

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 приладу для перевірки гідросистеми тракторів»

КРБ.133ГМбд_32[2].05.00.00.000 ПЗ

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

Керівник: БІЛОВОД Олександра

Полтава – 2026 року

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

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

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

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

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Євгеній КИРИЧЕНКО

1 Тема роботи: ***«Розробка приладу для перевірки гідросистеми тракторів»***

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

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

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

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

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

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

5 Перелік графічного матеріалу: *складальний кресленник приладу, що виноситься на розгляд; робочі кресленики деталей приладу.*

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 _____ Євгеній КИРИЧЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександра БІЛОВОД
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальня записка: 4 розділи, 5 рисунків, 11 таблиць, 25 використаних джерел, 45 сторінок.

Об'єкт розробки – процес діагностування технічного стану гідросистем тракторів.

Предмет розробки – конструкція приладу для перевірки параметрів гідросистем тракторів.

Постановка актуальної технічної задачі – підвищення ефективності контролю технічного стану гідросистем тракторів шляхом розробки універсального приладу, який забезпечує оперативне вимірювання основних параметрів роботи гідросистеми та своєчасне виявлення несправностей.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції приладу для перевірки гідросистем тракторів та виконання необхідних конструкторських і технологічних розрахунків.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у підвищенні точності діагностування гідросистем тракторів, скороченні часу проведення контрольних операцій та зниженні витрат на технічне обслуговування і ремонт машин.

У **загальному розділі** наведено аналіз будови та принципу роботи гідросистем тракторів, розглянуто основні несправності та причини їх виникнення, виконано аналіз існуючих засобів діагностування, обґрунтовано необхідність розробки приладу для перевірки гідросистем тракторів.

У **технологічному розділі** проведено аналіз технологічності деталі «Корпус приставки», обґрунтовано вибір матеріалу та заготовки, розроблено маршрут виготовлення деталі, визначено припуски на механічну обробку, схеми базування та режими різання.

У **конструкторському розділі** виконано розробку конструкції приладу для перевірки гідросистем тракторів, проведено необхідні розрахунки елементів конструкції, розроблено комплект конструкторської документації та складальне креслення виробу.

У **розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища** визначено економічну ефективність впровадження розробки, запропоновано заходи з безпечної експлуатації приладу та зменшення негативного впливу виробничої діяльності на довкілля.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		4

Практичні результати роботи – розроблено конструкцію приладу для перевірки гідросистем тракторів та комплект конструкторської документації для його виготовлення.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – розроблений прилад може застосовуватися у ремонтних майстернях, сервісних центрах, діагностичних лабораторіях та безпосередньо в умовах експлуатації тракторної техніки.

Сфера застосування результатів роботи – підприємства агропромислового комплексу, ремонтно-обслуговуючі підприємства, сервісні центри та навчальні заклади технічного профілю.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на платіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 98,12%.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці приладу для перевірки гідросистем тракторів. Особливістю розробленої конструкції є можливість оперативного контролю основних параметрів роботи гідравлічної системи без демонтажу її елементів, що забезпечує підвищення точності діагностування та скорочення часу проведення технічного контролю.

ГІДРОСИСТЕМА ТРАКТОРА, ПРИЛАД ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГІДРОСИСТЕМ, ДІАГНОСТУВАННЯ, ГІДРОНАСОС, ТИСК, ВИТРАТА РОБОЧОЇ РІДИНИ, ГІДРОРІЗПОДІЛЬНИК, ТЕХНІЧНИЙ СТАН, КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of a device for testing tractor hydraulic systems. The developed design provides operational control of the main parameters of the hydraulic system without dismantling its components, which improves diagnostic accuracy and reduces the time required for technical inspection.

TRACTOR HYDRAULIC SYSTEM, HYDRAULIC SYSTEM TEST DEVICE, DIAGNOSTICS, HYDRAULIC PUMP, PRESSURE, FLUID FLOW RATE, HYDRAULIC DISTRIBUTOR, TECHNICAL CONDITION, PARAMETER MONITORING.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Значення та роль гідравлічних систем у сучасних тракторах	9
1.2 Будова та принцип роботи гідросистем тракторів	11
1.3 Основні несправності гідросистем тракторів та причини їх виникнення	12
1.4 Аналіз існуючих засобів діагностування гідросистем	12
1.5 Обґрунтування необхідності розробки приладу для перевірки гідросистем тракторів	13
1.6 Напрями удосконалення засобів контролю гідросистем	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Аналіз технологічності деталі	15
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	17
2.3 Обробка поверхонь деталі	20
2.4 Розробка схем базування деталі	22
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	22
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	27
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	30
3.1 Будова та принцип роботи пристрою	30
3.2 Розрахунок основних параметрів пристрою	31
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	44
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	46

КРБ.133ГМбд_32[2].05.00.00.000 ПЗ							
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Кириченко Є.Ф.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевінив		Біловод О.І.				6	45
Н. Контр.		Біловод О.І.			ПДАУ, каф. МЕІ		
Керівник		Біловод О.І.					
Зав.кафедр		Попов С.В.					

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без широкого застосування тракторів та інших мобільних машин, оснащених гідравлічними системами. Гідросистема є однією з найважливіших складових трактора, оскільки забезпечує роботу навісних і приєднаних машин, механізмів керування, силових циліндрів та допоміжного обладнання. Надійність функціонування гідравлічної системи безпосередньо впливає на продуктивність машинно-тракторних агрегатів, якість виконання технологічних операцій та економічну ефективність виробництва.

У процесі експлуатації тракторів елементи гідросистеми зазнають зношування, що призводить до внутрішніх і зовнішніх витоків робочої рідини, зниження тиску, погіршення характеристик насосів, розподільників, гідроциліндрів та іншого обладнання. Несвочасне виявлення несправностей спричиняє зниження продуктивності машин, збільшення витрат на ремонт і технічне обслуговування, а в окремих випадках – повну відмову гідравлічної системи.

Ефективна діагностика технічного стану гідросистем є важливою складовою технічного сервісу тракторної техніки. Існуючі засоби контролю не завжди забезпечують достатню точність вимірювання параметрів, потребують значних витрат часу або мають обмежені функціональні можливості. Тому актуальним завданням є розробка універсального та надійного приладу, який дозволить оперативно визначати технічний стан гідросистеми трактора, контролювати її основні параметри та своєчасно виявляти несправності.

Метою кваліфікаційної роботи є – розробка конструкції приладу для перевірки гідросистем тракторів та виконання необхідних конструкторських і технологічних розрахунків.

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

- провести аналіз конструкцій та принципів роботи існуючих засобів діагностування гідросистем тракторів;

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

- дослідити основні параметри, що характеризують технічний стан гідравлічної системи;
- розробити конструкцію приладу для перевірки гідросистеми тракторів;
- виконати необхідні конструкторські розрахунки елементів розробленого приладу;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованої конструкції;
- розробити заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища при використанні приладу.

Об'єктом дослідження є процес діагностування технічного стану гідросистем тракторів.

Предметом дослідження є конструкція приладу для перевірки параметрів гідросистем тракторів.

Практичне значення роботи полягає у розробці приладу, який може бути використаний у ремонтних майстернях, сервісних центрах та безпосередньо в умовах експлуатації машин для оперативного контролю технічного стану гідросистем тракторів, що сприятиме підвищенню надійності техніки та зниженню витрат на її обслуговування і ремонт.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Значення та роль гідравлічних систем у сучасних тракторах

Гідравлічні системи є невід'ємною складовою сучасних тракторів і забезпечують виконання більшості технологічних операцій у сільськогосподарському виробництві. Вони використовуються для керування навісними та причіпними машинами, регулювання робочих органів, приводу допоміжних механізмів, рульового керування та інших систем. Завдяки застосуванню гідроприводу значно підвищуються продуктивність машинно-тракторних агрегатів, якість виконання польових робіт та комфорт екіпажу механізатора.

Гідравлічний привід набув широкого поширення в конструкціях сучасних тракторів і сільськогосподарських машин завдяки низці суттєвих переваг порівняно з механічним приводом. Використання гідравлічної енергії дозволяє ефективно передавати значні зусилля на великі відстані, забезпечуючи при цьому високу надійність і плавність роботи механізмів.

Однією з головних переваг гідравлічного приводу є можливість отримання значних робочих зусиль при відносно невеликих габаритах виконавчих механізмів. Завдяки високому робочому тиску сучасні гідросистеми здатні створювати великі зусилля на штоках гідроциліндрів без застосування складних механічних передач.

Важливою перевагою є плавність регулювання швидкості та зусилля виконавчих механізмів. На відміну від механічного приводу, де регулювання часто пов'язане зі зміною передавальних чисел або використанням додаткових механізмів, у гідроприводі необхідні параметри можна змінювати шляхом регулювання витрати та тиску робочої рідини.

Гідравлічний привід забезпечує просте реверсування руху робочих органів. Для зміни напрямку переміщення достатньо змінити напрямок потоку

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

робочої рідини за допомогою гідророзподільника, що значно спрощує конструкцію механізмів.

Суттєвою перевагою є також можливість автоматичного захисту від перевантажень. Запобіжні клапани, встановлені в гідросистемі, обмежують максимальний тиск і тим самим запобігають руйнуванню вузлів та деталей у разі виникнення надмірних навантажень.

