250 \cdot 0,35 = 87,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Розрахунок сили затискання

Для запобігання просковзуванню губок:

$$F_{\text{терт}} = \mu \cdot N \cdot F, \quad (3.2)$$

де $\mu = 0,18$; N – сила затискання.

Необхідна сила затискання:

$$N = M \cdot \mu \cdot r_s \quad (3.3)$$

При $M = 87,5$ Н; $r_s = 0,012$ м

Отримаємо: $N = 87,5 \cdot 0,18 \cdot 0,012 \approx 40$ кН

Розрахунок гвинта на міцність

Напруження розтягу:

$$\sigma = F \cdot A, \quad (3.4)$$

де F – осьове навантаження; A – площа небезпечного перерізу.

Для різьби М16: $F = 40000$ Н, $A = 157$ мм²

Тоді:

$$\sigma = 40000 \cdot 157 = 255 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = 360 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності:

$$255 < 360 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Розрахунок рукоятки на згин

Максимальне напруження згину:

$$\sigma = 32M \cdot \pi \cdot d^3, \quad (3.5)$$

де M – згинальний момент; d – діаметр рукоятки.

Приймаємо:

$M = 87,5$ Н·м, $d = 18$ мм

Тоді: $\sigma = 32 \cdot 87,5 \cdot 3,14 \cdot 18^3 \approx 153$ МПа

Допустиме напруження: $[\sigma] = 240$ МПа

Перевірка: $153 < 240$ МПа. Умова міцності виконується.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок. Розроблено конструкцію пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями, який призначений для демонтажу пошкоджених різьбових з'єднань в умовах ремонтного виробництва, технічного сервісу та машинобудівних підприємств. Запропонована конструкція забезпечує надійне захоплення гайки навіть при значному зношенні її граней, що підвищує ефективність виконання ремонтних робіт та знижує ймовірність пошкодження різьбових елементів.

Наведено опис основних конструктивних елементів пристрою, їх призначення, умови роботи та рекомендовані матеріали для виготовлення. Встановлено, що використання конструкційних і інструментальних сталей забезпечує необхідну міцність, жорсткість та зносостійкість деталей пристрою.

Виконані конструктивні розрахунки підтвердили працездатність і надійність розробленої конструкції. У результаті розрахунку визначено крутний момент, силу затискання, а також перевірено міцність гвинта та рукоятки. Отримані значення напружень не перевищують допустимих, що свідчить про достатній запас міцності елементів конструкції та безпечність експлуатації пристрою.

Таким чином, розроблений пристрій є технологічним у виготовленні, простим у використанні та ефективним для демонтажу гайок із деформованими гранями. Його впровадження дозволить підвищити продуктивність ремонтних робіт і зменшити трудомісткість процесу відкручування пошкоджених кріпильних елементів.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Економічна доцільність розробки пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями полягає у зменшенні витрат часу на демонтаж пошкоджених кріпильних елементів, зниженні трудомісткості ремонтних робіт та скороченні простоїв техніки й обладнання.

Під час експлуатації машин часто відбуваються випадки пошкодження граней гайок унаслідок корозії, зношування, неправильного підбору ключа або надмірного зусилля під час відкручування. У таких умовах використання стандартного гайкового ключа стає малоефективним або неможливим. Це призводить до збільшення часу ремонту, застосування додаткового інструменту, нагрівання, зрізання гайки або пошкодження суміжних деталей.

Запропонований пристрій забезпечує надійне захоплення пошкодженої гайки за рахунок притискання робочих губок до її поверхні. Завдяки цьому демонтаж виконується швидше і з меншими фізичними зусиллями. Основний економічний ефект досягається за рахунок скорочення часу виконання ремонтної операції.

Умовно приймаємо, що при демонтажі гайки із деформованими гранями традиційним способом витрачається 20–30 хвилин, а із застосуванням розробленого пристрою – 8–12 хвилин. Отже, економія часу на одній операції може становити приблизно 15 хвилин.

