

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Іванченко В'ячеслав Васильович

УДК 631.3.004.67:621.833

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Організація роботи відділення МРМ з розробкою стенду для
ремонту коробок передач**

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 _____ Іванченко В.В.

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Іванченко В'ячеслав Васильович. Організація роботи відділення МРМ з розробкою стенду для ремонту коробок передач. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У роботі розглянуто організацію роботи агрегатного відділення, призначеного для ремонту вузлів і агрегатів трансмісії тракторів, автомобілів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки. Обґрунтовано необхідність використання спеціалізованого стенду для ремонту коробок передач, що забезпечує надійне закріплення агрегату, зручний доступ до деталей, можливість зміни його положення та зменшення фізичного навантаження на ремонтника. У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні та агрегатного відділення. Визначено річну програму технічних обслуговувань і ремонтів, трудомісткість робіт, кількість працівників, необхідну площу та підібрано технологічне обладнання. Для агрегатного відділення прийнято площу 72 м², що забезпечує раціональне розміщення основного ремонтного обладнання. У конструктивній частині проєкту проаналізовано існуючі технічні рішення та обґрунтовано конструкцію стенду для ремонту коробок передач. Виконано розрахунки основних елементів: гвинтового механізму, рукоятки, фундаментних болтів, стійки та болтових з'єднань. Окремо розглянуто питання охорони праці в агрегатному відділенні, зокрема вимоги до організації робочих місць, освітлення, вентиляції, електробезпеки, пожежної безпеки, вантажопідіймального обладнання та засобів індивідуального захисту. В економічному розділі доведено доцільність упровадження розробленого стенду. Річний економічний ефект становить 43876 грн, строк окупності – 0,72 року, або близько 9 місяців. Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованого рішення в ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств для підвищення якості ремонту, зниження трудомісткості робіт і скорочення простоїв техніки.

Ключові слова: машинно-ремонтна майстерня, агрегатне відділення, коробка передач, ремонт, технічне обслуговування, стенд.

ANNOTATION

Vyacheslav Vasilyevich Ivanchenko. Organisation of the work of the MRW department regarding the design of a workbench for gearbox repairs. – Qualification work on the rights of the manuscript.

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

This paper examines the organisation of a workshop specialising in the repair of transmission components and assemblies for tractors, motor vehicles, combine harvesters and other agricultural machinery. The necessity of using a specialised bench for gearbox repairs is justified; this ensures secure clamping of the unit, convenient access to parts, the ability to adjust its position, and a reduction in the physical strain on the repair technician. The first chapter presents calculations of the parameters for the machine repair workshop and the assembly department. The annual programme of maintenance and repairs, the labour intensity of the work, the number of employees, and the required floor space have been determined, and the necessary technological equipment has been selected. An area of 72 m² has been allocated for the assembly department, ensuring the rational placement of the main repair equipment. The design section of the project analyses existing technical solutions and justifies the design of a test bench for gearbox repairs. Calculations have been performed for the main components: the screw mechanism, the handle, the foundation bolts, the stand and the bolted connections. The issue of occupational health and safety in the assembly department is considered separately, in particular the requirements for the organisation of workstations, lighting, ventilation, electrical safety, fire safety, lifting equipment and personal protective equipment. The economic section demonstrates the feasibility of implementing the developed stand. The annual economic benefit amounts to 43,876 UAH, with a payback period of 0.72 years, or approximately 9 months. The practical significance of the work lies in the possibility of using the proposed solution in the repair workshops of agricultural enterprises to improve the quality of repairs, reduce labour intensity and minimise equipment downtime.

Keywords: machine repair workshop, unit department, gearbox, repair, maintenance, test bench.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ТА АГРЕГАТНОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	10
Висновки і рекомендації.....	19
РОЗДІЛ 2. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	20
2.1. Загальні положення з охорони праці в агрегатному відділенні.....	20
2.2. Характеристика умов праці та зонування приміщення.....	21
2.3. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	22
2.4. Вимоги безпеки до організації робочих місць.....	23
2.5. Розрахунок штучного освітлення агрегатного відділення.....	24
2.6. Розрахунок вентиляції агрегатного відділення.....	25
2.7. Вимоги до мікроклімату і санітарного стану приміщення.....	26
2.8. Електробезпека в агрегатному відділенні.....	27
2.9. Безпека під час роботи зі стендом для ремонту коробок передач.....	27
2.10. Безпека під час розбирання, дефектації та складання коробок передач....	28
2.11. Безпека під час використання вантажопідіймального обладнання.....	29
2.12. Пожежна безпека агрегатного відділення.....	29
2.13. Засоби індивідуального захисту працівників.....	30
2.14. Інструктажі, навчання та допуск до роботи.....	34
2.15. Дії працівників у разі аварійної ситуації.....	31
Висновки до розділу.....	32
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ РЕМОНТНИХ ОПЕРАЦІЙ В АГРЕГАТНОМУ ВІДДІЛЕННІ.....	34
3.1 Огляд існуючих технічних рішень та вибір раціональної конструкції пристрою.....	34

3.2. Призначення, конструктивна будова, принцип роботи пристрою та його кінематична схема.....	40
3.3. Розрахунок з'єднання гвинт-гайка з тертям ковзання.....	42
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	52
4.1. Мета економічного обґрунтування.....	52
4.2. Вихідні дані для економічного розрахунку.....	53
4.3. Розрахунок трудомісткості ремонтних робіт.....	53
4.4. Розрахунок вартості однієї людино-години ремонтних робіт.....	55
4.5. Економія заробітної плати за рахунок зменшення трудомісткості.....	55
4.6. Розрахунок витрат на виготовлення стенду.....	56
4.7. Розрахунок економії від скорочення простою техніки.....	57
4.8. Економія від зменшення допоміжних операцій.....	57
4.9. Загальна річна економія від впровадження стенду.....	58
4.10. Розрахунок річних експлуатаційних витрат на стенд.....	58
4.11. Розрахунок річного економічного ефекту.....	59
4.12. Визначення строку окупності стенду.....	69
4.13. Розрахунок коефіцієнта економічної ефективності.....	60
4.14. Порівняння показників до і після впровадження стенду.....	60
4.15. Додаткові економічні та виробничі переваги проєктного рішення.....	61
Висновки до розділу.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується широким використанням енергонасиченої, високопродуктивної та конструктивно складної техніки. До складу машинно-тракторного парку аграрних підприємств входять трактори, вантажні автомобілі, комбайни, самохідні шасі, ґрунтообробні, посівні, збиральні та транспортні агрегати. Ефективність їх використання значною мірою залежить від технічного стану машин, своєчасності проведення технічного обслуговування та якості виконання ремонтних робіт.

Одним із важливих структурних підрозділів ремонтної бази сільськогосподарського підприємства є машинно-ремонтна майстерня. Саме в ній виконуються основні роботи з технічного обслуговування, діагностування, розбирання, дефектування, ремонту, складання та регулювання вузлів і агрегатів машин. Особливе місце у структурі майстерні займає агрегатне відділення, у якому здійснюється ремонт коробок передач, редукторів, мостів, зчеплень, карданних передач та інших складальних одиниць трансмісії.

Коробка передач є одним із найвідповідальніших агрегатів автомобілів, тракторів та іншої мобільної техніки. Вона забезпечує зміну крутного моменту, швидкості руху машини, напрямку руху, а також передачу потужності від двигуна до ведучих коліс або робочих органів. Під час експлуатації коробка передач працює в умовах значних динамічних навантажень, змінних режимів, вібрацій, нагрівання та впливу мастильних матеріалів. Унаслідок цього зношуються зубчасті колеса, підшипники, шліцьові з'єднання, синхронізатори, вали, ущільнення та корпусні елементи.

Несвоєчасне або неякісне виконання ремонту коробки передач може призвести до погіршення роботи всієї машини, збільшення витрати пального, зниження продуктивності, виникнення аварійних відмов і збільшення простоїв техніки.

Для сільськогосподарського підприємства це особливо небезпечно, оскільки основні польові роботи виконуються в обмежені агротехнічні строки. Затримка ремонту техніки в період сівби, догляду за посівами або збирання врожаю може спричинити значні економічні втрати.

Традиційне виконання ремонтних операцій із коробками передач часто супроводжується значною трудомісткістю. Агрегати мають велику масу, складну форму та потребують надійного закріплення під час розбирання і складання. За відсутності спеціального обладнання ремонтники змушені використовувати верстаки, підставки, підкладки або допоміжні пристрої, що не завжди забезпечують достатню зручність, безпечність і точність виконання робіт. Це підвищує фізичне навантаження на працівників, збільшує тривалість ремонту та створює ризик пошкодження деталей або травмування персоналу.

У зв'язку з цим актуальним завданням є удосконалення організації роботи агрегатного відділення машинно-ремонтної майстерні та впровадження спеціалізованого технологічного обладнання. Одним із таких засобів є стенд для ремонту коробок передач, який дає змогу надійно закріплювати агрегат, змінювати його положення в процесі роботи, забезпечувати зручний доступ до окремих вузлів і зменшувати трудомісткість ремонтних операцій.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності роботи агрегатного відділення машинно-ремонтної майстерні шляхом раціональної організації виробничого процесу та розробки стенду для ремонту коробок передач. Використання такого пристрою дозволяє покращити умови праці ремонтників, підвищити продуктивність, зменшити тривалість ремонту та забезпечити якісніше виконання розбирально-складальних операцій.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення організації роботи агрегатного відділення машинно-ремонтної майстерні шляхом обґрунтування його основних параметрів і розробки конструкції стенду для ремонту коробок передач.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати призначення та особливості роботи агрегатного відділення машинно-ремонтної майстерні;
- визначити обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт і трудомісткість виробничого процесу;
- обґрунтувати необхідну площу агрегатного відділення та раціональне розміщення робочих місць;
- підібрати основне технологічне обладнання, інструмент і пристосування для виконання ремонту агрегатів;
- проаналізувати існуючі конструкції стендів для розбирання і складання коробок передач;
- обґрунтувати вибір конструктивної схеми стенду для ремонту коробок передач;
- виконати необхідні конструктивні та перевірні розрахунки елементів стенду;
- розробити заходи з охорони праці під час роботи в агрегатному відділенні;
- визначити економічну доцільність упровадження запропонованого проектного рішення.

Об'єктом дослідження є технологічний процес ремонту агрегатів трансмісії в умовах машинно-ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства.

Предметом дослідження є організація роботи агрегатного відділення та конструктивно-технологічні параметри стенду для ремонту коробок передач.

Під час виконання кваліфікаційної роботи використано методи аналізу виробничих процесів, порівняння конструкцій-аналогів, розрахунку трудомісткості ремонтних робіт, визначення площі виробничих приміщень, підбору технологічного обладнання, а також методи інженерного розрахунку деталей і вузлів стенду.

:

1. Куликівський В., Іванченко В., Кальник О. Використання цифрових двійників для моніторингу стану машин. Збірник тез 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. 136-139.

