МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Пухтаєвич Євген Вадимович

УДК 656.13.083.2

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Організація технічного сервісу МТП з розробкою стенду для розбирання та збирання муфт зчеплення

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Пухтаєвич Є.В.

Керівник роботи
Боровський В.М.
старший викладач

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Пухтаєвич Євген Вадимович. Організація технічного сервісу МТП з розробкою стенду для розбирання та збирання муфт зчеплення. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства площею 1500 га в умовах Полісся з розробкою стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення технічної готовності тракторів, комбайнів, автомобілів і сільськогосподарських машин, зменшення їх простоїв та забезпечення своєчасного виконання виробничих операцій.

У роботі проаналізовано організацію технічного сервісу, визначено склад машинно-тракторного парку, розраховано трудомісткість технічного обслуговування і ремонту, потребу у виробничих робітниках, ремонтних постах, площі майстерні та основних дільницях. Розглянуто характерні несправності муфт зчеплення, зокрема зношування фрикційних накладок, пробуксовування, неповне вимикання, деформацію натискного диска, пошкодження пружин і спрацювання вижимного підшипника.

Обґрунтовано доцільність застосування стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення, який забезпечує надійну фіксацію вузла, безпечне стискання пружин, зручний доступ до деталей, підвищення точності складання та зменшення трудомісткості ремонтних робіт. У роботі також розглянуто питання охорони праці та техніко-економічної ефективності впровадження запропонованого обладнання. Практичне значення роботи полягає у можливості використання стенда в машинно-ремонтній майстерні для підвищення якості ремонту муфт зчеплення, продуктивності праці та надійності машинно-тракторного парку.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, технічний сервіс, машинно-ремонтна майстерня, муфта зчеплення, ремонт, технічне обслуговування, стенд.

ANNOTATION

Yevgen Vadymovych Pukhtaevych. Organisation of technical maintenance at the International Trade Centre, including the design of a workbench for dismantling and assembling clutch couplings. *– Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2026.

This qualification project is devoted to improving the organisation of technical maintenance for the machinery and tractor fleet of an agricultural enterprise covering an area of 1,500 hectares in the Polissya region, including the development of a test bench for the disassembly and assembly of clutch couplings. The relevance of the topic stems from the need to improve the technical readiness of tractors, combine harvesters, vehicles and agricultural machinery, reduce their downtime and ensure the timely execution of production operations.

This paper analyses the organisation of technical maintenance, identifies the composition of the machinery and tractor fleet, and calculates the labour intensity of maintenance and repair, as well as the requirements for production workers, repair bays, workshop space and main work areas. Typical faults in clutch assemblies are examined, in particular wear of friction linings, slippage, incomplete disengagement, deformation of the pressure plate, damage to springs and wear of the release bearing.

The feasibility of using a test bench for the disassembly and assembly of clutch couplings is justified; this ensures reliable clamping of the assembly, safe compression of the springs, convenient access to components, improved assembly accuracy and a reduction in the labour intensity of repair work. The paper also examines issues of health and safety and the technical and economic efficiency of implementing the proposed equipment. The practical significance of the work lies in the possibility of using the stand in a machinery repair workshop to improve the quality of clutch repair, labour productivity and the reliability of the machinery and tractor fleet.

Keywords: machinery and tractor fleet, technical service, machine repair workshop, clutch, repair, maintenance, test bench.

ЗМІСТ

ВСТУП……..9
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ АГРАРНОГО ПІДПРИЄМСТВА…….……..9
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИХОДУ З ЛАДУ МУФТ ЗЧЕПЛЕННЯ ТА СПОСОБІВ ЇХ РЕМОНТУ…….....…….23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА……..……...…….30
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ……41
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……..49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...……...…….58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..……60

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне аграрне виробництво неможливе без ефективного використання машинно-тракторного парку, який забезпечує виконання основних технологічних операцій у встановлені агротехнічні строки. Від технічного стану тракторів, комбайнів, автомобілів і сільськогосподарських машин безпосередньо залежать продуктивність праці, якість виконання польових робіт, витрати пального, собівартість продукції та загальна економічна ефективність діяльності підприємства. Особливо важливим є належне функціонування системи технічного сервісу, яка передбачає своєчасне технічне обслуговування, діагностування, поточний ремонт і підготовку машин до сезонної експлуатації.

В умовах аграрних підприємств з площею землекористування близько 1500 га значна частина ремонтно-обслуговуючих робіт виконується у власній машинно-ремонтній майстерні. Це дає змогу зменшити простої техніки, оперативно усувати несправності, скорочувати витрати на сторонні ремонтні послуги та підвищувати готовність машинно-тракторного парку до виконання польових робіт. Разом із тим ефективність роботи майстерні значною мірою залежить від правильного визначення її параметрів, раціональної організації робочих місць, забезпечення необхідним обладнанням, пристроями та інструментом.

Одним із відповідальних вузлів трансмісії тракторів і самохідних машин є муфта зчеплення. Вона забезпечує короткочасне роз’єднання двигуна з трансмісією, плавне рушання машини з місця, перемикання передач і захист елементів трансмісії від перевантажень. У процесі експлуатації муфта зчеплення працює в умовах змінних навантажень, тертя, нагрівання, вібрацій і забруднення, що з часом призводить до зношування фрикційних накладок, пробуксовування, неповного вимикання, пошкодження пружин, вижимного підшипника, натискного та веденого дисків. Несвоєчасне усунення таких несправностей може спричинити погіршення роботи трансмісії, збільшення

витрат пального, зниження продуктивності агрегату та простої техніки в напружені періоди сільськогосподарських робіт.

Розбирання і збирання муфт зчеплення є трудомісткою та відповідальною операцією, яка потребує дотримання технологічної послідовності, правильного центрування деталей, безпечного стискання пружин і точного регулювання. Виконання цих робіт без спеціального обладнання ускладнює ремонтний процес, підвищує фізичне навантаження на слюсаря, збільшує ризик пошкодження деталей і створює небезпеку травмування. Тому розробка стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення є актуальним завданням, спрямованим на підвищення якості ремонту, зниження трудомісткості робіт і покращення умов праці в машинно-ремонтній майстерні.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення організації технічного сервісу у машинно-тракторному парку аграрного підприємства шляхом розробки стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

Охарактеризувати машинно-тракторний парк аграрного підприємства площею 1500 га в зоні Полісся.

Виконати розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні та визначити трудомісткість технічного обслуговування і ремонту машин.

Проаналізувати основні причини виходу з ладу муфт зчеплення та способи їх ремонту.

Обґрунтувати необхідність використання спеціального стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення.

Розробити технічне рішення стенда та визначити його основні конструктивні параметри.

Розглянути питання охорони праці під час виконання ремонтних робіт у машинно-ремонтній майстерні.

Виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованого стенда.

Об’єктом дослідження є процес технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства.

Предметом дослідження є технологічний процес розбирання, ремонту та збирання муфт зчеплення тракторів із використанням спеціального стенда.

Методи дослідження включають аналіз умов експлуатації машинно-тракторного парку, розрахунок трудомісткості технічного обслуговування і ремонту, порівняння існуючих способів ремонту муфт зчеплення, конструктивний аналіз ремонтного обладнання, а також техніко-економічну оцінку запропонованого проєктного рішення.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Боровський Віктор, Прокопчук Станіслав**, Пухтаєвич Євген.** Роботизовані мобільні платформи для автоматизації технічного обслуговування. Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті : зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2026 року. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2026. С. 120-124.

2. Боровський В.М., Прокопчук С.В., **Пухтаєвич Є.В.,** Чехов В.І. Особливості технічного сервісу сільськогосподарської техніки в Китаї. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/borovskyj_26.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає у можливості використання розробленого стенда в умовах машинно-ремонтної майстерні аграрного підприємства для підвищення якості ремонту муфт зчеплення, скорочення часу на виконання розбирально-складальних операцій, зменшення фізичного навантаження на ремонтний персонал і підвищення безпеки праці.

Отже, виконання даної кваліфікаційної роботи спрямоване на підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку, зниження простоїв техніки, покращення організації ремонтних робіт і забезпечення

надійної експлуатації тракторів та інших мобільних машин аграрного підприємства.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 30 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 65 сторінок комп’ютерного тексту, містить 9 рисунків, 25таблиці та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ АГРАРНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Вихідні дані та підхід до формування сучасного машинно-тракторного парку

Проєктне аграрне підприємство розміщене в зоні Полісся та має площу сільськогосподарських угідь 1500 га. У структурі виробництва такого господарства доцільно передбачити вирощування зернових, зернобобових і технічних культур із застосуванням ресурсоощадних технологій обробітку ґрунту, точного висіву, диференційованого внесення добрив, механізованого захисту рослин і комбайнового збирання врожаю.

Для забезпечення своєчасного виконання польових робіт машинно-тракторний парк повинен містити енергонасичені трактори для важких ґрунтообробних операцій, універсальні трактори середньої потужності для сівби, внесення добрив і транспортних робіт, сучасні зернозбиральні комбайни, вантажні автомобілі, сівалки, ґрунтообробні агрегати, обприскувачі, розкидачі мінеральних добрив, причепи та допоміжне обладнання.

На відміну від застарілого парку, у якому переважали трактори типу К-701, Т-150К, МТЗ-80/82 та сільськогосподарські машини з обмеженими можливостями регулювання, для проєктного підприємства приймаємо сучасніші машини з вищою продуктивністю, кращою паливною економічністю, електронними системами контролю, GPS-навігацією, бортовою діагностикою і збільшеними міжсервісними інтервалами.

Розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні виконується на основі річної трудомісткості технічного обслуговування і ремонту тракторів, комбайнів, автомобілів та сільськогосподарських машин.

Оскільки фактичний склад техніки підприємства не задано, у роботі прийнято раціональний проєктний склад МТП для господарства площею 1500 га в умовах Полісся.

1.2. Проєктний склад сучасного машинно-тракторного парку

До складу енергетичних засобів приймаємо 8 тракторів різних тягових класів. Така кількість дозволяє одночасно виконувати основний обробіток ґрунту, сівбу, внесення добрив, транспортні та допоміжні операції без надмірного простою техніки у міжсезонний період.

Таблиця 1.1 – Проектний склад енергетичних засобів.

Група техніки	Марка / сучасний аналог	Кількість, шт.	Річне завантаження 1 машини, мото-год	Загальний наробіток, мото-год	Основне призначення
Енергонасичений трактор	John Deere 8R 370	1	850	850	Глибокий обробіток, важкі культиватори, дискові агрегати
Енергонасичений трактор	CLAAS AXION 930	1	800	800	Основний обробіток ґрунту, передпосівний обробіток
Універсально-просапний трактор	John Deere 6R 250	2	750	1500	Сівба, культивація, внесення добрив, транспорт
Універсальний трактор	New Holland T7.225	1	700	700	Сівба, обприскування причіпним агрегатом, транспорт
Універсальний трактор	Case IH Maxxum 150	2	600	1200	Легкий обробіток, навантаження, внутрішньогосподарські роботи
Допоміжний трактор	John Deere 5090M	1	400	400	Обслуговування ферми, перевезення, роботи з причепами
Разом		8		5450	

Сумарний річний наробіток тракторного парку становить:

$$W_{\Sigma} = 850 + 800 + 1500 + 700 + 1200 + 400 = 5450 \text{ мото-год.}$$

Питоме річне завантаження тракторного парку на 1 га площі підприємства дорівнює:

$$W_{га} = W\Sigma / F = 5450 / 1500 = 3{,}63 \text{ мото-год/га.}$$

Отримане значення є прийнятним для сучасного підприємства, оскільки частина технологічних операцій виконується високопродуктивними агрегатами з більшою шириною захвату і меншою кількістю проходів по полю. Це зменшує сумарну потребу в мото-годинах порівняно з парком застарілої техніки.

Крім тракторів, приймаємо сучасний парк самохідних, автомобільних та причіпних машин, необхідних для виробничого процесу підприємства.

Таблиця 1.2 – Проектний склад самохідних, автомобільних та причіпних машин

Вид техніки	Марка / сучасний аналог	Кількість, шт.	Основне призначення
Зернозбиральний комбайн	John Deere S780	1	Збирання зернових і ріпаку
Зернозбиральний комбайн	CLAAS LEXION 760	1	Збирання зернових, кукурудзи, сої
Самохідний обприскувач	John Deere R4040 або аналог	1	Внесення засобів захисту рослин і рідких добрив
Вантажний автомобіль-зерновоз	MAN TGS 6×4	2	Перевезення зерна, добрив, насіння
Сервісний автомобіль	DAF LF / Mercedes-Benz Atego	1	Підвезення інструменту, запчастин і ПММ
Легкий вантажний автомобіль	IVECO Daily	1	Господарські та ремонтні перевезення
Пікап	Toyota Hilux або аналог	1	Оперативне обслуговування полів і дільниць
Сівалка зернова	Horsch Pronto 6 DC або аналог	1	Висів зернових культур за мінімального обробітку
Сівалка точного висіву	Monosem / Kinze 8 рядків	1	Сівба кукурудзи, соняшнику, сої
Дискова борона	Lemken Rubin 10 / Amazone Catros	1	Лущення стерні, передпосівний обробіток
Глибокорозпушувач	Horsch Tiger / Bednar Terraland	1	Глибоке розпушування ґрунту
Розкидач добрив	Amazone ZA-TS / Bogballe	1	Внесення мінеральних добрив
Причепи та перевантажувачі	Самоскидні причепи, бункер-перевантажувач	4	Логістика врожаю і матеріалів

1.3. Методика розрахунку трудомісткості технічного обслуговування і ремонту

Для сучасних тракторів приймаємо збільшені міжсервісні інтервали порівняно із застарілими машинами. У розрахунку використовуємо таку періодичність: ТО-1 – через 250 мото-год, ТО-2 – через 500 мото-год, ТО-3 – через 1000 мото-год, сезонне технічне обслуговування – один раз на рік для кожної машини. Щоденне технічне обслуговування виконується механізатором перед початком зміни та після її завершення і в розрахунку завантаження майстерні враховується окремо.