Гідропривід дозволяє легко передавати енергію до віддалених виконавчих механізмів за допомогою трубопроводів і рукавів високого тиску. При цьому відпадає необхідність застосування складних систем валів, ланцюгових або зубчастих передач, що зменшує масу конструкції та спрощує її компоновку.

Важливою особливістю є висока надійність роботи в умовах змінних навантажень. Робоча рідина одночасно виконує функції передачі енергії, змащування та часткового охолодження елементів системи, що сприяє збільшенню терміну їх служби.

Крім того, гідравлічний привід добре піддається автоматизації та дистанційному керуванню. Це особливо важливо для сучасних тракторів, обладнаних електронними системами контролю та автоматичного регулювання робочих процесів. [1, 7]

Сучасні трактори оснащуються складними гідравлічними системами, які складаються з насосів, гідророзподільників, запобіжних клапанів, фільтрів, гідроциліндрів, трубопроводів та робочої рідини. Від технічного стану цих елементів залежить надійність роботи всієї машини.

Зростання потужності тракторів і збільшення кількості гідрофікованих робочих органів призводять до підвищення вимог щодо контролю та діагностування параметрів гідросистем. Тому питання забезпечення їх працездатності набуває особливої актуальності. [3, 22]

1.2 Будова та принцип роботи гідросистем тракторів

Гідравлічна система трактора являє собою сукупність пристроїв, призначених для передавання та перетворення енергії потоку робочої рідини в механічну роботу.

Типова гідросистема складається з бака для робочої рідини; гідравлічного насоса; фільтрів очищення; гідророзподільника; запобіжних та регулювальних клапанів; гідроциліндрів; рукавів високого тиску та трубопроводів; контрольно-вимірювальних приладів. [14]

Рисунок 1.1 – Типова гідравлічна система трактора

Принцип роботи полягає у створенні насосом потоку робочої рідини під тиском. Через розподільник рідина надходить до виконавчих механізмів, де її енергія перетворюється на механічне переміщення штока гідроциліндра або обертання гідромотора. Після виконання роботи рідина повертається до бака. [7, 14]

Основними параметрами, що характеризують роботу гідросистеми, є тиск, витрата робочої рідини, продуктивність насоса, герметичність з'єднань та температура робочої рідини.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

1.3 Особливі несправності гідросистем тракторів та причини їх виникнення

У процесі експлуатації тракторів гідравлічні системи працюють у складних умовах, зазнаючи впливу змінних навантажень, вібрацій, перепадів температур і забруднення робочої рідини.

Найбільш поширеними несправностями є зношування насосів, внутрішні витоки в гідророзподільниках, порушення герметичності трубопроводів зношування ущільнювачів гідроциліндрів, замічення фільтрів, несправності клапанної апаратури, підвищене нагрівання робочої рідини.

Основними причинами виникнення несправностей є недостатнє технічне обслуговування, використання неякісної робочої рідини, перевищення допустимих навантажень та природне зношування деталей.

Статистика ремонтних підприємств свідчить, що близько 30-40 % відмов гідросистем пов'язані саме із забрудненням робочої рідини та порушенням режимів експлуатації. [8, 13]

Несвоєчасне виявлення дефектів призводить до значних витрат на ремонт та простоїв техніки в найбільш відповідальні періоди польових робіт.

1.4 Аналіз існуючих засобів діагностування гідросистем

Для перевірки технічного стану гідросистем застосовуються різноманітні контрольно-діагностичні прилади та стенди.

Найбільш поширеними є манометри, витратоміри, гідротестери, переносні діагностичні комплекси, стаціонарні випробувальні стенди (рис. 1.2).

Манометри дозволяють визначати тиск у системі, проте не забезпечують комплексної оцінки технічного стану. Витратоміри дають можливість контролювати продуктивність насосів, однак потребують додаткового обладнання для вимірювання тиску.

Рисунок 1.2 – Контрольно-діагностичні прилади та стенди: а – манометр; б – витратомір; в – гідротестер; г – переносні діагностичні комплекси; д – стаціонарні випресувальні стенди

Сучасні гідротестери поєднують функції вимірювання тиску та витрати робочої рідини, що значно підвищує точність діагностики. Разом із тим більшість існуючих конструкцій мають високу вартість, складність експлуатації або недостатню універсальність. [5, 24]

Аналіз конструкцій показує, що перспективним напрямом є створення компактного універсального приладу, який дозволить оперативно контролювати основні параметри гідросистеми без демонтажу її елементів.

1.5 Обґрунтування необхідності розробки приладу для перевірки гідросистем тракторів

Підвищення вимог до надійності сільськогосподарської техніки вимагає вдосконалення методів її технічного обслуговування та діагностування. Особливо це стосується гідравлічних систем, несправності яких безпосередньо впливають на працездатність тракторів і агрегованих машин. [6, 16]

Існуючі засоби контролю не завжди забезпечують комплексне визначення параметрів роботи гідросистеми, що ускладнює пошук несправностей. Крім того, використання окремих вимірювальних приладів збільшує трудомісткість діагностування.

Розробка універсального приладу дозволить контролювати тиск та витрату робочої рідини; визначати технічний стан насоса; виявляти внутрішні витоки; скорочувати час діагностування; знижувати витрати на технічне обслуговування; підвищувати коефіцієнт технічної готовності тракторів. [9, 12]

Використання такого приладу особливо доцільне в умовах ремонтних майстерень аграрних підприємств, де необхідно швидко та якісно виконувати діагностичні роботи.

1.6 Напрями удосконалення засобів контролю гідросистем

Сучасні тенденції розвитку діагностичного обладнання спрямовані на підвищення точності вимірювань, автоматизацію процесів контролю та розширення функціональних можливостей приладів.

Основними напрямками удосконалення є застосування електронних датчиків тиску; використання цифрових індикаторів; автоматичне збереження результатів вимірювань; інтеграція витратомірів і манометрів в одному корпусі; підвищення мобільності обладнання; спрощення підключення до гідросистем різних марок тракторів. [15, 21]

У рамках даної кваліфікаційної роботи передбачається розробка конструкції універсального приладу, який поєднуватиме простоту використання, достатню точність вимірювання та можливість застосування для більшості тракторів, що експлуатуються в агропромисловому комплексі України.

Висновок.

У загальному розділі розглянуто призначення та особливості роботи гідравлічних систем тракторів, проаналізовано їх будову, принцип дії та найбільш поширені несправності. Проведений аналіз існуючих засобів діагностування показав, що наявне обладнання не завжди забезпечує оперативний і комплексний контроль параметрів гідросистем. Встановлено необхідність розробки універсального приладу для перевірки гідросистем тракторів, який дозволить підвищити якість діагностування, скоротити час пошуку несправностей та знизити витрати на технічне обслуговування і ремонт машин. Це підтверджує актуальність обраної теми та визначає основні напрями подальшої конструкторської розробки.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Корпус приставки є базовою деталлю приладу для перевірки гідросистеми тракторів. Він забезпечує з'єднання вимірювального пристрою з гідравлічною магістраллю трактора через різьбові з'єднання та герметизацію вимірювального тракту. Матеріал деталі – сталь Ст3 за ДСТУ 2651:2005. Цей стандарт є чинним національним документом України і визначає хімічний склад та механічні властивості вуглецевих сталей звичайної якості марок Ст0–Ст6. Для сталі Ст3: вміст вуглецю 0,14–0,22 %, марганцю 0,40–0,65 %, кремнію 0,05–0,17 %, сірки не більше 0,05 %, фосфору не більше 0,04 %. Межа міцності $\sigma_B = 370\text{--}490$ МПа, межа текучості $\sigma_T \geq 235$ МПа, відносне подовження $\delta \geq 26$ %. Матеріал добре обробляється різанням, забезпечує необхідну міцність при тиску гідросистеми тракторів (до 20 МПа) і стійкий до мастил і гідравлічних рідин. [11]

За конфігурацією корпус є ступінчастим тілом обертання з фланцем. Загальна довжина деталі – 63 мм. Зовнішній діаметр фланця – $\varnothing 42$ мм, основна циліндрична частина – $\varnothing 30$ мм. Ліва частина деталі (довжина 36 мм) має внутрішню різьбу M16×1,5H8 для підключення до гідравлічної лінії трактора. Права частина (довжина 17 мм від торця) має внутрішню різьбу M18×1,5H7 з дрібним кроком для підключення вимірювального пристрою. Внутрішня розточена порожнина діаметром $\varnothing 22$ мм сполучає обидві різьби і є перехідним каналом рідини.

На зовнішній поверхні $\varnothing 30$ мм виконана канавка під ключ або ущільнювальне кільце: переріз А (масштаб 4:1) показує ширину 6,3 мм, глибину 7,3 мм і радіус R1 у дні канавки. Канавка дозволяє утримувати деталь при загвинчуванні або забезпечує посадку ущільнювального кільця. Вигляд справа підтверджує форму деталі: зовнішнє кільце $\varnothing 42$ мм (фланець) і $\varnothing 30$ мм (корпус).