2. Боровський В. М., Красіцький Д. Р., Іванченко В. В., Данилюк Н. О., Леонець О. А. Трансформація технічного сервісу машинно-тракторного парку під впливом цифровізації сільського господарства. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 119-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 19-20 лют. 2026 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2026. С. 111-114.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована організація агрегатного відділення та розроблений стенд для ремонту коробок передач можуть бути використані в умовах машинно-ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства. Впровадження проектного рішення сприятиме зменшенню трудомісткості ремонту, підвищенню безпеки праці, покращенню якості ремонтних операцій і скороченню простоїв техніки.

Отже, тема кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки спрямована на вирішення важливого практичного завдання – підвищення ефективності технічного сервісу сільськогосподарської техніки за рахунок раціональної організації агрегатного відділення та застосування спеціалізованого стенду для ремонту коробок передач.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 33 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 67 сторінок комп'ютерного тексту, містить 6 рисунків, 23 таблиці та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ТА АГРЕГАТНОГО ВІДДІЛЕННЯ

Для кваліфікаційної роботи на тему «Організація роботи агрегатного відділення машинно-ремонтної майстерні з розробкою стенду для ремонту коробок передач» прийнято типовий парк середнього фермерського господарства: 5 тракторів, 3 зернозбиральні комбайни та 4 одиниці причіпного/навісного обладнання. Як репрезентативні аналоги сучасної техніки взято трактори рівня 95–135 к.с. серії 6В від та зернозбиральні комбайни рівня 258–340 к.с. класу CX5/CX6 від ; для уніфікації планування ТО прийнято сервісні цикли 250/500 мотогодин, що узгоджується з офіційними сервісними картами для тракторів 6В та комбайнів S700, де базовий інтервал становить 500 годин або раз на рік, а за важчих умов – 250 годин. [1]

Розрахунок показав річну програму 53 нарядів на ТО та поточні ремонти, сумарну річну трудомісткість 1656,7 люд.-год, потребу в 2 виробничих працівниках, а також мінімальну планувальну потребу майстерні близько 100 м²; для практичного компонування доцільно прийняти будівлю 12 × 9 м, тобто 108 м². Агрегатне відділення рекомендується формувати як універсальну ремонтно-монтажну дільницю площею 72 м² із мийно-дефектувальною зоною, складом запасних частин, місцем зберігання відремонтованих вузлів та окремим стендом для ремонту коробок передач. [2]

За орієнтовною калькуляцією капітальні витрати на оснащення й запуск дільниці становлять 144,8 тис. грн, прямі річні експлуатаційні витрати – близько 47,2 тис. грн, а повні експлуатаційні витрати з урахуванням двох працівників – близько 574,3 тис. грн за рік.

Внутрішнє завантаження спеціалізованого стенду для коробок передач у межах лише власного парку є невисоким – приблизно 72 год/рік, тому з виробничо-економічної точки зору стенд доцільно робити універсальним і

використовувати також для ремонту головних передач, редукторів та агрегатів машин сусідніх господарств [3].

Нормативну основу розділу формують чинні правила технічної експлуатації машин, правила охорони праці, будівельні та електротехнічні норми, а також стандарти з ремонтпридатності й безпечності обслуговування. Базовим галузевим документом для організації ТО і ремонту є Правила технічної експлуатації тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських та інших машин, затверджені наказом Мінагрополітики № 173; саме вони задають загальний порядок технічної експлуатації, обслуговування і ремонту машин. Для безпеки експлуатації важливими є Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві та Правила охорони праці у агропромисловому комплексі, де прямо вимагається виконувати роботи відповідно до експлуатаційної документації, а небезпечні рухомі та обертові елементи огорожувати захисними кожухами. [4]

У частині стандартизації доцільно спиратися на ДСТУ 4748:2007, який встановлює методи оцінювання пристосованості сільськогосподарської техніки до технічного обслуговування, а також на ДСТУ ISO 4254-1:2012, де серед іншого регламентовано загальні вимоги безпеки до обслуговування, ремонту та переміщення елементів машин. Для управління технічним обслуговуванням як процесом корисним також є ДСТУ EN 16246:2016 із загальною рамкою maintenance у системі управління фізичними активами. Повні тексти цих стандартів є комерційними, тому в роботі використано їх офіційні анотації та назви з національних каталогів стандартів [5].

Для планувальних і технологічних розрахунків застосовано галузеві методики курсового і дипломного проектування ремонтних майстерень аграрного профілю. Методичні матеріали наводять коефіцієнти, що враховують робочі зони та проходи, орієнтовну номенклатуру робочих місць, а також рекомендують суміщення функцій у менших майстернях. Навчальні матеріали дають орієнтовні трудомісткості ТО тракторів і комбайнів, що придатно для

укрупненого розрахунку змішаного парку за відсутності заводських норм часу для кожної конкретної марки. [6]

Для вимог до мікроклімату, вентиляції, освітлення й електроживлення в роботі прийнято відсилання до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів і Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. У частині екології ключовим є Закон України «Про управління відходами», а відпрацьовані мастила та оливи законодавчо віднесено до небезпечних відходів. [7]

Оскільки конкретний парк у завданні не задано, для розрахунку прийнято типовий набір техніки середнього фермерського господарства: 5 колісних тракторів, 3 зернозбиральні комбайни та 4 одиниці причіпного/навісного обладнання. За рівнем сучасності та ремонтної складності це відповідає поєднанню універсально-просапних тракторів класу 95–135 к.с., важчих польових тракторів до 200+ к.с. та зернозбиральних машин із двигунами 258–340 к.с. і бункерами 8,3–10,6 м³. Для сервісного планування важливо, що в сучасних офіційних регламентах для тракторів і комбайнів масового сегмента базовий інтервал заміни моторної оливи становить 500 годин або раз на рік, а за недотримання умов подовженого ресурсу – 250 годин [9].

Для курсового розрахунку приймаються такі експлуатаційні припущення: трактори працюють у середньому 1200 мотогодин на рік на машину, комбайни – 450 мотогодин на рік на машину; до складу причіпного/навісного обладнання входять 2 причепа, 1 культиватор і 1 зернова сівалка. Щозмінне обслуговування в річну програму майстерні не включається, оскільки воно виконується механізатором на машині; у майстерню включаються номерні ТО, сезонні операції, поточні ремонти, усунення відмов і допоміжні роботи. Такий підхід відповідає навчально-галузевій методиці розрахунку ремонтних майстерень [10].

Таблиця 1.1 – Парк техніки та річні наряди ТО/ремонтів

Група машин	Кількість, шт.	Прийнятий річний наробіток, мотогод/шт	Річний наробіток групи	ТО-1, шт/рік	ТО-2, шт/рік	СТО, шт/рік	ПР, шт/рік
Трактори	5	1200	6000 мото-год	12	12	10	2
Комбайни зернозбиральні	3	450	1350 мото-год	3	3	3	2
Причепи та навісні машини	4	сезонна робота	–	–	–	4	2
Разом	12	–	–	15	15	17	6

Для таблиці 1 прийнято інтервали $L_{TO1} = 250$ год і $L_{TO2} = 500$ год для самохідних машин. Сезонне ТО для тракторів прийнято двічі на рік, для комбайнів – один раз як післясезонне обслуговування з консервацією, для простих машин – один раз на рік. Поточні ремонти прийняті укрупнено: 2 для тракторів, 2 для комбайнів і 2 для причіпних/навісних машин. Така схема є консервативною і придатна для проектного розрахунку за відсутності індивідуальної історії відмов. [11]

Розрахунок програми технічних обслуговувань і ремонтів

Для самохідних машин річну кількість номерних технічних обслуговувань визначаємо за класичними співвідношеннями:

$$N_{TO2} = \frac{W_p}{L_{TO2}}, \quad N_{TO1} = \frac{W_p}{L_{TO1}} - N_{TO2}, \quad (1.1)$$

де W_p – річний наробіток групи машин, мотогод; L_{TO1} і L_{TO2} – періодичність першого і другого номерного ТО. Для тракторів приймаємо $L_{TO1} = 250$ год, $L_{TO2} = 500$ год, а для комбайнів – те саме як уніфікований сервісний цикл, сумісний з сучасними заводськими регламентами 500 год/рік і проектною консервативною поправкою до 250 год. [12]

Для тракторів за $W_p = 6000$ мотогод одержуємо:

$$N_{TO2,tr} = \frac{6000}{500} = 12, \quad N_{TO1,tr} = \frac{6000}{250} - 12 = 12.$$

Сезонні обслуговування приймаємо як $N_{\text{СТО},tr} = 2 \cdot 5 = 10$. Для комбайнів за $W_p = 1350$ мотогод:

$$N_{\text{ТО}2,k} = \frac{1350}{500} = 2,7 \approx 3, \quad N_{\text{ТО}1,k} = \frac{1350}{250} - 2,7 = 2,7 \approx 3.$$

Післясезонне обслуговування для 3 комбайнів приймаємо в кількості 3 операції на рік. Для чотирьох простих машин прийнято 4 сезонні обслуговування та 2 поточні ремонти [12].

Укрупнений річний обсяг поточних ремонтів для малого парку доцільно приймати не через детальний розрахунок міжремонтного напрацювання в умовних еталонних гектарах, а через планові наряди, сумісні з реальною організацією фермерської майстерні. Це пов'язано з тим, що номенклатура повністю спеціалізованих робочих місць, наведена в методиках для майстерень на 25 тракторів і більше, для парку у 5 тракторів економічно не виправдана, а робочі місця поєднуються. Саме тому тут застосовано комбіновану модель: формальна програма ТО розрахована від наробітку, а ПР – укрупнено по нарядах [13].

Орієнтовні норми трудомісткості ТО для тракторів і комбайнів взято з навчально-галузових таблиць. Для тракторів модельний діапазон норм такий: для МТЗ-80/82 – ТО-1 1,6 люд.-год, ТО-2 6,1 люд.-год, СТО 10 люд.-год; для ХТЗ-17221 – 1,0; 4,23; 15 люд.-год; для Т-150К – 0,65; 4,3; 6,6 люд.-год. Для змішаного парку 5 тракторів прийнято усереднені норми $t_{\text{ТО}1} = 1,24$, $t_{\text{ТО}2} = 4,98$, $t_{\text{СТО}} = 10,7$ люд.-год на один наряд. Для зернозбиральних комбайнів прийнято нормативи $t_{\text{ТО}1} = 0,60$, $t_{\text{ТО}2} = 1,73$, $t_{\text{СТО}} = 15,0$ люд.-год. [14]

Поточні ремонти для тракторів прийняті укрупнено по 150 люд.-год на один наряд, для комбайнів – 230 люд.-год на один наряд, що відповідає типовій складності ремонтів зернозбиральних машин у навчально-галузових таблицях; для причіпних і навісних машин прийнято 55 люд.-год на один наряд як середнє між причепом, культиватором і сівалкою. Для простих машин сезонне обслуговування прийнято окремо: 2 причепа по 2 год, культиватор 5 год, сівалка 3,9 год [15].

