

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 універсального гідравлічного підйомного пристрою»
КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_42
ГУБАРИК Дмитро

Керівник: ПРІЛЄПО Наталія

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 ГУБАРИК

1 Тема роботи: *«Розробка універсального гідравлічного підйомного пристрою»*

керівник роботи *старша викладачка ПРІЛЄПО Наталія,*
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 Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; 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 пристрою, що виноситься на розгляд; робочі кресленики деталей вузла 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 ГУБАРИК
(підпис)

Керівник роботи _____ Наталія ПРІЛІСПО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 3 рисунків, 15 таблиць, 27 використаних джерел, 1 додаток, 53 сторінки.

Об'єкт розробки - процес піднімання, переміщення та позиціонування важких агрегатів під час виконання ремонтно-монтажних робіт.

Предмет розробки — конструкція універсального гідравлічного підйомного пристрою та параметри його роботи.

Постановка актуальної технічної задачі – розробка універсального гідравлічного підйомного пристрою, який забезпечить підвищення ефективності ремонтних робіт, зменшення трудомісткості демонтажно-монтажних операцій та покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції універсального гідравлічного підйомного пристрою для виконання ремонтно-монтажних робіт з агрегатами автомобільної та тракторної техніки.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра Впровадження розробленого пристрою дозволяє скоротити трудомісткість виконання ремонтних робіт, підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу, покращити безпеку виконання операцій та забезпечити економічний ефект за рахунок зменшення витрат праці.

У **загальному розділі** наведено відомості про значення підйомно-транспортного обладнання у машинобудуванні, виконано класифікацію підйомних пристроїв, проведено аналіз існуючих конструкцій та обґрунтовано необхідність розробки універсального гідравлічного підйомного пристрою.

У **технологічному розділі** здійснено аналіз технологічності деталі «шпака», розроблено технологічний процес її виготовлення, визначено методи формоутворення поверхонь, режими обробки та виконано необхідні технологічні розрахунки.

У **конструкторському розділі** розроблено конструкцію універсального гідравлічного підйомного пристрою, описано його будову та принцип роботи, виконано перелічні розрахунки основних елементів конструкції на міцність і працездатність.

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

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

питання безпечної експлуатації підйомного пристрою та заходи щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Практичні результати роботи – розроблено комплект конструкторської документації на універсальний гідравлічний підйомний пристрій для демонтажу та монтажу агрегатів автомобільної та тракторної техніки.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – розроблений пристрій може використовуватись у ремонтних майстернях, на станціях технічного обслуговування, у транспортних підприємствах та ремонтних підрозділах агропромислового комплексу.

Сфера застосування результатів роботи – ремонтні підприємства, автотранспортні господарства, сервісні центри та машинобудівні підприємства.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 91,14 %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці універсального гідравлічного підйомного пристрою для виконання демонтажно-монтажних робіт під час ремонту автомобільної та тракторної техніки. Особливістю розробленої конструкції є поєднання функцій піднімання, утримання, переміщення та точного позиціонування агрегатів.

ГІДРАВЛІЧНИЙ ПІДЙОМНИЙ ПРИСТРІЙ, ГІДРОЦИЛІНДР, ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ, РЕМОНТНІ РОБОТИ, МОНТАЖ, ДЕМОНТАЖ, АГРЕГАТ, ЩОКА, МІЦНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of a universal hydraulic lifting device for performing dismantling and assembly work during the repair of automobile and tractor equipment. The peculiarity of the developed design is the combination of the functions of lifting, holding, moving and precise positioning of units.

HYDRAULIC LIFTING DEVICE, HYDRAULIC CYLINDER, LOAD LIFTING, REPAIR WORK, ASSEMBLY, DISASSEMBLY, UNIT, CHECK, STRENGTH, ECONOMIC EFFICIENCY, LABOR SAFETY.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Значення підйомно-транспортного обладнання в машинобудуванні	9
1.2 Класифікація підйомних пристроїв	10
1.3 Аналіз існуючих конструкцій підйомних пристроїв	14
1.4 Обґрунтування напряму розробки універсального гідравлічного підйомного пристрою	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Аналіз технологічності деталі	20
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	23
2.3 Обробка поверхонь деталі	25
2.4 Розробка схем базування деталі	27
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	30
2.6 Бизначення припусків на обробку та операційних розмірів	32
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Обґрунтування необхідності застосування з запропонованої конструкторської розробки	36
3.2 Будова та принцип роботи	37
3.3 Інженерно-технологічні розрахунки пристрою	38
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	43
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	43
4.2 Охорона праці	46
4.3 Охорона навколишнього середовища	49
ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	54
ДОДАТКИ	56

КРБ.132ГМбд_42.01.00.00 000 ПЗ				
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
		Розробив	Губарик Д.Р.	
		Перевінив	Пріслено Н.В.	
		Н. Коитр.	Пріслено Н.В.	
		Керівник	Пріслено Н.В.	
		Зав.кафедр	Понов С.В.	
			Розробка універсального гідравлічного підйомного пристрою	
			Лім.	Арк.
			6	53
ПДАУ, каф. МЕІ				

ВСТУП

Сучасне машинобудування, автомобільний транспорт та агропромисловий комплекс характеризуються широким використанням складних машин і механізмів, експлуатація яких потребує своєчасного технічного обслуговування та ремонту. Значна частина ремонтних робіт пов'язана з необхідністю демонтажу, монтажу та переміщення важких вузлів і агрегатів, маса яких може досягати кількох сотень кілограмів. До таких агрегатів належать двигуни, коробки передач, редуктори, головні передачі, мости та інші відповідальні складальні одиниці [1,7,14].

Під час виконання ремонтних робіт важливого значення набуває застосування спеціалізованого підйомного обладнання, яке забезпечує механізацію трудомістких операцій, зменшує фізичне навантаження на працівників, скорочує тривалість ремонту та підвищує безпеку праці. Використання сучасних підйомних пристроїв дозволяє значно підвищити ефективність ремонтного виробництва та знизити ризик пошкодження дороговартісних агрегатів під час їх встановлення або демонтажу одиниці.

На сьогодні для виконання підйомно-транспортних операцій використовуються гвинтові та гідравлічні домкрати, підкатні підйомники, ножичні підйомники, крани типу «Гусак» та інші вантажопідіймальні механізми. Проте більшість існуючих конструкцій мають певні недоліки. Одні забезпечують лише підйом вантажу без можливості його переміщення, інші характеризуються значними габаритами, недостатньою мобільністю або високою вартістю. Крім того, не всі пристрої забезпечують точне позионування агрегатів під час монтажних операцій одиниці [2,5-19].

Одним із перспективних напрямів удосконалення підйомно-транспортного обладнання є створення універсальних гідравлічних підйомних пристроїв, які поєднують високу вантажопідйомність, мобільність, компактність та зручність експлуатації. Використання гідравлічного приводу дозволяє отримати значні підйомні зусилля при відносно невеликих габаритах обладнання, а застосування змінних захватів забезпечує можливість роботи з різними типами агрегатів.

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7

У зв'язку з цим актуальним є розроблення універсального гідравлічного підйомного пристрою, який забезпечить механізацію ремонтно-монтажних робіт, підвищення продуктивності праці та покращення техніко-економічних показників ремонтних підприємств.

Об'єкт розробки – процес піднімання, переміщення та позиціонування важких агрегатів під час ремонтно-монтажних робіт.

Предмет розробки – конструкція універсального гідравлічного підйомного пристрою та параметри його роботи.

Мета роботи – розробка конструкції універсального гідравлічного підйомного пристрою для демонтажу, монтажу та транспортування агрегатів автомобільної і тракторної техніки.

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

- провести аналіз існуючих конструкцій підйомних пристроїв;
- обґрунтувати вибір конструктивної схеми гідравлічного підйомного пристрою;
- розробити конструкцію пристрою та комплект конструкторської документації;
- розробити технологічний процес виготовлення однієї з деталей конструкції;
- виконати необхідні інженерні розрахунки;
- визначити економічну ефективність запропонованої розробки;
- розглянути питання екології праці та навколишнього середовища.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні продуктивності ремонтних робіт, зменшенні трудомісткості демонтажно-монтажних операцій, покращенні умов праці та підвищенні рівня безпеки під час обслуговування техніки.

У кваліфікаційні роботі використано методи аналізу та узагальнення науково-технічної інформації, інженерних розрахунків, порівняння технічних рішень та конструювання машин і механізмів.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Значення підйомно-транспортного обладнання в машинобудуванні

Сучасне машинобудування характеризується високим рівнем механізації та автоматизації виробничих процесів. Виготовлення, складання, транспортування та ремонт машин пов'язані з необхідністю переміщення великогабаритних деталей, вузлів і агрегатів, маса яких може досягати кількох тонн. Виконання таких операцій вручну є практично неможливим або економічно недоцільним, тому важливе місце у виробничому процесі займають підйомно-транспортні машини.

Підйомно-транспортне обладнання використовується на всіх стадіях життєвого циклу машин: від виготовлення окремих деталей до монтажу готових виробів та їх подальшого технічного обслуговування. Без застосування підйомних механізмів неможливо забезпечити ефективну роботу складальних цехів, ремонтних майстерень, складів, станцій технічного обслуговування автомобілів і сільськогосподарської техніки [1,4,7] .

Особливої актуальності набуває використання підйомних пристроїв у ремонтному виробництві. Під час демонтажу двигунів, коробок передач, мостів, навісного обладнання та інших агрегатів необхідно забезпечити не лише піднімання вантажу, а й його точне позиціонування. Помилки під час таких операцій можуть призвести до пошкодження обладнання або виникнення виробничого травматизму.

В останні роки значна увага приділяється створенню універсальних мобільних підйомних пристроїв, які можуть використовуватися для широкого спектра робіт. Такі конструкції дозволяють підвищити продуктивність праці, знизити витрати на придбання спеціалізованого обладнання та забезпечити більш раціональне використання виробничих площ [6, 18] .

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1.2 Класифікація підйомних пристроїв

Підйомні пристрої є невід'ємною складовою сучасного виробництва, ремонтних підприємств, будівельної галузі та транспортної інфраструктури. Вони призначені для підймання, утримання, переміщення та встановлення вантажів у необхідне положення. Велика різноманітність умов експлуатації та виробничих завдань зумовила створення значної кількості конструкцій підйомного обладнання, які відрізняються за принципом роботи, призначенням, вантажопідйомністю та конструктивними особливостями [2,5,19].

Для систематизації існуючих конструкцій підйомні пристрої класифікують за рядом ознак.

Класифікація за призначенням

За функціональним призначенням підйомні пристрої поділяються на монтажні, ремонтні, складські, будівельні, технологічні, універсальні.

Монтажні підйомні пристрої використовуються під час складання машин, механізмів та будівельних конструкцій. Вони забезпечують точне встановлення елементів у проектне положення та широко застосовуються на машинобудівних підприємствах [5,9].

Ремонтні підйомні пристрої призначені для демонтажу та монтажу вузлів і агрегатів під час технічного обслуговування та ремонту техніки. До них належать підкатні крани, гідравлічні домкрати, пересувні підйомники та інші механізми [1,4].

Складські підйомні пристрої використовуються для виконання вантажно-розвантажувальних операцій та штабелювання вантажів на складах. До цієї групи належать штабелери, навантажувачі та електричні підйомні платформи.

Будівельні підйомні пристрої застосовуються для піднімання будівельних матеріалів та конструкцій на висоту. Найпоширенішими представниками є баштові крани, будівельні підйомники та лебідки.

Технологічні підйомні пристрої є частиною виробничого обладнання та забезпечують виконання окремих технологічних операцій.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Універсальні підйомні пристрої можуть використовуватися для виконання різноманітних виробничих завдань. Саме до цієї категорії належить розроблюваний у даній роботі пристрій.

Класифікація за типом приводу

За способом створення підйомного зусилля підйомні пристрої поділяють на механічні, електромеханічні, гідравлічні, пневматичні, комбіновані.