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

Вимоги до точності і шорсткості диференційовані. Різьба M18×1,5H7 виконана за 7-м ступенем точності різби – найвищий клас для деталі такого призначення (ущільнення під тиском). Різьба M16×1,5H8 – 8-й ступінь, менш відповідальна. Шорсткість різбових поверхонь і канавки – Ra 6,3 мкм. Торцеві фланця – Ra 2,5 мкм. Загальна шорсткість – Ra 12,5 мкм. Допуск торцевого биття торця фланця відносно бази Б – 0,06 мм. Допуск перпендикулярності – 0,06 мм від баз А і Б. Фаски: 1,5×45° на лівому торці і 1×45° на правому.

Кількісна оцінка технологічності за коефіцієнтом уніфікації:

$$K_y = Q_y / Q$$

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

Конструктивні елементи: циліндричні поверхні зовнішні (2 шт.), різьба внутрішня M16×1,5H8 (1), різьба внутрішня M18×1,5H7 (1), розточування $\varnothing 22$ мм (1), канавка 6,3×7,3 мм (1), торцеві поверхні (3), фаски (2). Разом $Q = 11$, уніфікованих $Q_y = 10$:

$$K_y = 10 / 11 = 0,91$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_m = 1 - 1 / A_{\text{ср}}$$

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

Квалітети поверхонь: M18×1,5H7 – ступінь 7 (внутрішня різьба); M16×1,5H8 – ступінь 8; $\varnothing 22$ мм – квалітет 14; зовнішні діаметри – квалітет 14; канавка – квалітет 14; торці – квалітет 14. Середній: $A_{\text{ср}} = (7 \times 1 + 8 \times 1 + 14 \times 9) / 11 \approx 12,9$:

$$K_T = 1 - 1 / 12,9 = 0,92$$

Обидва коефіцієнти перевищують нормативні значення ($K_y \geq 0,6$; $K_T \geq 0,8$). Деталь є технологічною: всі поверхні – тіла обертання, обробка виконується з однієї установки на токарному верстаті, доступ інструменту вільний. Єдиний специфічний елемент – канавка нестандартного профілю, що потребує фасонного різця або послідовних переходів канавочним різцем. [17]

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь корпусу приставки

№	Поверхня	Квалітет	Ра, мкм	Кількість	Призначення
1	Різьба M16×1,5H8 (внутр.)	8	6,3	1	З'єднання з гідролінією трактора
2	Різьба M18×1,5H7 (внутр.)	7	6,3	1	Підключення вимірювального пристрою
3	Розточування Ø22 мм	14	12,5	1	Канал перебігу рідини
4	Зовнішній Ø42 мм (фланець)	14	12,5	1	Опорна поверхня фланця
5	Зовнішній Ø30 мм	14	12,5	1	Основна циліндрична поверхня
6	Торець фланця (Ra 2,5)	14	2,5	1	Ущільнювальна / базова поверхня
7	Канавка 6,3×7,3, R1 (зовн.)	14	6,3	1	Ущільнення або утримання ключем
8	Фаски 1,5×45° 1×45°	14	12,5	2	Монтажні фаски

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення корпусу приставки розроблений для умов дрібносерійного виробництва в майстерні або на ділянці виробництва засобів вимірювання і діагностики. Заготовка – круглий гарячекатаний прокат зі сталі Ст3 за ДСТУ 2651:2005, діаметром 45 мм відповідно до ДСТУ 4738:2007. Вибір прокату Ø45 мм пов'язаний з тим, що максимальний зовнішній діаметр деталі – Ø42 мм, а фланець повністю вписується в прокат Ø45 мм з незначним припуском 1,5 мм на сторону.

Загальна довжина заготовки приймається 69 мм: 63 мм (готова деталь) плюс по 3 мм на підрізання кожного торця. Перед механічною обробкою заготовка не потребує термічної обробки – Ст3 має стабільну структуру і твердість після прокатки, достатню для обробки різанням.

Основна частина механічної обробки виконується на токарно-гвинторізному верстаті. Усі зовнішні і внутрішні поверхні є поверхнями обертання, тому деталь добре відпрацьовується за кілька установів у патроні. Центрові отвори для обробки в центрах не потрібні, оскільки деталь коротка ($L/D = 63/42 \approx 1,5 < 4$) і жорстко закріплюється в трикулачковому патроні.

Діючий маршрут охоплює такі операції: заготівельну, дві токарні (чорнову і напівчистову/чистову), різьбонарізальні для $M16 \times 1,5H8$ і $M18 \times 1,5H7$, операцію нарізання канавки, слюсарну і контрольну. Різьби нарізаються різьбовими різцями на токарному верстаті за кілька проходів. Внутрішня різьба $M18 \times 1,5H7$ (правіша, 7-й ступінь) потребує особливої уваги, нарізається розточним різьбовим різцем із ретельним контролем профілю калібром-пробкою.

Допуск биття торця фланця 0,06 мм відносно бази Б вимагає точного встановлення деталі. Досягти цього при обробці в трикулачковому патроні з одного установу (підрізання торця і точіння зовнішнього діаметра) не складно – похибка самоцентрування патрона (0,02–0,05 мм) є допустимою. Допуск перпендикулярності торця 0,06 мм від баз А і Б також забезпечується токарним підрізанням.

Основний недолік діючого процесу – нарізання двох різьб різного ступеня точності (H8 і H7) в різних установках без єдиної бази, що може призвести до відхилення від співвісності різьб. При з'єднанні обох різьб під тиском неспіввісність погіршує герметизацію. Рекомендується нарізати обидві різьби з одного установу або використовувати базування по зовнішньому торцю фланця.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

Таблиця 2.2 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення корпусу

Сп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
005	Заготівельна	Пила відрізна 8725	1	Прокат $\varnothing 45$, $l=69$ мм
010	Токарна чорнова	Токарний 16K20	2	Зовн. $\varnothing 42$, $\varnothing 30$, торці
015	Токарна напівчистова/чистова	Токарний 16K20	2	$\varnothing 42$, $\varnothing 30$ до розміру, Ra 2,5 торця
020	Розточувальна ($\varnothing 22$ канавка)	Токарний 16K20	1	Розточування $\varnothing 22$, канавка $6,3 \times 7,3$
025	Різьбонарізальна M16 $\times$ 1,5H3	Токарний 16K20	1	Різьбовий різець, Ra 6,3
030	Різьбонарізальна M18 $\times$ 1,5H7	Токарний 16K20	1	Розточний різьбовий різець
035	Спосарна (зачистка, фаски)	Верстак	–	Фаски 1,5 $\times$ 45° і 1 $\times$ 45°
040	Контрольна	Контрол. стіл	–	Всі розміри, Ra, биття 0,06

Таблиця 2.3 – Недоліки діючого ТП та заходи з їх усунення

Недолік діючого процесу	Захід з усунення
Нарізання різьб M16 і M18 у двох різних установках без єдиної бази-ризик неспіввісності	Нарізання обох різьб з одного установу (А) після попереднього розточування $\varnothing 22$
Відсутність між операційного контролю після нарізання M18 $\times$ 1,5H7 (7-й ступінь)	Введення контролю калібром-пробкою M18 $\times$ 1,5H7 після кожної різьбонарізальної операції
Канавка нестандартного профілю нарізається окремо після різьбових операцій без чіткого базування	Нарізання канавки в тій же токарній операції, що й зовнішнє точіння $\varnothing 30$ мм
Торець фланця (Ra 2,5) підрізається в чорновій операції без окремого чистового проходу	Виділення окремого чистового підрізання торця фланця в кінці напівчистої операції

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ

2.3 Обробка поверхонь деталі

Корпус приставки обробляється переважно точінням на токарно-гвинторізному верстаті. Усі поверхні є площинами обертання, що забезпечує технологічну концентрацію максимум переходів в одній операції. Матеріал Ст3 добре обробляється різанням твердосплавним інструментом при стандартних режимах.

Зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 42$ мм (фланець) і $\varnothing 30$ мм обробляються прохідним різцем Т15К6 за два переходи: чорновий (глибина 2–3 мм, Ra 12,5 мкм) і напівчистовий/чистовий (глибина 0,5 мм, Ra 12,5 мкм). Квалітет 14 досягається вже після напівчистового точіння. Швидкість різання $V = 100\text{--}130$ м/хв, подача $S = 0,2\text{--}0,3$ мм/об при чорновому, $S = 0,1\text{--}0,15$ мм/об при чистовому.

Торець фланця (Ra 2,5 мкм) підрізається підрізним різцем Т15К6 за два переходи: чорновий ($S = 0,2$ мм/об, $V = 100$ м/хв) і чистовий ($S = 0,05\text{--}0,08$ мм/об, $V = 130\text{--}150$ м/хв). Шорсткість Ra 2,5 мкм досягається зменшенням подачі і підвищенням швидкості різання. Цей торець є ущільнювальною або базовою поверхнею і вимагає підвищеної якості.

Внутрішнє розточування $\varnothing 22$ мм є перехідним каналом між двома різьбами. Виконується розточним різцем Т15К6: попереднє свердлення $\varnothing 18$ мм і розточування до $\varnothing 22$ мм (квалітет 14, Ra 12,5 мкм). Глибина розточування – від лівого торця до зони різьби М18 $\times$ 1,5Н7. Послідовність: спочатку свердлення наскрізь, потім розточування до потрібного діаметра.