Таблиця 1.2 – Розрахунок трудомісткості і чисельності персоналу

Вид робіт	Кількість нарядів, шт	Норма на 1 наряд, люд.-год	Річна трудомісткість, люд.-год
Трактори, ТО-1	12	1,24	14,9
Трактори, ТО-2	12	4,98	59,8
Трактори, СТО	10	10,70	107,0
Трактори, ПР	2	150,0	300,0
Комбайни, ТО-1	3	0,60	1,8
Комбайни, ТО-2	3	1,73	5,2
Комбайни, СТО	3	15,0	45,0
Комбайни, ПР	2	230,0	460,0
Причепи та навісні машини, СТО	4	3,23 (усереднено)	12,9
Причепи та навісні машини, ПР	2	55,0	110,0
Базова річна програма	–	–	1116,5
Усунення відмов і наслідків відмов	–	30% від ПР	261,0
Допоміжні та інші роботи	–	25% від базової програми	279,1
Разом за рік	–	–	1656,6

Рядок «усунення відмов» прийнято за методикою як 30% від трудомісткості ремонтів машин. «Допоміжні та інші роботи» включають комплектування, транспортування в межах ділянки, підготовчо-завершальні операції, оснащення поста, дрібні слюсарні доробки і прийняті у розмірі 25% від базової програми, що відповідає рекомендованому діапазону 20–30%. [16]

Розрахункова чисельність виробничого персоналу визначається за формулою:

$$R = \frac{T_{\text{річ}}}{F_p \cdot \lambda \cdot \tau} \quad (1.2)$$

де $T_{\text{річ}} = 1656,6$ люд.-год; $F_p = 1840$ год – річний фонд часу; $\lambda = 0,80$ – коефіцієнт використання робочого часу; $\tau = 0,92$ – коефіцієнт, що враховує невиходи та організаційні втрати. Тоді

$$R = \frac{1656,6}{1840 \cdot 0,80 \cdot 0,92} = 1,22.$$

Отже, приймається 2 працівники: слюсар-агрегатник 5 розряду і універсальний слюсар-ремонтник 4 розряду з виконанням частини зварювально-складальних робіт. У пікові місяці доцільне короткострокове

залучення механізатора або підсобного працівника на мийку та переміщення вузлів [17].

Для оцінки завантаження ключового обладнання приймаємо: стенд для коробок передач – 4 трансмісійні наряди по 18 год, тобто 72 год/рік; гідравлічний прес – 120 год/рік; мийна ванна – 220 год/рік; робоче місце складання з лещатами – близько 580 год/рік. За однозмінної роботи це дає коефіцієнти завантаження приблизно 0,04; 0,07; 0,12 і 0,32 відповідно. Для невеликого внутрішнього парку такі значення є нормальними, але вони означають, що спеціалізований стенд буде економічно доцільним насамперед як універсальне обладнання або за умови приймання зовнішніх замовлень. Це є інженерним висновком з розрахованого річного потоку робіт [10].

Для помісячного графіка навантаження приймаємо сезонний розподіл 8–13% у січні–квітні, 4–7% у червні–вересні та 10–12% у жовтні–грудні, що відповідає підготовці техніки до весняно-польових робіт і післязбиральному ремонту. За такого розподілу річна трудомісткість майстерні 1656,6 люд.-год дає максимум у квітні близько 215 люд.-год і в березні та листопаді близько 199 люд.-год, а завантаження стенда КПП становить 9,4 год у квітні, 8,6 год у березні та листопаді, 7,2 год у жовтні й грудні. Такий графік підтверджує, що критичними є міжсезонні періоди, а не літній пік польових робіт [18].

Оскільки методичні рекомендації наводять повну номенклатуру робочих місць для майстерень з парком від 25 тракторів, для господарства з 5 тракторами доцільно не дублювати вузькоспеціалізовані пости, а поєднати споріднені функції в універсальній агрегатній дільниці: приймання і мийка, дефектація, розбирання/складання, пресові операції, контроль і зберігання вузлів. Така компоновка прямо узгоджується з рекомендацією поєднувати робочі місця в менших майстернях. Для ремонтно-монтажної дільниці нормативний коефіцієнт зон і проходів становить 4,0...4,5, для розбирально-мийної – 3,5...4,0 [19].

Проектований стенд для ремонту коробок передач пропонується виконати як універсальний ручний кантувач із самогальмівним черв'ячним механізмом

повороту. Основні характеристики приймаються такими: вантажопідйомність 700 кг; діапазон універсального кріплення 180–420 мм; крок фіксації повороту 15°; точність позиціонування $\pm 1^\circ$; висота осі обертання 1100 мм; габарити 1600 × 900 × 1700 мм; власна маса близько 180 кг; встановлена потужність 0 кВт, оскільки позиціонування ручне. За логікою конструкції стенд спирається на ідеологію серійного моторного стенда GT1000 з чотирма регульованими важелями, але підсилюється металопрокатом і фіксаційним вузлом для важчих трансмісій. Одночасно він вирішує дві задачі: безпечне обертання агрегату та виключення ручного утримування КПП у процесі дефектації та складання [20].

Таблиця 1.3 – Перелік обладнання з технічними характеристиками і цінами

№	Обладнання / інструмент	Ключові характеристики	Електрож.	Кіл.	Орієнтовна ціна, грн
1	Стенд для ремонту КПП, проєктований	700 кг; 1600×900×1700 мм; ручний поворот, крок 15°, точність $\pm 1^\circ$	не потребує	1	12 300*
2	Трансмісійний підкатний знімач GT0806	0,5 т; висота 1300–1800 мм	не потребує	1	6 499
3	Підкатний кран-знімач GT0808	2 т; висота до гака 2350 мм; 4 положення стріли	не потребує	1	11 999
4	Гідравлічний прес GT0705	20 т; робочий діапазон 70–1020 мм; хід штока 180 мм	не потребує	1	14 499
5	Ванна для миття деталей RF-HS-RPW-20G	75 л; насос 23 Вт; 21 л/хв	220 В	1	11 745
6	Компресор РТ-0017	100 л; 3 кВт; 10 атм; 500 л/хв; 2 циліндри	220 В	1	19 999
7	Лещата НТ-0083	губки 150 мм; захват 170 мм; поворотна база 360°	не потребує	1	1 999
8	Набір вимірювального інструмента GCAT1101	11 од.; штангенциркуль 150 мм; щуп 0,05–1,00 мм; 434×176×43 мм	не потребує	1	5 092
9	Цифровий динамометричний адаптер DTA-200N	40–200 Н·м; точність $\pm 2\%$; довжина 75 мм	батарея	1	2 748
10	Базовий ручний інструмент	набір ключів + знімач підшипників 120 мм	не потребує	1 компл.	3 446
11	Слюсарний верстак, зварний	2000×800 мм; навантаження до 500 кг	не потребує	1	8 500*
12	Стелажі для запчастин і агрегатів	2 секції, сумарна довжина 4 м	не потребує	1 компл.	5 500*
	Разом за обладнанням				104 326

*Позиції 1, 11 і 12 – розрахункова кошторисна оцінка для проєктованого/виготовлюваного оснащення.

Позиції 2, 3, 4, 6 і 7 перевірено на сайті ; позицію 5 – на сайті ; позиції 8–10 – на сайті . Собівартість проєктованого стенда оцінено за аналогом GT1000 та цінами металопрокату: серійний стенд GT1000 на 500 кг коштує 4 999 грн, профільна труба 60×40×4 – 250 грн/м.п., профільна труба 40×40×2 – 104,8 грн/м.п.; після підсилення, додавання фланця, фіксації, коліс та фарбування отримано орієнтовно 12,3 тис. грн [21].

Планувальну площу визначаємо коефіцієнтним методом:

$$S = \sum f_i \cdot k, \quad (1.3)$$

де $\sum f_i$ – сумарна площа, зайнята обладнанням; k – коефіцієнт зон і проходів. Для агрегатної ділянки прийнято $k = 4,2$, що потрапляє в нормативний інтервал 4,0...4,5. Під сумарною площею обладнання враховано власне стенд КПП, прес, верстак, кран-знімач, трансмісійний знімач, компресор, стелажі й мийку [22].

Таблиця 1.4 – Планувальна потреба площі по зонах

Зона	Розрахункова основа	Площа, м²
Агрегатне відділення	$\sum f_i \approx 9,0 \text{ м}^2$; $k = 4,2$	72
Мийка та дефектація	окрема «брудна» зона з мийкою, столом приймання і піддоном	12
Склад запасних частин і витратних матеріалів	2 секції стелажів + шафа інструменту	12
Зберігання відремонтованих агрегатів	оперативний запас для 4 коробок/редукторів	10
Проходи, зона в'їзду та безпечні зазори	транспортні проходи, доступ до крана і преса	20
Електрощитова, вентиляція, ЗІЗ, побутовий куточок	локальні інженерні та санітарні функції	8

За інженерними вимогами майстерня повинна мати комбіноване живлення 220/380 В з заземленням і захисним відключенням, освітлення згідно з ДБН В.2.5-28:2018, припливно-витяжну вентиляцію згідно з ДБН В.2.5-67:2013, а також локальне видалення повітря над мийною зоною. Для проєкту

приймаємо встановлену потужність близько 5,8 кВт для агрегатної ділянки без зварювального поста і рекомендуємо трифазний ввід не менше 15 кВт з урахуванням резерву на переносний електроінструмент та майбутнє дооснащення. Підлога – армований бетон з маслостійким неслизьким покриттям; у мийній зоні передбачається піддон або локальний бортик для збору розливів. Роботи в електроустановках повинні відповідати правилам електробезпеки, а обладнання з рухомими частинами – мати огороження і блокування [4].

Висновки і рекомендації

Прийнята програма ТО і ремонтів для типового парку 5 тракторів, 3 комбайнів і 4 причіпних/навісних машин забезпечує реалістичну основу для проектування компактної машинно-ремонтної майстерні фермерського господарства. Укрупнений розрахунок показує 53 річні наряди на ТО і ПР та сумарну трудомісткість 1656,6 люд.-год; цього достатньо для формування постійного штату з 2 виробничих працівників із суміщенням функцій. Для такого масштабу оптимальною є не багатодільнична майстерня, а універсальне агрегатне відділення з суміжними зонами мийки, складу і контролю [10].

Розроблення спеціального стенда для ремонту коробок передач є технічно обґрунтованим, але за умови власного парку його внутрішнє завантаження буде невисоким. Тому в рекомендаціях до подальшого проектування доцільно закласти універсальність стенда: роботу не тільки з коробками передач тракторів, а й з редукторами, головними передачами, бортовими редукторами та коробками комбайнів. Саме така універсалізація, разом із можливістю приймати зовнішні замовлення, робить проєктоване агрегатне відділення повноцінним організаційно й економічно життєздатним елементом машинно-ремонтної майстерні [3].

РОЗДІЛ 2

ОХОРОНА ПРАЦІ

2.1. Загальні положення з охорони праці в агрегатному відділенні

Охорона праці в машинно-ремонтній майстерні є важливою складовою раціональної організації виробничого процесу. Ремонт сучасної сільськогосподарської техніки пов'язаний із використанням вантажопідіймальних засобів, слюсарно-монтажного інструменту, мийного обладнання, електроінструменту, мастильних матеріалів і спеціальних стендів для розбирання та складання агрегатів. Тому під час проектування агрегатного відділення необхідно передбачити такі умови, за яких ремонтні операції виконуватимуться безпечно, технологічно правильно та з мінімальним фізичним навантаженням на працівників.