Механічні підйомні пристрої працюють за рахунок прикладання фізичної сили людини через систему важелів, гвинтів або зубчастих передач. До них належать гвинтові домкрати, ручні талі та лебідки. Їх основними перевагами є простота конструкції та невисока вартість, проте вони характеризуються низькою продуктивністю.

Електромеханічні підйомні пристрої оснащуються електродвигунами та механічними передачами. Вони широко застосовуються в промисловості завдяки високій продуктивності та можливості автоматизації процесу піднімання вантажів.

Гідравлічні підйомні пристрої використовують енергію робочої рідини, що знаходиться під тиском. Завдяки використанню закону Паскаля такі системи забезпечують значні підйомні зусилля при відносно невеликих габаритах обладнання [3,9,21].

Пневматичні підйомні пристрої працюють за рахунок стисненого повітря. Вони застосовуються переважно в умовах, де небажано використовувати електричне обладнання або гідравлічні рідини.

Комбіновані пристрої поєднують декілька видів приводів, що дозволяє підвищити ефективність роботи та розширити функціональні можливості обладнання.

Класифікація за мобільністю

За ступенем мобільності підйомні пристрої поділяються на стаціонарні, пересувні, самохідні.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Стационарні підйомні пристрої встановлюються на постійному місці та обслуговують визначену робочу зону. До них належать мостові крани, стаціонарні підйомники та кран-балки.

Пересувні пристрої мають колісну або рейкову базу та можуть переміщуватися в межах виробничого приміщення або майданчика. До цієї групи належать пересувні крани, гідкатні домкрати та ремонтні підйомники.

Самохідні підйомні машини оснащуються власною силовою установкою і можуть самостійно пересуватися між робочими зонами. Це автомобільні крани, навантажувачі та телескопічні підйомники.

Для ремонтних майстерень найбільш доцільними є пересувні універсальні підйомні пристрої, які поєднують достатню вантажопідйомність і високу мобільність [20,25].

Класифікація за вантажопідйомністю

Однією з основних характеристик підйомних пристроїв є вантажопідйомність – максимальна маса вантажу, яку може безпечно піднімати обладнання.

За цією ознакою розрізняють легкі – до 1 т, середні – від 1 до 5 т, важкі – від 5 до 20 т, надважкі – понад 20 т.

Пристрої малої вантажопідйомності використовуються переважно для обслуговування легкових автомобілів, технологічного обладнання та виконання складальних операцій.

Пристрої середньої вантажопідйомності широко застосовуються на ремонтних підприємствах, де необхідно піднімати двигуни, коробки передач, редуктори та інші агрегати.

Важкі та надважкі підйомні машини використовуються у будівництві, металургії, суднобудуванні та енергетичній галузі [2,5,19].

Класифікація за конструктивним виконанням

За конструктивними особливостями виділяють домкрати, талі, лебідки, підйомники, крани, машини улятори, штабелери.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Домкрати призначені для короточасного піднімання вантажів на невелику висоту.

Талі використовуються для вертикального переміщення вантажів за допомогою канатів або ланцюгів.

Лебідки забезпечують горизонтальне або похиле переміщення вантажів.

Підйомники дозволяють піднімати вантажі або людей на значну висоту.

Крани поєднують функції піднімання та переміщення вантажів у просторі.

Маніпулятори забезпечують точне позиціонування вантажів у заданому положенні.

Підбелери використовуються для складування вантажів у багатоярусних стелажах.

Порівняльна характеристика основних типів підйомних пристроїв

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика підйомних пристроїв

Тип пристрою	Вантажопідйомність	Мобільність	Складність конструкції
Гвинтовий домкрат	Низька – середня	Висока	Низька
Гідравлічний домкрат	Середня – висока	Висока	Середня
Підкатний підйомник	Середня	Висока	Середня
Ножичний підйомник	Висока	Середня	Висока
Кран типу «Гусак»	Висока	Висока	Висока
Мостовий кран	Дуже висока	Низька	Висока

Отже, існуючі підйомні пристрої відрізняються за призначенням, типом приводу, конструкцією та вантажопідйомністю. Для виконання ремонтно-монтажних робіт найбільш перспективними є пересувні гідравлічні підйомні пристрої, які поєднують високу вантажопідйомність, компактність, мобільність і простоту експлуатації. Саме тому при розробці нової конструкції доцільно використовувати гідравлічний привід як найбільш ефективний засіб створення підйомного зусилля [3,9,21].

1.3 Аналіз існуючих конструкцій підйомних пристроїв

Важливою умовою ефективного виконання монтажних, ремонтних і вантажно-розвантажувальних робіт є використання сучасних підйомних пристроїв. Вони забезпечують механізацію важких операцій, зменшують фізичне навантаження на працівників, підвищують продуктивність праці та рівень безпеки виробництва. На сьогоднішній день існує значна кількість конструкцій підйомного обладнання, які відрізняються принципом роботи, конструктивним виконанням, вантажопідйомністю та сферою застосування.

Для вибору напрямку подальшого удосконалення доцільно провести аналіз найбільш поширених конструкцій підйомних пристроїв.

Гвинтові домкрати

Гвинтовий домкрат належить до найпростіших вантажопідіймальних механізмів. Його робота ґрунтується на перетворенні обертального руху гвинта в поступальний рух оберної площадки. Основними елементами конструкції є корпус, гвинт, гайка та рукоятка приводу. Такі домкрати широко використовуються для обслуговування легкових автомобілів, невеликих верстатів та іншого обладнання. Вони характеризуються простотою конструкції, низькою вартістю виготовлення та високою надійністю роботи [15,19].

Рисунок 1.1 – Домкрат гвинтовий

До переваг гвинтових домкратів належать – простота конструкції; невисока собівартість; незалежність від джерел енергії; висока надійність.

Недоліками є значні фізичні зусилля оператора, мала швидкість підймання вантажу, обмежена вантажопідйомність, низька продуктивність.

Враховуючи зазначені недоліки гвинтові домкрати не можуть повною мірою задовольнити потреби сучасних ремонтних підприємств

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

Гідралічні пляшкові домкрати

Гідралічні домкрати отримали широке застосування завдяки можливості створення великих підйомних зусиль при відносно невеликих габаритах. Їх робота базується на законі Паскаля, згідно з яким тиск, створений у замкненій рідині, передається однаково в усіх напрямках. Конструкція складається з корпусу, резервуара для робочої рідини, насосного вузла, поршня та штока [3,9].

Рисунок 1.2 – Гідралічний пляшковий домкрат

Перевагами таких домкратів є висока вантажопідйомність, плавність роботи, компактність, простота експлуатації, високий коефіцієнт корисної дії.

Але є й недоліки такі як невелика висота підхоплення, обмежений робочий від, необхідність контролю стану гідросистеми, неможливість горизонтального переміщення вантажу.

Такі домкрати ефективні для піднімання вантажів, однак не забезпечують можливості їх транспортування або точного позиціонування.

Підкатні гідралічні домкрати

Підкатні домкрати широко використовуються на станціях технічного обслуговування автомобілів та ремонтних підприємствах. Їх конструкція передбачає наявність колісної бази, підйомного важеля та гідралічного приводу. Під час роботи оператор приводить у дію насосний механізм, в результаті чого відбувається висування штока гідроциліндра та піднімання вантажу [2,20].

Рисунок 1.3 – Підкатний гідралічний домкрат

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Основними перевагами таких пристроїв є зручність експлуатації, мобільність, висока швидкість роботи, достатня вантажопідйомність.

До недоліків належать – значна власна маса, необхідність рівної поверхні, обмежена висота піднімання, неможливість роботи з великогабаритними вузлами.

Тому сфера застосування підкатних домкратів переважно обмежується обслуговуванням автомобілів.

Ножичні підйомники

Ножичні підйомники являють собою систему шарнірно з'єднаних важелів, що утворюють механізм типу «ножиці». Піднімання платформи здійснюється за допомогою гідроциліндра. Дані пристрої широко використовуються в ремонтних цехах, складських комплексах та будівельній галузі [5,19].

Рисунок 1.4 – Ножичний підйомник

Переваги ножичних підйомників – значна висота піднімання, висока стійкість, плавність роботи, безпечність експлуатації. До недоліків відноситься велика матеріаломісткість, значна маса конструкції, складність виготовлення, висока вартість.

Через значні габарити та масу ножичні підйомники не завжди придатні для використання в невеликих ремонтних майстернях.

Гідравлічні крани типу «Гусак»

Одним із найбільш поширених засобів механізації ремонтних робіт є пересувний гідравлічний кран типу «Гусак». Такі пристрої використовуються для демонтажу та монтажу двигунів, коробок передач, мостів і інших важких агрегатів. Основними елементами конструкції є опорна рама, стійка, стріла, гідроциліндр, колеса, вантажний гач [10,20,25].

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.5 – пересувний гідравлічний кран типу «Гусак»

Перевагами кранів типу «Гусак» є мобільність, достатня вантажопідйомність, можливість роботи з великогабаритними агрегатами, простота конструкції. Недоліки: обмежена робоча зона, значні габарити, недостатня універсальність, необхідність ручного переміщення.

Незважаючи на широке використання, такі крани потребують подальшого удосконалення щодо підвищення функціональності та зручності експлуатації.

Останніми роками набули поширення універсальні гідравлічні підйомні пристрої, що поєднують функції домкрата, підйомника та крана. Такі конструкції забезпечують виконання різноманітних операцій без використання додаткового обладнання.

Основними напрямками їх розвитку є підвищення вантажопідйомності, зменшення власної маси, використання телескопічних стріл, застосування високоміцних сталей, удосконалення гідросистем, підвищення безпеки роботи.

Разом із тим більшість існуючих конструкцій мають складну будову або високу вартість, що обмежує їх використання на невеликих підприємствах.

Отже, проведений аналіз показав, що найбільш перспективними для виконання монтажних і ремонтних робіт є гідравлічні підйомні пристрої, які забезпечують значну вантажопідйомність, плавність роботи та високу надійність. Водночас існуючі конструкції мають окремі недоліки, серед яких обмежена універсальність, значні габарити або недостатня мобільність. Тому актуальним напрямком удосконалення є розробка універсального гідравлічного підйомного пристрою, який поєднуватиме компактність, мобільність, достатню вантажопідйомність і простоту експлуатації.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.4 Обґрунтування напрямку розробки універсального гідравлічного підйомного пристрою

Під час експлуатації тракторів, автомобілів та іншої мобільної техніки виникає необхідність проведення технічного обслуговування і ремонтних робіт, значна частина яких пов'язана з демонтажем та монтажем важких вузлів і агрегатів. До таких агрегатів належать головні передачі, редуктори, коробки передач, задні мости, двигуни та інші складальні одиниці, маса яких може досягати кількох сотень кілограмів.

На більшості ремонтних підприємств та в майстернях агропромислового комплексу операції зі зняття та встановлення важких агрегатів досі виконуються із застосуванням простих домкратів, лебідок, підручних засобів або за допомогою декількох працівників. Такий спосіб виконання робіт характеризується значною трудомісткістю, низькою продуктивністю та підвищеним ризиком виробничого травматизму [14,18].

Особливо складним є демонтаж головних передач і задніх мостів тракторів, оскільки ці вузли мають значну масу та розташовані в обмеженому просторі. Для їх зняття часто необхідно залучати декількох працівників, використовувати допоміжні пристосування та виконувати значну кількість ручних операцій. Це призводить до збільшення тривалості ремонту, зростання фізичного навантаження на персонал і погіршення умов праці.

Аналіз існуючих підйомних пристроїв показав, що більшість із них мають певні недоліки. Гвинтові та гідравлічні домкрати забезпечують лише піднімання вантажу і не дозволяють його транспортувати. Підкатні домкрати мають обмежену сферу застосування та не забезпечують надійного закріплення агрегатів. Крани типу «Гусак» характеризуються значними габаритами та не завжди можуть використовуватися в умовах обмеженого простору ремонтних майстерень. Крім того, більшість існуючих конструкцій не забезпечують точного позиціонування вузлів під час монтажу.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

З метою усунення зазначених недоліків пропонується розробка універсального гідравлічного підйомного пристрою для демонтажу та монтажу автотракторних агрегатів. Конструкція пристрою поєднує функції піднімання, утримання, транспортування та точного позиціонування ремонтованих вузлів. Використання гідравлічного приводу забезпечує плавність роботи та створення необхідного підйомного зусилля, а наявність механізму регулювання положення дозволяє виконувати монтажні операції з високою точністю.