Кількість технічних обслуговувань визначаємо за залежностями:

$$N_{ТО\text{-}3} = W / 1000; \quad N_{ТО\text{-}2} = W / 500 - N_{ТО\text{-}3}; \quad N_{ТО\text{-}1} = W / 250 - N_{ТО\text{-}2} - N_{ТО\text{-}3},$$

де W – річний наробіток відповідної групи тракторів, мото-год.

Оскільки періодичність ТО-1, ТО-2 і ТО-3 становить відповідно 250, 500 і 1000 мото-год, для спрощення розрахунку маємо:

$$N_{ТО\text{-}2} = W / 1000; \quad N_{ТО\text{-}1} = 2W / 1000.$$

Трудомісткість періодичного технічного обслуговування тракторів визначаємо за формулою:

$$T_{ТО} = N_{ТО\text{-}1} \cdot t_{ТО\text{-}1} + N_{ТО\text{-}2} \cdot t_{ТО\text{-}2} + N_{ТО\text{-}3} \cdot t_{ТО\text{-}3} + n \cdot t_{СТО},$$

де $t_{ТО\text{-}1}$, $t_{ТО\text{-}2}$, $t_{ТО\text{-}3}$, $t_{СТО}$ – трудомісткість відповідного виду обслуговування, люд.-год; n – кількість машин у групі.

Трудомісткість поточного ремонту тракторів визначаємо за питомою нормою на 1000 мото-год:

$$T_{ПР} = W \cdot H_{пит} / 1000,$$

де $H_{пит}$ – питома трудомісткість поточного ремонту, люд.-год/1000 мото-год. Для сучасної техніки приймаємо дещо нижчі питомі нормативи порівняно зі старими тракторами, що пояснюється застосуванням бортової діагностики, якісніших матеріалів, фільтрації робочих рідин і регламентного сервісу.

1.4. Розрахунок трудомісткості технічного обслуговування тракторів

Розрахунок кількості ТО для прийнятого складу тракторного парку наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок кількості ТО

Марка трактора	Кількість, шт.	W, мото-год	$N_{ТО\text{-}1}$	$N_{ТО\text{-}2}$	$N_{ТО\text{-}3}$	$N_{СТО}$
John Deere 8R 370	1	850	1,70	0,85	0,85	1
CLAAS AXION 930	1	800	1,60	0,80	0,80	1
John Deere 6R 250	2	1500	3,00	1,50	1,50	2
New Holland T7.225	1	700	1,40	0,70	0,70	1
Case IH Maxxum 150	2	1200	2,40	1,20	1,20	2
John Deere 5090M	1	400	0,80	0,40	0,40	1
Разом	8	5450	10,90	5,45	5,45	8

Для визначення трудомісткості приймаємо норми, диференційовані за потужністю та складністю конструкції трактора. Для енергонасичених тракторів трудомісткість одного ТО більша, однак їхня висока продуктивність дає змогу зменшити загальну кількість машин і сумарний річний наробіток парку.

Таблиця 1.4 – Загальна трудомісткість періодичного технічного обслуговування тракторів

Марка трактора	$N_{ТО-1}$	$t_{ТО-1}$	$N_{ТО-2}$	$t_{ТО-2}$	$N_{ТО-3}$	$t_{ТО-3}$	$N_{СТО}$	$t_{СТО}$	$T_{ТО}$, люд.-год
John Deere 8R 370	1,70	4,2	0,85	9,5	0,85	24,0	1	8,5	44,1
CLAAS AXION 930	1,60	4,0	0,80	9,0	0,80	23,0	1	8,0	40,0
John Deere 6R 250	3,00	3,5	1,50	8,0	1,50	20,0	2	7,0	66,5
New Holland T7.225	1,40	3,2	0,70	7,4	0,70	18,5	1	6,5	29,1
Case IH Maxxum 150	2,40	2,8	1,20	6,5	1,20	16,0	2	6,0	45,7
John Deere 5090M	0,80	2,2	0,40	5,0	0,40	13,0	1	5,0	14,0
Разом	10,90	—	5,45	—	5,45	—	8	—	239,4

Загальна трудомісткість періодичного технічного обслуговування тракторів становить:

$$T_{ТО.тр} = 44,1 + 40,0 + 66,5 + 29,1 + 45,7 + 14,0 = 239,4 \text{ люд.-год.}$$

Щоденне технічне обслуговування виконується механізаторами, але для повної оцінки затрат праці в МТП його необхідно визначити окремо. Кількість змін приймаємо за середньої тривалості зміни 8 год:

$$N_{зм} = W / 8.$$

Таблиця 1.5 – Трудомісткість ЩТО

Марка трактора	W, мото-год	Норма ЩТО, люд.-год/зміну	Трудомісткість ЩТО, люд.-год
John Deere 8R 370	850	0,50	53,1
CLAAS AXION 930	800	0,45	45,0
John Deere 6R 250	1500	0,40	75,0
New Holland T7.225	700	0,35	30,6
Case IH Maxxum 150	1200	0,32	48,0
John Deere 5090M	400	0,25	12,5
Разом	5450	—	264,2

Повна трудомісткість технічного обслуговування тракторів з урахуванням ЩТО дорівнює:

$$T_{ТО.повн.тр} = 239,4 + 264,2 = 503,6 \text{ люд.-год.}$$

1.5. Розрахунок трудомісткості поточного ремонту тракторів

Поточний ремонт сучасних тракторів включає діагностування, усунення несправностей двигуна, трансмісії, ходової частини, гідросистеми, електронних систем керування, заміну швидкозношуваних деталей, ремонт навісного обладнання та регулювання вузлів. Питома трудомісткість поточного ремонту прийнята з урахуванням більшої складності сучасних машин, але також з урахуванням зменшення кількості відмов завдяки регламентному сервісу.

Таблиця 1.6 – Трудомісткість поточного ремонту

Марка трактора	W, мото-год	$H_{пит}$, люд.-год/1000 мото-год	$T_{ПР}$, люд.-год
John Deere 8R 370	850	30	25,5
CLAAS AXION 930	800	29	23,2
John Deere 6R 250	1500	24	36,0
New Holland T7.225	700	23	16,1
Case IH Maxxum 150	1200	20	24,0
John Deere 5090M	400	18	7,2
Разом	5450	—	132,0

Загальна трудомісткість поточного ремонту тракторів:

$$T_{ПР.тр} = 25,5 + 23,2 + 36,0 + 16,1 + 24,0 + 7,2 = 132,0 \text{ люд.-год.}$$

Отже, трудомісткість робіт майстерні за тракторами без урахування ЩТО становить:

$$T_{тр} = T_{ТО.тр} + T_{ПР.тр} = 239,4 + 132,0 = 371,4 \text{ люд.-год.}$$

1.6. Розрахунок трудомісткості обслуговування і ремонту комбайнів, автомобілів та сільськогосподарських машин

Для підприємства площею 1500 га приймаємо два сучасні зернозбиральні комбайни. Вони забезпечують збирання зернових, зернобобових і технічних культур у стислі агротехнічні строки. Комбайни є складними самохідними машинами, тому значна частина робіт припадає на передсезонну підготовку, післясезонне обслуговування, ремонт жаток, молотильно-сепарувального апарата, транспортерів, гідроприводів та електронних систем контролю.

Таблиця 1.7 – Трудомісткість ТО та ПР комбайнів

Марка комбайна	Кількість, шт.	Річне завантаження 1 машини, год	Трудомісткість ТО 1 машини, люд.-год	Трудомісткість ПР 1 машини, люд.-год	Разом, люд.-год
John Deere S780	1	300	70	160	230
CLAAS LEXION 760	1	300	70	160	230
Разом	2	600	140	320	460

$$T_{комб} = 140 + 320 = 460 \text{ люд.-год.}$$

Автомобільний парк використовується для перевезення зерна, насіння, добрив, запасних частин, паливно-мастильних матеріалів і виїзного технічного сервісу. Для розрахунку приймаємо річний пробіг і питому трудомісткість технічного обслуговування та поточного ремонту на 1000 км пробігу.

Таблиця 1.8 – Трудомісткість ТО і ПР автомобільного парку

Автомобіль	Кількість, шт.	Пробіг 1 машини, тис. км/рік	Загальний пробіг, тис. км	Питома трудомісткість, люд.-год/1000 км	Т, люд.-год
MAN TGS 6×4 зерновоз	2	20	40	8,0	320
DAF LF / Mercedes-Benz Atego сервісний	1	12	12	5,5	66
IVECO Daily	1	18	18	4,5	81
Toyota Hilux або аналог	1	20	20	3,5	70
Разом	5	—	90	—	537

$$T_{авт} = 320 + 66 + 81 + 70 = 537 \text{ люд.-год.}$$

Трудомісткість обслуговування і ремонту сільськогосподарських машин визначаємо укрупнено за основними групами машин. До робіт належать очищення, миття, змащування, заміна підшипників, лап, дисків, сошників, шлангів, форсунок, налаштування дозувальних систем, ремонт електропроводки, калібрування електроніки та підготовка машин до зберігання.

Таблиця 1.9 – Трудомісткість обслуговування і ремонту сільськогосподарських машин

Група машин	Марка / сучасний аналог	Кількість, шт.	Річна трудомісткість ТО і ПР, люд.-год
Глибокорозпушувач / важкий культиватор	Horsch Tiger / Bednar Terraland	1	70
Дискова борона	Lemken Rubin 10 / Amazone Catros	1	55
Зернова сівалка	Horsch Pronto 6 DC	1	80
Сівалка точного висіву	Monosem / Kinze	1	50
Самохідний обприскувач	John Deere R4040 або аналог	1	110
Розкидач мінеральних добрив	Amazone ZA-TS / Bogballe	1	35

Продовження таблиці 1.9

Причепи, бункер-перевантажувач, котки	Сучасні причіпні агрегати	4	95
Інше навісне обладнання	Подрібнювачі, фронтальний навантажувач, косарка	комплект	50
Разом	—	—	545

$$T_{сгм} = 545 \text{ люд.-год.}$$

1.7. Загальна річна трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні

Загальну трудомісткість робіт майстерні визначаємо як суму трудомісткості робіт за тракторами, комбайнами, автомобілями, сільськогосподарськими машинами та допоміжними роботами. До допоміжних робіт належать мийні операції, виготовлення нескладних деталей, зварювання, ремонт пристосувань, обслуговування обладнання майстерні, ведення складського обліку запасних частин та підготовка робочих місць.

$$T_{осн} = T_{тр} + T_{комб} + T_{авт} + T_{сгм}.$$

$$T_{осн} = 371{,}4 + 460 + 537 + 545 = 1913{,}4 \text{ люд.-год.}$$

Допоміжні роботи приймаємо в обсязі 15 % від основної трудомісткості:

$$T_{доп} = 0{,}15 \cdot T_{осн} = 0{,}15 \cdot 1913{,}4 = 287{,}0 \text{ люд.-год.}$$

Загальна трудомісткість робіт без резерву на нерівномірність надходження машин у ремонт:

$$T_{м} = T_{осн} + T_{доп} = 1913{,}4 + 287{,}0 = 2200{,}4 \text{ люд.-год.}$$

Для врахування нерівномірності завантаження майстерні, сезонних піків і непередбачених відмов приймаємо коефіцієнт резерву Кн = 1,10:

$$T_{м.пл} = T_{м} \cdot K_{н} = 2200{,}4 \cdot 1{,}10 = 2420{,}4 \text{ люд.-год.}$$

Отже, планова річна трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні становить:

$$T_{м.пл} \approx 2420 \text{ люд.-год.}$$

Повна трудомісткість робіт МТП з урахуванням щоденного технічного обслуговування тракторів, яке виконується механізаторами, дорівнює:

$$T_{повн} = T_{м.пл} + T_{ЩТО.тр} = 2420{,}4 + 264{,}2 = 2684{,}6 \text{ люд.-год.}$$

Приймаємо для подальших розрахунків:

$$T_{повн} \approx 2685 \text{ люд.-год.}$$

Таблиця 1.10 – Загальну трудомісткість робіт майстерні.