Агрегатне відділення призначене для виконання робіт з розбирання, очищення, дефектації, ремонту, складання, регулювання та контролю вузлів трансмісії. У межах даної кваліфікаційної роботи основна увага приділяється ремонту коробок передач, оскільки цей агрегат має значну масу, складну внутрішню будову та велику кількість деталей: валів, зубчастих коліс, підшипників, стопорних кілець, ущільнень і кріпильних елементів.

Під час ремонту коробок передач можливе виникнення небезпечних ситуацій, пов'язаних із падінням агрегата, защемленням рук, порізами гострими крайками деталей, ураженням електричним струмом, забрудненням шкіри трансмісійними маслами, а також пожежною небезпекою через наявність мастильних матеріалів і промасленого обтирального матеріалу.

Організація охорони праці в агрегатному відділенні повинна відповідати вимогам чинного законодавства України з охорони праці, пожежної безпеки, електробезпеки, виробничої санітарії та безпечної експлуатації обладнання.

Відповідальність за створення безпечних умов праці покладається на роботодавця, керівника майстерні та відповідальних осіб, які організовують

роботу персоналу, проводять інструктажі, контролюють справність обладнання і забезпечують працівників засобами індивідуального захисту.

Розміри агрегатного відділення приймаємо 6×12 м. Площа приміщення визначається за формулою:

$$F = a \cdot b, \quad (2.1)$$

де F – площа приміщення, м^2 ; a – довжина приміщення, м; b – ширина приміщення, м.

$$F = 12 \cdot 6 = 72 \text{ м}^2.$$

Отже, площа агрегатного відділення становить 72 м^2 . Така площа дозволяє розмістити робочі місця слюсарів-ремонтників, стенд для ремонту коробок передач, верстаки, стелажі, мийну ванну, вантажопідіймальні засоби та проходи між робочими зонами.

Для подальших розрахунків приймаємо висоту приміщення $H = 3,6$ м. Тоді розрахунковий об'єм агрегатного відділення становитиме:

$$V = F \cdot H = 72 \cdot 3,6 = 259,2 \text{ м}^3. \quad (2.2)$$

Отже, об'єм агрегатного відділення становить $259,2 \text{ м}^3$. Це значення використовується під час розрахунку вентиляції та оцінювання санітарно-гігієнічних умов праці.

2.2. Характеристика умов праці та зонування приміщення

У агрегатному відділенні виконуються слюсарно-складальні, мийні, дефектувальні, монтажні, регулювальні та контрольно-випробувальні операції. Роботи здійснюються із застосуванням ручного та механізованого інструменту, спеціальних знімачів, пресів, пристроїв для запресування і випресування підшипників, а також стенда для закріплення та повороту коробки передач.

Раціональне планування приміщення має забезпечити послідовний рух агрегатів і деталей: приймання коробки передач, зовнішнє очищення, розбирання, миття деталей, дефектація, ремонт або заміна несправних елементів, складання та контроль. Такий порядок зменшує кількість зайвих переміщень і знижує ризик травмування працівників.

З урахуванням площі 72 м² приміщення доцільно поділити на кілька функціональних зон. Орієнтовний розподіл площі наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 2.1 – Орієнтовний розподіл площі агрегатного відділення

Виробнича зона	Площа, м ²	Призначення
Зона приймання, розбирання та первинного огляду	14	Попередній огляд агрегата, зняття зовнішніх деталей
Мийна зона	8	Очищення деталей від мастила, бруду та абразиву
Зона ремонту на стенді	16	Закріплення, поворот, розбирання і складання коробки передач
Слюсарно-складальна зона	12	Робота на верстаку, заміна підшипників, ущільнень і кріплень
Зона зберігання деталей та інструменту	8	Розміщення стелажів, шаф, тари для деталей
Проходи та зона безпечного переміщення	14	Переміщення працівників, агрегатів і допоміжного обладнання
Разом	72	Загальна площа агрегатного відділення

Стенд для ремонту коробок передач доцільно розмістити так, щоб навколо нього залишались вільні проходи для доступу працівника до агрегата з усіх боків. Мийне місце необхідно відокремити від зони чистого складання, щоб запобігти потраплянню забруднень на підготовлені до монтажу деталі.

Підлога у відділенні повинна бути рівною, міцною, неслизькою та стійкою до дії мастильних матеріалів. У місцях можливого проливання масла передбачаються піддони або ємності для збирання відпрацьованих рідин. Проходи між обладнанням повинні постійно утримуватися вільними.

2.3. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання ремонтних операцій в агрегатному відділенні на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори різного походження. Їх необхідно враховувати під час планування робочих місць, вибору обладнання, організації технологічного процесу та розроблення інструкцій з охорони праці.

- механічні небезпеки: падіння коробок передач, валів, кришок, шестерень і підшипників; защемлення пальців під час складання; травмування гострими крайками деталей; зрив гайкового ключа або знімача;
- небезпеки під час вантажопідіймальних операцій: неправильне стропування, розгойдування вантажу, падіння агрегата під час установлення на стенд;
- електрична небезпека: використання електроінструменту, освітлювальних приладів, вентиляційного обладнання і можливе пошкодження ізоляції;
- хімічні та санітарно-гігієнічні фактори: контакт із трансмісійними маслами, мастилами, мийними рідинами, металевим пилом і забрудненнями;
- шум і вібрація, що виникають під час роботи пневматичного або електричного інструменту, компресорів і ударних операцій;
- пожежна небезпека, зумовлена наявністю мастильних матеріалів, промасленого ганчір'я, електрообладнання та можливих джерел іскроутворення;
- недостатня освітленість, яка може призвести до помилок під час дефектації та складання деталей;
- фізичне перевантаження працівника через піднімання важких деталей, роботу в незручній позі або тривале утримання інструменту.

Для зменшення впливу зазначених факторів необхідно застосовувати комплекс технічних, організаційних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів. Важливе значення має використання стенда для ремонту коробок передач, оскільки він забезпечує фіксацію агрегата і дозволяє зменшити фізичні зусилля ремонтника.

2.4. Вимоги безпеки до організації робочих місць

Робочі місця в агрегатному відділенні повинні бути організовані відповідно до технологічної послідовності ремонту. Обладнання, інструмент,

стелажі, тара для деталей і вантажопідіймальні засоби розміщують так, щоб працівник міг безпечно виконувати основні та допоміжні операції.

Основним робочим місцем є пост ремонту коробок передач на стенді. Перед початком роботи необхідно перевірити справність стенда, стан опорної рами, відсутність тріщин у зварних швах, працездатність поворотного механізму, надійність фіксаторів і справність гвинтових затискачів.

Верстаки встановлюють так, щоб вони не перекривали проходи. На робочій поверхні верстака не допускається накопичення зайвих деталей, мастила або інструменту. Дрібні деталі та кріпильні елементи необхідно розміщувати в спеціальних лотках або контейнерах.

Стелажі мають бути стійкими та розрахованими на відповідне навантаження. Важкі деталі розміщують на нижніх полицях, а легкі – на верхніх. Деталі після миття і дефектації потрібно розподіляти за групами: придатні, такі, що потребують ремонту, та непридатні до подальшого використання.

Проходи між робочими зонами повинні бути вільними від деталей, тари, інструменту, відходів і сторонніх предметів. У приміщенні площею 72 м² для проходів та безпечного переміщення передбачено 14 м², що дає змогу забезпечити зручний доступ до стенда, верстаків і мийної зони.

2.5. Розрахунок штучного освітлення агрегатного відділення

Якісне освітлення є необхідною умовою безпечного виконання робіт з ремонту коробок передач. Працівник повинен добре бачити стан зубчастих коліс, шліцьових з'єднань, посадкових поверхонь, різьбових отворів, підшипників і стопорних елементів. Недостатнє освітлення призводить до швидкого стомлення зору, помилок під час складання та підвищення ризику травмування.

Для розрахунку загального штучного освітлення приймаємо такі вихідні дані: площа приміщення $F = 72 \text{ м}^2$; нормована освітленість для слюсарно-складальних робіт $E = 300 \text{ лк}$; коефіцієнт запасу $K = 1,5$; коефіцієнт

нерівномірності освітлення $z = 1,1$; світловий потік одного світлодіодного світильника $\Phi = 4800$ лм; коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,6$.

Кількість світильників визначається за формулою:

$$N = (E \cdot F \cdot K \cdot z) / (\Phi \cdot \eta). \quad (2.3)$$

$$N = (300 \cdot 72 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / (4800 \cdot 0,6) = 12,38.$$

За результатами розрахунку приймаємо 14 світлодіодних світильників потужністю орієнтовно 40–50 Вт кожний. Їх доцільно розмістити у два ряди по 7 світильників уздовж довжини приміщення.

Перевіримо фактичну освітленість:

$$E_{\phi} = (N \cdot \Phi \cdot \eta) / (F \cdot K \cdot z). \quad (2.4)$$

$$E_{\phi} = (14 \cdot 4800 \cdot 0,6) / (72 \cdot 1,5 \cdot 1,1) = 339,4 \text{ лк}.$$

Фактична освітленість становить приблизно 339 лк, що перевищує прийняте розрахункове значення 300 лк. Отже, запропонована система освітлення забезпечує достатні умови для виконання ремонтних робіт. Крім загального освітлення, біля стенда та верстаків доцільно застосовувати місцеве освітлення з безпечним корпусом і захистом від механічних пошкоджень.

2.6. Розрахунок вентиляції агрегатного відділення

Під час ремонту агрегатів трансмісії в повітря робочої зони можуть потрапляти пари мастильних матеріалів, пил, дрібні частинки забруднень, а також запахи мийних рідин. Тому агрегатне відділення повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією.

Розрахунок вентиляції виконуємо за кратністю повітрообміну. Для приміщення, у якому виконуються слюсарно-ремонтні роботи без інтенсивного виділення шкідливих речовин, приймаємо кратність повітрообміну $n = 3 \text{ год}^{-1}$. Об'єм приміщення $V = 259,2 \text{ м}^3$.

Необхідна продуктивність вентиляції визначається за формулою:

$$L = n \cdot V, \quad (2.5)$$

де L – необхідна продуктивність вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$; n – кратність повітрообміну, год^{-1} ; V – об'єм приміщення, м^3 .

$$L = 3 \cdot 259,2 = 777,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо продуктивність загальнообмінної вентиляції 800 м³/год. Оскільки в агрегатному відділенні передбачено мийну зону, доцільно додатково встановити місцеву витяжку продуктивністю 250–300 м³/год.

$$L_{\text{заг}} = 800 + 300 = 1100 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, для агрегатного відділення площею 72 м² рекомендована продуктивність вентиляційної системи повинна становити не менше 1000–1100 м³/год. Витяжні решітки розміщують у верхній частині приміщення та поблизу мийної зони, а приплив повітря організовують так, щоб не створювати протягів у зоні постійного перебування працівників.

2.7. Вимоги до мікроклімату і санітарного стану приміщення

У агрегатному відділенні необхідно підтримувати належний мікроклімат, оскільки робота слюсарів-ремонтників пов'язана з фізичним навантаженням, точними операціями та тривалим перебуванням у виробничому приміщенні. У холодний період року температура повітря повинна забезпечувати комфортне виконання робіт у спецодезії без переохолодження працівників. У теплий період необхідно запобігати перегріванню робочої зони.