Особливістю розробленої конструкції є використання змінних захватів, що значно розширює функціональні можливості пристрою та дозволяє застосовувати його для роботи з різними агрегатами тракторів і автомобілів. Завдяки колісному візку забезпечується висока мобільність конструкції та можливість її використання безпосередньо біля об'єкта ремонту.

Впровадження запропонованого пристрою дозволить скоротити трудомісткість ремонтних робіт, зменшити кількість працівників, задіяних під час демонтажно-монтажних операцій, підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу та покращити умови праці. Крім того, використання пристрою сприятиме підвищенню безпеки виконання робіт і зниженню ризику пошкодження дорожовартісних агрегатів під час їх демонтажу та встановлення.

Таким чином, розробка універсального гідравлічного підйомного пристрою є актуальною та технічно обґрунтованою, оскільки дозволяє підвищити ефективність ремонтного виробництва, забезпечити механізацію найбільш трудомістких операцій та покращити техніко-економічні показники роботи ремонтних підприємств.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

1. Аналіз технологічності деталі

Щока є відповідальним з'єднувальним елементом універсального гідравлічного підйомного пристрою. Вона з'єднує шток гідравлічного циліндра з підйомною тягою та сприймає знакозмінні осьові зусилля при підйомі й опусканні вантажу. Матеріал деталі – сталь Ст3 за ДСТУ 2651:2005. Цей стандарт є чинним національним документом України на вуглецеву сталь звичайної якості і визначає хімічний склад та механічні властивості марок Ст0–Ст6. Для сталі Ст3: вміст вуглецю 0,14–0,22 %, марганцю 0,40–0,65 %, кремнію 0,05–0,17 %. Механічні властивості: межа міцності $\sigma_s = 370\text{--}490$ МПа, межа текучості $\sigma_t \geq 235$ МПа, відносне подовження $\delta \geq 26$ %. Важливо, що сталь Ст3 добре піддається холодному листовому штампуванню і гнуттю завдяки значному запасу пластичності [15,19].

За конструктивним виконанням щока є листовою гнutoю деталлю П-подібного перерізу. Вона виготовляється холодним гнуттям з листового прокату завтовшки 4 мм [15]. Загальна ширина поперечного перерізу – 40 мм, внутрішня відстань між полками – 32 мм, що дає товщину листа $(40 - 32) / 2 = 4$ мм. Радіус гнуття в гутах профілю R2 мм забезпечує мінімальне утоншення матеріалу в зоні вигину і запобігає розтріскуванню. Для сталі Ст3 мінімально допустимий радіус гнуття при товщині листа 4 мм складає $R_{\min} = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 4 = 2$ мм, де s – товщина листа. Отже, R2 – це граничний, але допустимий радіус.

У поздовжньому напрямку деталь також зігнута: вид знизу показує овальну форму в плані з двома паралельними прямими ділянками довжиною 90 мм і скругленими торцями. Загальна висота деталі – 114 мм (довідковий розмір 144 мм включає виступаючу частину). Ширина паза між вушками – 30 мм, що відповідає ширині серги або тяги підйомника. У вушках виконано наскрізний отвір $\varnothing 30,5$ мм для посадки осі, з'єднувальної серги або болта.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Шорсткість поверхонь: на внутрішніх радіусних поверхнях після гнуття – Ra 3,2 мкм (вказано на виді збоку); на поверхні паза між вушками – Ra 12,5 мкм; на решті вільних поверхонь – Ra 12,5 мкм. Граничні відхилення: для отворів H14, для решти – $\pm IT14/2$ за ДСТУ ISO 2768-1:2001.

Аналіз технологічності показує, що деталь є типовою листогнутою конструкцією і добре піддається серійному виробництву штамповкою і гнуттям. Форма розгортки – прямокутна смуга з подальшим П-подібним гнуттям в одній операції на гнучному штампі або листогинальному верстаті. Наявність лише одного отвору $\varnothing 30,5$ мм спрощує механічну обробку. Відсутність точних посадкових поверхонь (весь 14-й квалітет) знижує вимоги до верстатного парку.

Кількісна оцінка технологічності за коефіцієнтом уніфікації:

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

де Q_y – кількість уніфікованих елементів;

Q – загальна кількість конструктивних елементів деталі.

Конструктивні елементи: плоскі прямолінійні ділянки (6 шт.), радіусні переходи R2 (4 шт.), скруглені торці в плані (2 шт.), отвір $\varnothing 30,5$ мм (1 шт.). Усього $Q = 13$, уніфікованих $Q_y = 12$:

$$K_y = 12 / 13 = 0,92 [15].$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - 1 / A_{\text{ср}}, \quad (2.2)$$

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

Всі поверхні мають квалітет 14 (отвір H14, лінійні розміри $\pm IT14/2$). Тому $A_{\text{ср}} = 14$:

$$K_T = 1 - 1 / 14 = 0,93 [15].$$

Обидва коефіцієнти перевищують нормативні значення ($K_y \geq 0,6$, $K_T \geq 0,8$). Щока є технологічною деталлю, раціонально спроектованою для листоштампувального виробництва [15,19].

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь щоки

№	Поверхня	Квалітет	Ра- міа	Кількість	Призначення
1	Отвір $\varnothing 30,5$ мм (H14)	H14	12,5	1 (часкрізн.)	Посадкова під вісь серги
2	Внутр. радіусні поверхні R2	14	3,2	4	Зона гнуття листа
3	Внутрішні плоскі полки	14	12,5	2	Робочі поверхні вушок
4	Зовнішні плоскі поверхні	14	12,5	4	Вільні поверхні
5	Паз між вушками (\varnothing мм)	14	12,5	1	Простір для серги/тяги
6	Скруглені торці (план. вид)	14	12,5	2	Конструктивні торці деталі
7	Торці листа по товщині	14	12,5	4	Вільні кромки

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності щоки

Показник	Розраховане значення	Норматив (не менше)
Коефіцієнт уніфікації K_y	0,92	0,60
Коефіцієнт точності K_T	0,93	0,80
Середній квалітет точності $A_{сер}$	14,0	–
Товщина листа, мм	4,0	–
Мінімальний радіус гнуття R_{min} , мм	2,0 (= 0,5 s)	–
Маса деталі, кг	1,86	–
Висновок	Деталь технологічна	–

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

2.2. Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення щоки побудований за принципами листоштампувального виробництва з урахуванням дрібносерійного або середньосерійного характеру виготовлення вузлів гідравлічних підйомників. Заготовка – листовий прокат зі сталі Ст3 за ДСТУ 2651:2005, товщина 4 мм, що постачається листами або рулонами відповідно до ДСТУ EN 10025-2:2014 або в рамках технічних умов підприємства.

Перша операція – розкрій заготовки. Розгортка щоки є прямокутною смугою, яка потім згинається у П-подібний профіль. Довжина розгортки розраховується з урахуванням нейтрального шару матеріалу в зонах гнуття. Розкрій виконується ножицями листовими (гільйотинними) або прес-ножицями по розрахованих розмірах розгортки. Точність різання $\pm 0,5$ мм є достатньою для подальшого гнуття.

Друга операція – штампування (пробивання) отворів $\varnothing 30,5$ мм. В умовах серійного виробництва отвори пробиваються у штампі на кривошипному пресі до гнуття – поки заготовка ще плоска. Це забезпечує значно кращу точність розташування отворів і спрощує базування деталі під штамп. Після гнуття пробивати отвори значно складніше через П-подібну форму деталі.

Третя операція – гнуття. Виконується на листозгинальному верстаті (листогибі) або у гнучому штампі на пресі. П-подібний профіль отримується за два послідовних гини або за один хід у спеціальному штампі. Радіус R2 забезпечується відповідним радіусом куансона. При гнутті на листогибі кут пружинення для сталі Ст3 товщиною 4 мм складає $2-4^\circ$, що враховується при налагодженні верстата.

Четверта операція – калібрування (правка) деталі після гнуття. Оскільки при гнутті можливе жолоблення і відхилення від паралельності полук, деталь правиться у спеціальному правильному штампі або між паралельними плитами під пресом. Паралельність внутрішніх поверхонь полук після правки – не гірше 0,3 мм на 90 мм довжини.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним недоліком діючого процесу є відсутність контролю кута пружинення при гнутті, що спричиняє розкид розміру 32 мм (внутрішня відстань між полками) у межах $\pm 0,5$ мм. Для підйомного пристрою з посадкою осі Н14 цей допуск є прийнятним, але при конструктивному необхідному розмірі паза 30 мм (ширина серги) слід контролювати відстань між внутрішніми поверхнями полок.

Шорсткість зон гнуття Ra 3,2 мкм досягається безпосередньо в процесі гнуття і не потребує подальшої механічної обробки. Поверхня листового прокату Ст3 товщиною 4 мм після прокатки має шорсткість Ra 6,3-12,5 мкм, що відповідає вимогам креслення для всіх поверхонь, крім зони гнуття.

Таблиця 2.3 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення щоки

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
005	Заготівельна (розкрій)	Листові гільйотинні ножиці	1	Лист Ст3, t=4 мм
010	Розмічальна (осі отв.)	Розмічальна плита	1	Рейсмас, кернер
015	Штампувальна (пробивання $\varnothing 30,5$)	Прес кривошипний КД2324	1	Штамп пробивний $\varnothing 30,5$
020	Гнуття (П-профіль)	Листозгин. WC67K або штамп	1	R2, два гини або 1 хід
025	Правка (камірування)	Прес гідравлічний П.6326	1	Паралельність полок
030	Слюсарна (зачистка кромки)	Верстак, шліф. машина	-	Задирина, гострі кромки
035	Контрольна	Контрол. плита	-	Всі розміри за кресленням

Таблиця 2.4 – Недоліки діючого ТП та заходи з їх усунення

Недолік діючого процесу	Захід з усунення
Розкид розміру 32 мм після гнуття через пружинення ($\pm 0,5$ мм)	Дозатягнення на правильному штампі; налагодження гнуття з урахуванням кута пружинення
Відсутність вимірювання кута пружинення під час серії – розкид від партії до партії	Введення міжопераційного контролю відстані між полками після гнуття
Ручне розмічання осей отвору $\varnothing 30,5$ – нестабільна точність від робітника до робітника	Застосування штампів з фіксованим положенням знімача та направляючих для стабільного позиціонування
Пробивання отвору після гнуття у деяких варіантах ТП – ускладнює базування	Обов'язкове пробивання отворів до гнуття (поки заготовка пласка)

2.3. Обробка поверхонь

Щока є листогнутою деталлю, тому більшість поверхонь не підлягають механічній обробці різанням у традиційному розумінні. Основний об'єм «обробки» – це штампувальні операції (розкрій, пробивання, гнуття), які формують геометрію деталі. Механічна обробка різанням обмежена пробиванням або свердлінням отвору $\varnothing 30,5$ мм та зачисткою кромки.

Розкрій листа. Листова заготовка розкроюється на гільйотинних ножницях. Якість зрізу відповідає Ra 12,5–25 мкм на кромках різання. Задирина після різання зачищаються напилком або зачищенням кругом. Для Ст3 товщиною 4 мм зусилля різання на ножницях не перевищує 8–10 кН на 100 мм довжини різку.