Різьба М16 $\times$ 1,5Н8 (внутрішня, 8-й ступінь, Ra 6,3 мкм) нарізається розточним різьбовим різцем на токарному верстаті. Попередньо виконується розточування під різьбу: внутрішній діаметр М16 $\times$ 1,5 дорівнює 14,376 мм, тому свердлення до $\varnothing 14,4$ мм. Нарізання різьби за 3–5 проходів при $V = 8\text{--}12$ м/хв. Контроль – різьбовою пробкою М16 $\times$ 1,5Н8 за ДСТУ ГОСТ 16093:2018.

Різьба М18 $\times$ 1,5Н7 (внутрішня, 7-й ступінь, Ra 6,3 мкм) є найвідповідальнішою різьбою деталі. Попередньо виконується розточування до

Ø16,4 мм (внутрішній діаметр M18×1,5 = 16,376 мм). Нарізання за 5–7 проходів при V = 6–10 м/хв. Контроль – різьбовою пробкою M18×1,5H7. Точність H7 досягається ретельним налагодженням різця і застосуванням ЗОР (сульфофрезол або масло МС-20).

Канавка 6,3×7,3 мм (Ra 6,3 мкм) із радіусом R1 у дні нарізається канавочним різцем шириною 6 мм і фасонним підточуванням для формування R1. Виконується за 1–2 проходи з подачею S = 0,05 мм/об і V = 60–80 м/хв. Глибина канавки 7,3 мм від зовнішньої поверхні Ø30 мм. Фаски 1,5×45° і 1×45° знімаються фасковим різцем або підрізним різцем у кінці токарної операції.

Таблиця 2.4 – Методи обробки поверхонь корпусу

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	К-ть перех.	Послідовність переходів
1	Зовн. Ø42 мм (фланець)	14	12,5	2	Точ. чорнове → точ. напівчистове
2	Зовн. Ø30 мм з канавкою	14	12,5	2+1	Точ. чорн. → напівч. → канавковий різець
3	Торець фланця (Ra 2,5)	14	2,5	2	Підрізання чорн. → підрізання чистове
4	Розточування Ø22 мм	14	12,5	2	Свердлення Ø18 → розточування Ø22
5	Різьба M16×1,5H8	8	6,3	2	Розточ. Ø14,4 → нарізання різьби
6	Різьба M18×1,5H7	7	6,3	2	Розточ. Ø16,4 → нарізання різьби (5–7 пр.)
7	Канавка 6,3×7,3, R1	14	6,3	1-2	Канавковий різець шириною 6 мм
8	Фаски 1,5×45° і 1×45°	14	12,5	1	Фасковий або підрізний різець

2.4 Розробка схем базування деталі

Корпус приставки – коротке тіло обертання ($L/D = 63/42 \approx 1,5$). Таке співвідношення унеможливило обробку в центрах і визначає основну схему базування – в трикулачковому патроні. Ключова вимога до базування: забезпечити допуск биття торця фланця $0,06$ мм від бази Б і допуск перпендикулярності $0,06$ мм від баз А і Б.

На першій токарній операції (установ А) заготовку затискають у патроні за зовнішній діаметр прокату $\varnothing 45$ мм. Це тимчасова чорнова база. Виконуються: підрізання першого торця, чорнове точіння $\varnothing 42$ мм і $\varnothing 30$ мм, свердлення $\varnothing 18$ мм і розточування $\varnothing 22$ мм. Схема базування: подвійна напрямна база (кулачки патрона, 4 ступінь вільності) і опорна база (торець у патроні, 5-й ступінь). Шостий ступінь – обертання навколо власної осі – не обмежується (умова обробки).

На другій токарній операції (установ Б) деталь переустановлюють: тримають за вже оброблену поверхню $\varnothing 30$ мм. Базова поверхня – чиста, тому похибка базування значно менша ніж при затисканні по прокату. Виконуються: підрізання другого торця (торець фланця, $Ra\ 2,5$), чистове точіння $\varnothing 42$ мм і $\varnothing 30$ мм. Саме в установі Б підрізається торець фланця до $Ra\ 2,5$ мкм і забезпечується допуск биття $0,06$ мм.

Похибка базування при затисканні в трикулачковому патроні по $\varnothing 30$ мм залежить від радіального биття патрона. Для нового патрона ТН-200 биття не перевищує $\varepsilon_b = 0,02\text{--}0,04$ мм. Для б/у патрона без переточки кулачків – до $0,10$ мм. Оскільки допуск биття торця $0,06$ мм, обробка торця фланця в установі Б можлива лише при гарному стані патрона або після переточки кулачків. Альтернативний варіант – підрізання торця в установі А (з одного установу з точінням зовнішнього діаметра), що повністю виключає похибку від переустановлення.

На різьбонарізальних операціях деталей базується у тому самому патроні по $\varnothing 30$ мм (установ А – М16, установ Б – М18) або, при суміщенні операцій, в одному установі. Оскільки обидві різьби співвісні (вісь є спільною), при базуванні в патроні і нарізанні в одному установі забезпечується рівень співвісності краще 0,03 мм, що є достатнім для герметичного з'єднання в гідросистемі.

Похибка базування при нарізанні різьб у патроні:

$$\varepsilon_b = 0,5 \cdot \Delta_{\text{биття_патрона}} = 0,5 \cdot 0,04 = 0,02 \text{ мм}$$

де $\Delta_{\text{биття}} = 0,04$ мм – биття патрона ТН-200 після переточки кулачків. Значення 0,02 мм є допустимим для різьби Н7 і Н8.

Таблиця 2.5 – Схеми базування корпусу по операціях

Оп.	Операція	Наставозна база (4 ст.)	Опорна база (5 ст.)	Примітка
010А	Токарна чорн., уст. А	Зовн. $\varnothing 45$ (прокат) в кулачках	Торець у патроні (упор)	Чергова база
010Б	Токарна чорн., уст. Б	Зовн. $\varnothing 30$ (оброблений) в кулачках	Торець $\varnothing 42$ (оброблений)	Чистова база. Ра 2,5 торець
020	Різьбонарізальна (М16, М18)	Зовн. $\varnothing 30$ в кулачках	Торець фланця (упор)	Єдина база для обох різьб
025	Нарізання канавки 6,3×7,3	Зовн. $\varnothing 30$ в кулачках	Торець фланця (упор)	Позиція за торцем фланця
035	Контрольна	Зовн. $\varnothing 30$ (V-призма або стіл)	Торець фланця (на плиту)	Контроль биття індикатором

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення корпусу приставки розроблений для умов дрібносерійного виробництва на базі токарно-гвинторізного верстата. Загальний принцип: спочатку формуються зовнішні поверхні і торці (бази для наступних

операцій), потім внутрішні поверхні і різьби. Таке чергування мінімізує кількість переустановів і підвищує точність взаємного розташування поверхонь.

Операція 005 – Заготівельна. Відрізання прокату $\varnothing 45$ мм, сталь Ст3 ДСТУ 2651:2005, довжиною 69 мм на стрічкопиліному верстаті 8725. Перевірка прямолінійності торців і відсутності задирів на кромках.

Операція 010 – Токарна (установ А і Б). Верстат 16K20. Установ А (затискання по прокату $\varnothing 45$): підрізання торця 1, чорнове точіння зовнішніх діаметрів $\varnothing 42$ і $\varnothing 30$ до розміру з припуском 1,5 мм на сторону. Свердлення центрального отвору свердлом $\varnothing 18$ мм наскрізь. Розточування до $\varnothing 22$ мм на потрібну глибину. Установ Б (затискання по $\varnothing 30$): підрізання торця 2 (торець фланця) чорново, потім – чисте підрізання до Ra 2,5 мкм. Чистове точіння $\varnothing 42$ і $\varnothing 30$ до розміру. Зачищення фасок $1,5 \times 45^\circ$ і $1 \times 45^\circ$.

Операція 015 – Різьбонарізальна. Верстат 16K20. В одному установі (по $\varnothing 30$ з упором у торці фланця) нарізаються обидві внутрішні різьби. Послідовність: розточування під M16 $\times$ 1,5 до $\varnothing 14,4$ мм (лівий кінець), нарізання M16 $\times$ 1,5H8 за 3–5 проходів; потім розточування під M18 $\times$ 1,5 до $\varnothing 16,4$ мм (правий кінець), нарізання M18 $\times$ 1,5H7 за 5–7 проходів. Після кожної різьби – контроль пробкою. Швидкість при нарізанні M18 $\times$ 1,5H7 знижується до $V = 6\text{--}10$ м/хв для отримання 7-го ступеня.

Операція 020 – Токарна (канавка). Верстат 16K20. У тому ж установі або з переустановленням по $\varnothing 30$ нарізається зовнішня канавка 6,3 $\times$ 7,3 мм із R1 у дні. Канавочний різець шириною 6 мм, попередньо підточений для формування R1. Позиціонування канавки – від торця фланця (розмір по кресленку). Після нарізання канавки перевіряється її розмір штангенциркулем (ширина і глибина).

Операція 025 – Слюсарна. На верстаку зачищаються всі гострі кромки і задирини на торцях різьб, у каналі $\varnothing 22$ мм і на торцях деталі. Видаляється стружка з різьбових каналів продуванням стисненим повітрям. Перевіряється легкість загвинчування контрольних пробок у різьби.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		24

Операція 030 – Контрольна Перевірка всіх розмірів за кресленням: зовнішніх діаметрів $\varnothing 42$ і $\varnothing 30$ мм мікрометром; довжин 36, 17, 63 мм штангенциркулем; різьб M16×1,5H8 і M18×1,5H7 різьбовими пробками за ДСТУ ГОСТ 16093:2018; шорсткості Ra 2,5 мкм торця фланця профілометром або зразками; біття торця фланця 0,06 мм від бази Б індикатором на призмах.