Санітарний стан приміщення значною мірою залежить від культури виконання ремонтних робіт. Після завершення зміни робочі місця необхідно прибирати, інструмент повертати на місце, а деталі розкласти на стелажах або в спеціальній тарі. Металеву стружку, залишки прокладок, забруднені обтиральні матеріали та інші відходи слід своєчасно видаляти.

У місцях зливання трансмісійного масла необхідно застосовувати піддони та закриті ємності. Промаслене ганчір'я зберігають у металевій тарі з кришкою. Забороняється залишати слизькі деталі, розлите масло або інструмент у проходах. Вентиляційні решітки потрібно регулярно очищати від пилу та забруднень.

2.8. Електробезпека в агрегатному відділенні

Електробезпека є одним із головних напрямів охорони праці в агрегатному відділенні, оскільки тут використовуються електроінструмент, освітлювальні прилади, вентиляційне обладнання, можливі електроприводи допоміжних механізмів і зарядні пристрої.

Для запобігання ураженню електричним струмом необхідно передбачити захисне заземлення металевих корпусів електрообладнання, застосування автоматичних вимикачів, пристроїв захисного відключення, справних розеток і кабелів. Електропроводка має бути захищена від механічних пошкоджень і не повинна проходити в місцях можливого контакту з гострими деталями або розлитими рідинами.

Перед початком роботи працівник повинен оглянути електроінструмент, перевірити цілісність кабелю, вилки, кнопки вмикання та захисного кожуха. Забороняється працювати електроінструментом із пошкодженою ізоляцією, перегріванням корпусу, іскрінням або стороннім шумом.

Електрощит агрегатного відділення повинен бути розміщений у доступному місці, мати чіткі написи та можливість швидкого вимкнення живлення у разі аварійної ситуації. Біля електрощита не допускається зберігання мастильних матеріалів, деталей, тари або сторонніх предметів.

2.9. Безпека під час роботи зі стендом для ремонту коробок передач

Стенд для ремонту коробок передач призначений для надійного закріплення агрегата, його повороту та фіксації в зручному для роботи положенні. Застосування такого пристрою дозволяє зменшити фізичне навантаження на ремонтника, підвищити точність виконання операцій і знизити ризик падіння агрегата.

Перед установленням коробки передач на стенд необхідно перевірити стан опорної рами, зварних швів, поворотного механізму, гвинтових затискачів, фіксаторів і кріпильних елементів. Вантажопідйомність стенда повинна відповідати масі ремонтowanego агрегата.

Коробку передач встановлюють на стенд тільки за допомогою вантажопідіймального пристрою. Після закріплення агрегата необхідно перевірити надійність фіксації, і лише після цього дозволяється від'єднувати таль або інший підйомний засіб.

Під час роботи на стенді забороняється перебувати під піднятим або незафіксованим агрегатом, виконувати поворот коробки передач без попередження інших працівників, перевищувати допустиме навантаження, застосовувати випадкові підкладки замість штатних кріплень, залишати інструмент на корпусі агрегата та виконувати ударні операції без надійної фіксації коробки передач.

Після завершення роботи стенд очищають від бруду, мастила та металевої стружки. Рухомі вузли періодично оглядають, змащують і перевіряють на відсутність надмірних люфтів.

2.10. Безпека під час розбирання, дефектації та складання коробок передач

Розбирання коробок передач необхідно виконувати у встановленій технологічній послідовності. Перед початком робіт агрегат очищають від зовнішніх забруднень, зливають залишки масла у спеціальну ємність і надійно закріплюють на стенді.

Під час демонтажу кришок, валів, підшипників і шестерень слід використовувати справні знімачі, оправки, преси та інші спеціальні пристрої. Забороняється вибивати підшипники випадковими предметами, застосовувати надмірні удари, нагрівати деталі відкритим полум'ям або виконувати роботу без захисних окулярів.

Дефектацію деталей проводять після очищення. Особливу увагу звертають на стан зубців шестерень, шліцьових з'єднань, посадкових місць підшипників, різьбових отворів, ущільнювальних поверхонь і корпусних деталей. Деталі з тріщинами, значним спрацюванням або пошкодженими посадковими поверхнями вибраковуюють.

Складання коробки передач виконують чистим інструментом на підготовленому робочому місці. Не допускається повторне використання пошкоджених стопорних кілець, деформованих шайб, зношених ущільнень і кріпильних деталей із пошкодженою різьбою. Після складання агрегат необхідно прокрутити вручну, перевірити плавність обертання валів, перемикання передач і відсутність заїдань.

2.11. Безпека під час використання вантажопідіймального обладнання

Коробки передач сучасних тракторів, комбайнів і вантажних автомобілів мають значну масу, тому їх переміщення вручну є небезпечним і нерациональним. В агрегатному відділенні доцільно передбачити ручну або електричну таль вантажопідйомністю не менше 0,5 т, пересувний гідравлічний візок або консольний кран.

Перед підніманням агрегата необхідно перевірити справність талі, стропів, гаків, ланцюгів і захватів. Стропування коробки передач виконують тільки за надійні місця, які забезпечують рівновагу агрегата під час переміщення. Забороняється піднімати агрегат за тонкі кришки, важелі або елементи, не призначені для сприйняття навантаження.

Під час переміщення вантажу працівники не повинні перебувати під ним або в зоні можливого падіння. Вантаж переміщують плавно, без ривків і розгойдування. У разі виявлення несправності вантажопідіймального обладнання роботу негайно припиняють.

2.12. Пожежна безпека агрегатного відділення

Пожежна безпека агрегатного відділення має важливе значення, оскільки під час ремонту використовуються мастильні матеріали, промаслене ганчір'я, мийні речовини, електрообладнання та нагрівальні пристрої. У приміщенні повинен бути встановлений протипожежний режим, визначені відповідальні особи та порядок використання первинних засобів пожежогасіння.

Для агрегатного відділення площею 72 м² доцільно передбачити первинні засоби пожежогасіння, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 2.2 – Первинні засоби пожежогасіння для агрегатного відділення

Засіб пожежогасіння	Кількість	Місце розміщення
Вогнегасник порошковий ВП-5	2 шт.	Біля входу та біля зони ремонту
Вогнегасник вуглекислотний ВВК-3 або ВВК-5	1 шт.	Біля електрощита
Ящик з піском	1 шт.	Біля місця зберігання мастильних матеріалів
Пожежне покривало	1 шт.	У доступному місці біля входу
Металева тара для промасленого ганчір'я	1 шт.	Біля мийної зони

У приміщенні забороняється палити, користуватися відкритим вогнем, зберігати легкозаймисті рідини у відкритій тарі, залишати промаслене ганчір'я на верстаках або біля електрообладнання. Мастильні матеріали повинні зберігатися в закритій тарі у спеціально відведеному місці.

Після завершення роботи необхідно вимкнути електрообладнання, освітлення, вентиляцію, перевірити стан робочих місць і прибрати промаслені матеріали. Відпрацьоване масло збирають у спеціальні ємності для подальшої утилізації або регенерації.

2.13. Засоби індивідуального захисту працівників

Працівники агрегатного відділення повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. До основних засобів належать:

- спецодяг із щільної тканини;
- захисне взуття з неслизькою підошвою;
- захисні рукавиці для слюсарних робіт;
- захисні окуляри під час демонтажу, запресування, випресування та очищення деталей;
- засоби захисту органів слуху під час роботи з шумним інструментом;
- респіратор під час очищення сильно забруднених деталей або роботи з пилом;

- фартух і захисні рукавиці для роботи у мийній зоні;
- захисний крем або мийні засоби для очищення рук після контакту з мастильними матеріалами.

Спецодяг повинен бути справним, застібнутим і не мати звисаючих частин, які можуть потрапити в рухомі механізми. Забороняється працювати в одязі, надмірно забрудненому мастилом, оскільки це погіршує санітарні умови праці та підвищує пожежну небезпеку.

2.14. Інструктажі, навчання та допуск до роботи

До виконання робіт в агрегатному відділенні допускаються працівники, які пройшли вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, навчання безпечним методам праці та перевірку знань з охорони праці. Працівник повинен знати будову обладнання, правила користування стендом, порядок роботи з вантажопідіймальними засобами, вимоги електробезпеки, пожежної безпеки і порядок дій у разі аварійної ситуації.

Повторний інструктаж проводять періодично відповідно до графіка, затвердженого на підприємстві. Позаплановий інструктаж організовують у разі зміни технологічного процесу, введення нового обладнання, порушення вимог охорони праці або після нещасного випадку. Цільовий інструктаж проводиться перед виконанням разових, нестандартних або небезпечних робіт.

Особливу увагу під час інструктажу слід приділяти правилам роботи зі стендом для ремонту коробок передач, оскільки неправильне закріплення агрегата, порушення послідовності розбирання або необережне повертання корпусу можуть призвести до травмування працівника.

2.15. Дії працівників у разі аварійної ситуації

У разі виникнення аварійної ситуації працівник повинен негайно припинити роботу, вимкнути обладнання, повідомити керівника робіт і вжити заходів для запобігання травмуванню людей. До аварійних ситуацій в агрегатному відділенні належать падіння агрегата або деталі, пошкодження

стенда, ураження працівника електричним струмом, займання мастильних матеріалів, розливання значної кількості масла, відмова вантажопідіймального обладнання та травмування працівника інструментом.

У разі пожежі необхідно повідомити пожежно-рятувальну службу, вимкнути електроживлення, розпочати гасіння первинними засобами пожежогасіння, якщо це не створює загрози для життя, та організувати евакуацію людей. У разі травмування потрібно надати домедичну допомогу і викликати медичних працівників.

Якщо сталося розливання масла або мийної рідини, місце розливу необхідно огородити, засипати абсорбентом або піском, після чого зібрати забруднення у спеціальну тару. Роботу можна відновити лише після усунення небезпеки.

Висновки до розділу

У даному розділі розглянуто питання охорони праці під час організації роботи агрегатного відділення машинно-ремонтної майстерні з розробкою стенда для ремонту коробок передач. Встановлено, що площа приміщення з розмірами 6×12 м становить 72 м^2 , а за прийнятої висоти $3,6$ м його об'єм дорівнює $259,2 \text{ м}^3$.

Для забезпечення належного освітлення агрегатного відділення розраховано необхідну кількість світлодіодних світильників. За результатами розрахунку прийнято 14 світильників, які забезпечують фактичну освітленість близько 339 лк. Для підтримання нормального повітрообміну визначено необхідну продуктивність вентиляції, яка з урахуванням місцевої витяжки повинна становити приблизно $1000\text{--}1100 \text{ м}^3/\text{год}$.

Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що виникають під час ремонту коробок передач, а також запропоновано заходи щодо їх усунення або зниження. Передбачено вимоги до організації робочих місць, безпечної експлуатації стенда, електробезпеки, пожежної безпеки,

санітарного стану приміщення, застосування засобів індивідуального захисту та дій працівників у разі аварійної ситуації.