Пробивання отвору $\varnothing 30,5$ мм. В умовах серійного виробництва отвір пробивається у штампі на кривошипному пресі. Пуансон $\varnothing 30,5$ мм і матриця з зазором 0,3–0,4 мм (6–8 % від товщини листа для Ст3). При пробиванні шорсткість поверхні зрізу – Ra 6,3–12,5 мкм, що відповідає вимозі Ra 12,5 мкм на кресленіку. Зусилля пробивання:

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
							25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$P = \pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_{зр}, \quad (2.3)$$

де $d = 30,5$ мм – діаметр отвору;

$s = 4$ мм – товщина листа;

$\tau_{зр} = 0,8 \cdot \sigma_{в} = 0,8 \cdot 370 = 296$ МПа – опір зрізу для сталі Ст3.

$$P = \pi \cdot 30,5 \cdot 4 \cdot 296 \approx 113\,600 \text{ Н} \approx 114 \text{ кН}$$

Для пресу з таким зусиллям достатній кривошипний прес зусиллям 160–200 кН (наприклад, КД2324 або JB2'-160).

В умовах одиночного виробництва отвір $\varnothing 30,5$ мм свердлиться на вертикально-свердлильному верстаті у два переходи: свердлення $\varnothing 25$ мм і розсвердлювання до $\varnothing 30,5$ мм. Режими різання: $V = 18\text{--}22$ м/хв, $S = 0,3\text{--}0,4$ мм/об (свердло $\varnothing 25$ Р6М5); $V = 14\text{--}18$ м/хв, $S = 0,25\text{--}0,35$ мм/об (розсвердлювання $\varnothing 30,5$). Охолодження – емульсія.

Гнуття. Формування П-подібного профілю виконується на листовому верстаті або у штампі. Радіус пуансона $r = 2$ мм відповідає вимозі R2 на кресленку. Кут гнуття – 90° . Після гнуття шорсткість на радіусних поверхнях внутрішнього радіуса відповідає Ra 3,2 мкм, що вказано на кресленку. Зовнішній радіус гнуття $R = r + s = 2 + 4 = 6$ мм.

Зачистка кромки. Після всіх штампувальних операцій зачищаються задирини і гострі кромки зачищеною машиною або напилком. На кресленку не вказано фасок, проте за технічними умовами на листові деталі для підйомного обладнання притуплення кромки до R0,5–1,0 мм є обов'язковим для безпеки обслуговування.

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
							26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь щоки

№	Поверхня	Квалітет	Ра, мкм	К-ть перех.	Метод формоутворення
1	Зовн. контур (план)	14	12,5	1	Різання на гільйотинних ножицях
2	Отвір ø30,5 мм	H14	12,5	1-2	Пробивання у штампі або свердлення ø25+розсвердл.
3	Внутр. радіуси R2 (гнуття)	14	3,2	1	Гнуття пуансоном r=2 мм на листогибі
4	Плоскі полки (зовн./внутр.)	14	12,5	0	Поверхня прокату (не обробляється)
5	Кромки (торці листа)	14	12,5	1	Зачистка напилком зачисним кругом

Таблиця 2.6 – Режими різання при обробці щоки

Вид обробки	Інструмент	V, м/хв	S, мм/об	f, мм	ЗОР	Ra, мкм
Свердлення ø25 мм	P6M5 ø25	18- 22	0,30- 0,40	-	Емульсія	12,5
Розсвердлювання ø30,5	P6M5 ø30,5	14- 18	0,25- 0,55	2,75	Емульсія	12,5
Гнуття (листогиб)	Пуансон r=2	-	-	-	Без ЗОР	3,2 (R2)
Пробивання ø30,5 у штампі	Пуансон ø30,5	-	-	4 (лист)	Мастило	6,3- 12,5

2.4. Розробка схем базування деталі

Базування листогнутих деталей суттєво відрізняється від базування деталей тіл обертання. Для щоки відсутні циліндричні або точні посадкові поверхні, тому основою базування є плоскі поверхні та отвір ø30,5 мм як

допоміжна база на фінішних операціях. Схеми базування слід розглядати окремо для кожної операції.

На операції розкрою (різання на лежицях) заготовка базується по упорах ножидь (настановна база – площина столу, 3 ступені вільності) і бічному упору (2 ступені). Шостий ступінь – переміщення вздовж напрямку різання – не фіксується, оскільки листова заготовка подається вручну до переднього упора, що визначає розмір смуги.

На операції пробивання отвору $\varnothing 30,5$ мм у штампі заготовка базується по нижній плоскій поверхні (настановна база, 3 ступені) і двом боковим фіксаторам у матриці (ще 2 ступені). Шостий – обертання навколо вертикальної осі – обмежується третім фіксатором або кутовим упором. Схема забезпечує точність позиціонування отворів відносно контуру $\pm 0,3$ мм, що є достатнім при якості Н14.

На операції гнуття заготовка базується по нижньому пуансону (матриці) і заднім упорам листогиба. Наставна база – нижня площина заготовки (3 ступені). Задній упор фіксує положення лінії гину відносно краю заготовки – це 4-й ступінь. П'ятий і шостий ступені не обмежуються, оскільки при гнутті необхідна можливість поперечного переміщення заготовки. Точність положення лінії гину відносно краю – $\pm 0,5$ мм, що відповідає допуску на розмір полки.

На операції правки П-профілю деталь встановлюється у правильний штамп по зовнішніх поверхнях полки і дну. Схема забезпечує симетричне стиснення полки і калібрування розміру 32 мм (внутрішня відстань). Наставна база – дно профілю (3 ступені). Боковий притиск правильних клинів – ще 2 ступені. Паралельність полки після правки – не гірше 0,2 мм.

На операції контролю деталь базується по плоскій поверхні для П-профілю на контрольну плиту (3 ступені) і по одному з вушок – упором (ще 2). Вимірювання отвору $\varnothing 30,5$ мм виконується калібром пробкою, відстані між полками – штангенциркулем, загальної висоти 114 мм – лінійкою від опорної поверхні.

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
							28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Похибка базування при пробиванні отвору залежить від зазору між фіксаторами штампу і контуром заготовки. При зазорі 0,2 мм:

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot \Delta_{\text{фікс}} = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ мм}$$

Це значно менше допуску Н14 ($\pm 0,26$ мм для $\varnothing 30,5$ мм), що підтверджує правильність схеми базування

Таблиця 2.7 – Схеми базування щоби по операціях

Оп.	Операція	Наступна база (3 ст.)	Напряма база (2 ст.)	Опорна / фіксуєча (1 ст.)
005	Розкрій на ножицях	Стіл ножиць (пласка пов.)	Бічний упор ножиць	Передній упор (дожина смуги)
015	Пробивання $\varnothing 30,5$	Нижня площина на матриці	2 бокових фіксатори штампу	Кутовий упор (3-й фіксатор)
020	Гнуття П-профілю	Нижня площина на матриці	Задній упор листогиба	Бічна кромка (вільний рух)
025	Правка (калібрування)	Дно П-профілю (в матриці)	Бічні клини (полки)	Симетрична схема (клини)
035	Контрольна	Дно профілю на плиту (3 ст.)	Бічна пов. вушка (упор)	Кутовий упор

Таблиця 2.8 – Аналіз похибок базування по основних операціях

Оп.	Операція	Причина похибки	ε_6 , мм	Допуск за кресл
005	Різання на ножицях	Зазор між упором і листом	$\leq 0,5$	$\pm IT14/2 = \pm 0,31$ мм
015	Пробивання $\varnothing 30,5$	Зазор між фіксаторами і контуром	$\leq 0,1$	$\pm 0,26$ мм (Н14)
020	Гнуття	Пружинення, точність упора	0,3–0,5	$\pm 0,31$ мм (розмір 32)
025	Правка	Похибка правильного штампу	$\leq 0,2$	$\pm 0,31$ мм (розмір 32)

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення щоби розроблений для умов середньосерійного виробництва з урахуванням листоштампувального характеру технологічного процесу, матеріалу Ст3 за ДСТУ 2651:2005 і вимог до готової деталі. Принцип побудови маршруту: спочатку – плоскі операції (розкрий, пробивання отворів), потім – формоутворення (гнуття), далі – калібрування і фінішна обробка.

Операція 005 – Заготівельна (розкрий). На гільйотинних листових ножицях Н3316 або подібних вирізається заготовка-розгортка. Розміри розгортки розраховані з урахуванням нейтральної лінії при гнутті: довжина розгортки по нейтральному шару при $R = 2 \text{ мм}$, $s = 4 \text{ мм}$ складає $L = A1 + A2 + \pi/2 \cdot (R + x \cdot s)$, де x – коефіцієнт положення нейтрального шару (для $R/s = 0,5$: $x = 0,32$). Детальний розрахунок виконано в підрозділі 6. Після різання перевіряється прямокутність заготовки і відсутність задирів на кромках.

Операція 010 – Розмічальна. На розмічальній плиті рейсмасом і кутником наносяться осьові лінії для позиціонування отворів $\varnothing 30,5 \text{ мм}$ та лінії майбутніх згинів. Виконується кернування центрів отворів. Точність розмічання – $\pm 0,3 \text{ мм}$.

Операція 015 – Штампвальна (пробивання отворів $\varnothing 30,5 \text{ мм}$). На кривошипному пресі КД2324 (зусилля 160 кН) у пробивному штампі з направляючими виконується пробивання двох отворів $\varnothing 30,5 \text{ мм}$. Заготовка ще плоска, що забезпечує стабільне базування і точне позиціонування. Зазор між пуансоном і матрицею – 0,3–0,4 мм. Контролюється розміщення отворів (розмір між центрами і від краю).

Операція 020 – Гнуття П-профілю. На листовозгинальному верстаті WC67K-40T або у гнучому штампі формується П-подібний профіль. Спосіб виконання: два послідовних гини по 90° на листогибі або один хід у спеціальному штампі. Радіус пуансона $r = 2 \text{ мм}$. Кут гнуття з урахуванням пружнення: кут інструмента $= 90^\circ - \Delta\alpha$, де $\Delta\alpha = 2-4^\circ$ для Ст3 $s=4 \text{ мм}$. Задній упор листогиба забезпечує розмір полки. Після першого гину вимірюється висота полки (57 мм за розрахунком), потім деталь переустановлюється для другого гину.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Операція 025 – Правка (калібрування). У правильному штампі на гідравлічному пресі П6326 (зусилля 630 кН) профіль калібрується до розміру 32 мм (внутрішня відстань між полками). Правка ліквідує залишкове пружинення і забезпечує паралельність полочок не гірше 0,2 мм. Ходів пресу – 1–2.

Операція 030 – Слюсарна (зачистка). Напилком або зачисною шліфувальною машиною притупляються всі гострі кромки і задирини. Особлива увага – кромки отворів (зачистка до Ra 12,5 мкм) і кромки після різання. При необхідності знімаються фаски 0,5×45° у торцях отвору $\varnothing 30,5$ мм зенківкою.

Операція 035 – Контрольна. Перевірка всіх розмірів: штангенциркулем – ширина 90 мм, висота 114 мм, паз 30 мм, розмір 40 мм, внутрішня відстань 32 мм; нутромір або калібром-пробкою – $\varnothing 30,5$ Н14; кутником – перпендикулярність полочок до дна (допуск $\pm 30'$ для якості 14). Шорсткість Ra 3,2 мкм у зонах гнугтя перевіряється профілометром або зразками шорсткості.

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення цюки

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій/штамп	Інструмент
005	–	Різнання розгортки за розрахованими розмірами	Ножиці Н3316	Бічний і передній упори	Ножі сталеві
010	А	Розмітка осей отворів, ліній гину, кернування	Розміч. плита	Рейсмас, кутник	Рейсмас, кернер
015	А	Пробивання 2× $\varnothing 30,5$ мм у штампі	Прес КД2324 (160 кН)	Пробивний штамп $\varnothing 30,5$	Пуансон $\varnothing 30,5$, матриця
020А	А	1-й гин 90° (одна полка), r=2 мм	Листогиб WC67K	Пуансон r=2, матриця V	Пуансон r=2, задній упор
020Б	Б	2-й гин 90° (друга полка), r=2 мм	Листогиб WC67K	Пуансон r=2, матриця V	Пуансон r=2, задній упор

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій/штамп	Інструмент
025	A	Гравка – калібрування розміру 32 мм	Прес гідравл. П6326	Правильний штамп	Пуансон-калібр 32 мм
030	-	Зачистка кромки, задири; фаски в $\varnothing 30,5$	Верстак, шліф. машина	-	Напилек, зенківка, зачисний круг
035	-	Контроль: $\varnothing 30,5, 32, 90, 114, 40$ мм. Ra 3,2	Контрол. плита	-	Штанг., нутромір, профіломет.