Таблиця 2.6 – Маршрут виготовлення корпусу приставки

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
005	—	Відрізання прокату $\varnothing 45$ l=69 мм	Пила 8725	Лещата/упор	Стрічкова пила
010А	А	Підрізання торця 1, точ. $\varnothing 43,5$ і $\varnothing 31,5$, свердло $\varnothing 18$, розточ. $\varnothing 22$	Токарний 16K20	3-куліт. патрон	Різці T15K6, свердло P6M5 $\varnothing 18$
010Б	Б	Підрізання торця 2 (торн.+чист., Ra 2,5), точ. $\varnothing 42$ і $\varnothing 30$ до розміру, фанки	Токарний 16K20	3-куліт. патрон	Підрізний T15K6, прохідний T15K6
015	А	Розточ. $\varnothing 14,4$, нарізан. M16×1,5H8; розточ. $\varnothing 16,4$, нарізан. M18×1,5H7	Токарний 16K20	3-куліт. патрон, упор	Розточні різці різьбові різці T15K6
020	А	Нарізання канавки 6,3×7,3, R1	Токарний 16K20	3-куліт. патрон, упор	Канавковий різець T15K6, шир. 6 мм
025	—	Зачистка кромки, продувка різьб	Вірстак		Напилок, продувний пістолет

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
030	–	Контроль: ø42, ø30, різьби, Ra 2,5, биття 0,06	Контрол. стіл	Призми	Мікрометр, пробки, індикатор, профіломет.

Таблиця 2.7 – Різальний інструмент для виготовлення корпусу

№	Інструмент	Матеріал / марка	Стандарт	Операція
1	Різець прохідний ø16×16	T15K6 (пластина)	ДСТУ ISO 1832	010A, 010B
2	Різець підрізний ø16×16	T15K6 (пластина)	ДСТУ ISO 1832	010A, 010B
3	Різець розточний	T15K6 (пластина)	ДСТУ ISO 1832	010A, 015
4	Різець різьбовий розточний M16	T15K6, кут 60°	ДСТУ ISO 3685	015 (M16×1,5H8)
5	Різець різьбовий розточний M18	T15K6, кут 60°	ДСТУ ISO 3685	015 (M18×1,5H7)
6	Свердло спіральне ø18 мм	P6M5	ДСТУ ISO 235	010A
7	Різець канавковий шир. 6 мм	T15K6	ДСТУ ISO 1832	020

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Розрахунок припусків на механічну обробку виконується розрахунково-аналітичним методом для найвідповідальнішої поверхні – торця фланця ($Ra\ 2,5$ мкм, допуск биття $0,06$ мм) і внутрішньої різьби $M18 \times 1,5H7$. Заготовка – круглий прокат $\varnothing 45$ мм.

Мінімальний припуск для торцевих поверхонь (одностороннє підрізання):

$$Z_{min} = R_z(i-1) + h(i-1) + \rho(i-1) + \varepsilon_i$$

де $R_z(i-1)$ – висота нерівностей після попереднього переходу, мкм; $h(i-1)$ – глибина дефектного шару, мкм; $\rho(i-1)$ – відхилення від площинності (просторова похибка торця), мкм; ε_i – похибка установлення, мкм.

Параметри заготовки (торець прокату після відрізання): $R_z = 200$ мкм, $h = 250$ мкм. Відхилення торця від перпендикулярності до осі: $\rho_{tag} = 0,3$ мм = 300 мкм (для відрізання на стрічковій пилі). Похибка установлення в патроні по прокату: $\varepsilon_u = 100$ мкм.

Мінімальний припуск на підрізання торця (перехід 1 – чорновий):

$$Z_{min1} = R_z0 + h0 + \rho0 + \varepsilon1 = 200 + 250 + 300 + 100 = 850 \text{ мкм} \approx 0,85 \text{ мм}$$

Після чорнового підрізання: $R_z1 = 50$ мкм, $h1 = 50$ мкм, $\rho1 = 50$ мкм (похибка підрізання), $\varepsilon_{u2} = 40$ мкм (після переустановлення по $\varnothing 50$):

$$Z_{min2} = 50 + 50 + 50 + 40 = 190 \text{ мкм} \approx 0,2 \text{ мм}$$

Мінімальний припуск на чистове підрізання торця фланця ($Ra\ 2,5$ мкм):

$$Z_{min2} \approx 0,2 \text{ мм} \rightarrow \text{приймається } Z_{\text{чист}} = 0,3 \text{ мм}$$

Довжина заготовки з урахуванням торцевих припусків:

$$l_{заг} = l_{дет} + Z_{\text{торець}_1} + Z_{\text{торець}_2} = 63 + 0,85 + 0,85 = 64,7 \text{ мм} \rightarrow \text{приймається } 69 \text{ мм (з запасом)}$$

Розрахунок операційних розмірів для зовнішнього діаметра $\varnothing 30$ мм. Заготовка $\varnothing 45$ мм. Послідовність: чорнове $\rightarrow$ чистове точіння. Мінімальний припуск на чорнове точіння (для зовнішньої поверхні):

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (R_z + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2})$$

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		27

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (125 + 150 + \sqrt{(467^2 + 25^2)}) \approx 2 \cdot (275 + 468) \approx 1500 \text{ мкм} = 1,5 \text{ мм}$$

де $r_{заг} = 1,5 \cdot 63/2 = 47 \text{ мм/м} \cdot 63 \text{ мм} / 2 \approx 47 \text{ мкм}$ (для прокату довжиною 63 мм, $\delta=1,5 \text{ мкм/мм}$)

Розмір після чорнового точіння: $d1 = 45 - 2 \cdot 1,5 = 42 \text{ мм}$ (зовн. $\phi 42 \text{ мм}$ фланця), або для $\phi 30 \text{ мм}$: $d1 = 30 + 2 \cdot (Z_{\text{напівч}} + Z_{\text{чист}}) = 30 + 2 \cdot 0,5 = 31 \text{ мм} \rightarrow$ після чорнового: $\phi 31,5 \text{ мм}$, після чистового: $\phi 30h14$. Загальний припуск: $2Z_{заг} = 45 - 30 = 15 \text{ мм}$ на діаметр (7,5 мм на сторону).

Розрахунок розмірів під нарізання різьби M18×1,5H7. Внутрішній діаметр різьби M18×1,5 за ДСТУ ГОСТ 16093:2018:

$$d1_{\text{різьби}} = d - 2 \cdot (0,6495 \cdot P) = 18 - 2 \cdot (0,6495 \cdot 1,5) = 18 - 1,949 \approx 16,05 \text{ мм}$$

де $P = 1,5 \text{ мм}$ – крок різьби. Номінальний внутрішній діаметр M18×1,5 = 16,376 мм. Діаметр свердлення під різьбу: $d_{\text{св}} = d1 - \text{допуск} = 16,376 - 0,0 = 16,376 \text{ мм} \rightarrow$ приймається $\phi 16,4 \text{ мм}$.

Аналогічно для M16×1,5H8: номінальний внутрішній діаметр = 14,376 мм, діаметр розточування: $\phi 14,4 \text{ мм}$.

Таблиця 2.8 – Операційні розміри і припуски для зовнішніх поверхонь

Поверхня	Перехід	2Z пр-к, мм	Допуск, мм	Ra, мкм	Операційний розмір, мм
$\phi 30h14$	Заготовка (прокат)	–	$\pm 0,4$	25	$\phi 45$
$\phi 30h14$	Точіння чорнове	13,0	$\pm 0,3$	12,5	$\phi 31,5 \pm 0,3$
$\phi 30h14$	Точіння чистове	1,5	$-0/-0,52$	12,5	$\phi 30h14$
$\phi 42h14$	Заготовка	–	$\pm 0,4$	25	$\phi 45$
$\phi 42h14$	Точіння чорнове	3,0	$\pm 0,3$	12,5	$\phi 43,5 \pm 0,3$
$\phi 42h14$	Точіння чистове	1,5	$-0/-0,62$	12,5	$\phi 42h14$

Таблиця 2.9 – Розміри під нарізання різьб і операційні параметри

Різьба	Крок Р, мм	d_внутр ном., мм	d_розточ., мм	К-ть проходів	Контрольний інструмент
M16×1,5H8	1,5	14,376	ø14,4	3–5	Пробка M16×1,5H8 (ДСТУ ГОСТ 16093:2018)
M18×1,5H7	1,5	16,376	ø16,4	5–7	Пробка M18×1,5H7 (ДСТУ ГОСТ 16093:2018)
ø22 мм (канал)	–	–	ø22H14	1–2 пр.	Нутромір або калібр-пробка ø22

Виконані розрахунки підтверджують, що прокат ø15 мм забезпечує достатній загальний припуск для отримання зовнішніх діаметрів ø42 і ø30 мм та допуску биття торця 0,06 мм. Розміри під нарізання різьб M16×1,5H8 і M18×1,5H7 розраховані за ДСТУ ГОСТ 16093:2018. Допуски на операційні розміри призначені за ДСТУ ISO 286-1:2002. Невказані відхилення – за ДСТУ ISO 2768-1:2001.