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год	Примітка
ТО тракторів без ЩТО	239,4	Виконується в майстерні
Поточний ремонт тракторів	132,0	Виконується в майстерні
ТО і ПР комбайнів	460,0	Перед- і післясезонна підготовка, ремонт вузлів
ТО і ПР автомобілів	537,0	За річним пробігом
ТО і ПР сільськогосподарських машин	545,0	За групами машин
Допоміжні роботи	287,0	15 % від основної трудомісткості
Разом без коефіцієнта резерву	2200,4	—
Планова трудомісткість з Кн = 1,10	2420,4	Прийнята для розрахунку майстерні
ЩТО тракторів	264,2	Виконується механізаторами
Повна трудомісткість МТП	2684,6	Оцінка загальних затрат праці

1.8. Розрахунок кількості виробничих робітників і ремонтних постів

Кількість виробничих робітників визначаємо за плановою трудомісткістю робіт майстерні та дійсним річним фондом робочого часу одного робітника:

$$Р = T_{м.пл} / Ф_д,$$

де $Ф_д$ – дійсний річний фонд робочого часу одного виробничого робітника. Приймаємо $Ф_д = 1760$ год.

$$Р = 2420,4 / 1760 = 1,38.$$

Отримане значення округлюємо до більшого цілого числа. Для виконання робіт у майстерні необхідно передбачити:

$$Р = 2 \text{ виробничі робітники.}$$

У періоди сезонного навантаження до виконання окремих операцій можуть залучатися механізатори, водії та інженер-механік. Для сучасного МТП бажано, щоб один із робітників мав навички комп’ютерної діагностики, роботи з електронними системами керування і сервісним програмним забезпеченням.

Таблиця 1.11 – Кількість виробничих робітників

Посада / професія	Кількість, осіб	Основні функції
Слюсар-ремонтник	1	Розбирання, дефектування, збирання агрегатів, ремонт муфт зчеплення, підшипникових вузлів і трансмісій
Слюсар-діагност / механік	1	ТО тракторів, комбайнів та автомобілів, діагностика, регулювання, сезонна підготовка
Інженер-механік	1	Планування технічного сервісу, контроль якості ремонту, організація постачання запасних частин

Кількість ремонтних постів визначаємо за формулою:

$$X = T_{м.пл} / Ф_п,$$

де $Ф_п$ – річний фонд часу одного ремонтного поста. Його визначаємо за формулою:

$$Ф_п = D \cdot t \cdot \eta,$$

де D = 250 днів – кількість робочих днів на рік; t = 8 год – тривалість зміни; η = 0,75 – коефіцієнт використання поста.

$$Ф_п = 250 \cdot 8 \cdot 0,75 = 1500 \text{ год.}$$

$$X = 2420,4 / 1500 = 1,61.$$

Приймаємо два ремонтні пости:

$$X = 2 \text{ пости.}$$

Перший пост доцільно використовувати для технічного обслуговування, діагностування, заміни фільтрів, мастил, регулювання гальм, рульового керування і гідросистем. Другий пост передбачається як агрегатно-ремонтний, на якому виконуються розбирально-складальні роботи, ремонт вузлів трансмісії, демонтаж і збирання муфт зчеплення, ремонт навісного обладнання та сільськогосподарських машин.

1.9. Розрахунок площі машинно-ремонтної майстерні

Площа майстерні повинна забезпечувати можливість обслуговування сучасних енергонасичених тракторів і комбайнових вузлів, які мають значні габаритні розміри. Тому порівняно з майстернею для застарілого парку техніки необхідно збільшити площу ремонтних постів, передбачити місце для

діагностичного обладнання, стелажів, мобільного підіймального оснащення та стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення.

Таблиця 1.12 – Площа машинно-ремонтної майстерні

Виробнича зона / приміщення	Площа, м²	Призначення
Пост ТО і діагностування великогабаритної техніки	108	ТО тракторів, комбайнів, заміна мастил, фільтрів, регулювання
Універсальний ремонтний пост	72	Поточний ремонт тракторів, автомобілів, агрегатів і сільгоспмашин
Агрегатна дільниця зі стендом муфт зчеплення	42	Розбирання, дефектування, збирання та регулювання муфт зчеплення
Слюсарно-механічна дільниця	36	Слюсарні, свердлильні, токарні та складальні роботи
Зварювальна дільниця	24	Ремонт рам, кронштейнів, робочих органів і металоконструкцій
Дільниця електрообладнання та діагностики	18	Перевірка датчиків, проводки, акумуляторів, блоків керування
Комора запасних частин і витратних матеріалів	35	Зберігання фільтрів, ременів, підшипників, кріплення, запчастин
Склад мастильних матеріалів і технічних рідин	16	Зберігання олив, мастил, охолоджувальних рідин
Інструментальна та стелажна зона	20	Зберігання інструменту, пристосувань, оснастки
Побутові й адміністративні приміщення	32	Робоче місце інженера, гардероб, санітарно-побутова зона
Проходи, проїзди та резерв площі	35	Маневрування, безпечний доступ до машин і обладнання
Разом	438	—

З урахуванням компонування обладнання та потреби в безпечному переміщенні великогабаритної техніки приймаємо загальну площу машинно-ремонтної майстерні:

$$F_м = 440 \text{ м}^2.$$

Така площа є достатньою для розміщення двох ремонтних постів, агрегатної дільниці, зварювального і слюсарно-механічного обладнання, зони зберігання запасних частин та спеціалізованого стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення.

1.10. Обґрунтування застосування стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення

Незважаючи на поширення тракторів із безступінчастими та роботизованими трансмісіями, у сучасному аграрному виробництві значна частина машин продовжує використовувати фрикційні муфти зчеплення в трансмісіях, приводах ВВП, допоміжних механізмах та агрегатах. Муфта зчеплення працює в умовах змінних крутних моментів, вібрацій, періодичного

нагрівання, забруднення пилом і продуктами зношування. Основними несправностями є пробуксовування, неповне вимикання, зношування фрикційних накладок, деформація натискних дисків, ослаблення пружин, пошкодження вижимних підшипників і порушення регулювання приводу.

Розбирання і збирання муфт зчеплення без спеціального стенда ускладнюється необхідністю стискання пружин, центрування деталей, утримання масивних елементів і контролю взаємного положення дисків. Це підвищує трудомісткість ремонту, збільшує ризик травмування робітника та може погіршити якість складання. Тому в складі агрегатної дільниці доцільно передбачити спеціальний стенд для розбирання і збирання муфт зчеплення.

Стенд повинен забезпечувати: надійне закріплення муфти; безпечне стискання натискних пружин; зручний доступ до кріпильних елементів; можливість центрування ведених і натискних дисків; зменшення фізичного навантаження на слюсаря; підвищення точності регулювання; скорочення часу розбирально-складальних робіт.

Орієнтовну трудомісткість робіт, пов’язаних із муфтами зчеплення, приймаємо як частину трудомісткості поточного ремонту тракторів і агрегатних робіт. Для сучасного парку машин вона становить близько 10–12 % від трудомісткості поточного ремонту тракторів і частини агрегатних робіт.

$$T_{зч} = 0{,}12 \cdot T_{ПР.тр} + 25 = 0{,}12 \cdot 132{,}0 + 25 = 40{,}8 \text{ люд.-год.}$$

Приймаємо річну трудомісткість робіт із розбирання, збирання та регулювання муфт зчеплення:

$$T_{зч} = 41 \text{ люд.-год.}$$

Очікуване зниження трудомісткості при використанні спеціального стенда приймаємо на рівні 25 %. Тоді річна економія затрат праці становитиме:

$$E_{п} = T_{зч} \cdot 0{,}25 = 41 \cdot 0{,}25 = 10{,}25 \text{ люд.-год/рік.}$$

Пряма економія часу не є єдиним результатом застосування стенда. Важливішими перевагами є підвищення безпеки праці, зменшення ризику пошкодження деталей, поліпшення якості дефектування, стабільність регулювань і скорочення простою тракторів у напружені періоди польових

робіт. Тому розробка стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення є доцільною складовою модернізації машинно-ремонтної майстерні.

1.11. Організація технічного сервісу в сучасному МТП

Для прийнятого складу техніки доцільно застосовувати комбіновану систему технічного сервісу. Щоденне технічне обслуговування, очищення, зовнішній огляд, перевірку рівнів робочих рідин і тиску в шинах виконують механізатори. Регламентні ТО, сезонну підготовку, діагностування, заміну фільтрів, мастил, ременів, підшипників, регулювання гідравлічних і електронних систем виконують працівники майстерні.

Складні роботи, пов’язані з електронними блоками керування, програмуванням, ремонтом паливної апаратури високого тиску, гідростатичних трансмісій і складних комбайнових систем, доцільно виконувати із залученням офіційних сервісних служб або спеціалізованих ремонтних підприємств. Водночас значну частину робіт — поточний ремонт, агрегатне розбирання і збирання, ремонт сільськогосподарських машин, заміну швидкозношуваних деталей, ремонт муфт зчеплення та робочих органів — доцільно виконувати власними силами підприємства.

Основний обсяг ремонтних робіт слід планувати на осінньо-зимовий період. У цей час виконують дефектування машин після сезону, ремонт комбайнів, сівалок, ґрунтообробних агрегатів, підготовку тракторів до весняно-польових робіт, поповнення складу запасних частин і перевірку технологічного обладнання майстерні. У весняно-літній період майстерня повинна працювати в режимі оперативного сервісу, швидкого усунення несправностей і підтримання готовності техніки.

Висновки по розділу

У розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні аграрного підприємства площею 1500 га в зоні Полісся з урахуванням використання сучаснішої техніки. Для проєктного підприємства прийнято

машинно-тракторний парк у складі 8 тракторів сучасних марок, 2 зернозбиральних комбайнів, 5 автомобілів, самохідного обприскувача та комплексу сучасних сільськогосподарських машин.

Сумарний річний наробіток тракторного парку становить 5450 мото-год, або 3,63 мото-год на 1 га площі підприємства. Розрахована трудомісткість періодичного технічного обслуговування тракторів становить 239,4 люд.-год, трудомісткість щоденного технічного обслуговування – 264,2 люд.-год, трудомісткість поточного ремонту тракторів – 132,0 люд.-год.

Загальна планова річна трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні з урахуванням тракторів, комбайнів, автомобілів, сільськогосподарських машин, допоміжних робіт і резерву на нерівномірність надходження техніки в ремонт становить 2420 люд.-год. Повна трудомісткість робіт МТП з урахуванням щоденного технічного обслуговування дорівнює приблизно 2685 люд.-год.

Для виконання зазначеного обсягу робіт необхідно передбачити 2 виробничих робітники, 2 ремонтні пости та машинно-ремонтну майстерню площею близько 440 м². У складі майстерні доцільно передбачити агрегатну дільницю зі стендом для розбирання і збирання муфт зчеплення. Використання такого стенда дозволить знизити трудомісткість робіт із муфтами приблизно на 25 %, підвищити якість складання і регулювання, зменшити ризик травмування працівників та скоротити простої техніки під час ремонту.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИХОДУ З ЛАДУ МУФТ ЗЧЕПЛЕННЯ ТА СПОСОБІВ ЇХ РЕМОНТУ

2.1. Призначення та умови роботи муфт зчеплення

Муфта зчеплення є відповідальним вузлом трансмісії трактора, автомобіля або самохідної сільськогосподарської машини. Вона забезпечує короткочасне роз’єднання двигуна і трансмісії, плавне рушання агрегату з місця, перемикання передач без ударних навантажень, а також захист деталей трансмісії від перевантажень. У машинно-тракторному парку аграрного підприємства справність зчеплення безпосередньо впливає на продуктивність техніки, витрату пального, якість виконання польових робіт і тривалість простоїв у сезон.

У сучасній техніці використовують сухі однодискові й дводискові муфти, багатодискові мокрі муфти, а також гідравлічні та електрогідравлічні приводи керування. Незалежно від конструкції, основними елементами фрикційної муфти є маховик, ведений диск із фрикційними накладками, натискний диск, пружини, кожух, вижимний підшипник і привод вимикання. Під час роботи ці деталі сприймають змінні крутні моменти, нагрівання, вібрації, пил, вологу та ударні навантаження.

Найважчі режими роботи зчеплення виникають під час рушання з важким агрегатом, роботи на вологих ґрунтах, транспортування вантажів, виконання оранки, глибокого розпушування, культивації та інших енергоємних операцій. Якщо оператор допускає тривале неповне вмикання зчеплення або працює з перевантаженням, між фрикційними поверхнями виникає інтенсивне ковзання.

Це призводить до перегріву, прискореного зношування накладок, втрати пружності пружин і пошкодження робочих поверхонь маховика та натискного диска.

2.2. Основні несправності муфт зчеплення

Несправність зчеплення зазвичай проявляється під час рушання, перемикання передач або руху під навантаженням. Найпоширенішими ознаками є пробуксовування, неповне вимикання, ривки під час рушання, сторонній шум, підвищене зусилля на педалі, запах перегрітих накладок і утруднене перемикання передач. За цими ознаками можна попередньо визначити характер дефекту ще до демонтажу вузла.

Пробуксовування виникає тоді, коли крутний момент двигуна передається до трансмісії не повністю. Двигун збільшує оберти, але швидкість руху машини майже не зростає, особливо під навантаженням. Причинами є зношування або замаслення накладок, ослаблення натискних пружин, короблення дисків, малий вільний хід педалі або неправильне регулювання приводу. Тривале пробуксовування швидко викликає перегрів і може вивести з ладу не лише ведений диск, а й маховик та натискний диск.