Таблиця 2.10 – Оснащення для виготовлення щок

№	Оснащення	Призначення	Стандарт / ТУ	Операція
1	Пробивний штамп $\varnothing 30,5$ мм	Пробивання отворів в листі	ТУ виробника	015
2	Пуансон $r=2$ + матриця V	Гнуття по 90° з $R2$	ДІН 5820 (ориг.)	020А, 020Б
3	Правильний штамп (32 мм)	Калібрування розміру між полками	ТУ виробника	025
4	Задній упор листогиба	Точне позиціонування лінії гину	До верстата WC67K	020А, 020Б
5	Зенківка 90°	Фаска в торці отвору $\varnothing 30,5$	ДСТУ ISO 3294	030

2.6 Визначення пропусків на обробку та операційних розмірів

Для листогнутих деталей основним розрахунком є визначення розмірів розгортки – вихідної плоскої заготовки до гнуття. Розмір розгортки визначається з урахуванням деформації матеріалу в зоні згину: внутрішній шар стискається,

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

зовнішній розтягується. Нейтральний шар (нульова деформація) зміщений до внутрішньої поверхні.

Положення нейтрального шару визначається коефіцієнтом x , який залежить від відношення R/s . При $R/s = 2/4 = 0,5$ для сталі Ст3:

$$x = -0,32 \quad (\text{за таблицями ДСТУ або довідником «Листове штампування»})$$

Романовського)

Радіус нейтрального шару:

$$\rho = R + x \cdot s = 2 + 0,32 \cdot 4 = 2 + 1,28 = 3,28 \text{ мм}$$

Довжина нейтрального шару в зоні одного гину (кут гнуття $\alpha = 90^\circ$):

$$l_{\text{дуги}} = \pi \cdot \rho \cdot \alpha / 180^\circ = \pi \cdot 3,28 \cdot 90 / 180 = \pi \cdot 3,28 / 2 \approx 5,15 \text{ мм}$$

Деталь має 4 кута гнуття R2 (два П-подібних гини у поперечному напрямку). Повна сума довжин дуг у зонах гнуття:

$$\Sigma l_{\text{дуг}} = 4 \cdot l_{\text{дуги}} = 4 \cdot 5,15 = 20,6 \text{ мм}$$

Прямолінійні ділянки деталі (розраховані за внутрішніми розмірами): дно П-профілю – 30 мм (паз між вушками); дві бічні полки по 57 мм кожна (висота від лінії гину до краю). Висота полки розраховується як:

$$H_{\text{полки}} = H_{\text{зовн}} - R_{\text{зовн}} = 114 - (2 + 4) = 108 \text{ мм (зовнішня висота) або за}$$

внутрішнім розміром:

$$H_{\text{полки_внутр}} = H - (R + s) = 114 - (2 + 4) = 108 \text{ мм від нейтрального до краю.}$$

Для розрахунку розгортки використовуємо прямолінійні ділянки до початку зони гнуття:

$$A_{\text{дно}} = 30 \text{ мм (ширина паза між внутрішніми поверхнями полочок).}$$

$$A_{\text{полки}} = H - R - s = 114 - 2 - 4 = 108 \text{ мм (від внутрішньої поверхні до краю).}$$

Повна довжина розгортки по поперечному перерізу (П-профіль):

$$L_{\text{розгортки}} = A_{\text{дно}} + 2 \cdot A_{\text{полки}} + \Sigma l_{\text{дуг}} \quad (2.4)$$

$$L_{\text{розгортки}} = 30 + 2 \cdot 108 + 4 \cdot 5,15 = 30 + 216 + 20,6 \approx 267 \text{ мм}$$

Довжина розгортки в поздовжньому напрямку (розмір 90 мм по ширині деталі) не змінюється при даному виді гнуття і дорівнює ширині деталі: 90 мм.

Перевірка: маса заготовки-розгортки - прямокутна пластина $267 \times 90 \times 4$ мм:

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$V_{\text{розгортки}} = 267 \cdot 90 \cdot 4 = 96\,120 \text{ мм}^3,$$

$$m_{\text{розгортки}} = 96\,120 \cdot 10^{-9} \cdot 7850 \approx 0,754 \text{ кг}$$

Маса готової деталі за кресленням – 1,86 кг. Розрахунок розгортки стосується лише одного поперечного згину П-профілю. Фактично деталь, судячи з вигляду знизу, має складнішу форму: вид у плані овальний (дві паралельні прямі ділянки 90 мм і скруглені торці). Ширина в плані 40 мм, товщина листа 4 мм, тому деталь складена з більшої розгортки. При масі 1,86 кг і щільності 7850 кг/м³ повний об'єм металу: $V = 1,86 / 7850 \cdot 10^9 \approx 237\,000 \text{ мм}^3$.

Розрахунок операційного припуску при пробиванні отвору $\varnothing 30,5$ мм. Заготовка суцільна (без отвору) – «припуск» відсутній у звичайному розумінні. Зазор між пуансоном і матрицею є технологічним параметром штампу:

$$z = (0,06 - 0,08) \cdot s = 0,07 \cdot 4 = 0,28 \text{ мм (двосторонній зазор)}$$

$$z_{\text{одностор}} = 0,28 / 2 = 0,14 \text{ мм}$$

Розрахунок розміру пуансона і матриці. Для пробивання (отримання отвору заданого розміру) пуансон виготовляється за номінальним розміром отвору:

$$d_{\text{пуансона}} = d_{\text{отвору}} - \delta_{\text{п}} = 30,5 - 0,02 = 30,48 \text{ мм}$$

$$d_{\text{матриці}} = d_{\text{пуансона}} + 2 \cdot z_{\text{одностор}} = 30,48 + 0,28 = 30,76 \text{ мм}$$

де $\delta_{\text{п}} = 0,02$ мм – допуск на виготовлення пуансона.

Таблиця 2.11 – Розрахунок розгортки шпекти (поперечний переріз)

№	Ділянка розгортки	Формула	Розмір, мм	Кількість	Сума, мм
1	Дно П-профілю (паз між полками)	$A_{\text{дно}} = 30$	30,0	1	30,0
2	Бічна полка (до краю)	$H - R - s = 114 - 2 - 4$	108,0	2	216,0
3	Дуга нейтр. шару ($\alpha = 90^\circ$, $\rho = 3,28$ мм)	$\frac{\pi \cdot \rho}{2} = \frac{\pi \cdot 3,28}{2}$	5,15	4	20,6
	Разом (довжина розгортки)				266,6 \approx 267 мм

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.12 – Параметри штампу для пробивання отвору $\varnothing 30,5$ мм

Параметр	Формула	Значення	Одиниця
Діаметр отвору (готовий)	$d = 30,5 \text{ H}14$	30,5 +0,52/0	мм
Зазор двосторонній z	$z = 0,07 \cdot s$	0,28	мм
Діаметр пуансона	$d - \delta_{\text{п}}$	30,48 -0,02	мм
Діаметр матриці	$d_{\text{матр}} + 2 \cdot z_{\text{одн}}$	30,76 +0,03	мм
Зусилля пробивання P	$\pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_{\text{ст}}$	≈ 114	кН
Рекомендований прес	$P_{\text{пресу}} \geq 1,25 \cdot P$	160–200 кН (КД2324)	–

Отже, виконані розрахунки підтверджують, що довжина розгортки цюки становить приблизно 267 мм (поперечній напрямком) при ширині 90 мм і товщині листа 4 мм. Зусилля пробивання отвору $\varnothing 30,5$ мм у листі товщиною 4 мм зі сталі Ст3 складає близько 114 кН, що відповідає пресу зусиллям 160–200 кН. Параметри штампу – зазор 0,28 мм, діаметр пуансона 30,48 мм, матриці 30,76 мм – забезпечують отримання отвору $\varnothing 30,5$ H14 без подальшої механічної обробки. Нормативна база: ДСТУ 2651:2005 (матеріал), ДСТУ ISO 286-1:2002 (допуски), ДСТУ ISO 2768-1:2001 (невказані відхилення).

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Обґрунтування необхідності застосування запропонованої конструкторської розробки

При ремонті тракторів однією з найбільш трудомістких операцій є зняття та установка різних агрегатів. Наприклад, при ремонті головних передач тракторів найбільш трудомісткою операцією є її демонтаж. Зважаючи на розміщення їх в обмеженому просторі, а також значної маси (наприклад, у трактора Т-150К близько 130 кг) і габаритів, дана операція на великих ремонтних підприємствах виконується після зняття кабіни, забезпечивши тим самим вільний доступ до них підйомного устаткування і можливість використання необхідних інструментів і пристосувань.

В більшості ремонтних майстерень ця робота по демонтажу і зняттю головної передачі і заднього мостів виконується в наступній послідовності: після зняття тяги, сполучних болтів карданних передач і фіксуючих гайок кришки головної передачі, замість пробки для заливки масла укручується спеціально виготовлений рим-болт. Один кінець сталевго каната закріплюється в ньому, а другий кінець із сталевго трубою укладеної упоперек лонжеронів рами. Обертаючи трубу, тим самим намотуючи на неї канат, забезпечують підйом і виїмку головної передачі з картера. Потім, ломами і монтажними лопатками зрушують кришку головної передачі з міжосьовим диференціалом вперед, нахилиючи при цьому її вперед і декілька вниз, виводять її із-за обмеженого простору між лонжеронами і траверсою рами. При виконанні цієї операції повинна дотримуватися синхронна робота декількох робочих. Таким чином, зняття і перенесення головної передачі з диференціалом, представляє досить трудомістку операцію із залученням декількох робітників.

Виходячи з вищесказаного, пропонується універсальний підйомний пристрій.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.2 Будова та принцип роботи

Рисунок 3.1 – Схема універсального підйомного пристрою для демонтажу та монтажу автотракторних агрегатів

Пристрій складається із візка 1, підйомної рамки 2, яка приводиться в рух гідродиліндром 5, механізму зміни положення рамки 3, ручного гідравлічного насоса 4. Механізм зміни положення рамки працює за допомогою гвинтової пари. Рама пристрою представляє собою зварну конструкцію і служить для монтажу всіх вузлів. На ній монтується нерухома плита з гайкою і маховичком гвинтової пари, опорні кронштейни для збільшення стійкості пристрою при роботі. Нерухома плита зварної конструкції служить для монтажу гідродомкрата і являється рухомим вузлом, який визначає положення знімного вузла по висоті за допомогою гвинтової пари. Гідродомкрат з ручним приводом призначений для надання штоку гідродиліндра лінійних переміщень. Змінні захвати є робочими органами при зніманні деталей та надають пристрою універсального характеру. Візок пристрою двовісний, призначений для переміщення пристрою до об'єкту, який ремонтується [5,10,19,26].

Пристрій вручну підключаємо під трактор вздовж його осі, таким чином, щоб захоплюючий пристрій був співвісним осі головної передачі. За допомогою гвинта досягаємо точного стикування захоплюючого пристрою з корпусом головної передачі. Перед цим від'єднуємо карданну передачу від фланця

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

редуктора та виймаємо піввісі з корпусу моста. Важелем гідронасоса виконуємо підйом захоплюючого пристрою до упору в корпус головної передачі. Від'єднавши корпус редуктора від моста та попередньо закріпивши двома болтами фланець з плитою захоплюючого пристрою, виводимо головну передачу з зачеплення. Далі опускаємо підйомну рамку та транспортуємо агрегат на робоче місце для проведення ремонту. Монтаж головної передачі проводиться у зворотному напрямку.