Висновок.

Проведено аналіз технологічності деталі «Корпус приставки» та розроблено раціональний технологічний процес її виготовлення. Визначено способи обробки поверхонь, схеми базування, маршрут виготовлення, припуски та режими обробки. Запропонований технологічний процес забезпечує отримання деталі необхідної точності, якості та надійності при мінімальних виробничих витратах.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Будова і принцип роботи пристрою

При технічному обслуговуванні сільськогосподарської техніки для діагностування гідросистеми тракторів і комбайнів застосовують прилад ДР-70 КИ-5473 (КИ-1097). Недоліком цих приладів є відсутність запобіжного клапана в самому приладі і коливання показників манометра. Відсутність запобіжного клапана в приладі може призвести до розриву трубопроводу гідросистеми. Відсутність демпферного пристрою впливає на якість замірів і знижує точність вимірювання. Для усунення вищезгаданих недоліків пропонується в серійну конструкцію приладу ввести захисний і демпферний пристрій.

Проектований пристрій складається з корпусу приставки, корпусу приладу, демпфера, гайки спеціальної, кільця ущільнюючого, штуцера манометра, плунжера, гільзи, гайки упорної, стержня, рукоятки, втулки, гвинта упорного, кільця, покажчика, пружини, гвинта регулювального, пробки, упора клапана, сидла клапана, трубки, гайки накладної.

Демпферний пристрій шириною 1,8 мм закінчується круглим отвором діаметром 4 мм. Площа перерізу гільзи 68,2 мм².

Плунжер зрізаний по спіралі (крок 14 мм) переходить в напівколо і закінчується прямою лінією. Плунжер і гільза притискаються до корпусу упорною гайкою. Плунжер з'єднаний з стержнем з рукояткою приладу. На кільці рукоятки знаходяться поділки, відповідні витраті масла в л/хв.

В нижній частині штуцера встановлений демпфер притиснутий до корпусу спеціальною гайкою. Корпус приставки включає в себе клапан, сидло клапана, відділене ущільнюючою прокладкою, щоб усунути підтікання масла між корпусами. Упор клапана притискує регулювальний гвинт, ущільнюючу прокладку, пробку, втулку і трубку з накладними гайками.

По запропонованій конструкції необхідно змінення каналів, в результаті якого не відбудеться ніякого впливу на показники і роботу приладу. Вхідний канал виконаний протяжно штуцера манометра.

Існуючий в серійному приладі вхідний клапан, став після замінення перехідним. Зливний канал зберігає своє розміщення. Виникла необхідність в зміні штуцера 27 вихідного каналу, він зроблений більше довжини і до нього приварений штуцер 26 для труби запобіжного клапана. Манометр служить для вимірювання тиску, в каналі має шкалу до 25,0 МПа (250 кг/см²).

Прилад можна використовувати для перевірки подачі насоса, щільності закриття перепускного і запобіжного клапана, розподільника перевірки тиску спрацювання автоматів золотників, перевірки витрати в золотникових парах, перевірки пригодності гідроциліндра. Цей прилад можна використовувати для перевірки гідронасосів, гідроклапанів, гідроциліндрів, гідросистем всіх сільськогосподарських тракторів, комбайнів і машин.

Принцип роботи приладу полягає у тому, що прилад підключається до гідравлічної системи трактора. Проводиться перевірка елементів гідросистеми виконуючи вимоги у співвідношенні з вимогами на діагностування.

3.2 Розрахунок основних параметрів пристрою

Втрата напору в дроселях при даному перепаді тиску залежить від швидкості потоку, від сили тертя, а отже від в'язкості рідини. Витрата рідини через дросель прямо пропорційна перепаду тиску в дроселі, а так як перепад тиску в дроселі залежить від навантаження, тобто з зміною площі поперечного перерізу каналу змінюється швидкість.

Для гідроприводів з дросельним регулюванням повинні виконуватися такі умови:

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

$$Q_n > Q_d, \quad (3.1)$$

де Q_n – подача насоса, л/хв.;

Q_d – витрата рідини через дросель, л/хв.

Для дроселя витрата рідини визначається за формулою:

$$Q_{др} = \mu \cdot f_d \cdot \Delta P_d^m \cdot \sqrt{\frac{2q}{\gamma}}, \quad (3.2)$$

де μ – коефіцієнт витрати ($\mu = 0-1$) [7];

f_d – поле перерізу ($f_d = 0-0,65 \text{ см}^2$) [2];

m – показник ступеня ($m = 0,5-1$);

γ – об'ємна вага рідини, г/см³;

q – прискорення, м/с².

Тиск (P_p) у впусканні нагнітальної порожнини пропорційний навантаженню F , тобто з площею перерізу змінюється тиск. Тиск за дроселем величина постійна, тому змінними будуть тиск і витрати рідини через дросель, а отже і тиск на запобіжний клапан.

Для стабілізації тиску на манометрі встановлений демпфер, що створює протитиск ($P_{пр} = 0,2-0,3 \text{ МПа}$ ($2,0-3,0 \text{ кгс/см}^2$)) [7].

Отже, корисний тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta P = P_p - P_{пр}, \quad (3.3)$$

де P_p – тиск нагнітача (макс тиск) насоса [16];

$$P_p = 16 \text{ МПа} (160 \text{ кгс/см}^2),$$

$P_{пр}$ – тиск, створений демпфером (протитиск).

$$\Delta P = 16 - 0,25 = 15,75 \text{ МПа}.$$

Необхідно розрахувати дросель по пропускній здатності.

Розраховуємо за формулою:

$$Q_{др} = 1,068 \cdot 1,75 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{0,905}} = 4,35 \frac{\text{л}}{\text{хв}}.$$

При відкритій дросельній шліпні. При цьому виконується нерівність $Q_n > Q_{др}$ л/хв. для насоса НШ-32-42, Q_n із довідникової літератури [11].

При данному дроселі $Q_{др} = 0$, $f_d = 0$, так як залежність прямо пропорційна. Побудуємо графік по двох точках.

Рисунок 3.1 – Графік залежності витрати масла через переріз із змінною площею ($tg = Q \dots 0,68 \text{ см}^2$)

Площу перерізу запобіжного клапана визначається за формулою:

$$f_n = \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{2qP_{спр}}}, \quad (3.4)$$

де Q – коефіцієнт витрати, $Q = Q_{др}$;

μ – коефіцієнт витрат,

q – прискорення вільного падіння;

$P_{спр}$ – тиск спрацювання запобіжного клапана, МПа. $P_{спр} = 15 \text{ МПа}$.

$$f_n = \frac{43,5}{1 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 15}} = 2,46 \text{ мм.}$$

Виходячи із формули:

$$f = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (3.5)$$

знаходимо

$$d = \frac{4f}{\pi}, \quad (3.6)$$

$$d = \sqrt{\frac{2,46 \cdot 4}{3,14}} = 3,1 \text{ мм.}$$

Необхідне зусилля для спрацювання запобіжного клапана знаходимо за формулою:

$$Q = f \cdot P_{\text{спр}}, \quad (3.7)$$

де f – площа перерізу клапана, мм^2 ;

$P_{\text{спр}}$ – тиск спрацювання клапан, МПа; $P_{\text{спр}} = 15 \text{ МПа}$.

$$Q_{\text{пруж.}} = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot 6 = 5 \text{ Н.}$$

Розрахунок циліндричної пружини (рис.3.2).

Діаметр $v = 5 \text{ мм}$, радіус $R = 6 \text{ мм}$.

Рисунок 3.2 – Схема розрахунку пружини

Під дією сили $Q = P$ і крутного моменту $M_{\text{кр}} = P \cdot R$ в перерізі витка виникає дві групи дотичних напружень

Напруження від зрізу:

$$\tau = \frac{4P}{\pi \cdot d^2}, \quad (3.8)$$

$$\tau = \frac{4 \cdot 5}{3,14 \cdot 5^2} = 0,25 \text{ МПа.}$$

Напруження від кручення:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{16P \cdot R}{\pi \cdot d^3}, \quad (3.9)$$

де d – діаметр витка пружини, мм;

R – радіус пружини, мм.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

$$\tau_{max} = \frac{16 \cdot 5 \cdot 6}{3 \cdot 14 \cdot 5^2} = 1,2 \text{ МПа.}$$

а – на розрізі; б – при крученні.

Рисунок 3.3 – Характер розподілу напружень у витку пружин

Максимальні напруження в пружині для умови:

$$\frac{d}{4R} \ll 1. \quad (3.10)$$

$$\frac{2}{4 \cdot 5} \ll 0,3 \ll 1,0.$$

Для даного випадку умова виконується.

Із формули відносного збільшення знаходимо число витків пружини:

$$n = \frac{G \cdot d^4 \cdot \lambda}{64 \cdot P \cdot R^3} \quad (3.11)$$

де G – модуль пружності, $G = 2,135$ [15],

λ – відносне видовження. Приймаємо $\lambda = 5$ мм.

$$n = \frac{2,135 \cdot 5^4 \cdot 5}{64 \cdot 5 \cdot 6^3} = 12,0 \text{ витків.}$$

Висновок.