Неповне вимикання, або «ведення» зчеплення, проявляється скреготом у коробці передач, утрудненим перемиканням і спробою машини рухатися при повністю натиснутій педалі. Така несправність виникає через збільшений вільний хід педалі, деформацію веденого диска, заїдання маточини на шліцах, перекіс натискного диска, порушення регулювання важелів або потрапляння повітря в гідропривід. Ривки і вібрації під час рушання найчастіше пов’язані з нерівномірним зношуванням фрикційних поверхонь, тріщинами накладок, послабленням заклепок чи несправністю демпферних пружин.

2.3. Причини виходу з ладу деталей зчеплення

Причини відмов муфт зчеплення можна поділити на експлуатаційні, технологічні та конструктивні. До експлуатаційних належать перевантаження машинно-тракторного агрегату, часте рушання з місця, тривале буксування, утримання ноги на педалі, несвоєчасне регулювання та робота з підтіканням масла. Технологічні причини виникають через неякісний ремонт: перекіс деталей під час складання, неправильне центрування веденого диска,

встановлення деталей із граничним зношуванням або використання неякісних запасних частин.

Таблиця 2.1 – Основні несправності муфт зчеплення та їх причини

Несправність	Зовнішні ознаки	Ймовірні причини
Пробуксовування	Оберти двигуна зростають, а швидкість руху збільшується повільно; з'являється запах перегріву	Зношені або замаслені накладки; ослаблені пружини; малий вільний хід педалі; короблення дисків
Неповне вимикання	Скрегіт під час перемикання передач, машина рухається при натиснутій педалі	Збільшений вільний хід; деформація диска; заїдання шліців; повітря в гідроприводі
Ривки під час рушання	Нерівномірний початок руху, вібрація, удари в трансмісії	Нерівномірне зношування; тріщини накладок; несправність демпферних пружин; перекіс дисків
Шум або стукіт	Гул при натисканні педалі, металевий стукіт у картері зчеплення	Зношення вижимного підшипника; зламані пружини; ослаблене кріплення; знос шліців
Важке натискання педалі	Збільшене зусилля, неповне повернення педалі	Заїдання приводу; корозія шарнірів; несправність гідроциліндрів; деформація вилки

Найбільш поширеним дефектом є зношування фрикційних накладок веденого диска. Під час кожного вмикання зчеплення накладки короткочасно ковзають між маховиком і натискним диском, тому поступово зменшується їх товщина. За умов перевантаження цей процес різко прискорюється. Коли накладки зношені до граничного стану, заклепки можуть пошкоджувати маховик і натискний диск, утворюючи борозни та задири.

Замаслення накладок виникає через несправні сальники колінчастого або первинного вала, надлишкове змащування шліцьових з'єднань чи неакуратне виконання ремонту. Масло знижує коефіцієнт тертя, тому зчеплення починає пробуксовувати навіть за достатньої товщини накладок. Перегрів, у свою чергу, спричиняє підгоряння накладок, появу плям на маховику, хвилястість робочих поверхонь, втрату пружності натискних пружин і появу мікротріщин.

Вижимний підшипник виходить з ладу через постійне навантаження, нестачу мастила, забруднення або неправильне регулювання вільного ходу педалі. Якщо підшипник постійно контактує з пелюстками діафрагмової пружини чи важелями вимикання, він перегрівається, починає шуміти й може

заклинити. Деформація веденого диска, зношування шліців маточини, руйнування демпферних пружин і заїдання приводу також призводять до неповного вимикання та повторних відмов трансмісії.

2.4. Діагностування технічного стану

Діагностування муфти зчеплення проводять для встановлення фактичного стану вузла та вибору способу ремонту. Спочатку аналізують скарги оператора, перевіряють поведінку машини під навантаженням, оцінюють плавність рушання, легкість перемикання передач, наявність шуму й запаху перегріву. Далі контролюють вільний хід педалі, повний хід приводу, повернення педалі у вихідне положення, герметичність гідроприводу та стан шарнірів.

Після демонтажу зчеплення виконують очищення і дефектування деталей. Ведений диск перевіряють за товщиною накладок, міцністю заклепок, станом шліців, осьовим биттям і справністю демпферних пружин. Маховик і натискний диск оглядають на наявність задирів, тріщин, плям перегріву та нерівномірного зношування. Пружини перевіряють за висотою, цілісністю і рівномірністю зусилля, а вижимний підшипник — за шумом, плавністю обертання і люфтом.

Для якісного дефектування використовують штангенциркуль, індикатор годинникового типу, лінійку, перевірну плиту, динамометричний ключ, знімачі та спеціальні пристрої. Особливо доцільним є застосування стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення. Він дає змогу надійно зафіксувати вузол, рівномірно стиснути пружини, безпечно розібрати механізм і виконати регулювання з меншими витратами часу.

2.5. Способи ремонту муфт зчеплення

Ремонт зчеплення виконують у послідовності: очищення, демонтаж, розбирання, мийка деталей, дефектування, відновлення або заміна пошкоджених елементів, складання, регулювання і контрольна перевірка.

Ведений диск ремонтують заміною фрикційних накладок лише тоді, коли його основа, маточина і демпферний механізм придатні до подальшої роботи. Після переклепування накладок обов’язково контролюють биття диска та надійність кріплення заклепок.

Маховик і натискний диск відновлюють шліфуванням або тонким проточуванням, якщо на поверхнях є неглибокі задири, сліди перегріву чи хвилястість. При глибоких тріщинах, значному короблennі або недопустимому зменшенні товщини деталі замінюють. Пружини, що втратили пружність, мають тріщини або різну висоту, не ремонтують, а замінюють комплектом. Вижимний підшипник у більшості випадків також замінюють, оскільки його відновлення в умовах невеликої майстерні економічно недоцільне.

Привід керування ремонтують заміною зношених пальців, втулок, вилок, манжет і ущільнень, очищенням шарнірів, прокачуванням гідросистеми та регулюванням вільного ходу педалі. Під час складання необхідно забезпечити чистоту фрикційних поверхонь, правильне центрування веденого диска і рівномірне затягування болтів кожуха. Після встановлення вузла на машину перевіряють плавність вмикання, повноту вимикання, відсутність пробуксовування, шуму та ривків.

Таблиця 2.2 – Раціональні способи ремонту деталей муфти зчеплення

Деталь або вузол	Можливий спосіб ремонту	Коли потрібна заміна
Ведений диск	Заміна накладок, контроль биття, очищення шліців, перевірка демпфера	Деформація основи, зношені шліци, поломка демпферних пружин
Фрикційні накладки	Переклепування або встановлення нового комплекту	Підгоряння, замаслення, тріщини, гранична товщина
Маховик і натискний диск	Шліфування або проточування робочої поверхні	Глибокі тріщини, значне короблення, недопустиме зменшення товщини
Пружини	Контроль висоти та зусилля	Втрата пружності, тріщини, корозія, поломка
Вижимний підшипник	Очищення посадкового місця, перевірка напрямної втулки	Шум, люфт, перегрів, заклинювання
Привід керування	Регулювання, заміна втулок і пальців, прокачування гідросистеми	Негерметичність, пошкодження циліндрів, значне зношення вилки

2.6. Організація ремонту в майстерні та роль стенда

У машинно-ремонтній майстерні ремонт муфт зчеплення доцільно виконувати на агрегатній дільниці. Робоче місце повинно мати верстак, стелажі для деталей, мийне обладнання, комплект знімачів, центрувальні оправки, вимірювальний інструмент і стенд для розбирання та збирання муфт. Наявність окремого робочого місця зменшує втрати часу на підготовчо-заключні операції та підвищує якість ремонту.

Стенд потрібний передусім для безпечного стискання пружин і фіксації вузла у зручному положенні. Без такого пристрою розбирання важких тракторних муфт супроводжується значними фізичними зусиллями, ризиком перекосу деталей і небезпекою раптового вивільнення пружин. Під час складання стенд забезпечує рівномірне стискання натискного механізму, точніше регулювання важелів або пелюсток пружини, зменшує ймовірність пошкодження нових деталей і скорочує трудомісткість операцій.

Після складання муфти на стенді виконують попередню перевірку роботи механізму. Остаточне регулювання проводять після встановлення вузла на машину. Контролюють вільний хід педалі, герметичність гідроприводу, повноту вимикання, плавність вмикання і відсутність сторонніх шумів. Такий підхід дозволяє запобігти повторному демонтажу та підвищити надійність роботи техніки в сезонний період.

2.7. Профілактика відмов

Довговічність муфти зчеплення значною мірою залежить від культури експлуатації. Оператор повинен уникати тривалого буксування, не утримувати ногу на педалі, правильно вибирати передачу та не перевантажувати агрегат. Під час технічного обслуговування необхідно перевіряти вільний хід педалі, стан приводу, герметичність гідросистеми, відсутність підтікання масла з двигуна і коробки передач, а також своєчасно усувати заїдання шарнірів.

Важливе значення має якість ремонту. Не можна встановлювати деталі з граничним зношуванням, забруднювати фрикційні поверхні мастилом або

збирати вузол без центрування веденого диска. Доцільно вести облік відмов муфт зчеплення по кожній машині, що дасть змогу виявити повторювані дефекти, оцінити роботу операторів і своєчасно планувати запасні частини.

Висновки по розділу

У розділі проаналізовано призначення, умови роботи, типові несправності та причини виходу з ладу муфт зчеплення тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин. Встановлено, що найчастіше відмови пов’язані зі зношуванням або замасленням фрикційних накладок, пробуксовуванням, неповним вимиканням, пошкодженням вижимного підшипника, ослабленням пружин, деформацією веденого диска і порушенням регулювання приводу.

Раціональними способами ремонту є заміна накладок, шліфування або проточування робочих поверхонь, заміна пружин, підшипника і деталей приводу, регулювання механізму вимикання та контрольне складання. Для умов майстерні аграрного підприємства обґрунтовано доцільність застосування стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення, який підвищує безпеку праці, скорочує трудомісткість ремонту і забезпечує кращу якість регулювання.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

3.1 Обґрунтування конструкторської розробки

Муфта зчеплення – найважливіший елемент у трансмісії силової передачі. Основне призначення – це нетривале роз'єднання двигуна і трансмісії, з подальшим плавним з'єднанням на період включення коробки передач, з подальшим початком руху.

Існує багато різних типів зчеплення, але більшість заснована на одному або декількох фрикційних дисках, щільно стиснутих один з одним або з маховиком пружинами. Фрикційний матеріал дуже схожий на той, що використовується в гальмівних колодках, і раніше майже завжди містив азбест, останнім часом використовуються безазбестові матеріали. Плавність включення і виключення передачі забезпечується прослизанням постійно обертового ведучого диска, приєднаного до колінчастого валу двигуна, щодо веденого диска, з'єднаного через шліц з коробкою передач.

Комплект зчеплення складається з кожуха (кошика), веденого диска одного або декількох і муфти з вижимним підшипником.

Ведучими частинами зчеплення служать маховик двигуна, натискний і опорний диски. Натискний диск пов'язаний з опорним диском. Між опорним і натискним дисками встановлені пружини. З одного боку пружини впираються в стакани, які встановлені в опорному диску, з іншого - в литі гнізда натискного диска. Існує ряд несправностей: знос натискного диска; знос віджимних важелів або їх обламування; втомне руйнування натискних пружин.

Для ремонту необхідно провести розбирання. Зчеплення розбирають з використанням гвинтових натискних пристосувань або універсальних пневматичних стендів, що забезпечують стиснення пружин зчеплення в процесі розбирання.

У дипломному проекті розроблено універсальний стенд, що дозволяє розбирати і збирати муфти зчеплень автотракторних двигунів в умовах в у ЦРМ підприємства. Загальний вигляд установки представлений в графічній частині.

3.2 Огляд існуючих стендів

Стенд Р0724 для розбирання і регулювання зчеплень дизельних автомобільних двигунів: ЯМЗ-14, ЯМЗ-142, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238.



Рис. 3.1. Стенд Р0724

Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики стенду Р0724 [12]

Тип	Настільний пневматичний
Робочий тиск повітря, Мпа	0,5
Зусилля на штоку пневмоприводу, кН	20
Спосіб стиснення зчеплення	Притиском, закріпленим на штоку
Габаритні розміри, мм	580×490×470
Маса, кг	50

Стенд Р0207 для складання та попереднього регулювання зчеплень автомобілів.



Рис. 3.2. Стенд Р0 207.

Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.2

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики стенду Р0207.

Тип	Настільний пневматичний
Робочий тиск повітря, МПа	0
Зусилля, що розвивається пневмокамерою, кН	15
Спосіб стиснення зчеплення	Поворотними притискними штангами через притиск
Габаритні розміри, мм	625×565×405
Маса, кг	57

Стенд Р-746 для розбирання-збирання та регулювання зчеплень.



Рис. 3.3. Стенд Р-746

Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики стенду РО207 [14]

Тип:	Стаціонарний
Привід	Ручний
Габарити	59×58×103
Маса, кг	42

Стенд Р 724 для складання, розбирання та регулювання зчеплень бензинових двигунів.