3.3 Інженерно-технологічні розрахунки пристрою

Розрахунок гідроциліндра [3,9,11,21,24].

У конструкції гідропідйомника необхідно провести розрахунок зусилля на штоці гідроциліндра.

1) Корисне навантаження на штоці: $F = 40 \cdot 10^3 \text{ H}$; $F = F_{\text{пол.}} = 40 \cdot 10^3 \text{ H}$ (3.1)

$F_{\text{тр}} = F_{\text{инер}} = 0$ - не враховуємо.

2) Тиск рідини в циліндрі вибираємо по корисному навантаженню:

$F = 40 \cdot 10^3 \text{ H}$ [9];

$P_{\text{max}} = P_1 = 5 \text{ МПа} = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$

3) Розрахункова сила на штоку з урахуванням втрати потужності на тертя в циліндрі. Це фактичне зусилля, що розвивається циліндром:

$F_{\text{пол.}} = F \cdot \eta_{\text{max}}$;

$$F = \frac{F_{\text{пол.}}}{\eta_{\text{max}}} = \frac{40 \cdot 10^3}{0,95} = 42105,00 \text{ H} = 42,1 \text{ кН} = 4,21 \text{ т.с}$$
 (3.2)

де η_{max} – механічний коефіцієнт, що враховує втрати потужності на тертя між поршнем і циліндром.

4) Діаметр циліндра:

$$F = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi D^2}{4 \cdot 10^6}; \text{ звідки } D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6 \cdot F}{\pi \cdot p}},$$
 (3.3)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6 \cdot 42105}{3,14 \cdot 5 \cdot 10^6}} = \sqrt{\frac{168421}{15,7}} = \sqrt{10727,5} = 103,5 \text{ мм}$$

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо стандартний діаметр $D=110\text{мм}$ ГОСТ 6440-68.

5) Ширина поршня:

$$B \approx 0,5 \cdot D \quad (3.4)$$

$$B = 0,5 \cdot 110 = 55\text{мм}$$

6) Товщина стінки гідроциліндра:

$$\delta \geq \frac{D}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\delta] + p}{[\delta] - p}} - 1 \right), \quad (3.5)$$

$$\delta = \frac{110}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{70 + 1,2 \cdot 5}{70 - 1,2 \cdot 5}} - 1 \right) = 55 \cdot \left(\sqrt{\frac{76}{64}} - 1 \right) = 4,95\text{мм}$$

За технічних міркувань для механічної обробки і збірки приймаємо велику товщину стінки циліндра $\delta = 20\text{мм}$.

7) Товщина плоского дна (кришки циліндра) [9]:

$$t \geq 0,4 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{[\delta]}} = 0,4 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{1,2 \cdot p_{\max}}{[\delta]}}, \quad (3.6)$$

$$t = 0,4 \cdot 110 \cdot \sqrt{\frac{1,2 \cdot 5}{70}} = 13,2\text{мм}$$

Прийнято $t = 15\text{мм}$.

8) Довжина ходу поршня і довжина циліндра, прийняті конструктивно:

$$S = 200\text{мм};$$

$$L = B + 2 \cdot t + S, \quad (3.7)$$

$$L = 55 + 2 \cdot 15 + 200 = 285\text{мм}$$

9) Діаметр штока прийнятий по таблиці:

$$d = 0,5 \cdot 110 = 55\text{мм}$$

10) Виступаючий вихідний кінець штока повинен мати достатню довжину для з'єднання кінця штока з робочим механізмом, прийнято $l = 470\text{мм}$.

Розрахунок захвату.

Проводимо перевірку міцності. Приймаємо, що на одну тягу діє $\frac{1}{4}$

сумарного зусилля, тобто:

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$F = \frac{Q}{4}. \quad (3.8)$$

Тобто $P = 266670H$.

Визначаємо площу поперечного перерізу тяги:

$$F = b \cdot h \quad (3.9)$$

$$F = 40 \cdot 45 = 1800 \text{ мм}^2$$

Визначаємо напруження в поперечному перерізі тяги за формулою:

$$\sigma = \frac{F}{F}, \quad (3.10)$$

$$\sigma = \frac{266670}{1800} = 148,5 \text{ Н/мм}^2$$

Допустиме напруження для сталі 45 $[\sigma] = 240 \text{ Н/мм}^2$ [14], тобто $\sigma \leq [\sigma]$ умова міцності витримується.

Далі проводимо перевірку міцності захвату. Попередньо приймаємо, що місце дії прикладених навантажень знаходиться на відстані 50 мм від осі симетрії захвату. Так як навантаження на 1 захват відоме, $P = 266670H$, то зусилля в опорах [8,19,23]:

$$P_1 = P_2 = \frac{P}{2}, \quad (3.11)$$

$$P_1 = P_2 = \frac{266670}{2} = 133335H$$

Максимальний згинаючий момент:

$$M_{\max} = P_1 \cdot l, \quad (3.12)$$

$$M_{\max} = 133335 \cdot 50 = 6666750 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Найбільш небезпечні місця в перерізі 3 і 4, по них і ведемо розрахунок.

Момент опору:

$$W = \frac{P_1 \cdot l}{c \cdot R \cdot \gamma_c}, \quad (3.13)$$

де $c = 1,1$; $\gamma_c = 1,2$; $R = 230 \text{ МПа}$.

Тоді розрахункове напруження:

$$\sigma = \frac{M}{1,1 \cdot W} \quad (3.14)$$

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma = 197,5 \frac{H}{\text{мм}^2} \leq [\sigma] = 290 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Як бачимо, захват відповідає міцності.

Умова міцності захвату на зріз визначається таким виразом :

$$[P_{зр}] = 2 \cdot [\tau_{зр}] \cdot F_{зр} = 2 \cdot [\tau_{зр}] \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.15)$$

$$[\tau_{зр}] = 2 \cdot 145 \cdot \frac{3,14 \cdot 36^2}{4} = 206 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Напруження зрізу в штирі при $F = 266670H$ дорівнює:

$$\tau_{зр} = \frac{P}{2 \cdot F} \quad (3.16)$$

$$\tau = \frac{266670}{2 \cdot 3,14 \cdot 36^2} = 131 \frac{H}{\text{мм}^2} \leq [145 \frac{H}{\text{мм}^2}] = 145 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

де F - площа поперечного перерізу штиря, мм^2 .

Як бачимо, по напруженню зрізу штирі захватів задовольняють вимоги.

Далі знаходимо величину напруження при розтягуванні для тяги 3 за формулою:

$$\sigma_p = \frac{P}{(D-d) \cdot 2 \cdot \delta}, \quad (3.17)$$

$$\sigma_p = \frac{266670}{(70-36) \cdot 2 \cdot 20} = 196 \frac{H}{\text{мм}^2} \leq [\sigma_p] = 249 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Як бачимо, умова міцності витримується.

Розраховуємо напруження зминання в отворах провухин. Спочатку розраховуємо площу зминання за формулою:

$$F_{зв} = 2 \cdot \delta_1 \cdot d_g, \quad (3.18)$$

$$F_{зв} = 2 \cdot 20 \cdot 36 = 1440 \text{мм}^2$$

де d_g - діаметр отвору, мм.

Допустиме напруження зминання:

$$[\sigma_{зв}] = 1,6 \cdot [\sigma_p] \quad (3.19)$$

$$[\sigma_{зв}] = 1,6 \cdot 240 = 384 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Напруження в стінках провухин:

$$\sigma_{зв} = \frac{P}{F_{зв}}, \quad (3.20)$$

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{zm} = \frac{266670}{1440} = 185 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_{zm}] = 384 \text{ Н/мм}^2$$

По напруженню зминання стінки провущин відповідають вимогам.

Висновок. У даному розділі розроблено конструкцію універсального підйомного пристрою для демонтажу та монтажу автотракторних агрегатів, що дозволяє механізувати виконання найбільш трудомістких ремонтних операцій. Запропонований пристрій забезпечує підйом, переміщення та точне позиціонування агрегатів значної маси в умовах обмеженого робочого простору, що особливо актуально при ремонті головних передач і задніх мостів тракторів.

У процесі конструкторської розробки обґрунтовано необхідність використання пристрою, розглянуто його будову та принцип роботи. Конструкція включає візок, підйомну рамку, гідроциліндр, механізм зміни положення рамки та змінні захвати, що забезпечують універсальність застосування пристрою для різних видів ремонтних робіт.

Виконані інженерно-технологічні розрахунки підтвердили працездатність та надійність основних елементів конструкції. Проведено розрахунок гідроциліндра, визначено його основні геометричні параметри, а також виконано перевірку на міцність захватів, з'ят, штирів і провущин. Отримані результати показали, що напруження в усіх відповідальних елементах не перевищують допустимих значень, а отже конструкція відповідає вимогам міцності, жорсткості та безпечної експлуатації.

Застосування запропонованого універсального підйомного пристрою дозволить зменшити трудомісткість ремонтних робіт, скоротити час демонтажу та монтажу агрегатів, підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу, покращити умови праці та знизити ризик виробничого травматизму. Це підтверджує доцільність впровадження розробленої конструкції в ремонтних майстернях агропромислових підприємств.

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
							42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Запропонований універсальний гідравлічний підйомний пристрій призначений для механізації демонтажу та монтажу автотракторних агрегатів значної маси. Використання пристрою дозволяє скоротити трудомісткість виконання ремонтних операцій, зменшити кількість обслуговуючого персоналу та підвищити продуктивність праці.

Визначення вартості виготовлення пристрою.

Вартість виготовлення конструкції визначається за формулою:

$$C_k = C_m + C_{п} + C_{зп} + C_n, \quad (4.1)$$

де C_m – вартість матеріалів, грн;

$C_{п}$ – вартість покупних виробів, грн;

$C_{зп}$ – заробітна плата робітників, грн;

C_n – накладні витрати, грн.

Вартість матеріалів

Таблиця 4.1 – Вартість матеріалів

Матеріал	Кількість	Ціна, грн	Вартість, грн
Швелер №10	25 кг	65	1625
Листовий прокат	18 кг	70	1260
Труба профільна	20 кг	68	1360
Кривильні вироби	комплект	-	600
Фарба та ґрунтовка	комплект	-	450
Разом			5295

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вартість покупних виробів

Таблиця 4.2 – Покупні комплектуючі

Найменування	Кількість	Вартість, грн
Гідроциліндр	1	4500
Гідравлічний насос	1	3200
Колеса опорні	4	1600
Підшипники та втулки	комплект	800
Разом		10100

Заробітна плата:

Грудомісткість виготовлення приймаємо: $T = 40$ люд.-год.

Середня погодинна ставка: $C_{\text{год}} = 120$ грн/год.

Тоді:

$$C_{\text{зп}} = T \cdot C_{\text{год}} = 40 \cdot 120 = 4800 \text{ грн}$$

Нарахування на заробітну плату:

$$C_{\text{соц.}} = 0,22 \cdot 4800 = 1056 \text{ грн}$$

Повна заробітна плата:

$$C_{\text{зп.п}} = 4800 + 1056 = 5856 \text{ грн}$$

Накладні витрати:

Приймаємо накладні витрати у розмірі 80 % від основної заробітної плати:

$$C_{\text{н}} = 0,8 \cdot 4800 = 3840 \text{ грн}$$

Загальна вартість конструкції:

$$C_{\text{к}} = 5295 + 10100 + 5856 + 3840 = 25091 \text{ грн}$$

Приймаємо: $C_{\text{к}} = 25\ 100$ грн

Економічний ефект від впровадження пристрою:

До впровадження пристрою демонтаж та монтаж головної передачі виконувався трьома працівниками протягом 2 годин.

Трудові витрати:

$$T_1 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ люд.-год.}$$

Після впровадження пристрою робота виконується одним працівником за 1 годину.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$T_2 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ люд.-год.}$$

Економія трудових витрат:

$$\Delta T = 6 - 1 = 5 \text{ люд.-год.}$$

При середній погодинній оплаті праці 120 грн:

$$E_1 = 5 \cdot 120 = 600 \text{ грн}$$

Припустимо, що протягом року виконується 120 таких ремонтів.