Економія робочого часу на одній операції визначається за формулою:

$$E_{\text{ч}} = T_1 - T_2, \quad (4.1)$$

де T_1 – час виконання операції традиційним способом, хв.;

T_2 – час виконання операції із застосуванням пристрою, хв.

$$E_{\text{ч}} = 25 - 10 = 15 \text{ хв.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річна економія часу визначається за формулою:

$$E_{\text{ч}} = E_{\text{ч}} \cdot N, \quad (4.2)$$

де N – кількість операцій демонтажу за рік.

Якщо за рік виконується 120 таких операцій, то:

$$E_{\text{р}} = 15 \cdot 120 = 1800 \text{ хв.} = 30 \text{ год.}$$

За середньої оплати праці ремонтника 180 грн/год. економія заробітної плати становить:

$$E_{\text{зп}} = 180 \cdot 30 = 5400 \text{ грн}$$

Економія від зменшення простою обладнання:

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{р.год.}} \cdot C_{\text{пр}}, \quad (4.3)$$

де $C_{\text{пр}}$ – вартість простою, грн. =

$$E_{\text{пр}} = 30 \cdot 150 = 4500 \text{ грн}$$

Загальна річна економія:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{зп}} + E_{\text{пр}}. \quad (4.4)$$

$$E_{\text{заг}} = 5400 + 4500 = 9900 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект

$$E_{\text{еф}} = E_{\text{заг}} - B_{\text{експ}}, \quad (4.5)$$

де $B_{\text{експ}}$ – річні експлуатаційні витрати на пристрій.

Приймаємо 10 % від вартості виготовлення:

$$B_{\text{експ}} = 0,1 \cdot 1800 = 180 \text{ грн,}$$

$$E_{\text{еф}} = 9900 - 180 = 9720 \text{ грн}$$

Орієнтовні витрати на виготовлення пристрою включають вартість матеріалу, механічної обробки, складальних робіт та допоміжних витрат. У спрощеному вигляді вони можуть становити 1500–2000 грн.

Термін окупності пристрою визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B}{E_{\text{еф}}}, \quad (4.6)$$

де B – витрати на виготовлення пристрою, приймаємо 1800 грн;

$E_{\text{к}}$ – річна економія коштів, грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{1800}{9720} = 0,2 \text{ року.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт ефективності:

$$K_{\text{еф}} = \frac{E_{\text{еф}}}{B}, \quad (4.7)$$

$$K_{\text{еф}} = \frac{9720}{1800} = 5,4.$$

Отже, пристрій окупується приблизно за 2 місяці експлуатації.

Таблиця 4.1– Техніко-економічні показники розробки

Показник	Значення
Час демонтажу традиційним способом, хв.	25
Час демонтажу із застосуванням пристрою, хв.	10
Економія часу на одній операції, хв.	15
Кількість операцій за рік, шт	120
Річна економія робочого часу, год.	30
Середня оплата праці ремонтника, грн/год.	180
Економія заробітної плати, грн	5400
Економія від зменшення простоїв, грн	4500
Загальна річна економія, грн	9900
Вартість виготовлення пристрою, грн	1800
Річні експлуатаційні витрати, грн	180
Річний економічний ефект, грн	9720
Термін окупності, міс.	2
Коефіцієнт економічної ефективності	5,4

За результатами розрахунків річний економічний ефект від використання пристрою становить 9720 грн, а термін окупності – приблизно 2 місяці.

Отже, впровадження пристрою є економічно доцільним, оскільки він зменшує час демонтажу, скорочує простої техніки та підвищує продуктивність ремонтних робіт.

4.2 Охорона праці

Охорона праці є важливою складовою виробничої діяльності та спрямована на забезпечення безпечних і здорових умов праці працівників під час виконання технологічних операцій. Відповідно до Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити належні умови праці, забезпечити

працівників засобами індивідуального захисту та організувати безпечне виконання робіт [13].

У кваліфікаційній роботі розглядається розробка пристрою для відірчування гайок із деформованими гранями. Під час експлуатації такого пристрою можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з механічними навантаженнями, використанням ручного інструменту, підвищеними фізичними зусиллями, а також можливим зривом різьбових з'єднань.

Основним завданням розділу охорони праці є аналіз небезпечних факторів, що виникають при роботі з пристроєм, та розробка заходів щодо забезпечення безпечних умов праці [2, 18].