Запропоновані заходи дозволяють створити безпечні умови праці в агрегатному відділенні, зменшити ризик виробничого травматизму, підвищити культуру ремонту та забезпечити ефективне обслуговування сучасної сільськогосподарської техніки.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ РЕМОНТНИХ ОПЕРАЦІЙ В АГРЕГАТНОМУ ВІДДІЛЕННІ

3.1 Огляд існуючих технічних рішень та вибір раціональної конструкції пристрою

Ефективність виконання операцій з технічного обслуговування і ремонту автомобілів значною мірою визначається рівнем організації виробничого процесу, оснащеністю робочих місць та використанням спеціалізованого технологічного обладнання. Особливо це стосується агрегатних відділень автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування, де виконуються складні та трудомісткі операції з розбирання, дефектування, ремонту і складання вузлів та агрегатів автомобілів.

Під час ремонту коробок передач важливо забезпечити надійне закріплення агрегату, зручний доступ до його складових частин, а також можливість зміни просторового положення вузла в процесі виконання ремонтних робіт. Застосування спеціального стенда дає змогу підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу, покращити умови праці, зменшити фізичне навантаження на слюсаря та забезпечити вищу якість ремонтних операцій.

У зв'язку з цим у даному проєкті передбачається розроблення та розрахунок конструкції стенда, призначеного для виконання ремонтних операцій з коробками передач автомобілів. Запропонований пристрій планується використовувати в агрегатному відділенні як допоміжне технологічне обладнання для механізації процесів розбирання та складання коробок передач.

Існуючі конструкції стендів для ремонту агрегатів можна класифікувати за кількома основними ознаками.

За способом встановлення стенди поділяють на стаціонарні та пересувні. Стаціонарні конструкції жорстко закріплюються на підлозі виробничого приміщення за допомогою фундаментних болтів і призначені для постійної експлуатації на одному робочому місці. Пересувні стенди обладнуються колесами для переміщення та регульованими опорами, які, як правило, виконуються на основі гвинтових механізмів. Такі конструкції є більш мобільними та можуть використовуватися на різних ділянках ремонтного підприємства.

За рівнем універсальності стенди можуть бути спеціалізованими або універсальними. Спеціалізовані стенди розробляються для розбирання і складання коробок передач конкретної моделі автомобіля. Універсальні конструкції дають змогу виконувати ремонт коробок передач певного типорозміру, що встановлюються на різні моделі транспортних засобів. Окрему групу становлять універсальні стенди, які можуть використовуватися не лише для коробок передач, а й для інших агрегатів, зокрема двигунів.

За можливістю зміни положення агрегату під час ремонту стенди поділяють на конструкції з нерухомим закріпленням та стенди з поворотними механізмами. У найпростіших пристроях коробка передач фіксується на кронштейні без можливості її повертання. Більш досконалі конструкції забезпечують поворот агрегату в горизонтальній або вертикальній площині. Найбільш функціональними є стенди, які дозволяють змінювати положення ремонтного вузла одночасно в кількох площинах, що значно полегшує доступ до окремих деталей і вузлів коробки передач.

За ступенем механізації стенди поділяються на ручні механічні та стенди з приводом. У ручних конструкціях усі операції зі зміни положення агрегату виконуються безпосередньо працівником за допомогою механічних пристроїв. У механізованих стендах для цього можуть застосовуватися гідравлічні, пневматичні або електромеханічні приводи, які зменшують фізичні зусилля ремонтника та підвищують зручність роботи.

За способом фіксації ремонтваної коробки передач стенди можуть мати болтове кріплення або затискні пристрої. У першому випадку агрегат приєднується до плити чи кронштейна за допомогою болтів через штатні отвори або приєднувальний фланець. У другому випадку закріплення здійснюється за допомогою гвинтових затискачів, що дає змогу швидше встановлювати і знімати агрегат, однак потребує надійного забезпечення жорсткості та безпеки фіксації.

Вибір конкретного типу стенда залежить від маси, габаритів, конструктивних особливостей і ремонтпридатності коробки передач, а також від умов експлуатації обладнання в агрегатному відділенні. Важливими критеріями є простота конструкції, зручність обслуговування, надійність фіксації агрегату, безпечність роботи та можливість використання стенда для ремонту коробок передач різних моделей автомобілів.

Стенди з нерухомим закріпленням агрегату мають найпростішу будову. Зазвичай вони складаються зі станини, опорної частини та кронштейна для встановлення коробки передач. Під час роботи агрегат залишається у фіксованому положенні, а всі операції з його розбирання і складання виконуються слюсарем за допомогою ручного інструменту. Основною перевагою таких пристроїв є простота виготовлення та експлуатації, однак їх недоліком є обмежена зручність доступу до окремих частин коробки передач.

Прикладом такого обладнання є стаціонарний механічний стенд Р-201, призначений для розбирання і складання коробок передач вантажних автомобілів ЗІЛ. Його конструкція забезпечує надійне закріплення агрегату під час виконання ремонтних операцій, проте відсутність можливості повертання коробки передач обмежує технологічну зручність роботи та підвищує трудомісткість окремих операцій.

Стенди, конструкція яких передбачає зміну положення ремонтваного агрегату у горизонтальній та вертикальній площинах, належать до більш функціонального технологічного обладнання. Вони, як і простіші аналоги, мають опорну раму, елементи фіксації коробки передач та вузли кріплення.

Проте їх головною відмінністю є наявність поворотного механізму, який дає змогу встановлювати агрегат у зручне для виконання ремонтних операцій положення.



Рис. 3.1. Стенд Р-201 для виконання операцій розбирання та складання коробок передач.

Зміна просторового положення коробки передач може здійснюватися шляхом повертання захватного пристрою, монтажної плити або спеціального кронштейна, на якому закріплюється агрегат. Завдяки цьому ремонтник отримує кращий доступ до окремих вузлів і деталей, що зменшує трудомісткість розбирання та складання. Для полегшення повороту важких агрегатів у конструкції таких стендів можуть використовуватися додаткові силові або передавальні механізми, зокрема редукторні приводи, які забезпечують плавне та контрольоване переміщення вузла у потрібне положення (рис. 3.2).

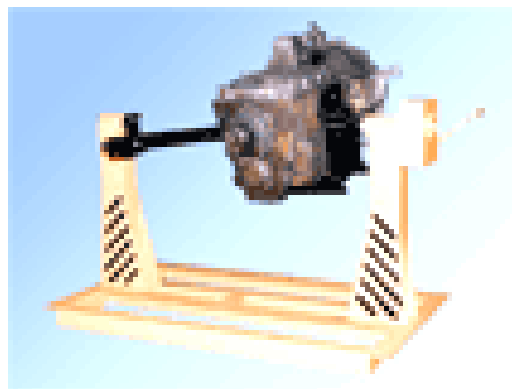


Рис. 3.2. Універсальний стенд Р-776-01К, призначений для виконання операцій розбирання та складання двигунів ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, а також коробок передач ЯМЗ-236 і ЯМЗ-238.

До окремої групи ремонтного обладнання належать універсальні мобільні стенди, які застосовують для демонтажних робіт із коробками передач невеликої та середньої масо-габаритної групи. Завдяки пересувному виконанню такі стенди можна використовувати на різних робочих місцях агрегатного відділення, що підвищує зручність організації ремонтного процесу та розширює можливості їх практичного застосування (рис. 3.3).

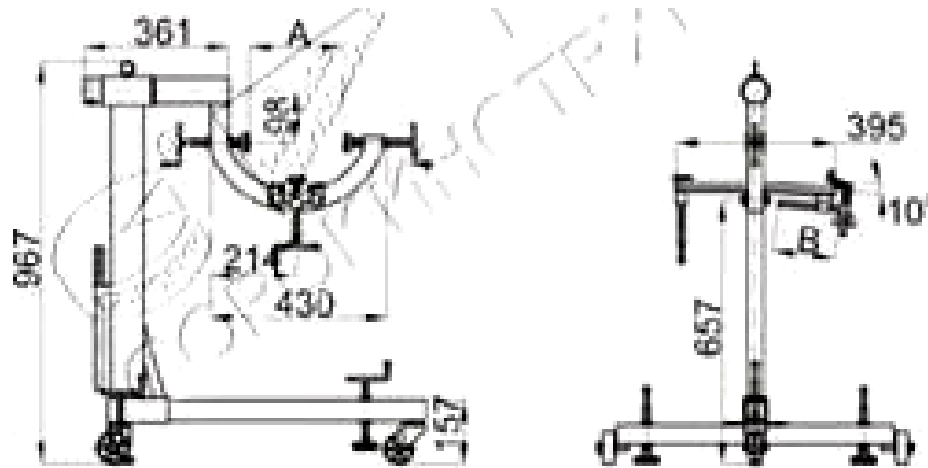


Рис. 3.3. Пересувний універсальний стенд для виконання розбирально-складальних робіт із коробками передач.

Для ремонту коробок передач малих і середніх типорозмірів, які встановлюються на вантажні автомобілі, розглянуті в даному проєкті, в умовах агрегатного відділення доцільно застосовувати стенди з можливістю зміни положення агрегату як у горизонтальній, так і у вертикальній площині. Таке обладнання є складнішим за будовою порівняно зі стендами з нерухомим кріпленням або пристроями, що забезпечують поворот лише в одній площині. Проте підвищена конструктивна складність компенсується кращою технологічністю, зручністю виконання ремонтних операцій і вищим рівнем механізації робочого процесу.

Наявність поворотного механізму дає змогу встановлювати коробку передач у найбільш зручне для слюсаря положення, що покращує доступ до окремих вузлів і деталей, зменшує фізичне навантаження на працівника та скорочує тривалість розбирання і складання агрегату.

За результатами аналізу існуючих конструктивних рішень у проєкті прийнято до розроблення стаціонарний стенд, оснащений гвинтовими затискачами для надійної фіксації коробки передач. Конструкція передбачає можливість повертання ремонтного агрегату в різних площинах, що забезпечує більш раціональні умови виконання ремонтних робіт в агрегатному відділенні (рис.3.4).

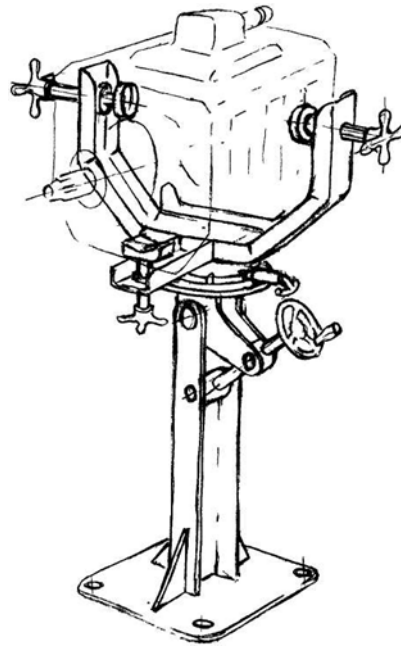


Рис. 3.4. Універсальний стаціонарний стенд для виконання операцій розбирання та складання коробок передач.