Рис. 3.4. Стенд Р 724

Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.4

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики стенду РО207 [15]

Тип	Настільний пневматичний
Робочий тиск повітря, МПа	0,5 – 0,8+0,1
Зусилля, що розвивається пневмокамерою, кН	20
Спосіб стиснення зчеплення	Поворотними притискними
Габаритні розміри, мм	580×490×470
Маса, кг	50

3.3 Аналіз пропонованого стенду для розбирання (збирання) муфт зчеплення

Стенд розбирання та складання муфт зчеплення призначений для стиснення пружин при розбиранні та складанні муфт зчеплення двигунів.

Впровадження даного стенду обґрунтовано необхідністю забезпечення механізованого ремонту муфти зчеплення в організації, з метою підвищення продуктивності праці, полегшення ремонту та зниження травматизму.

3.4 Будова стенду та принцип роботи

Стенд складається з основи 1, яка являє собою зварену конструкцію із закріпленою на ній плитою 7, для установки муфт зчеплення, що підлягають ремонту, пневмоциліндра 2 з пружинами 3 для стиснення пружин муфт, розміщеного всередині стенду; механізму регулювання розведення притисків, апаратури підготовки повітря, стійки 6 для інструменту і деталей, розташованої над плитою стенду. Загальний вигляд універсального стенду для розбирання і складання муфт зчеплення двигунів представлений на малюнку 3.5

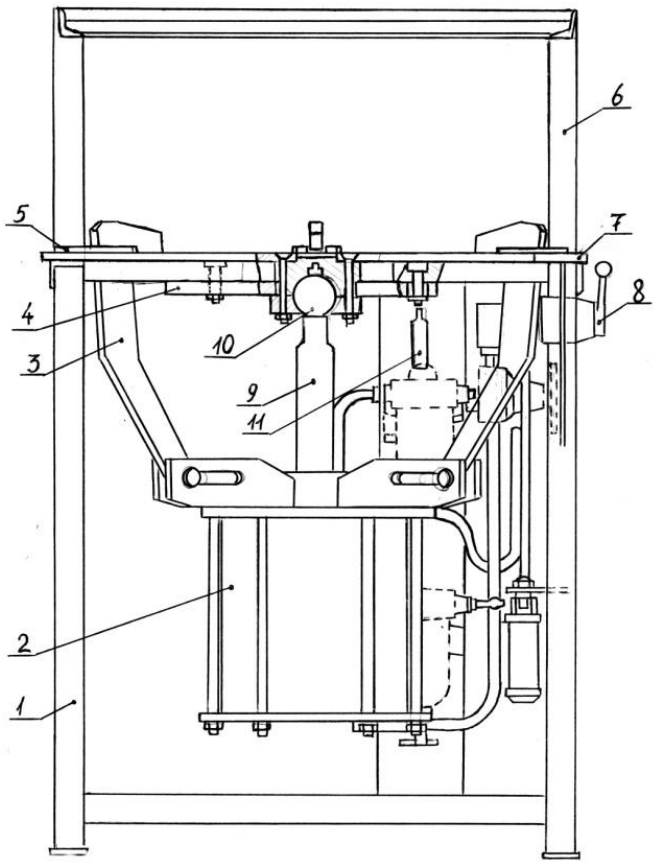


Рис. 3.5 – Загальний вигляд стенду для розбирання (збирання) муфт зчеплення: 1 – основа; 2 – пневмоциліндр; 3 – притиск; 4 – диск; 5 – повзун; 6 – стійка; 7 – плита; 8 – пневморозподільник; 9 – шток; 10 – кульовий шарнір; 11 – рукоятка фіксатора.

Принцип роботи стенду полягає в наступному. Шток 9 пневмоциліндра 2 за допомогою кульового шарніра 10 з'єднаний з центральною частиною плити 6, притискачами 3 шарнірно закріпленими на кришці, їх робочі кінці розміщені в повзунах, встановлених у свою чергу, в радіальних пазах плити 7. Механізм регулювання розведення притисків містить в у встановлений на корпусі кульового шарніра 10 диск 4 поворотний з трьома спіральними пазами, що взаємодіють з повзунами 5 за допомогою закріплених на них пальців.

При подачі стисненого повітря в поршневу порожнину, гільза циліндра переміщається вниз, притиски зводяться, захоплюють встановлену на стенді муфту зчеплення і притискають її до плити, стискаючи пружини і забезпечуючи можливість розбирання (збирання) муфт. При повороті диска 4 за допомогою рукоятки 11, яка виконує одночасно роль фіксатора, повзуни 5 переміщаються в

радіальних пазах плити, забезпечуючи установку притисків у необхідному положенні.

3.5 Розрахунок пневмоциліндра

Визначимося з виконанням пневмоциліндра. У циліндрах односторонньої дії зворотний хід поршня 3 здійснюється за допомогою зворотної пружини 4, а двосторонньої дії – стисненим повітрям, малюнок 6.6. Переваги циліндрів односторонньої дії – вдвічі менша витрата повітря, економія у вартості трубопроводів, недолік – обмежений хід поршня, оскільки при великих ходах через наявність поворотних пружин довжина циліндра значно збільшується. Циліндри двосторонньої дії – найпоширеніший тип, широко використовуваний для механізації та автоматизації пристосувань. Для дотримання компактності будемо проектувати пневмоциліндр двосторонньої дії.

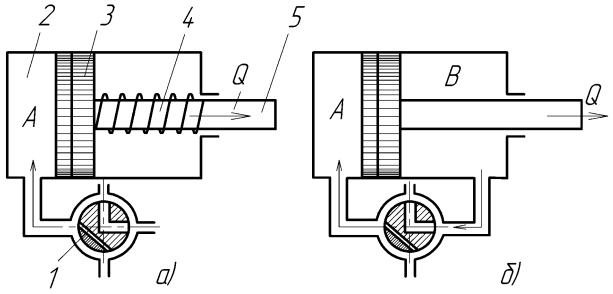


Рис. 3.6. Поршневі пневмоциліндри: а – односторонньої дії, б – двосторонньої дії: 1 – кран; 2 – корпус; 3 – поршень; 4 – пружина; 5 – шток.

При розрахунку поршневих пневмоциліндрів, визначаємо осьову силу Q на штоку поршня, що залежить від діаметра поршня і тиску стисненого повітря в його порожнинах. За заданою силою на штоку поршня і тиском стисненого повітря можна визначити діаметр пневмоциліндра.

На підставі огляду існуючих конструкцій розділ 3.2, приймемо осьову силу на штоку 25кН, робочою порожниною є безштокова.

Осьову силу Q для пневмоциліндрів двосторонньої дії при тиску стисненого повітря в безштокній порожнині визначимо за формулою

$$Q = (\pi / 4) D^2 p \eta, \qquad (3.1)$$

де D – діаметр поршня, мм;

p – тиск стисненого повітря, Мпа, приймемо $p=0,7$ Мпа;

η – ККД, що враховує втрати в пневмоциліндрі ($\eta = 0,85...0,9$) [6].

Визначимо діаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4}{3.14} \cdot \frac{25 \cdot 10^3}{0.7 \cdot 0.875}} = 228,6 \text{мм}.$$

Діаметри робочих порожнин циліндрів стандартизовані.

Приймаємо зі стандартного ряду діаметр поршня, D=250 мм; d – діаметр штока поршня d =50 мм [10].

Визначимо максимальну силу на штоку пневмоциліндра

$$Q = (3,14/4) \cdot 250^2 \cdot 0,7 \cdot 0,875 = 30050,7\text{Н}=30\text{кН}.$$

Основною умовою роботи пневмоциліндра є його повна герметичність. Пневмоциліндр герметичний, якщо стиснене повітря, що надходить в його порожнини, не витікає в атмосферу і не просочується з однієї порожнини в іншу. Для герметизації застосовуємо ущільнення кільцевих зазорів у сполуках поршнів з внутрішніми поверхнями корпусу і штоків з отворами. В якості ущільнень використовуємо манжету V-подібного перетину і кільця круглого перетину з маслостійкої гуми (для поршня і штока).

3.6 Розрахунок шпильок з'єднання кришок пневмоциліндра

Визначимо зовнішню силу Р, що припадає на одне болтове з'єднання

$$\text{Р} = \frac{\pi \cdot D^2}{\text{z} \cdot 4} p\eta, \qquad (3.2)$$

де z – кількість шпильок, приймаємо z = 6.

$$\text{Р} = \frac{3,14 \cdot 250^2}{6 \cdot 4} 0,7 \cdot 0,875 = 5008 \text{ Н}=5\text{кН}.$$

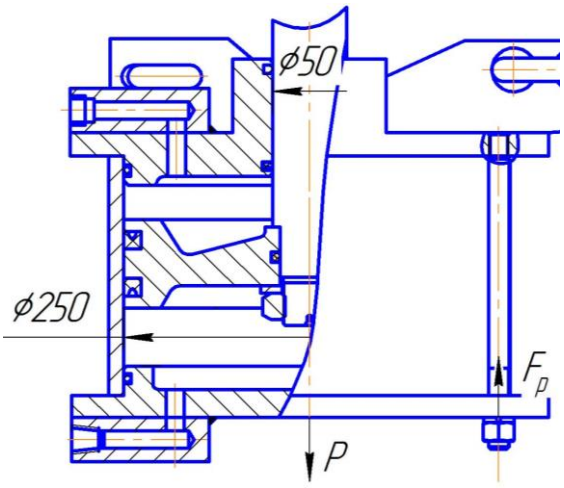


Рис. 3.7. Розрахункова схема шпилькового з'єднання

Визначимо розрахункове F_p навантаження на одну шпильку з урахуванням $F_{зат}$

$$F_P = P \cdot [1{,}3 \cdot K_{зат}(1-x) + x], \tag{3.3}$$

де x – коефіцієнт зовнішнього навантаження. Приймаємо $x=0{,}25$ [17];

$K_{зат}$ – коефіцієнт запасу затяжки. Приймаємо $K_{зат} = 2$ [17].

$$F_P = 5 \cdot [1{,}3 \cdot 2 \cdot (1-0{,}25) + 0{,}25] = 11 \text{кН}.$$

Шпильку виготовляємо з матеріалу сталь 20 $\sigma_т$ =245Мпа [18]

Діаметр болта d знаходимо за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P_p}{\pi [\sigma]_p}}\ , \tag{3.4}$$

де $[\sigma]_p$ – допустима напруга.

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{[S]}\ , \tag{3.5}$$

де $[S]$ – коефіцієнт запасу міцності. Приймаємо $[S] = 2{,}5$, вважаючи, що діаметр буде від 16 до 30 мм.

$$[\sigma]_p = \frac{245}{[2{,}5]} = 98 \text{ Мпа}.$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}3 \cdot 11 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 98}} = 13{,}63 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр шпильки $d = 14$ мм.

3.7 Розрахунок пальця кріплення притиску до пневмоциліндра

Проведемо розрахунок пальця кріплення пневмоциліндра.

Розрахуємо діаметр пальця на зріз (рис. 3.8) за умовою міцності

$$F_{шт} / F_{ср} \leq [\tau_{ср}], \quad (3.6)$$

Площа зрізу $F_{ср}$ пальця

$$F_{ср} = \pi \cdot d^2 / 4. \quad (3.7)$$

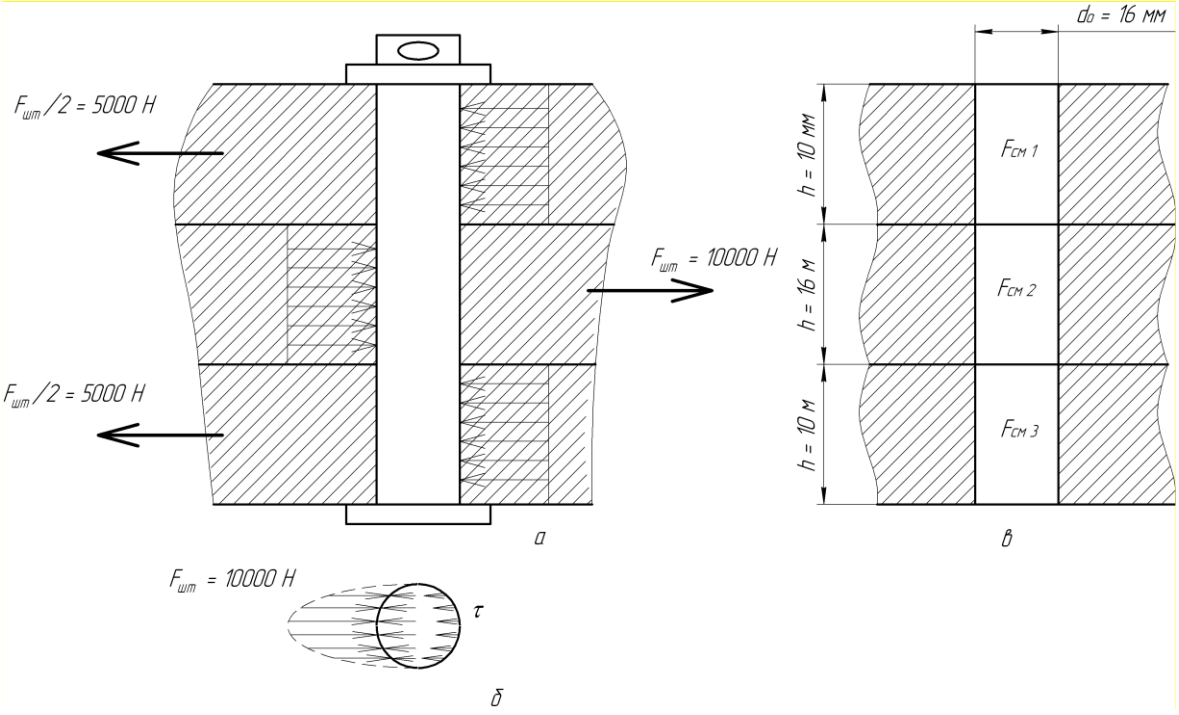


Рис. 3.8. До розрахунку пальця пневмоциліндра на зріз: а – прикладання сил зсуву; б – схема навантаження на зріз; в – схема площі зминання.