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Під час виконання робіт з демонтажу пошкоджених гайок можливий вплив таких небезпечних та шкідливих факторів [2]:

- травмування рук унаслідок зриву інструмента;
- порізи та удари гострими елементами конструкції;
- підвищені фізичні навантаження на кисті та плечовий пояс;
- утворення металевої стружки або уламків при деформації гайки;
- шум і вібрація при використанні допоміжного механізованого інструменту;
- небезпека ковзання через забруднення робочої зони мастильними матеріалами;
- можливість пошкодження очей дрібними металевими частинками.

Особливу небезпеку становить прикладання значного крутного моменту до гайки зі зношеними гранями, оскільки це може призвести до раптового зриву інструмента або руйнування кріпильного елемента.

Вимоги безпеки під час роботи з пристроєм

До роботи з пристроєм допускаються особи, які пройшли інструктаж з охорони праці та ознайомлені з правилами експлуатації інструменту [12].

Перед початком роботи необхідно перевірити справність пристрою, оглянути стан затискних елементів і рукоятки, переконатися у відсутності

тріщин та деформацій, очистити робочу поверхню від мастила і бруду, використовувати засоби індивідуального захисту.

Під час роботи забороняється використовувати несправний інструмент, підтримувати рукоятку випадковими предметами; виконувати роботи без захисних рукавиць та окулярів, працювати при ненадійному закріпленні деталі.

Для зменшення ризику травмування конструкцією передбачено надійне захоплення гайки, ергономічну форму рукоятки, використання міцних матеріалів робочих елементів, зменшення ймовірності зісковзування інструмента.

Під час роботи з пристроєм працівник повинен використовувати захисні окуляри (захист очей від металевих частинок), робочі рукавиці (захист рук від порізів та ударів), спецодяг (захист тіла від механічних пошкоджень), захисне взуття (захист тіла від механічних пошкоджень).

Пожежна безпека.

Під час виконання ремонтних робіт можливе використання легкозаймистих речовин: мастил, розчинників та очищувачів металу. Тому приміщення повинно бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння.

До основних заходів пожежної безпеки належать наявність порожнього вогнегасника, заборона використання відкритого вогню, справний стан електропроводки, регулярне очищення приміщення від горючих матеріалів.

Отже, проаналізовано основні небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час використання пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями. Розроблено комплекс заходів щодо забезпечення безпечних умов праці, використання засобів індивідуального захисту, пожежної безпеки.

Запропоновані рішення дозволяють знизити ризик виробничого травматизму, підвищити безпеку виконання ремонтних робіт та забезпечити відповідність умов праці чинним нормативним вимогам.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є важливою складовою сучасного виробництва та ремонту-механічних робіт. Під час виконання технологічних

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операцій, пов'язаних із ремонтом і демонтажем різьбових з'єднань, можливий негативний вплив на довкілля через утворення металевих відходів, використання мастильних матеріалів, споживання електроенергії та утворення виробничого шуму

Відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», підприємства та організації зобов'язані забезпечувати раціональне використання природних ресурсів, зменшення кількості відходів і недопущення забруднення навколишнього середовища [14].

У даній роботі розглядається розробка пристрою для відкручування гайок із деформованими грізми, використання якого дозволяє підвищити ефективність ремонтних робіт і зменшити кількість пошкоджених деталей та металевих відходів.

Під час використання пристрою можливий вплив на навколишнє середовище за такими напрямками:

- утворення металевої стружки та зношених кріпильних елементів;
- забруднення ґрунту і поверхонь мастильними матеріалами;
- споживання електричної енергії при роботі допоміжного обладнання;
- утворення шуму та вібрацій;
- накопичення виробничих відходів.

Основними відходами є непридатні гайки та болти, металева стружка, відпрацьовані мастильні матеріали, забруднене ганчір'я та допоміжні матеріали.

Для зменшення негативного впливу на довкілля необхідно впроваджувати ресурсозберігаючі та екологічно безпечні технології [16].

Для забезпечення екологічної безпеки під час виконання ремонтних робіт рекомендується сортувати металеві відходи та передавати їх на переробку, збирати відпрацьовані мастильні матеріали у спеціальні герметичні ємності, застосовувати багаторазові очисні матеріали, забезпечувати своєчасне очищення робочої зони, використовувати енергоощадне обладнання, контролювати рівень шуму у виробничому приміщенні.

						КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Запропонований пристрій дозволяє зменшити пошкодження різьбових елементів та повторне використання справних деталей, що сприяє економії металу та зменшенню кількості виробничих відходів.

Відходи, що утворюються під час ремонтних робіт, повинні тимчасово зберігатися у спеціально відведених місцях.

Металеві відходи рекомендується збирати окремо у металеві контейнери для подальшої здачі на вторинну переробку.

Відпрацьовані мастильні матеріали належать до небезпечних відходів, тому їх необхідно зберігати у герметичних ємностях, не допускати потрапляння у грунт та каналізацію, передавати спеціалізованим підприємствам для утилізації.

Під час ремонтних робіт можливе утворення пилу, випаровувань мастильних матеріалів та продуктів очищення металевих поверхонь.

Для зменшення забруднення повітря необхідно використовувати вентиляцію, застосовувати екологічно безпечні мастильні матеріали, своєчасно очищати робочі поверхні, підтримувати належний санітарний стан приміщення.

Отже, розглянуто основні екологічні аспекти використання пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями. Проведено аналіз можливих джерел забруднення довкілля та запропоновано заходи щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Запропоновані рішення сприяють раціональному використанню матеріальних ресурсів, зменшенню кількості виробничих відходів, економії енергії та забезпеченню екологічної безпеки ремонтних робіт.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальну технічну задачу, що полягає у розробці пристрою для відкручування гайок із деформованими гранями, призначеного для використання під час технічного обслуговування та ремонту машин, механізмів і технологічного обладнання.

У результаті виконання роботи проведено аналіз існуючих конструкцій інструментів і пристроїв для демонтажу пошкоджених різьбових з'єднань, визначено їх переваги та недоліки. Встановлено, що більшість наявних засобів не забезпечують достатньої надійності захоплення пошкоджених гайок, мають обмежену універсальність або призводять до руйнування кріпильного елемента.

На основі проведеного аналізу розроблено конструкцію спеціального пристрою, який забезпечує надійне затискання гайки із деформованими гранями, ефективну передачу крутного моменту та можливість роботи в умовах обмеженого доступу. Конструкція відзначається простотою, компактністю, технологічністю виготовлення та зручністю експлуатації.

У технологічному розділі виконано аналіз технологічності корпусу пристрою, розроблено маршрут виготовлення деталі, обґрунтовано вибір заготовки, способів обробки та методів механічної обробки. Визначено припуски на обробку, операційні розміри, режими різання та вимоги до якості поверхонь. Проведені розрахунки підтвердили можливість виготовлення деталі в умовах дрібносерійного виробництва із забезпеченням необхідної точності та шорсткості поверхонь.

У конструкторському розділі виконано розрахунок крутного моменту, сили затискання, перевірку гвинта на міцність та розрахунок рукоятки на згин. Результати розрахунків показали, що всі елементи конструкції працюють у межах допустимих напружень, а умови міцності виконуються. Це підтверджує надійність і працездатність розробленого пристрою.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В економічній частині визначено економічну ефективність впровадження розробки. Встановлено, що використання пристрою дозволяє скоротити тривалість ремонтних операцій, знизити трудомісткість демонтажу пошкоджених гайок та зменшити простой обладнання. Розрахунки показали позитивний річний економічний ефект, який складає 9720 грн та короткий термін окупності пристрою – близько 2 місяців.

У розділах охорони праці та охорони навколишнього середовища розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці під час виконання ремонтних робіт, а також заходи зі зменшення негативного впливу виробничої діяльності на довкілля. Запропоновані рішення сприяють підвищенню безпеки праці, зменшенню ризику травматизму та раціональному використанню матеріальних ресурсів.