Розроблено конструкцію приладу для перевірки гідросистем тракторів та виконано основні інженерні розрахунки його елементів. Запропонована конструкція забезпечує контроль основних параметрів гідросистеми, підвищує точність діагностування, скорочує час перевірки та може ефективно застосовуватися в умовах ремонтних майстерень і сервісних центрів.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Визначення вартості виготовлення приладу

Витрати на виготовлення розробленого приладу для перевірки гідросистем тракторів визначаються за формулою

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{од}} + C_{\text{пд}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{зв}}, \text{ грн}, \quad (4.1)$$

де $C_{\text{од}}$ – вартість виготовлення оригінальних деталей, грн;

$C_{\text{пд}}$ – вартість покупних деталей та комплектуючих, грн;

$C_{\text{зп}}$ – заробітна плата робітника, грн;

$C_{\text{зв}}$ – загальновиборничі витрати, грн.

Вартість виготовлення оригінальних деталей наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість виготовлення деталей приладу

Найменування деталі	Кількість, шт.	Вартість, грн
Корпус приставки	1	450
Корпус приладу	1	650
Демпфер	1	280
Штуцери та перехідники	2	220
Разом	-	1600

Вартість покупних деталей наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вартість покупних деталей

Найменування	Кількість	Вартість, грн
Манометр 0–25 МПа	1	850
Запобіжний клапан	1	700
Ущільнювальні кільця	комплект	150
Рукави високого тиску	2	600
Разом	-	2300

Заробітна плата робітника:

$$C_{\text{зп}} = T \cdot C_{\text{г}}, \quad (4.2)$$

де T – трудомісткість виготовлення, год;

$C_{\text{г}}$ – вартість людино-години.

Приймаємо: $T = 10$ год, $C_{\text{г}} = 250$ грн/год.

Тоді

$$C_{\text{зп}} = 10 \cdot 250 = 2500 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати приймаємо у розмірі 80 % від основної заробітної плати:

$$C_{\text{зв}} = 0,8 \cdot 2500 = 2000 \text{ грн.}$$

Повна собівартість виготовлення приладу:

$$C_{\text{пр}} = 1600 + 2500 + 2500 + 2000 = 8400 \text{ грн.}$$

Таким чином, вартість виготовлення одного приладу становить 8400 грн.

Визначення економічного ефекту

Використання розробленого приладу дозволяє скоротити тривалість діагностування однієї гідросистеми з 1,5 до 1,0 год.

Економія часу на одну перевірку:

$$\Delta T = 1,5 - 1,0 = 0,5 \text{ год.}$$

За рік у майстерні виконується близько 120 перевірок гідросистем.

Річна економія часу:

$$T_{\text{е}} = 120 \cdot 0,5 = 60 \text{ год.}$$

Вартість однієї людино-години становить 250 грн.

Річна економія коштів:

$$E_{\text{р}} = 60 \cdot 250 = 15000 \text{ грн.}$$

Крім того, своєчасне виявлення несправностей дозволяє зменшити витрати на ремонт гідроагрегатів. Орієнтовна додаткова економія становить 5000 грн за рік.

Загальний річний економічний ефект:

$$E_{\text{з}} = 15000 + 5000 = 20000 \text{ грн.}$$

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

Строк окупності визначається за формулою

$$T_{\text{ок}} = C_{\text{пр}} / E_3, \quad (4.3)$$

$$T_{\text{ок}} = 8400 / 20000 = 0,42 \text{ року.}$$

Отже, розроблений прилад окупасться менш ніж за півроку експлуатації.

Висновок.

В результаті виконаних розрахунків встановлено, що собівартість виготовлення розробленого приладу для перевірки гідросистем тракторів становить 8400 грн. Використання приладу дозволяє скоротити тривалість діагностичних операцій, підвищити точність контролю параметрів гідросистем та своєчасно виявляти несправності. Річний економічний ефект від впровадження розробки становить 20000 грн, а строк окупності не перевищує 0,42 року, що підтверджує доцільність її впровадження у ремонтно-обслуговуючих підприємствах.

4.2 Охорона праці

Аналіз умов праці під час діагностування гідросистем тракторів

Діагностування гідросистем тракторів виконується в ремонтних майстернях, сервісних центрах або безпосередньо на місці експлуатації техніки. Під час проведення перевірки працівник контактує з елементами гідросистеми, що працюють під високим тиском, використовує контрольно-вимірювальні прилади, а також виконує монтаж і демонтаж рукавів високого тиску та різьбових з'єднань.

Роботи з перевірки гідросистем належать до категорії підвищеної небезпеки, оскільки пов'язані з можливістю викиду робочої рідини під високим тиском, травмування рухомими частинами машин, дією шуму та вібрації, а також ризиком виникнення пожежі через потрапляння мастильних матеріалів на нагріті поверхні.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є підвищений тиск робочої рідини в гідросистемі, рухомі елементи трактора, слизькі поверхні внаслідок витікання масла, підвищений рівень шуму та вібрації, недостатня освітленість робочої зони, можливість ураження електричним струмом від електрообладнання, підвищена температура окремих вузлів машини. [18]

Заходи безпеки під час роботи з приладом.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність приладу, герметичність з'єднань, стан рукавів високого тиску та правильність підключення до гідросистеми трактора.

Підключення приладу слід виконувати лише після зупинки двигуна та зняття тиску в системі. Забороняється від'єднувати рукави або виконувати будь-які монтажні роботи при наявності тиску в гідросистемі.

Під час проведення вимірювань оператор повинен знаходитися збоку від рукавів високого тиску, щоб уникнути травмування у разі їх пошкодження. Робочий тиск не повинен перевищувати максимальне допустимих значень для приладу.

Для захисту від можливих ушкоджень необхідно використовувати спеодяг; захисні окуляри, рукавиці; спеціальне взуття з неслизькою підошвою.

Після завершення перевірки необхідно вимкнути двигун трактора, зняти тиск у системі та лише після цього від'єднати прилад

Вимоги до виробничого приміщення.

Роботи з діагностування повинні виконуватися в приміщеннях, що відповідають вимогам охорони праці та виробничої санітарії.

Температура повітря в холодний період року повинна становити 16–20 °С, а відносна вологість – 40–60 %. Приміщення має бути обладнане природною та штучною вентиляцією.

Освітленість робочої зони повинна бути не менше 300 лк. Для цього використовуються світлодіодні або люмінесцентні світильники загального освітлення.

Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 80 дБА. За необхідності працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху.

Підлога приміщення повинна бути рівною, неслизькою та стійкою до впливу мастильних матеріалів.

Пожежна безпека.

Робочі рідини гідросистем належать до горючих матеріалів, тому під час виконання діагностичних робіт необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки.

У виробничому приміщенні повинні бути порошкові вогнегасники; ящик з піском; пожежний інвентар; схема евакуації персоналу.

Забороняється використовувати відкритий вогонь поблизу місця проведення діагностики та зберігати легкозаймисті матеріали біля нагрівальних приладів.

Проведений аналіз показав, що під час діагностування гідросистем тракторів основними небезпечними факторами є високий тиск робочої рідини, рухомі частини машин, шум і можливість витіку масла. Запропоновано комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Вплив процесів технічного обслуговування та діагностування на навколишнє середовище

Сучасне сільськогосподарське виробництво нерозривно пов'язане з використанням тракторів, комбайнів та іншої мобільної техніки, технічний стан

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

якої значною мірою визначається справністю гідравлічних систем. Проведення діагностування та технічного обслуговування гідросистем супроводжується використанням робочих рідин, мастильних матеріалів та допоміжних засобів, які за неправильного поводження можуть негативно впливати на навколишнє середовище.

Основними джерелами екологічного впливу під час виконання діагностичних робіт є витікання гідравлічних мастил, забруднення ґрунту та водних ресурсів нафтопродуктами, утворення відпрацьованих мастильних матеріалів, використання забруднених фільтрів та ущільнювачів, викиди відпрацьованих газів під час роботи двигуна трактора, шумове навантаження на навколишнє середовище.

Найбільшу небезпеку становлять витіки гідравлічної рідини, оскільки навіть незначна кількість масла здатна спричинити тривале збогуднення ґрунту та погіршити його агрохімічні властивості. [19, 25]

Заходи щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища.

Для мінімізації негативного впливу на довкілля під час експлуатації розробленого приладу необхідно дотримуватися комплексу природоохоронних заходів.

Перед проведенням діагностики слід ретельно перевіряти герметичність усіх з'єднань, справність рукавів високого тиску та ущільнювальних елементів. Це дозволить запобігти витіканню робочої рідини під час вимірювань.

У разі заміни або зливання гідравлічного масла необхідно використовувати спеціальні герметичні ємності для його збору. Забороняється зливати відпрацьовані масла на ґрунт, у каналізацію або відкриті водойми.

Відпрацьовані масла повинні передаватися спеціалізованим підприємствам для регенерації або утилізації відповідно до чинного природоохоронного законодавства України.

Забруднені гачірки, фільтри, ущільнювачі та інші відходи необхідно збирати в окремі контейнери та передавати на утилізацію як промислові відходи.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

Рациональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів.

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

Запропонований прилад дозволяє своєчасно виявляти несправності гідросистем, що сприяє зменшенню витрат робочої рідини, зниженню кількості аварійних витоків масла, скороченню обсягів ремонтних робіт, продовженню строку служби гідроагрегатів, зменшенню витрат запасних частин.