Для матеріалу пальця Ст3[σ_T] = 215 Мпа [18], звідки допустиме напруження на зріз

$$[\tau_{зр}] = 0{,}6 \cdot 215 = 129 \text{ МПа}.$$

Підставимо формулу 3.7 у формулу 3.6

$$F_{шт} / (\pi \cdot d^2 / 4) \leq [\tau_{ср}], \quad (3.8)$$

звідки

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{шт}}{\pi \cdot [\tau_{ср}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10000}{3{,}14 \cdot 129 \cdot 10^6}} = 0{,}010 \text{ м}.$$

Приймаємо d = 16 мм.

3.8 Розрахунки міцності конструкції

3.8.1 Розрахунок різьбового з'єднання

Розраховуємо на міцність різьбове з'єднання гайки зі шпилькою.

Визначаємо необхідну силу затягування $F_{зат}$ різьбового з'єднання

$$F_{\text{зат}} = \frac{\pi d_1^2 \sigma_{\text{екв}}}{4 \cdot 1{,}3}, \tag{3.9}$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьби, для різьби *М14* d_1 *=12,160 мм* [19];

$\sigma_{экв}$ – напруження в стрижні болта.

$$\sigma_{\text{екв}} \approx 1{,}3\sigma, \tag{3.10}$$

$$\sigma_{\text{екв}} \approx 1{,}3 \cdot 132 = 171{,}6 \text{ МПа}.$$

Тоді сила затягування різьбового з'єднання $F_{зат}$ дорівнює:

$$F_{зат} = \frac{3{,}14 \cdot 12{,}16^2 \cdot 171{,}6}{4 \cdot 1{,}3} = 15321 H .$$

Перевіряємо різьблення за умовою міцності за напруженнями зрізу

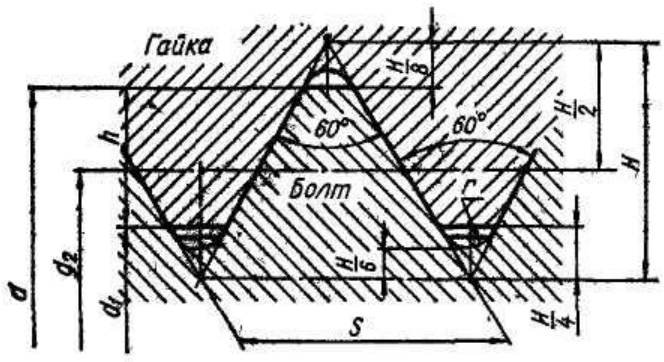
$$\tau = \frac{F}{(\pi d_1 H K K_m)} \le [\tau], \tag{3.11}$$

де $F = F_{зат}$ *= 15321 Н*;

Н – висота гайки, *мм. Н = 12 мм* [20];

К – коефіцієнт повноти різьби. Для трикутної різьби *К =0,87* [20];

K_m – коефіцієнт нерівномірності навантаження по виткам різьби, K_m *=1,3* [20];



$[\tau]$ – допустиме напруження зрізу, $[\tau]$ *=0,4* σ_m *= 0,4·190 = 76 МПа.*

Рис. 3.9. Параметри метричної різьби загального призначення

Тоді напруження зсуву буде дорівнювати

$$\tau = \frac{15321}{(3{,}14 \cdot 12{,}160 \cdot 12 \cdot 0{,}87 \cdot 1{,}3)} = 29{,}56\ МПа\ .$$

Це задовольняє умові, оскільки *[τ] = 76 МПа > 29,56 МПа.*

3.8.2 Розрахунок пальця на зминання

Розрахунок пальця на зминання проводять за умовою

$$F_{шт}\ /\ F_{зм}\ \leq [\sigma_{см}\ ], \qquad (3.12)$$

де $F_{зм}$ – площа зминання.

У нашому випадку мінімальна площа зминання $F_{см}$ (рис. 3.8) буде

$$F_{зм}\ = d_0\ \cdot h, \qquad (3.13)$$

де d_0 − діаметр отвору, d_0 = 0,016 м;

h − мінімальна довжина отвору в пластині, h = 0,01 м;

$$F_{см}\ = 0{,}016 \cdot 0{,}01 = 0{,}00016 \cdot 10^{-3}\ м^2$$

Палець виготовляємо з матеріалу Ст3, допустиме напруження на зминання $[\sigma_т\ ]$ = 215 МПа.[18].

Підставляємо отримані значення у формулу (3.12)

$$10000\ /\ 0{,}00016 \cdot 10^{-3}\ \leq 215 \cdot 10^6\ ,$$

$$62{,}5 \cdot 10^6\ \leq 215 \cdot 10^6\ .$$

Умова міцності виконується, отже, палець витримає все прикладене навантаження.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика умов праці в машинно-ремонтній майстерні

Охорона праці під час організації технічного сервісу машинно-тракторного парку має забезпечувати збереження життя і здоров’я працівників, попередження травматизму та створення безпечних умов виконання ремонтно-обслуговуючих робіт. У даній кваліфікаційній роботі об’єктом аналізу є машинно-ремонтна майстерня аграрного підприємства, у якій виконуються технічне обслуговування тракторів, комбайнів, автомобілів, сільськогосподарських машин, а також ремонт агрегатів трансмісії, зокрема муфт зчеплення.

Роботи з розбирання та збирання муфт зчеплення належать до слюсарно-складальних і агрегатних робіт. Вони супроводжуються використанням вантажопідіймальних пристроїв, ручного та механізованого інструменту, стендів, пристроїв для фіксації деталей, мастильних матеріалів, очищувальних рідин, а також джерел електричної енергії. Особливу небезпеку становлять пружні елементи натискного механізму, значна маса окремих вузлів, можливість защемлення пальців і кистей рук, падіння деталей зі стенда та пошкодження різьбових з’єднань під час демонтажу.

Нормативну основу розділу становлять Закон України «Про охорону праці», Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, Правила охорони праці на автомобільному транспорті, ДСН 3.3.6.042-99 щодо мікроклімату виробничих приміщень, ДСН 3.3.6.037-99 щодо виробничого шуму, а також чинні правила пожежної безпеки та електробезпеки.

Для майстерні підприємства ці вимоги мають бути конкретизовані у виробничих інструкціях, технологічних картах ремонту та інструкціях з охорони праці за професіями і видами робіт.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час ремонту муфт зчеплення і виконання суміжних операцій у майстерні можуть діяти механічні, фізичні, хімічні, електричні та психофізіологічні фактори. Їх своєчасне виявлення дає змогу правильно підібрати організаційні та технічні заходи безпеки.

Таблиця 4.1 – Небезпечні фактори під час ремонту муфт зчеплення

Фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Механічний	Падіння вузлів, обертання деталей, робота зі стендом	Травмування рук, забої, пошкодження деталей	Фіксація вузлів, огородження рухомих частин, справний інструмент
Електричний	Електродвигуни, переносні світильники, електроінструмент	Ураження електричним струмом	Заземлення, захисне вимкнення, напруга 12-36 В для місцевого освітлення
Хімічний	Мастила, паливо, очищувальні речовини	Подразнення шкіри, забруднення повітря	Вентиляція, рукавички, закриті ємності, прибирання розливів
Фізичний	Шум, недостатнє освітлення, несприятливий мікроклімат	Втома, помилки, зниження уваги	Нормоване освітлення, вентиляція, ЗІЗ органів слуху за потреби

Найбільш імовірними причинами травмування під час роботи зі зчепленням є застосування випадкових підкладок і важелів, розбирання натискного механізму без контрольованого стискання пружин, очищення деталей без захисних рукавиць, використання зношеного інструменту, а також порушення порядку транспортування агрегатів. Тому основним напрямом профілактики є застосування спеціалізованого стенда, який забезпечує надійну фіксацію вузла, кероване стискання пружин і зручне положення деталей для роботи.

4.3. Організаційні заходи з охорони праці

До робіт у машинно-ремонтній майстерні допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктажі, навчання безпечним методам праці та перевірку знань з охорони праці. Повторний інструктаж для слюсарів, електрогазозварників, водіїв і трактористів повинен проводитися у встановлені строки, а позаплановий - після зміни технологічного

процесу, впровадження нового обладнання, модернізації стенда або після порушення вимог безпеки.

Роботодавець зобов’язаний забезпечити працівників справними засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисними окулярами, рукавицями, взуттям із неслизькою підошвою, а під час робіт із підвищеним шумом - засобами захисту органів слуху. Для робіт з очищення деталей необхідно застосовувати рукавички, захисні окуляри і вентиляцію робочої зони. Забороняється працювати у забрудненому мастилом одязі поблизу відкритих джерел тепла та виконувати ремонт обладнання без зняття напруги.

У майстерні повинні бути розроблені та вивішені на робочих місцях інструкції з охорони праці для слюсаря-ремонтника, працівника агрегатної дільниці, працівника, який використовує вантажопідіймальні пристрої, а також інструкція щодо безпечної експлуатації стенда для розбирання і збирання муфт зчеплення. Перед початком роботи слюсар зобов’язаний оглянути стенд, перевірити справність фіксаторів, гвинтових або гідравлічних механізмів, відсутність тріщин у зварних швах і надійність кріплення вузла.

4.4. Вимоги безпеки під час роботи зі стендом для муфт зчеплення

Стенд для розбирання та збирання муфт зчеплення має встановлюватися на рівній бетонній підлозі, бути жорстко закріпленим або мати конструкцію, що виключає перекидання під час прикладання робочого зусилля. Робоча поверхня стенда повинна бути розташована на висоті, зручній для слюсарних операцій, щоб працівник не виконував роботу у вимушеній позі тривалий час. Зона навколо стенда повинна мати вільні проходи не менше 1 м, бути очищеною від сторонніх деталей, мастила та інструменту.

Муфта зчеплення перед розбиранням очищується від забруднень, оглядається та встановлюється на стенд тільки із застосуванням штатних опор і фіксаторів. Забороняється утримувати вузол руками під час затягування або відпускання пружинного механізму. Стискання натискних пружин потрібно виконувати плавно, без ударів і перекосів. Кріпильні деталі знімаються лише

після того, як пружини будуть розвантажені або надійно зафіксовані механізмом стенда.

Під час збирання муфти зчеплення необхідно контролювати правильність розташування веденого диска, натискного диска, кожуха, пружин, важелів вимикання і кріпильних елементів. Затягування різьбових з’єднань виконується послідовно, рівномірно, із використанням справних ключів. Не допускається нарощування ключів випадковими трубами, застосування зубила замість знімача, ударне навантаження на деталі, які можуть деформуватися або розколотися.

Після завершення робіт стенд очищують від бруду, залишків мастила і пилу фрикційних накладок. Деталі з дефектами складають у спеціально відведене місце для дефектування, придатні деталі - на стелажі або в тару. Відпрацьовані мастильні матеріали збирають у закриті ємності й передають на утилізацію відповідно до встановленого порядку підприємства.

4.5. Розрахунок вентиляції робочого місця агрегатної дільниці

Для забезпечення нормальних умов праці на агрегатній дільниці потрібно організувати загальнообмінну вентиляцію. Розрахунок виконаємо для ділянки, на якій розміщується стенд для розбирання та збирання муфт зчеплення. Приймаємо площу дільниці $F = 36$ м², висоту приміщення $h = 3{,}5$ м. Об’єм приміщення становить:

$$V = F \cdot h = 36 \cdot 3{,}5 = 126 \text{ м}^3.$$

Для ремонтної дільниці з використанням мастильних матеріалів, очищенням деталей і періодичною роботою електроінструменту приймаємо кратність повітрообміну $n = 4$ год$^{-1}$. Необхідна продуктивність вентиляції:

$$L = V \cdot n = 126 \cdot 4 = 504 \text{ м}^3/\text{год}.$$

З урахуванням запасу 15 % продуктивність вентиляційної установки дорівнює:

$$L_p = 1{,}15 \cdot 504 = 579{,}6 \approx 580 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже, для агрегатної дільниці необхідно передбачити витяжний вентилятор продуктивністю не менше 580 м³/год. Раціонально прийняти стандартний вентилятор продуктивністю 600 м³/год із припливом свіжого повітря через припливні решітки або кватирки. Місцеве відсмоктування доцільно передбачити біля місця очищення деталей, а не безпосередньо над стендом, щоб не створювати протягів у зоні роботи слюсаря.