Тоді річна економія:

$$E_p = 600 \cdot 120 = 72\,000 \text{ грн}$$

Розрахунок строку окупності:

Строк окупності визначається:

$$T_k = \frac{C_k}{E_p}, \quad (4.2)$$

$$T_{ок} = 25100 / 72000 = 0,35 \text{ року}$$

$$T_{ок} = 4,2 \text{ місяця}$$

Коефіцієнт економічної ефективності.

$$E = \frac{E_p}{C_k}, \quad (4.3)$$

$$E = 72000 / 25100 = 2,87$$

Розраховані техніко-економічні показники зведені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники розробленого універсального гідравлічного підйомного пристрою

Показники	Одиниця виміру
1	2
Вантажопідйомність пристрою, кг	200
Вартість виготовлення пристрою, грн	25100
Трудомісткість виготовлення, люд.-год	40
Кількість працівників до впровадження, осіб	3
Кількість працівників після впровадження, осіб	
Тривалість демонтажно-монтажної операції до впровадження, год.	2

Продовження таблиці 4.2

1	2
---	---

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ

Арк.

45

Тривалість демонтажно-монтажної операції після впровадження, год	1
Зниження трудомісткості робіт, %	83
Економія трудових витрат на одну операцію, люд.-год	
Економія коштів на одну операцію, грн	600
Річна кількість ремонтних операцій, грн	72000
Річний економічний ефект, грн	
Строк окупності, років	0,35
Коефіцієнт економічної ефективності	2,87

Отже, запропонований універсальний гідравлічний підйомний пристрій забезпечує механізацію трудомістких ремонтних операцій, скорочує потребу в робочій силі з трьох до одного працівника та дозволяє знизити трудомісткість робіт на 83%. Річний економічний ефект становить 72000 грн, а строк окупності розробки близько 4 місяців, що підтверджує високу економічну доцільність її впровадження.

4.2 Охорона праці

Охорона праці – це система законодавчих, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Основні положення з охорони праці в Україні регламентуються Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом України "Про охорону праці" від 21.11.2002 р., а також розробленими відповідно до них нормативно-правовими актами [26].

Одним із основних принципів державної політики в галузі охорони праці є пріоритет життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Відповідно до існуючого законодавства про охорону праці жоден працівник не допускається до роботи, якщо він не пройшов навчання та інструктажі з охорони праці.

Відповідальність за охорону праці на підприємстві несе керівник підприємства, який створює службу охорони праці.

З метою своєчасного реагування та ліквідування недоліків проводиться контроль з станом охорони праці, дотриманням вимог безпеки.

Запропонований універсальний гідравлічний підйомний пристрій призначений для механізації процесів демонтажу та монтажу автотракторних агрегатів, що дозволяє суттєво знизити фізичне навантаження на працівників і підвищити безпеку виконання робіт.

До роботи з підйомним пристроєм допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, а також ознайомлені з правилами експлуатації обладнання.

Вимоги безпеки [27].

Перед початком роботи необхідно:

- перевірити технічний стан пристрою;
- оглянути гідроциліндр та гідравлічні з'єднання на відсутність підтікання робочої рідини;
- перевірити надійність кріплення коліс та опорних елементів;
- переконатися у справності захватів та кріпильних елементів;
- перевірити працездатність гідравлічного насоса;
- очистити робочу зону від сторонніх предметів.

Під час виконання робіт забороняється:

- перевищувати допустиму вантажопідйомність пристрою;
- перебувати під піднятим вантажем;
- виконувати ремонт або регулювання пристрою під навантаженням;
- використовувати несправні захвати або кріпильні елементи;
- допускати різкі удари та ривки під час піднімання агрегатів.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час демонтажу агрегатів необхідно забезпечити їх надійне закріплення на захватах пристрою. Піднімання вантажу повинно виконуватися плавно без перекосів та ривків. У разі виявлення несправностей роботу необхідно негайно припинити та усунути причину несправності.

Після закінчення роботи вантаж необхідно опустити в нижнє положення, очистити пристрій від забруднень, перевірити його технічний стан та встановити у відведене місце зберігання.

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання ремонтних робіт із використанням підйомного обладнання на працівників можуть діяти такі небезпечні та шкідливі фактори, як падіння або перекидання вантажу; защемлення рук і ніг рухомими частинами механізму; травмування внаслідок руйнування елементів конструкції; слизька поверхня підлоги через витік робочої рідини; підвищені фізичні навантаження; недостатня освітленість робочого місця; підвищений рівень шуму від ремонтного обладнання.

Для зниження впливу зазначених факторів необхідно застосовувати справний інструмент і обладнання, дотримуватися технології виконання робіт та використовувати засоби індивідуального захисту.

Працівники, які виконують роботи з використанням підйомного пристрою, повинні бути забезпечені спеціальним одягом, захисним взуттям із металевим підноском, рукавицями або захисними рукавичками, захисними окулярами, каскою при виконанні робіт з великогабаритними агрегатами.

Застосування засобів індивідуального захисту дозволяє знизити ризик виробничого травматизму та забезпечити безпечні умови праці.

Отже, запропонований універсальний гідравлічний підйомний пристрій дозволяє значно підвищити рівень безпеки виконання демонтажно-монтажних робіт за рахунок механізації процесу піднімання та переміщення важких агрегатів. Дотримання вимог охорони праці, правил експлуатації обладнання та використання засобів індивідуального захисту забезпечують безпечні умови праці, знижують ризик виробничого травматизму.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Охорона навколишнього середовища

Одним із важливих напрямів сучасного виробництва є забезпечення екологічної безпеки та раціональне використання природних ресурсів. В умовах розвитку машинобудування та ремонтного виробництва особливої уваги потребують питання зменшення негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє природне середовище [12].

Ремонт і технічне обслуговування сільськогосподарської та автомобільної техніки супроводжуються утворенням різних видів відходів, використанням паливно-мастильних матеріалів, а також можливими викидами забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Тому під час проектування та експлуатації універсального гідравлічного підйомного пристрою необхідно передбачати заходи щодо мінімізації негативного екологічного впливу.

Запропонований універсальний гідравлічний підйомний пристрій не є джерелом шкідливих викидів в атмосферу та не утворює значних обсягів виробничих відходів, що є його важливою перевагою з точки зору екологічної безпеки.

Під час експлуатації ремонтного обладнання можливими джерелами негативного впливу на навколишнє середовище є відпрацьовані мастильні матеріали, витіки гідравлічної рідини, металеві виходи після ремонту техніки, використані фільтри та ущільнювальні елементи, шум від роботи ремонтного обладнання, забруднення ґрунту та водних ресурсів нафтопродуктами.

Особливу небезпеку становлять витіки мастил та гідравлічних рідин, які можуть потрапляти у ґрунт і підземні води. Тому необхідно забезпечувати постійний контроль технічного стану гідравлічної системи та своєчасне усунення несправностей.

З метою запобігання забрудненню ґрунту ремонтні роботи повинні виконуватися на майданчиках із твердим покриттям, обладнаних системами збору можливих витоків нафтопродуктів.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Важливим заходом є організація роздільного збору відходів металу, гуми, пластмас та відпрацьованих мастильних матеріалів. Металобрухт підлягає повторному використанню як вторинна сировина, що сприяє раціональному використанню природних ресурсів.

Одним із напрямів охорони навколишнього середовища є зменшення споживання матеріальних та енергетичних ресурсів.

Розроблений універсальний гідравлічний підйомний пристрій характеризується простою конструкцією та не потребує використання електричної енергії під час роботи, оскільки оснащений ручним гідравлічним приводом. Це дозволяє знизити енергоспоживачи та експлуатаційні витрати.

Крім того, механізація процесів демонтажу і монтажу агрегатів сприяє скороченню часу виконання ремонтних операцій, що позитивно впливає на загальну ефективність використання виробничих ресурсів.

Екологічні переваги розробленої конструкції. Порівняно з багатьма іншими видами підйомного обладнання запропонований пристрій має ряд екологічних переваг: відсутність шкідливих викидів у атмосферне повітря, низький рівень шуму під час роботи, незначне енергоспоживання, можливість багаторазового використання основних конструктивних елементів, простота технічного обслуговування, мінімальна кількість відходів під час експлуатації.

Завдяки використанню міцної металевої конструкції пристрій має тривалий термін служби, що також сприяє зменшенню споживання матеріальних ресурсів та кількості виробничих відходів.

Заходи щодо захисту навколишнього середовища.

Для зменшення негативного впливу ремонтних робіт на довкілля необхідно виконувати комплекс організаційних та технічних заходів.

Основними природоохоронними заходами є підтримання справного стану гідравлічної системи пристрою, своєчасна заміна ущільнень та гідравлічних шлангів, недопущення витоків мастильних матеріалів, збирання відпрацьованих мастил у спеціальні герметичні ємності, передача відходів спеціалізованим

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємствам для подальшої утилізації, очищення виробничих приміщень від забруднень, контроль за станом виробничих майданчиків.

Отже, запропонований універсальний гідравлічний підйомний пристрій відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки. Його експлуатація не супроводжується викидами шкідливих речовин в атмосферу, не створює значного шумового навантаження та не потребує значних енергетичних витрат. Дотримання вимог щодо поводження з відпрацьованими мастильними матеріалами, своєчасне технічне обслуговування гідросистеми та організація збору відходів забезпечують мінімальний вплив на навколишнє природне середовище та сприяють раціональному використанню природних ресурсів.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі вирішено актуальне інженерне завдання, спрямоване на підвищення ефективності виконання ремонтно-монтажних робіт шляхом розробки універсального гідравлічного підйомного пристрою для демонтажу та монтажу азоттракторних агрегатів.

На основі аналізу літературних джерел та існуючих конструкцій підйомного обладнання встановлено, що найбільш трудомісткими операціями під час ремонту тракторів є демонтаж і монтаж агрегатів значної маси, зокрема головних передач, редукторів, мостів та інших вузлів. Існуючі підйомні пристрої не завжди забезпечують необхідну мобільність, універсальність та точність позиціонування агрегатів у процесі ремонту.

Обґрунтовано доцільність створення універсального гідравлічного підйомного пристрою, який дозволяє механізувати процеси піднімання, утримання, транспортування та встановлення агрегатів у необхідне положення. Розроблена конструкція складається з пересувного візка, підйомної рамки, гідроциліндра, механізму регулювання положення та змінних захватів, що забезпечують універсальність її використання.

У процесі проектування виконано інженерні розрахунки основних елементів конструкції. Проведено розрахунок гідроциліндра, визначено його основні геометричні параметри, а також виконано перевірку на міцність захватів, тяг, штирів та провудин. Результати розрахунків підтвердили працездатність, міцність та надійність усіх відповідальних елементів конструкції.

Запропонований підйомний пристрій має ряд переваг порівняно з існуючими аналогами: забезпечує точне позиціонування агрегатів, характеризується високою мобільністю, простотою конструкції, можливістю використання змінних захватів та виконання робіт в умовах обмеженого простору ремонтних майстерень. Крім того, пристрій дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівників і підвищити безпеку виконання ремонтних операцій.

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			52

Виконано аналіз технологічності деталі «щока» - з'єднувальний елемент універсального гідравлічного підйомного пристрою, - розроблено маршрутний технологічний процес її виготовлення, обґрунтовано вибір обладнання, ріжучого інструменту та технологічного оснащення. Проведено розрахунок припусків на механічну обробку, визначено операційні розміри та режими обробки, що забезпечують отримання необхідної точності та якості поверхонь при раціональному використанні матеріальних і трудових ресурсів.

У техніко-економічному розділі встановлено, що вартість виготовлення пристрою становить 25100 тис. грн. Використання розробленої конструкції дозволяє скоротити трудомісткість ремонтних робіт на 83 %, зменшити кількість працівників, задіяних у виконанні демонтажно-монтажних операцій, та отримати річний економічний ефект у розмірі 72000 грн. Строк окупності капіталовкладень становить 0,35 року, або близько 4,2 місяця, а коефіцієнт економічної ефективності дорівнює 2,87.