Таким чином, поставлена мета роботи досягнута повністю, а розроблений пристрій може бути рекомендований для використання в ремонтних майстернях, автосервісних підприємствах, на машинобудівних і аграрних підприємствах, а також у польових умовах виконання ремонтно-монтажних робіт.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Антонова Г. В., Вершков О.С., Чаплінський А.П. Матеріалознавство. Технологія конструкційних матеріалів. Частина II. «Технологія конструкційних матеріалів»: навч. посіб. Запоріжжя: ТДАУ, 2024. 242 с.
2. Березуцький В. В. Фізик-менеджмент використання обладнання та технологій : навч. посіб.. Харків : ФОП Панов А. М. 2020. 424 с.
3. Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Моторна О.О. Практикум з навчальної дисципліни «Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування»: навч. посіб. Вінниця: ТВОРИ, 2020. 354 с.
4. Галуцьке машинобудування : підручник / Р. Б. Тарельник, Л. В. Черепов, Г. В. Кирик та ін. ; за заг. ред. В. Б. Тарельника, Ю. І. Данька. Одеса : Олді+, 2023. 465 с.
5. Гевко Б. М. Просвітування технологічних процесів у машинобудуванні. – Тернопіль : ФОП Паляниця, 2019. 368 с.
6. Гончаренко Ю. М. Динаміка механічних систем. навч. посіб. Одеса: ОНПУ, 2022. 200 с.
7. Горбатюк Є.С., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: навч. посіб. «Новий Світ» 2000, 2009. 358 с.
8. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
9. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінка ризику та зниження ризику.
10. ДСТУ ISO 2768 1:2001. Загальні допуски. Лінійні та кутові розміри без індивідуальних допусків.
11. ДСТУ ГОСТ 2.109:2014. Основні вимоги до креслеників.
12. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: навч. посіб. Львів : Афіша, 2021. 376 с.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 №2694-ХІІ (зі змінами станом на 2025 р.).

14. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 №1264-ХІІ (зі змінами станом на 2025 р.).

15. Малафеев Ю.М. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 201 с.

16. Мельник Л. Г. Основи екології та охорони навколишнього середовища. Суми : Університетська книга, 2021. 548 с.

17. Основи слюсарної справи: навч. посібник / Сушко О.В. та ін.; за ред. Сушко О. В. Мелітополь: ТНЦ «Forward press», 2020. 152 с.

18. Ністун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2012. 556 с.

19. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О., 2015 – 492 с.

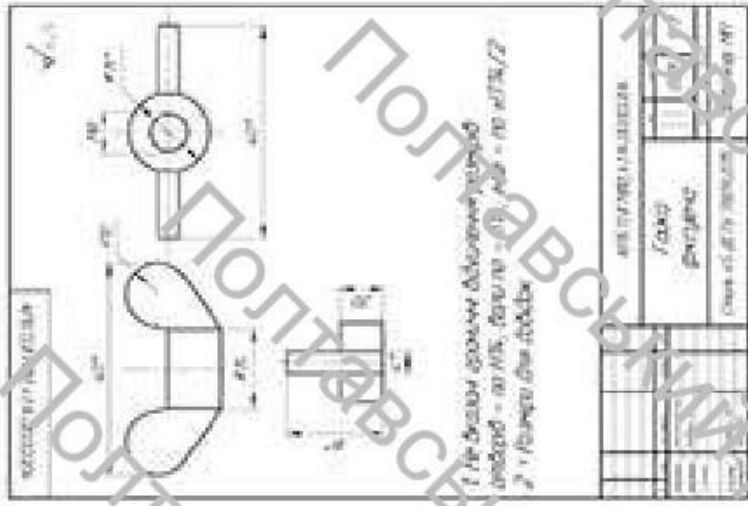
20. Теорія механізмів технологічних машин : підручник / С. В. Попов, М. Я. Бучинський, С. М. Гнітько, А. М. Чернявський. Київ : Ліра-К., 2020. – 266 с.

21. Технологія сільськогосподарського машинобудування : підручник / Б. М. Гевко та ін. вид. 2-ге, перероб. і допов. Тернопіль : Паляниця В. А., 2015. 418 с.