4.6. Розрахунок штучного освітлення робочого місця стенда

Якість складання муфти зчеплення значною мірою залежить від освітленості робочої зони. Недостатнє освітлення спричиняє втому очей, помилки під час встановлення деталей, неправильне центрування дисків і підвищує ризик травмування. Для агрегатної дільниці приймаємо нормовану освітленість робочої поверхні E = 300 лк.

Потрібний світловий потік визначаємо методом коефіцієнта використання світлового потоку:

$$Ф = (E \cdot S \cdot K_з) / \eta,$$

де S = 36 м² - площа дільниці; $K_з$ = 1,5 – коефіцієнт запасу, що враховує забруднення світильників; η = 0,5 – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$Ф = (300 \cdot 36 \cdot 1,5) / 0,5 = 32400 \text{ лм}.$$

Приймаємо світлодіодні світильники зі світловим потоком одного світильника $Ф_л$ = 5000 лм. Необхідна кількість світильників:

$$N = Ф / Ф_л = 32400 / 5000 = 6,48.$$

Приймаємо 7 світлодіодних світильників загального освітлення. Додатково біля стенда необхідно передбачити місцеве освітлення переносним або шарнірним світильником безпечної напруги 12-36 В із захисною сіткою. Світильник має освітлювати зону встановлення пружин, важелів і кріпильних елементів без утворення різких тіней та засліплення працівника.

4.7. Електробезпека та пожежна безпека

Електробезпека в майстерні забезпечується справним станом електромережі, заземленням металевих корпусів обладнання, використанням захисних автоматів і пристроїв захисного вимкнення. Усі переносні електроприймачі повинні мати справну ізоляцію кабелів і штепсельні з’єднання без пошкоджень. Перед ремонтом стенда, вентилятора, свердлильного або заточувального верстата обладнання необхідно вимкнути та унеможливити його випадковий пуск.

Пожежна небезпека ремонтної майстерні пов’язана з наявністю мастильних матеріалів, ганчір’я, електрообладнання, зварювальних робіт і можливим використанням легкозаймистих очищувальних речовин. Мастила, розчинники та відпрацьоване ганчір’я потрібно зберігати окремо, у металевій тарі з кришками. У приміщенні забороняється палити, залишати відкриті ємності з пальним або мастилами, а також виконувати вогневі роботи без підготовки робочого місця.

Для майстерні площею 280 м² приймаємо первинні засоби пожежогасіння: два порошкові вогнегасники ВП-5 або ВП-6 у зоні ремонтних постів, один вуглекислотний вогнегасник ВВК-3 або ВВК-5 біля електрообладнання, пожежний щит із піском, лопатою та покривалом з негорючого матеріалу. Вогнегасники повинні розміщуватися на видимих і доступних місцях, проходи до них не дозволяється захаращувати деталями, шинами, тарою або запасними частинами.

4.8. Оцінка рівня виробничого ризику

Для якісної оцінки небезпеки під час роботи зі стендом використаємо матричний метод. Рівень ризику визначаємо за формулою:

$$R = P \cdot S,$$

де P – імовірність настання небезпечної події за п’ятибальною шкалою; S – тяжкість можливих наслідків за п’ятибальною шкалою.

Таблиця 4.2 – Оцінка ризиків під час роботи зі стендом

Операція	Небезпечна подія	P	S	R
Установлення муфти на стенд	Падіння вузла або защемлення рук	2	4	8
Стискання пружин	Різке вивільнення енергії пружин	2	5	10
Відкручування кріплень	Зрив ключа, травмування кисті	3	2	6
Очищення деталей	Потрапляння забруднень в очі або на шкіру	3	2	6
Робота з електроінструментом	Ураження струмом або травмування обертовим інструментом	2	4	8

Найбільший ризик пов’язаний зі стисканням пружин натискного механізму, тому саме ця операція повинна виконуватися тільки на справному стенді з надійним фіксатором і плавним приводом. Після впровадження стенда, інструктажу працівників, застосування ЗІЗ і контролю справності інструменту імовірність небезпечних подій зменшується. Приймаємо, що для основних операцій імовірність знижується до P = 1-2, а рівень ризику переходить у допустиму зону за умови постійного виробничого контролю.

Висновки по розділу

У розділі проаналізовано умови праці в машинно-ремонтній майстерні аграрного підприємства та визначено основні небезпечні фактори під час розбирання і збирання муфт зчеплення. Найбільш суттєвими є механічні небезпеки, пов’язані з масою деталей, пружними елементами натискного механізму, використанням ручного інструменту та можливістю защемлення рук.

Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів: допуск до роботи лише навчених працівників, використання спеціалізованого стенда, фіксація вузлів, застосування засобів індивідуального захисту, підтримання

порядку на робочому місці, контроль справності інструменту, організація вентиляції, освітлення, електробезпеки та пожежної безпеки.

Виконано розрахунок вентиляції агрегатної дільниці. Для приміщення площею 36 м² і висотою 3,5 м необхідна продуктивність вентиляції з урахуванням запасу становить близько 580 м³/год, тому прийнято вентилятор продуктивністю 600 м³/год. Розрахунок освітлення показав необхідність установлення 7 світлодіодних світильників загального освітлення зі світловим потоком 5000 лм кожний та додаткового місцевого світильника безпечної напруги біля стенда.

Реалізація зазначених заходів дозволить зменшити виробничий ризик, підвищити якість ремонту муфт зчеплення, скоротити втому працівників і забезпечити безпечну експлуатацію машинно-ремонтної майстерні в умовах сучасного аграрного підприємства.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

Метою техніко-економічного обґрунтування є визначення доцільності впровадження у машинно-ремонтній майстерні аграрного підприємства спеціалізованого стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення. Розробка такого стенда розглядається як складова удосконалення організації технічного сервісу машинно-тракторного парку, оскільки вона спрямована на зменшення трудомісткості розбирально-складальних операцій, скорочення простою техніки, підвищення якості ремонту та поліпшення умов праці ремонтного персоналу.

Економічна ефективність проєктного рішення визначається порівнянням базового варіанта, за якого розбирання і збирання муфт зчеплення виконуються на універсальному слюсарному робочому місці із застосуванням ручного інструменту, та проєктного варіанта, що передбачає використання спеціального стенда. У розрахунку враховуються прямі витрати праці, витрати на виготовлення стенда, експлуатаційні витрати, зменшення простоїв машин, а також зниження витрат, пов’язаних із повторними регулюваннями та можливим передаванням окремих робіт стороннім сервісним організаціям.

5.1. Вихідні дані для економічного розрахунку

Згідно з розрахунками першого розділу, проєктне підприємство має площу земель 1500 га та використовує сучасний машинно-тракторний парк, до складу якого входять трактори різних тягових класів, зернозбиральні комбайни, автомобілі, обприскувачі та комплекс ґрунтообробних і посівних машин.

Планова річна трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні становить 2420,4 люд.-год, а повна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту МТП з урахуванням щоденного обслуговування дорівнює 2684,6 люд.-год.

Річна трудомісткість робіт, пов’язаних із розбиранням, збиранням, дефектуванням і регулюванням муфт зчеплення, прийнята на рівні 40,8 люд.-год. Такий обсяг відповідає умовам господарства середнього розміру, у якому частина складних агрегатів обслуговується власними силами, а окремі операції можуть виконуватися спеціалізованими сервісними підприємствами.

Для розрахунку вартості робочого часу приймаємо тарифну ставку слюсаря-ремонтника 100 грн/год. Вона є вищою за мінімальну погодинну оплату праці, що відповідає кваліфікованому характеру ремонтних робіт. На фонд оплати праці нараховується єдиний соціальний внесок 22 %, а для врахування загальновиробничих витрат застосовується коефіцієнт 1,30. Тоді розрахункова вартість однієї людино-години ремонтних робіт становить:

$$C_{\text{люд.-год}} = 100 \cdot 1{,}22 \cdot 1{,}30 = 158.6 \text{ грн/люд.-год.}$$

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Площа земель підприємства	F	1500 га
Планова трудомісткість робіт майстерні	$T_{м.пл}$	2420,4 люд.-год
Повна трудомісткість ТО і ремонту МТП	$T_{повн}$	2684,6 люд.-год
Річна трудомісткість робіт із муфтами зчеплення	$T_{зч}$	40,8 люд.-год
Коефіцієнт зниження трудомісткості після впровадження стенда	$k_{зн}$	0,25
Розрахункова вартість людино-години	$C_{люд.-год}$	158.6 грн
Кількість ремонтів і регулювань муфт зчеплення за рік	n	10 од.
Питома вартість простою техніки	$C_{пр}$	520 грн/год

5.2. Розрахунок капітальних вкладень на виготовлення стенда

Проєктний стенд передбачається виготовити власними силами машинно-ремонтної майстерні з частковим використанням готових купованих вузлів. До складу стенда входять зварна рама, опорна плита, напрямні елементи, притискний або гідравлічний механізм, центрувальні оправки, фіксатори, захисний екран та робочі пристрої для безпечного стискання пружин муфти зчеплення. Такий підхід є доцільним для аграрного підприємства, оскільки дає

змогу пристосувати конструкцію до найбільш поширених муфт зчеплення парку машин та зменшити витрати порівняно з придбанням вузькоспеціалізованого промислового обладнання.

Капітальні вкладення визначаємо за складом витрат на матеріали, куповані вироби, механічну обробку, виготовлення і складання стенда, а також за накладними витратами. Розрахунок наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок капітальних вкладень на виготовлення стенда

Стаття витрат	Кількість або основа розрахунку	Сума, грн
Металопрокат, профільні труби, листова сталь	рама, плита, кронштейни	9200
Гідравлічний вузол, притискний механізм, силові елементи	1 комплект	7600
Оправки, напрямні, втулки, опорні та центрувальні елементи	1 комплект	5200
Підшипники, фіксатори, кріпильні вироби	1 комплект	2450
Захисний екран, фарба, ґрунт, попереджувальне маркування	1 комплект	2300
Токарні, свердлильні та фрезерні роботи	за технологічною потребою	6200
Оплата праці на виготовлення і складання	46 год · 100 грн/год	4600
Єдиний соціальний внесок на оплату праці	4600 · 0,22	1012
Електроенергія, зварювальні матеріали, абразиви	укрупнено	690
Накладні та організаційні витрати	укрупнено	4648
Разом капітальні вкладення	К	43900

Отже, загальна величина капітальних вкладень на виготовлення і впровадження стенда становить:

$$К = 43900 \text{ грн.}$$

У цю суму включено витрати на матеріали, комплектуючі, виготовлення окремих деталей, складання, фарбування, нанесення попереджувальних написів і підготовку стенда до експлуатації. Витрати на розроблення конструкторської документації в навчальному проєкті окремо не капіталізуються, оскільки вони виконуються у межах кваліфікаційної роботи.

5.3. Визначення економії трудових витрат

У базовому варіанті розбирання і збирання муфти зчеплення виконується на звичайному слюсарному посту. Працівник витрачає додатковий час на закріплення вузла, утримання деталей, стискання пружин, центрування веденого диска, перевірку положення натискного диска і повторні регулювання. Використання спеціалізованого стенда дає змогу механізувати найбільш незручні операції та виконувати їх у контрольованому положенні.

Очікуване зниження трудомісткості приймаємо на рівні 25 %. Тоді річна економія робочого часу становить:

$$\Delta T = T_{зч} \cdot k_{зн} = 40{,}8 \cdot 0{,}25 = 10.2 \text{ люд.-год.}$$

Грошова оцінка прямої економії праці визначається множенням заощадженого часу на розрахункову вартість людино-години:

$$E_{п} = \Delta T \cdot C_{люд.-год} = 10.2 \cdot 158.6 = 1618 \text{ грн/рік.}$$

Пряма економія робочого часу не є єдиним результатом застосування стенда. Для аграрного підприємства особливо важливим є скорочення простою тракторів і самохідних машин у періоди напружених польових робіт. Навіть незначне зменшення тривалості ремонту у сезон може мати помітний економічний результат, оскільки техніка використовується у короткі агротехнічні строки.

За рік приймаємо 10 ремонтів і регулювань муфт зчеплення. Завдяки стенду тривалість простою машин скорочується орієнтовно на 18 год/рік. За питомої вартості простою 520 грн/год річний ефект від скорочення простою дорівнює:

$$E_{пр} = 18 \cdot 520 = 9360 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 5.3 – Економія трудових витрат

Складова економічного результату	Розрахунок	Сума, грн/рік
Економія робочого часу ремонтного персоналу	10.2 год · 158.6 грн/год	1618
Зменшення простою техніки під час ремонту	18 год · 520 грн/год	9360
Зменшення витрат на повторні регулювання, пошкоджені кріпильні елементи та дрібні матеріали	укрупнено за рік	2500
Зменшення потреби у сторонньому сервісі для нескладних робіт із муфтами зчеплення	2 операції · 3500 грн	7000
Разом валовий економічний результат	Евал	20478

5.4. Розрахунок експлуатаційних витрат на використання стенда

Під час експлуатації стенда виникають поточні витрати, пов’язані з періодичним оглядом, мастилом різьбових і шарнірних з’єднань, заміною дрібних елементів, підтриманням справного стану гідравлічного або притискного механізму, а також незначним споживанням електроенергії під час допоміжних операцій у майстерні. Поточні витрати приймаємо у розмірі 4 % від капітальних вкладень, а витрати електроенергії – 120 кВт·год на рік за розрахунковою ціною 8 грн/кВт·год.