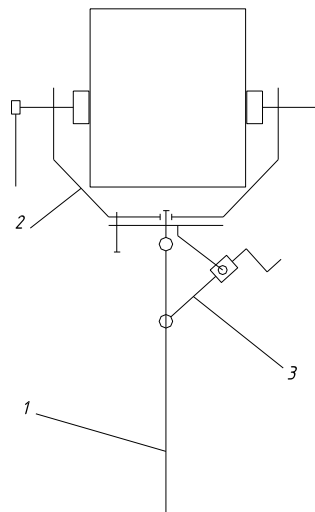


Рис. 3.5. Кінематична схема проєктованого стаціонарного стенда: 1 – опорна стійка; 2 – захватний вузол із затискними елементами; 3 – гвинтовий пристрій для зміни кута нахилу захвату разом із ремонтним агрегатом.

Використання запропонованого стенда дасть змогу знизити трудомісткість ремонтних операцій в агрегатному відділенні, підвищити зручність виконання робіт та покращити умови праці ремонтного персоналу.

3.2. Призначення, конструктивна будова, принцип роботи пристрою та його кінематична схема

Розроблюваний стенд призначений для виконання операцій розбирання і складання автомобільних коробок передач під час проведення ремонтних робіт в умовах агрегатного відділення. Пристрій розрахований на обслуговування коробок передач масою близько 80 кг, габаритні розміри яких відповідають параметрам поширених вітчизняних конструкцій.

Конструкція стенда забезпечує надійне закріплення агрегату, можливість зміни його просторового положення та фіксацію у зручному для виконання технологічних операцій положенні. Це дозволяє ремонтнику мати кращий доступ до окремих вузлів і деталей коробки передач, зменшити фізичні зусилля під час роботи та підвищити продуктивність праці.

До складу основних вузлів стенда входять такі елементи (рис. 3.6):

- опорна стійка з основою;
- захватний пристрій, обладнаний гвинтовими затискачами;
- поворотно-фіксуючий механізм для встановлення агрегату в необхідне робоче положення.

Стійка 1 жорстко з'єднана з основою 4 за допомогою болтового кріплення. Нижня частина основи приварена до опорної пластини та додатково посилена косинками, що забезпечує необхідну жорсткість і стійкість конструкції. До підлоги стенд кріпиться фундаментними болтами 5.

Підхват виконаний у вигляді зварної рамної конструкції, основним елементом якої є поперечина 2. Він встановлений на осі стійки 1 та закріплений за допомогою пальця 13. Для зручності обслуговування та збирання залишків мастила конструкцією допускається встановлення на підхват спеціального

збірника з резервуаром. У верхній частині підхвата розміщені гвинтові затискачі 6, за допомогою яких фіксується ремонтований агрегат.

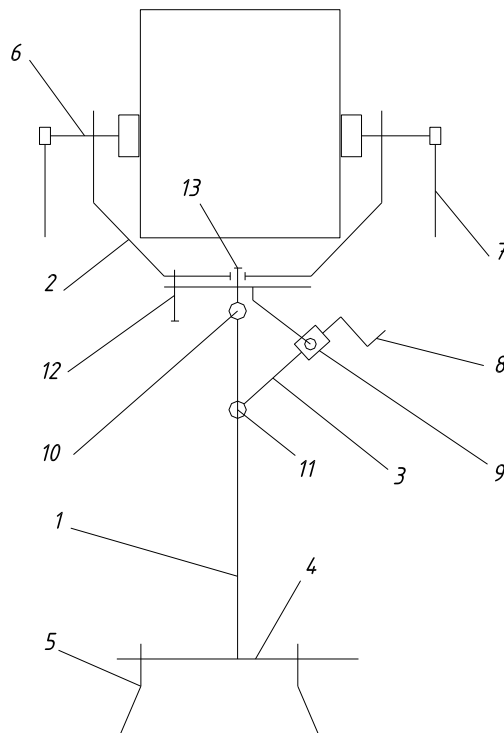


Рис. 3.6. Кінематична схема станда, що пояснює його конструктивну будову та принцип роботи.

Принцип дії станда полягає в наступному. Пластина підхвата з привареним кронштейном і закріпленою на ній коробкою передач утримується від самовільного провертання навколо осі пальця 13 за допомогою запобіжного фіксатора 12. Завдяки цьому агрегат може надійно встановлюватися та фіксуватися у п'яти різних положеннях у горизонтальній площині.

Для нахилу коробки передач у бік ремонтника на кут до 45° використовується гвинтовий механізм 3. Зміна кута нахилу здійснюється шляхом обертання рукоятки 8, що забезпечує плавне переміщення підхвата разом із закріпленим агрегатом.

Операції розбирання та складання коробки передач виконуються після надійної фіксації агрегату гвинтовими затискачами 6 у необхідному положенні. За потреби стенд дозволяє змінювати кут нахилу агрегату навколо осі 10, що дає можливість підібрати найбільш зручне положення для виконання окремих ремонтних операцій.

Крім того, болтове з'єднання стійки з основою дає змогу регулювати положення агрегату за висотою. Це підвищує ергономічність робочого місця та дозволяє адаптувати стенд до зросту ремонтника або особливостей виконуваних робіт.

3.3. Розрахунок з'єднання гвинт-гайка з тертям ковзання

У гвинтових передачах типу «гвинт-гайка», що працюють за умов тертя ковзання, доцільно застосовувати стандартну трапецеїдальну різьбу відповідно до вимог ДСТУ.

Зусилля, яке діє на гайку з боку водила підхвата, позначимо як F' . Його значення визначається на основі рівняння рівноваги моментів відносно осі повороту підхвата стосовно стійки, тобто відносно шкворня 10, показаного на рис. 3.6.

$$P' = (l_a \times G + l_p \times P_p) / l_g = (0.2 \times 1080 + 0.8 \times 200) / 0.15 = 2500 \text{ Н} \quad (3.1)$$

Сила вздовж гвинта $P_{гв}$:

$$P_{гв} = \frac{P'}{\cos \theta} = 2500 / \cos 45 = 3500 \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де θ – кут між водилом і віссю гвинта при максимальному навантаженні на передачу гвинт-гайка.

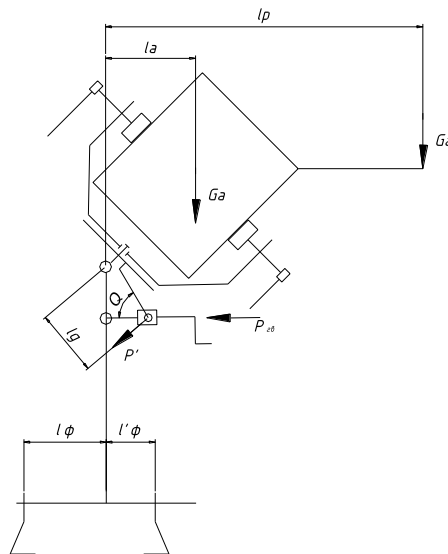


Рис. 3.7. Схема для визначення навантажень, сил і моментів, що діють на елементи стенда.

Матеріал гвинта та гайки. Для зниження втрат енергії, які виникають унаслідок тертя в парі «гвинт-гайка», гвинт доцільно виготовляти з незагартованої сталі 45. Такий матеріал забезпечує достатню міцність, технологічність виготовлення та надійність роботи деталі в умовах експлуатаційних навантажень.

Гайку рекомендується виконувати з антифрикційного чавуну АЧВ-1, оскільки цей матеріал має добрі властивості щодо зменшення тертя та зношування у рухомих з'єднаннях.

Розрахунок гвинтової передачі. Основним геометричним параметром передачі «гвинт-гайка» є середній діаметр різьби, який позначається як d_2 , мм. Саме цей розмір використовується як базовий під час подальших розрахунків міцності, зносостійкості та працездатності гвинтової пари.

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{P_{\text{ГВ}}}{[p] \cdot \pi \cdot k_p \cdot k_r}} = \sqrt{\frac{3500}{6 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 2,2}} = 13 \text{ мм}, \quad (3.3)$$

де $P_{\text{ГВ}} = 3500 \text{ Н}$ - осьова сила, яка діє на гвинтову пару;

$k_p = 0,5$ – коефіцієнт різьби;

$k_r = 2,2$ – коефіцієнт, що враховує висоту головки суцільної гайки.;

$[p] = 6 \text{ МПа}$ – допустима напруга (незагартована сталь-чавун).

Вибирається різьба трапецеїдальна 16×4 ДСТУ

Відповідно до вимог технічного завдання конструкція повинна мати властивість самогальмування, тому для гвинтового механізму приймаємо однозахідну різьбу ($\varphi' > \psi$).

Кут підйому витків

$$\psi = \arctg\left(\frac{P \cdot z}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{4 \cdot 1}{3,14 \cdot 14}\right) = 5,2^\circ, \quad (3.4)$$

де $P = 5 \text{ мм}$ – крок різьби;

$z = 1$ – західність різьби.

Кут тертя у різьбі:

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f}{\cos \gamma}\right) = \arctg\left(\frac{0,15}{\cos 15^\circ}\right) = 8,82^\circ, \quad (3.5)$$

де $f = 0,15 \text{ мм}$ – коефіцієнт тертя (сталь – чавун);

$\varphi = 15^\circ$ – кут між віссю гвинта і нормальними зусиллями на витки для трапецевидною різьбою.

$$\varphi' > \psi$$

Отже, умова самогальмування виконана.

Зовнішній діаметр гайки:

$$D_{\Gamma} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\Gamma B}}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d_2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3500}{3,14 \cdot 38} + 14^2} = 18 \text{ мм} \quad (3.6)$$

де $[\sigma_p] = 38 \text{ МПа}$ – допустиме напруження для чавуна.

Висота гайки:

$$H = k_{\Gamma} \cdot d_2 = 2,2 \cdot 14 = 30,8 \text{ мм}. \quad (3.7)$$

Приймається $H = 32 \text{ мм}$.

Число витків у гайці:

$$z_B = H/p = 32/4 = 8. \quad (3.8)$$

Необхідний момент закручування

$$T = T_O + T_p = 2,9 + 6,1 = 9 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.9)$$

де $T_O = 2,9 \text{ Н}$ – момент сили тертя на опорному торці гвинта;

$T_p = 6,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – момент сили тертя в різьбі.

$$T_O = P_{\Gamma B} \cdot f \cdot (D_O + d_o)/4 = 3500 \cdot 0,15 \cdot (12 + 10)/4 \cdot 10^3 = 2,9 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де D_O, d_o – діаметри опорного кінця гвинта.

$$T_p = 0,5 \cdot P_{\Gamma B} \cdot d_2 \cdot \text{tg}(\psi + \varphi') = 0,5 \cdot 3500 \cdot 14 \cdot 10^{-3} \cdot \text{tg}(5,2^\circ + 8,82^\circ) = 6,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Перевірний розрахунок міцності гвинта та гайки.

Оцінювання міцності гвинта за умов одночасного впливу осьового навантаження і крутних моментів.

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot P_{\text{ГВ}}}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2 + 4\left(\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2} =$$

$$\sqrt{\left(\frac{4 \cdot 3500}{3,14 \cdot 12^2}\right)^2 + 4\left(\frac{16 \cdot 9 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 12^2}\right)^2} = 61,4 \text{ МПа.} \quad (3.10)$$

Аналогічно для проточки наконечника:

$$\sigma_{\text{ддд}} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot P_{\text{дд}}}{\pi \cdot d_0^2}\right)^2 + 4\left(\frac{16 \cdot T_0}{\pi \cdot d_0^3}\right)^2} =$$

$$\sqrt{\left(\frac{4 \cdot 3500}{3,14 \cdot 10^2}\right)^2 + 4\left(\frac{16 \cdot 9 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10^3}\right)^2} = 102 \text{ МПа,} \quad (3.11)$$

де $d_0 = 10 \text{ мм}$ – діаметр в проточці (рис.);

$\sigma_{\text{екв}} = 102 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{СТ}}] = 210 \text{ МПа}$ (Сталь 45).