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

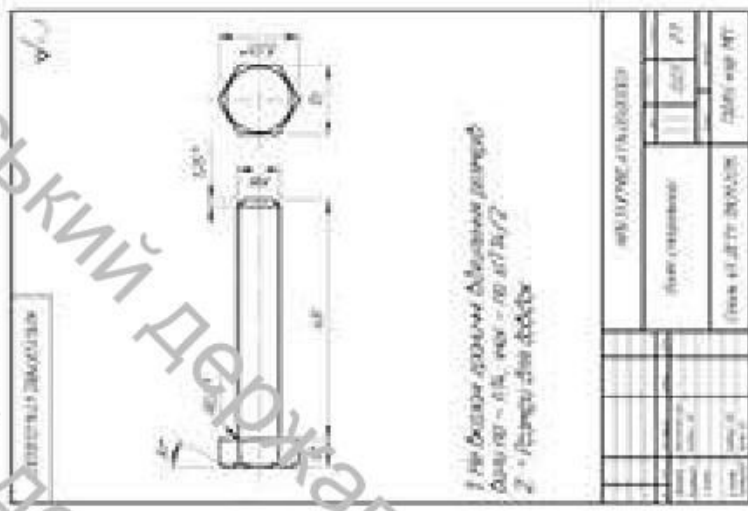
ДОДАТКИ

					КРБ.133ГМбд_41.14.00.00.000 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



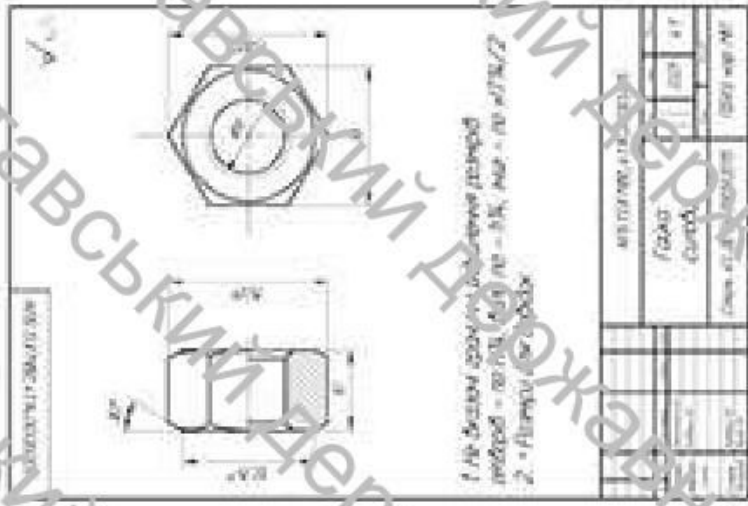
1 - по длине groove абсолютный размер
 2 - диаметр для d_1
 3 - диаметр для d_2

абсолютный размер		абсолютный размер	
длина	диаметр	длина	диаметр
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100



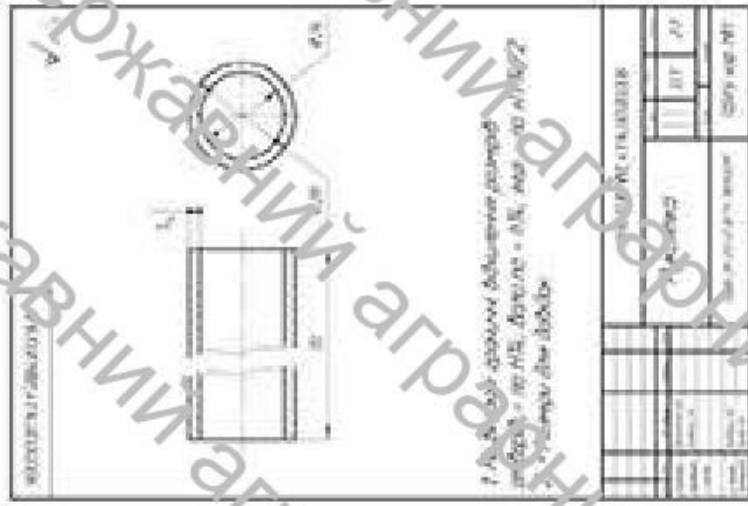
1 - по длине groove абсолютный размер
 2 - диаметр для d_1
 3 - диаметр для d_2

абсолютный размер		абсолютный размер	
длина	диаметр	длина	диаметр
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100



1 - по длине groove абсолютный размер
 2 - диаметр для d_1
 3 - диаметр для d_2

абсолютный размер		абсолютный размер	
длина	диаметр	длина	диаметр
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100



1 - по длине groove абсолютный размер
 2 - диаметр для d_1
 3 - диаметр для d_2

абсолютный размер		абсолютный размер	
длина	диаметр	длина	диаметр
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