Витрати на технічне обслуговування стенда: $C_{т.о} = 0{,}04 \cdot 43900 = 1756$ грн/рік.

Витрати електроенергії та допоміжних матеріалів: $C_{е} = 120 \cdot 8 = 960$ грн/рік.

Загальні річні експлуатаційні витрати: $C_{експ} = 1756 + 960 = 2716$ грн/рік.

Амортизаційні відрахування для оцінки собівартості приймаємо за прямолінійним методом. Нормативний строк використання стенда – 7 років. Тоді річна сума амортизації дорівнює:

$$A = К / 7 = 43900 / 7 = 6271 \text{ грн/рік.}$$

Амортизація відображає перенесення вартості стенда на продукцію ремонтної майстерні, однак для розрахунку простого строку окупності як

грошового показника основним є чистий річний ефект після вирахування поточних експлуатаційних витрат.

5.5. Розрахунок річного економічного ефекту та строку окупності

Чистий річний економічний ефект визначаємо як різницю між валовим економічним результатом і поточними витратами на експлуатацію стенда:

$$Еч = Евал − Сексп = 20478 − 2716 = 17762 \text{ грн/рік.}$$

Простий строк окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$Ток = К / Еч.$$

$$Ток = 43900 / 17762 = 2.47 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень становить:

$$Ек = Еч / К = 17762 / 43900 = 0.405.$$

Рентабельність проєктного рішення визначається як відношення чистого річного ефекту до капітальних вкладень:

$$R = E_ч / К \cdot 100 = 40.5\ \%.$$

Додатково оцінимо ефективність за дисконтованим підходом. Як розрахункову ставку дисконту приймаємо 15 %, що відповідає орієнтовній вартості капіталу та рівню ризику для інвестицій у виробниче обладнання. За строку розрахунку 5 років поточна вартість майбутніх ефектів становить:

$$PV = Еч \cdot Σ[1/(1+0,15)^t] = 17762 \cdot 3.352 = 59540 \text{ грн.}$$

$$NPV = PV − K = 59540 − 43900 = 15640 \text{ грн.}$$

Індекс прибутковості: $PI = PV / K = 1.36$.

Таблиця 5.4 – Річний економічний ефект та строк окупності

Показник	Позначення	Значення
Капітальні вкладення	К	43900 грн
Валовий річний економічний результат	$Е_{вал}$	20478 грн/рік
Річні експлуатаційні витрати	$С_{експ}$	2716 грн/рік
Чистий річний економічний ефект	$Е_ч$	17762 грн/рік

Продовження таблиці 5.4

Простий строк окупності	$T_{ок}$	2,47 року
Коефіцієнт економічної ефективності	$E_к$	0,405
Рентабельність капітальних вкладень	R	40,5 %
Чиста поточна вартість за 5 років	NPV	15640 грн
Індекс прибутковості	PI	1,36

Отримані результати свідчать, що впровадження стенда є економічно доцільним. Простий строк окупності становить близько 2,5 року, що є прийнятним для допоміжного ремонтного обладнання машинно-ремонтної майстерні. Додатне значення NPV підтверджує, що протягом п’ятирічного періоду експлуатації стенд не лише компенсує початкові вкладення, а й формує додатковий економічний результат.

5.6. Вплив проєктного рішення на собівартість ремонту муфти зчеплення

Для більш наочного оцінювання ефективності розглянемо зміну умовної собівартості одного ремонту або регулювання муфти зчеплення. У базовому варіанті середня трудомісткість операції становить 4,08 люд.-год. Після застосування стенда вона зменшується на 25 %, тобто до 3,06 люд.-год. Крім того, скорочуються втрати від простою техніки, зменшується ймовірність пошкодження кріпильних елементів, пружин і дисків під час розбирання, а також зменшується потреба у сторонньому сервісі.

Таблиця 5.5 – Собівартість ремонтних робіт

Стаття витрат на одну операцію	Базовий варіант, грн	Проєктний варіант, грн	Зміна, грн
Оплата праці з нарахуваннями та накладними витратами	647	485	162
Втрати від простою машини	1560	624	936
Дрібні матеріали, кріплення, витратні елементи	900	650	250
Разом умовна собівартість операції	3107	1759	1348

За результатами розрахунку умовна собівартість однієї операції з ремонту або регулювання муфти зчеплення зменшується приблизно на 1348 грн. За 10 операцій на рік це формує суттєву частину загального економічного результату. Важливо, що найбільший ефект забезпечується не лише за рахунок зменшення оплати праці, а й завдяки скороченню простою техніки та підвищенню якості складання.

5.7. Організаційно-виробничі переваги впровадження стенда

Крім прямих економічних показників, стенд має організаційне значення для роботи машинно-ремонтної майстерні. Він дозволяє виділити операції з муфтами зчеплення в окрему технологічно впорядковану групу робіт, скоротити час підготовки робочого місця, підвищити повторюваність операцій та полегшити контроль якості. Для підприємства з сучасним парком машин це особливо важливо, оскільки вартість простою енергонасиченої техніки значно вища, ніж вартість простою застарілих тракторів малої потужності.

Проєктне рішення також поліпшує умови праці слюсарів. Під час ручного розбирання муфт зчеплення працівник змушений утримувати важкі деталі в незручному положенні та виконувати стискання пружин за допомогою пристроїв, не завжди призначених для таких операцій. Стенд забезпечує фіксоване положення вузла, зменшує ризик раптового вивільнення пружних елементів, підвищує безпеку та знижує фізичне навантаження. Це опосередковано впливає на економічні результати через зменшення ймовірності травм, браку та повторних операцій.

Впровадження стенда не потребує збільшення чисельності ремонтного персоналу. Його можна розмістити на агрегатній дільниці майстерні площею близько 440 м², розрахованій у першому розділі. Для обслуговування стенда достатньо одного слюсаря-ремонтника, який пройшов інструктаж і має навички виконання розбирально-складальних робіт. Тому проєктне рішення добре узгоджується з прийнятою організацією технічного сервісу підприємства.

Висновки по розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування впровадження стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення у машинно-ремонтній майстерні аграрного підприємства площею 1500 га. Встановлено, що капітальні вкладення на виготовлення стенда становлять 43900 грн. До цієї суми входять витрати на метал, гідравлічні та притискні елементи, механічну обробку, кріплення, захисні пристрої, оплату праці та накладні витрати.

Очікуване зниження трудомісткості робіт із муфтами зчеплення становить 25 %, що забезпечує економію 10,2 люд.-год на рік. Разом із скороченням простою техніки, зменшенням витрат на повторні регулювання та зниженням потреби у сторонньому сервісі валовий економічний результат становить 20478 грн/рік. Після вирахування поточних експлуатаційних витрат чистий річний економічний ефект дорівнює 17762 грн/рік.

Простий строк окупності проєктного рішення становить 2,47 року, рентабельність капітальних вкладень – 40,5 %, а чиста поточна вартість за п’ятирічний період є додатною і становить 15640 грн. Отже, впровадження стенда є економічно доцільним, а його використання сприятиме підвищенню ефективності технічного сервісу, зменшенню простою машин, покращенню якості ремонту та підвищенню безпеки праці у майстерні.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства з розробкою стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення. Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення високої технічної готовності тракторів, комбайнів, автомобілів і сільськогосподарських машин, які працюють в умовах значних навантажень, сезонної інтенсивності та обмежених строків виконання польових робіт.

У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні аграрного підприємства площею 1500 га, розташованого в зоні Полісся. Для підприємства підібрано сучасний склад машинно-тракторного парку, визначено річну трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт, яка становить близько 2368 люд.-год, а з урахуванням щоденного обслуговування — близько 2701 люд.-год. Обґрунтовано потребу у двох виробничих робітниках, двох ремонтних постах та майстерні площею близько 280 м².

У роботі проаналізовано причини виходу з ладу муфт зчеплення. Встановлено, що основними несправностями є зношування фрикційних накладок, пробуксовування, неповне вимикання, деформація натискного диска, пошкодження пружин, спрацювання вижимного підшипника, порушення регулювання приводу та забруднення робочих поверхонь мастильними матеріалами. Основними причинами таких відмов є природне спрацювання деталей, перевантаження машин, порушення правил експлуатації, несвоєчасне технічне обслуговування та використання неякісних запасних частин.

Обґрунтовано необхідність застосування спеціального стенда для розбирання та збирання муфт зчеплення, оскільки виконання цих операцій вручну є трудомістким, небезпечним і не завжди забезпечує потрібну точність складання. Запропонований стенд дає змогу надійно фіксувати вузол, безпечно стискати пружини, забезпечувати зручний доступ до деталей, зменшувати фізичне навантаження на слюсаря та підвищувати якість ремонтних операцій.

У розділі з охорони праці визначено небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонту муфт зчеплення, зокрема небезпеку затискання рук, дію рухомих частин, електронебезпеку, шум, недостатнє освітлення, забруднення повітря та ризик пожежі. Запропоновано заходи щодо безпечної організації робочого місця, використання засобів індивідуального захисту, забезпечення вентиляції, освітлення, пожежної та електричної безпеки.

У техніко-економічному обґрунтуванні підтверджено доцільність впровадження розробленого стенда у виробничий процес машинно-ремонтної майстерні. Його використання дозволяє зменшити трудомісткість ремонтних робіт, скоротити простої техніки, підвищити продуктивність праці слюсарів, покращити якість ремонту та знизити витрати на повторне розбирання вузлів.

Отже, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута. Розроблене технічне рішення сприятиме підвищенню ефективності технічного сервісу, покращенню якості ремонту муфт зчеплення, зниженню трудомісткості ремонтних операцій і забезпеченню надійної роботи машинно-тракторного парку аграрного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

2. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.

3. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.

4. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів : підручник. Київ : Вища школа, 1994.

5. Надикто В. Т., Кюрчев В. М., Кувачов В. П. Використання техніки в агропромисловому комплексі : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 268 с.

6. Марченко Д. Д. Ремонт машин та обладнання : курс лекцій для здобувачів першого рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія». Миколаїв : МНАУ, 2024. 118 с.

7. Лимар О. О. Експлуатація та технічний сервіс техніки в АПК. Частина 2 : курс лекцій. Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2022. 120 с.

8. Красота М. В., Бевз О. В., Шепеленко І. В., Осін Р. А., Красота Г. С. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі. Практичні роботи : методичні вказівки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024.

9. Красота М. В., Бевз О. В., Шепеленко І. В., Осін Р. А., Красота Г. С. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі. Лабораторні роботи : методичні вказівки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024.

10. Використання техніки в АПК. Частина 1 : курс лекцій для здобувачів другого рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія». Миколаїв : МНАУ, 2024.

11. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г. та ін. Конструкції і розрахунки машин та апаратів переробних виробництв : підручник. Мелітополь : ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2021.

12. Дідур В. А., Савченко О. Д., Журавель Д. П., Мовчан С. І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2008.

13. Куценко Ю. М., Яковлєв В. Ф. Монтаж електрообладнання і систем керування : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2009. 348 с.

14. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. Поточна редакція від 12.09.2025.

15. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві : наказ Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240.

16. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : наказ МНС України від 09.07.2012 № 964. Поточна редакція від 08.04.2025.

17. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. Поточна редакція від 27.02.2026.

18. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці : наказ Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15.

19. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

20. Van Loon J., Flores Rojas M. Training of Trainers Manual on the Operation, Maintenance and Repair of Farm Machinery. Rome : FAO, 2022. ISBN 978-92-5-136071-2.

21. FAO. Mechanization for Rural Development: Issues and Patterns in Agricultural Mechanization — A Review. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

22. FAO. Testing and Evaluation of Agricultural Machinery and Equipment: Principles and Practices. FAO Agricultural Services Bulletin. Rome : FAO, 1994.

23. ASABE. ASAE D497.7 (R2025). Agricultural Machinery Management Data. St. Joseph, Michigan : American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2011; reaffirmed 2025.

24. ISO. ISO 12100:2010. Safety of Machinery — General Principles for Design — Risk Assessment and Risk Reduction. Geneva : International Organization for Standardization, 2010.

25. ISO. ISO 4413:2010. Hydraulic Fluid Power — General Rules and Safety Requirements for Systems and Their Components. Geneva : International Organization for Standardization, 2010.

26. Deere & Company. Tractors 6110M, 6120M, 6130M and 6145M. Operator’s Manual. Moline : Deere & Company, 2020.

27. Deere & Company. 5055E, 5065E and 5075E Tractors. Operator’s Manual. Moline : Deere & Company, 2021.

28. Deere & Company. 5065M, 5075M, 5085M, 5095M, 5095MH and 5105M Tractors. Operator’s Manual. Moline : Deere & Company.

29. Case IH. Farmall JX Series Tractors. Product and Technical Brochure. CNH Industrial.

30. Kuvachov V., Kiurchev S., Nurek T., Chorna T. et al. Scientific Bases of Increase Movement Smoothness of the Machine-Tractor Units on Base of Modular Power Means : monograph. Warsaw : Warsaw University of Life Sciences Press, 2021.