У розділах з охорони праці та охорони навколишнього середовища розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці та мінімізацію негативного впливу виробничої діяльності на довкілля.

Таким чином, поставлена мета роботи досягнута, а розроблений універсальний гідравлічний підйомний пристрій є технічно обґрунтованим, економічно ефективним та доцільним для впровадження в ремонтних майстернях агропромислових підприємств, станціях технічного обслуговування та ремонтних виробництвах.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Антощенко М. І., Солоха М. О. Технічний сервіс машин і обладнання агропромислового комплексу : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2020. 248 с.
2. Бабій А. В., Душиняк Т. С. Вантажкоідійомні машини : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2021. 186 с.
3. Василенко П. М., Лімаренко В. О. Гідравліка і гідравлічні машини : підручник. Київ : Аграрна наука, 2019. 312 с.
4. Гевко І. Б., Клендій О. М., Клендій В. М. Машини та обладнання для ремонту сільськогосподарської техніки : навч. посіб. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2022. 274 с.
5. Даченко В. М., Майборода В. С. Розрахунок і конструювання підйомно-транспортних машин : навч. посіб. Дніпро : НМетАУ, 2020. 196 с.
6. Загірняк М. В., Чорний О. П. Сучасні методи проектування технологічного обладнання : монографія. Кременчук : КрНУ, 2021. 220 с.
7. Кириченко Г. Г., Брагінець М. В. Технічне обслуговування і ремонт машин : підручник. Харків : Факт, 2023. 358 с.
8. Клименко М. О. Аналіз навантажень на несучі елементи мобільних підйомних пристроїв. Вісник ХНТУСГ. 2022. Вип. 238. С. 54–62.
9. Лещенко С. М., Мороз С. М. Гідравлічні системи машин : підручник. Дніпро : ДДАЕУ, 2021. 304 с.
10. Луців І. В., Вовк Ю. Я. Прослідування механізмів підйому для ремонтного виробництва. Вісник ТНТУ. 2023. Т. 110, № 2. С. 38–47.
11. Марченко Д. Д., Цибуленко О. В. Розрахунок гідроциліндрів підйомних механізмів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2022. Вип. 52. С. 72–80.
12. Мельник Л. Г. Основи екології та охорони навколишнього середовища. Суми : Університетська книга, 2021. 548 с.
13. Осипов О. Ю., Таврило М. І. Механіка гідравлічного приводу мобільних машин. Науковий вісник НУБіП України. 2021. Вип. 312. С. 113–126.
14. Пасгушенко С. І., Скляр О. Г. Технічне обслуговування і ремонт машин у сільському господарстві : підручник. Харків : Еспада, 2023. 420 с.
15. Пилипець М. І., Оробець В. Ф. Основи конструювання та САПР : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2022. 256 с.

					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

16. Сало В. М., Лузан П. Г., Борак К. В. Дипломне проектування з технічного сервісу в АПК : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. 148 с.

17. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Механізація технологічних процесів у гариництві : навч. посіб. Дніпро : ДДАБУ, 2020. 330 с.

18. Тищенко Л. М., Олійник О. О., Леженкін О. М. Ремонтно-обслуговуючі підприємства АПК: проектування та реконструкція : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2022. 210 с.

19. Харченко О. В., Надикто В. Т., Паніна В. В. Розрахунок і конструювання машин : підручник. Харків : Майдан, 2023. 396 с.

20. Цимбалюк Б. О. Удосконалення конструкцій гідравлічних підйомників для ремонтних майстерень. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2023. № 31. С. 96–104.

21. Шезченко І. А., Тищенко В. П. Обґрунтування параметрів гідравлічних систем ремонтного обладнання. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2021. Вип. 111. С. 63–71.

22. Ansari A. A., Deshpande M. Design and Analysis of Hydraulic Jack for Heavy Vehicle Maintenance. International Journal of Engineering Research and Technology. 2020. Vol. 9, No. 6. P. 712–718.

23. Kumar S., Singh R., Sharma V. Structural Analysis of Mobile Hydraulic Lifting Mechanism Using FEM. Journal of Mechanical Engineering Research. 2021. Vol. 13, No. 2. P. 45–54.

24. Mondal S., Bhatt V. Optimization of Hydraulic Cylinder Parameters for Industrial Lifting Devices. International Journal of Mechanical and Production Engineering. 2022. Vol. 10, No. 3. P. 88–95.

25. Patil P. B., Karajagi S. G. Design and Fabrication of Hydraulic Machine for Engine Removal in Automotive Workshops. International Research Journal of Engineering and Technology. 2023. Vol. 10, No. 1. P. 204–211.

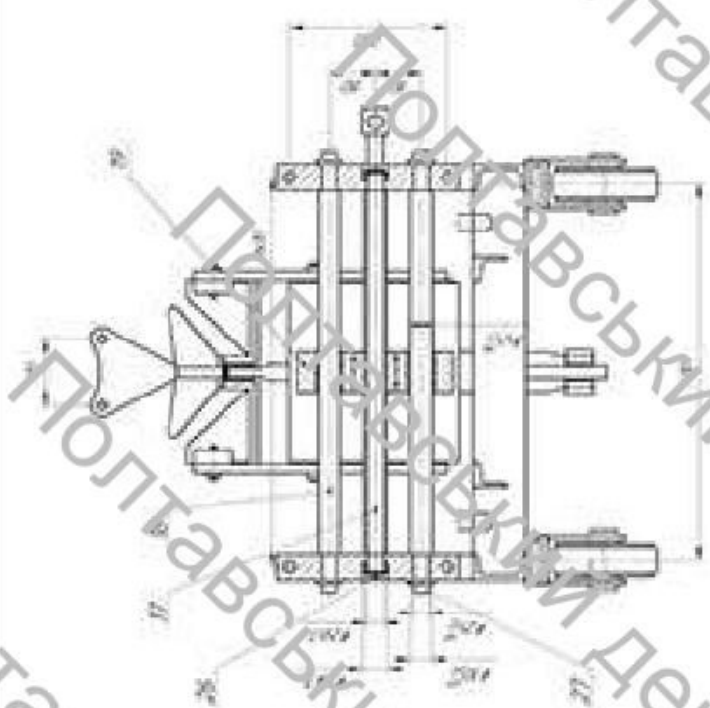
26. Закон України «Про охорону праці»: закон України від 21.11.2002, № 229-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

27. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві: правила від 12.01.2018, № 1353. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z2075-12>

						КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			55

ДОДАТОК

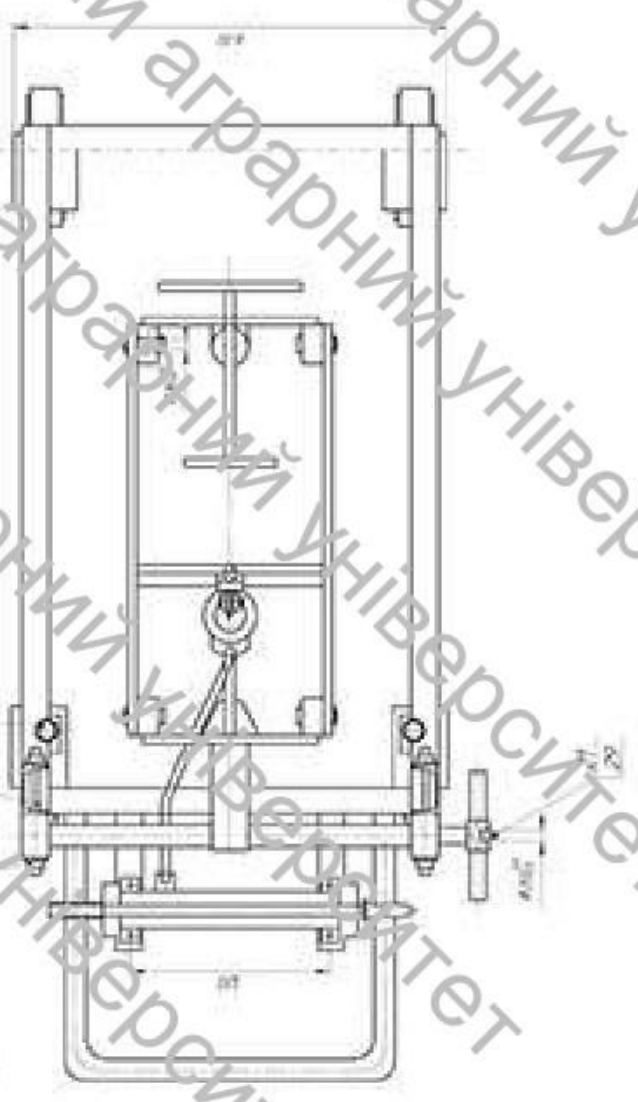
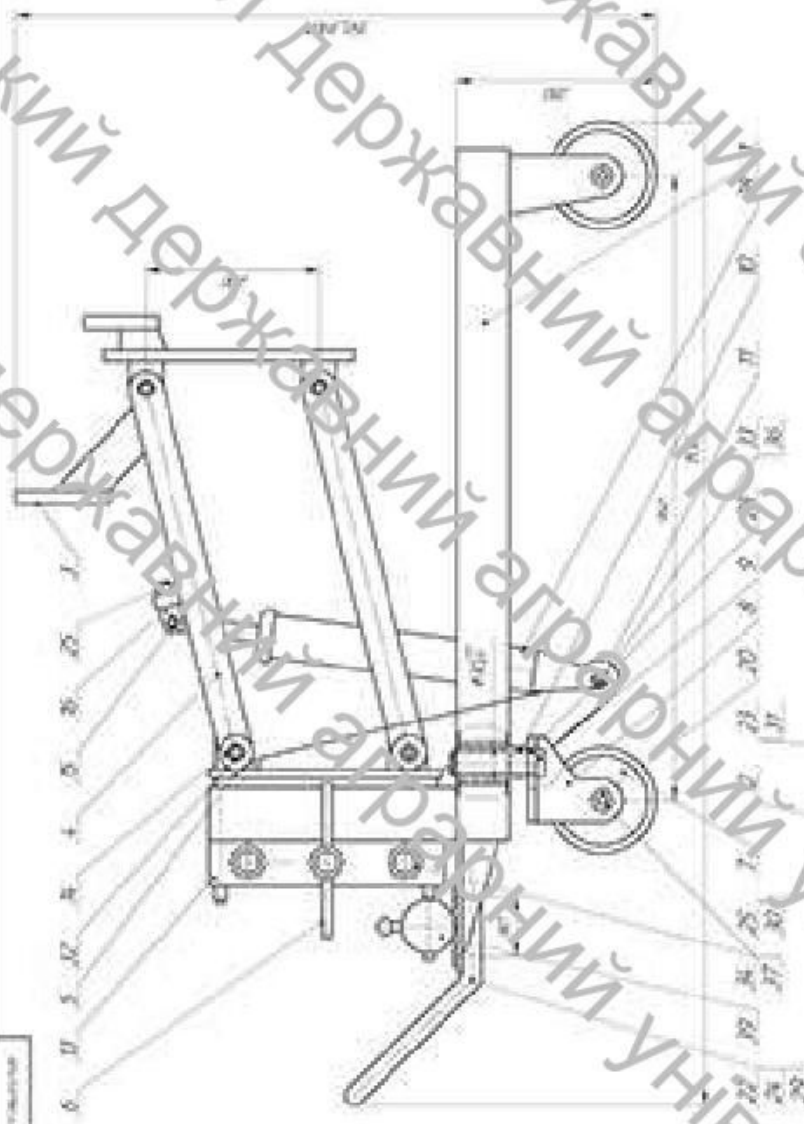
					КРБ.133ГМбд_42.01.00.00.000 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

1. Вручную
2. Автоматически
3. Вручную

№	Исполнитель	Проверенный	Дата
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			



1:1

Полтавський державний аграрний університет