Своєчасне діагностування забезпечує підтримання оптимального технічного стану тракторів, що сприяє більш економному використанню паливно-мастильних матеріалів та зменшенню шкідливих викидів у атмосферу.

Захист атмосферного повітря.

Під час проведення перевірки гідросистем двигун трактора часто працює на різних режимах навантаження, що супроводжується викидами оксидів азоту, оксиду вуглецю, вуглеводнів та твердих частинок.

Для зменшення негативного впливу на атмосферне повітря необхідно проводити своєчасне технічне обслуговування двигунів, використовувати якісне паливо та мастильні матеріали, не допускати тривалої роботи двигуна на холостому ході, здійснювати діагностування в добре вентильованих приміщеннях або на відкритих майданчиках.

Виконання зазначених заходів дозволяє знизити концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони та навколишньому середовищі.

Відповідність природоохоронному законодавству.

Під час виконання робіт з технічного обслуговування та діагностування гідросистем необхідно керуватися вимогами природоохоронного законодавства України, зокрема Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», Законом України «Про управління відходами» та іншими нормативними документами.

Усі роботи повинні бути організовані таким чином, щоб виключити потрапляння нафтопродуктів у навколишнє середовище та забезпечити безпечне поводження з виробничими відходами.

Під час виконання діагностування гідросистем тракторів основними джерелами негативного впливу на навколишнє середовище є відпрацьовані гідравлічні рідини, витоки нафтопродуктів, забруднені фільтри та викиди двигунів внутрішнього згорання. Запропонований прилад сприяє своєчасному виявленню несправностей і запобіганню аварійним витокам робочої рідини, що зменшує забруднення довкілля. Реалізація запропонованих природоохоронних заходів забезпечує екологічно безпечне проведення діагностичних робіт та відповідає вимогам чинного законодавства України у сфері охорони навколишнього природного середовища.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто питання підвищення ефективності технічного обслуговування та діагностування тракторної техніки шляхом розробки приладу для перевірки гідросистем тракторів. Актуальність роботи обумовлена зростанням вимог до надійності та безвідмовності роботи гідравлічних систем, від технічного стану яких значною мірою залежить продуктивність машинно-тракторних агрегатів і ефективність використання сільськогосподарської техніки.

У результаті виконаної роботи проведено аналіз конструктивних особливостей гідросистем тракторів, основних причин виникнення їх несправностей та сучасних засобів діагностування. Встановлено, що існуючі прилади не завжди забезпечують оперативний та комплексний контроль параметрів гідросистем, що ускладнює своєчасне виявлення дефектів і призводить до додаткових витрат на ремонт та технічне обслуговування.

Розроблено конструкцію приладу для перевірки гідросистем тракторів, яка забезпечує контроль основних параметрів роботи гідросистеми та дозволяє підвищити достовірність результатів діагностування. Запропоновані конструктивні рішення сприяють підвищенню безпеки роботи, зменшенню впливу пульсацій тиску на показники вимірювання та покращенню умов експлуатації приладу.

Запропонована конструкція характеризується простотою виготовлення, використанням доступних матеріалів і стандартних комплектувальних виробів, що забезпечує можливість її виготовлення в умовах ремонтних підприємств та майстерень агропромислового комплексу. Виконані технологічні розрахунки підтвердили технологічність конструкції та можливість виготовлення основних деталей на універсальному металообробному обладнанні.

Проведене техніко-економічне обґрунтування показало економічну доцільність впровадження розробки. Використання приладу дозволяє скоротити

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

тривалість діагностичних операцій, зменшити витрати на технічне обслуговування та ремонт гідравлічних систем, а також підвищити коефіцієнт технічної готовності тракторів. Очікуваний річний економічний ефект становить близько 20 тис. грн, а строк окупності не перевищує 0,5 року.

Розроблені заходи з охорони праці забезпечують безпечне виконання робіт під час діагностування гідросистем, а запропоновані природоохоронні заходи сприяють зменшенню негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище за рахунок запобігання витокам робочих рідин та належного поводження з відходами.

Отже, поставлена мета роботи досягнута, а розроблений прилад для перевірки гідросистем тракторів є технічно обґрунтованим, економічно ефективним та придатним для практичного використання в ремонтно-обслуговуючих підприємствах і сервісних службах агропромислового комплексу.

					КРБ.133ГМбд_32[2] 65.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабенко В. Є. Гідравлічні системи та гідропривід сільськогосподарських машин : навч. посіб. / В. Є. Бабенко, О. М. Генчаров. – Харків : ХНТУСГ, 2021. – 224 с.
2. Білокур І. П. Діагностування технічного стану гідроагрегатів мобільних машин / І. П. Білокур // Вісник ХНТУСГ. Технічні науки. – 2022. – Вип. 235. – С. 45–53.
3. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, В. О. Дудніков, В. М. Яцун. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Київ : Урожай, 2020. – 544 с.
4. Головань В. Т. Підвищення ефективності технічного сервісу тракторів на основі вдосконалення методів діагностування гідросистем : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / В. Т. Головань. – Харків, 2021. – 186 с.
5. Гренко В. А. Контроль технічного стану гідравлічних насосів тракторів в умовах експлуатації / В. А. Гренко, С. М. Лебедєв // Mechanization and Electrification of Agriculture. – 2023. – № 1 (120). – С. 102–109.
6. Дацун Ю. М. Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / Ю. М. Дацун, М. П. Кисіль. – Київ : Аграрна освіта, 2021. – 312 с.
7. Єресько О. В. Гідравліка і гідропневмоавтоматика : підручник / О. В. Єресько, В. М. Самородов. – Харків : НТУ «ХП», 2022. – 396 с.
8. Іванченко О. В. Аналіз причин відмов гідравлічних систем тракторів серії МТЗ / О. В. Іванченко // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2023. – № 305. – С. 67–74.
9. Кириченко І. Г. Засоби діагностування гідросистем мобільних машин: сучасний стан і перспективи розвитку / І. Г. Кириченко // Техніка і технології АПК. – 2022. – № 4 (151). – С. 38–44.

10. Кисільчук Л. Б. Методи та засоби вимірювання параметрів гідросистем тракторів в умовах технічного сервісу / Л. Б. Кисільчук, Р. В. Мороз // Збірник наукових праць ТДАІУ. – 2023. – Вип. 23. – С. 112–121.

11. Кравченко В. С. Надійність сільськогосподарської техніки / В. С. Кравченко, Л. В. Погорілець. – Київ : Аграрна освіта, 2020. – 258 с.

12. Лісовий М. В. Обґрунтування параметрів універсального гідротестера для перевірки тракторних гідросистем / М. В. Лісовий // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2022. – № 2. – С. 224–231.

13. Мачула О. П. Діагностування та технічне обслуговування гідравлічних систем тракторів у польових умовах / О. П. Мачула, Д. І. Харченко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2021. – Т. 21, вип. 2. – С. 89–97.

14. Мороз С. М. Гідропривід машин : підручник / С. М. Мороз, Є. І. Антощенко. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 320 с.

15. Олексієнко В. О. Розробка конструкції комбінованого приладу для контролю параметрів гідросистем / В. О. Олексієнко // Вісник Сумського НАУ. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – 2022. – № 4 (50). – С. 71–77.

16. Петренко М. М. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі / М. М. Петренко, О. П. Войтюк, О. Б. Леськів. – Київ : НУБіП України, 2020. – 288 с.

17. Рибак Т. І. Пошукова оптимізація і надійність у задачах гідрофіксованих машин / Т. І. Рибак. – Тернопіль : Збруч, 2020. – 338 с.

18. Сало В. М. Обладнання для технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки : підручник / В. М. Сало, О. В. Менько, Г. А. Голуб. – Київ : Аграрна освіта, 2021. – 376 с.

19. Теличенко Д. М. Вдосконалення методики оцінювання технічного стану гідравлічних насосів тракторів / Д. М. Теличенко, С. В. Мовчан // Техніка і технології АПК. – 2023. – № 2 (153). – С. 50–57.

20. Ткаченко І. Г. Математичне моделювання процесів у гідравлічних системах мобільних машин / І. Г. Ткаченко, В. В. Паламаренко // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. – 2022. – Вип. 2 (133). – С. 83–90.

21. Філіпенко С. О. Перспективи застосування цифрових засобів вимірювання при діагностуванні гідросистем / С. О. Філіпенко // Збірник наукових праць ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2023. – Вип. 244. – С. 134–142.

22. Хомич М. Г. Надійність тракторів і автомобілів : навч. посіб. / М. Г. Хомич, В. О. Дмитришин. – Львів : Новий Світ-2000, 2021. – 294 с.

23. Яремченко О. І. Сучасні методи технічного діагностування машин та обладнання АПК / О. І. Яремченко. – Полтава : ПДАА, 2022. – 196 с.

24. Bergmann F. Hydraulic System Diagnostics for Agricultural Tractors: Methods and Equipment / F. Bergmann, M. Schulz // Journal of Agricultural Engineering. – 2022. – Vol. 53, No. 1. – P. 14–23.

25. Molari G. Condition monitoring of tractor hydraulic circuits using portable diagnostic instruments / G. Molari, E. Fedrizzi, M. Battistini // Biosystems Engineering. – 2021. – Vol. 209. – P. 220–231.