Перевірка гвинта на поздовжній згин.

Приведений момент інерції:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot d/d_1)}{64} = \frac{3,14 \cdot 12^4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot 16/12)}{64} = 1221 \text{ мм}^4. \quad (3.12)$$

Максимальна сила:

$$F_a = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{[S_c] \cdot (\mu \cdot l)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 20 \cdot 10^4 \cdot 1221}{5 \cdot (1 \cdot 150)^2} = 21424 \text{ Н,} \quad (3.13)$$

де $E = 20 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ – модуль пружності для сталі;

$[S_c] = 5$ – запас стійкості для горизонтальних гвинтів;

$\mu = 1$ – коефіцієнт приведення довжини гвинта при $l/d_2 > 1,5$;

$l = 150 \text{ мм}$ – довжина гвинта між опорами.

Оскільки, $P_{\text{Гр}} = 3500 \leq F_a = 21424 \text{ Н}$, то поздовжня стійкість забезпечена.

Розрахунок міцності передачі за дотичними напруженнями, що виникають у витках різьби під час зрізу.

$$\tau_{\text{зр}} = P_{\text{Гр}} / (\pi \cdot d \cdot k \cdot H) = 3500 / (3,14 \cdot 16 \cdot 0,65 \cdot 32) = 3,35 \text{ МПа,} \quad (3.14)$$

де $k = 0,65$ – коефіцієнт повноти різьби;

$\tau_{\text{зр}} = 3,35 \text{ МПа} < [\tau_{\text{зр}}] = 15 \text{ МПа}$ – для чавуну.

Міцність витків різьби за умовами зрізу відповідає допустимим значенням.

Розрахункове значення контактного тиску між витками гвинтової передачі становить::

$$p = P_{гр}(\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z_v) = 11500/(3,14 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 8) = 5 \text{ МПа}, \quad (3.15)$$

H_1 – робоча висота профілю різьби $H_1 = 0,5 \cdot P = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мм}$.

$$p = 5 \leq [p] = 6 \text{ МПа}.$$

Зносостійкість гвинтової пари відповідає умовам експлуатації та є достатньою.

Розрахунок рукоятки гвинтового механізму

На попередньому етапі приймаємо стандартну рукоятку з радіусом кривошипа $L = 65 \text{ мм} = 0,065 \text{ м}$ та діаметром стержня ручки $d = 8 \text{ мм}$.

Зусилля, яке необхідно прикласти до рукоятки для приведення механізму в дію, визначається за виразом:

$$P_p = \frac{T_{гв}}{L} = \frac{9,0}{0,065} = 138 \text{ Н} \quad (3.16)$$

Робітник прикладає до рукоятки рекомендоване зусилля в межах 15–20 кгс, що відповідає приблизно 148–196 Н. Отже, прийнята довжина кривошипа є достатньою, а вибрана рукоятка відповідає умовам роботи механізму.

Перевірний розрахунок стержня рукоятки виконуємо за умовою міцності на згин у місці його закріплення в ручці.

Згинальний момент визначається за формулою:

$$M_{зг} = P_{пр} \cdot l_{руч} = 138 \cdot 0,4 = 5,52 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.17)$$

звідки

$$d_p \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_p}{\pi \cdot [\sigma_{зг}]} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 5,52 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 120}} = 7,7 \text{ мм}. \quad (3.18)$$

Діаметр стержня рукоятки $d = 8 \text{ мм}$, виготовленого зі сталі 35, відповідає наведеним вище вимогам міцності та може бути прийнятий для даної конструкції.

Отже, для гвинтового механізму приймаємо стандартну рукоятку з радіусом кривошипа $L = 65$ мм і діаметром стержня ручки $d = 8$ мм.

Фундаментні болти підбирають за умовою міцності на розтяг, враховуючи дію попереднього затягування. Зусилля, яке виникає у фундаментному болті, визначається з рівняння рівноваги моментів відносно точки А згідно зі схемою, наведеною на рисунку 3.5:

$$P_{\phi}(l_{\phi} + l'_{\phi}) = G(l_a - l'_{\phi}) + P_p(l_p - l'_{\phi}), \quad (3.19)$$

З цього виразу визначаємо зусилля, що діє у фундаментному болті:

$$P_{\phi} = \frac{G(l_a - l'_{\phi}) + P_p(l_p - l'_{\phi})}{(l_{\phi} + l'_{\phi})} = \frac{G(0,2 - 0,1) + 200(0,85 - 0,1)}{(0,145 + 0,1)} = 1224 \text{ Н} \quad (3.20)$$

$$d_1 \geq 1,31 \sqrt{\frac{P_{\phi}}{[\sigma_p]}} = 1,31 \sqrt{\frac{1224}{70}} = 6 \text{ мм}, \quad (3.21)$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьбової частини фундаментного болта
 $[\sigma_p] = 70$ МПа – допустиме розтягувальне напруження для сталі Ст 3.

Отже, попередньо прийняті за конструктивними міркуваннями фундаментні болти з різьбою М14 відповідають розрахунковим вимогам і можуть бути використані в даній конструкції.

Розрахунок стійки стенда на стійкість.

Розрахунок стійки починаємо з попереднього проєктного визначення необхідних параметрів поперечного перерізу її елементів.

Критичне напруження, яке відповідає критичному навантаженню, не повинно перевищувати межу пропорційності матеріалу.

$$\sigma_{кр} = P_{кр}/F \leq [\sigma_y], \quad (3.22)$$

де $[\sigma_y]$ – допустиме напруження за умовою забезпечення стійкості конструктивного елемента

На практиці під час перевірки елементів на стійкість зазвичай використовують допустиме напруження стиску $[\sigma_{ст}]$, яке приймається з урахуванням відповідного понижувального коефіцієнта або допустимого напруження для кутового профілю. Для сталі Ст3, рекомендованої для даної

конструкції, значення допустимого напруження на стиск становить $[\sigma_{\text{ст}}] = 77$ МПа.

В даному випадку $\phi = 0,5 - 0,6$.

$$\sigma_{\text{кр}} \leq [\sigma_y] = \phi[\sigma_{\text{ст}}]; \quad (3.23)$$

$$\text{або } \sigma = P/F_{\delta} \leq \phi[\sigma_{\text{ст}}].$$

Звідси визначаємо потрібну площу поперечного перерізу:

$$F_p = G/\phi_1 \cdot [\sigma_{\text{ст}}] = 1080/(0,5 \cdot 77) = 28,05 \text{ мм}^2, \quad (3.24)$$

де M – сумарна маса ремонтowanego агрегату разом із власною масою підхвату:

$$M = M_a + M_n = 80 + 30 = 110 \text{ кг};$$

де M_a – гранично допустима маса коробки передач, кг;

M_n – маса захватного вузла разом із затискними елементами, кг.

Звідси визначаємо загальне вагове навантаження:

$$G = M \cdot g = 110 \cdot 9,81 = 1080 \text{ Н}.$$

З конструктивних міркувань для виготовлення елементів стійки доцільно застосувати раціональний профіль поперечного перерізу. У даному випадку приймаємо рівнополичний швелер, площа поперечного перерізу якого F_c повинна бути більшою за розрахункову площу F_p .

Таким чином, за результатами попереднього розрахунку на стійкість при центральному прикладанні навантаження можна зробити висновок, що вимогам стійкості відповідатиме практично будь-який стандартний швелер відповідного сортаменту.

Разом з тим виконувати лише перевірний розрахунок на центральне стискання недоцільно, оскільки в реальних умовах експлуатації стенда навантаження діятиме не строго по осі стійки, а з певним ексцентриситетом. Крім того, під час розбирання та складання коробки передач на стійку додатково впливатимуть згинальні моменти, які виникають унаслідок прикладання зусиль ремонтником.

У зв'язку з цим вибір розмірів поперечного перерізу стійки доцільно виконувати з урахуванням умов міцності при простому згині за статичного навантаження. Для подальшого розрахунку приймаємо, що зусилля, яке прикладає працівник під час виконання ремонтних операцій, становить приблизно 200 Н відповідно до розрахункової схеми, наведеної на рис. 3.7.

$$M_{розр}^a = P_p \cdot l_p + G_a \cdot l_a = 200 \cdot 0,8 + 1080 \cdot 0,2 = 380 \text{ Н} \cdot \text{м} = 38 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (3.25)$$

Профіль підбираємо за величиною нормальних напружень, виходячи з умови забезпечення міцності елемента при згинальному навантаженні $[\sigma_{зг}] = 150 \text{ МПа} = 15 \text{ кН/см}^2$:

$$[\sigma_{зг}] = M_{max} / W = M_{розр}^a / W; \quad (3.26)$$

Звідки:

$$W \geq M_{max} / [\sigma] = 38 / 15 = 2,5 \text{ см}^3$$

За конструктивними міркуваннями приймаємо швелер. $\frac{110 \times 50 \times 45}{\text{СтЗ}}$ за ДСТУ.

з $W_y = 5,15 \text{ см}^3$, $b = 50 \text{ мм}$; $s = 4 \text{ мм}$; $h = 110 \text{ мм}$ (рис. 3.8)

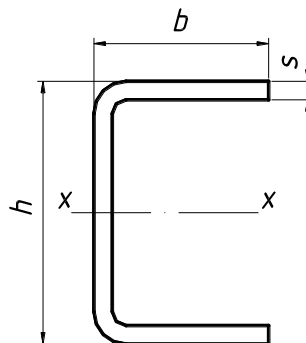


Рис. 3.8. Січення швелера до визначення масово інерційних характеристик перерізу.

Зусилля, що виникає у болтовому з'єднанні стійки.

$$P_6 = 1,5(G_a + P_p) = 1,5(1080 + 200) = 1920 \text{ Н} \quad (3.26)$$

Таким чином підбір болтового з'єднання визначиться з умови надійного закріплення.

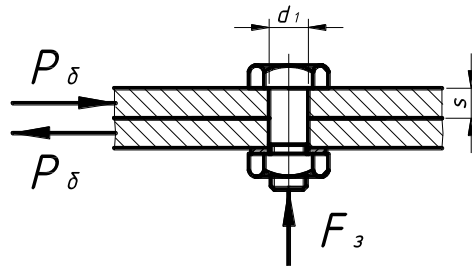


Рис. 3.9. Схема для визначення зусилля попереднього затягування у болтовому з'єднанні.

Якщо болтове з'єднання виконане із зазором між стержнем болта та отвором у деталях, то діаметр болта підбирають за величиною зусилля затягування:

$$F_{\zeta} = \frac{k \times P}{i \times f} = \frac{1,4 \times 1920}{1 \times 0,17} = 15811 \text{ Н}, \quad (3.27)$$

де $k = 1,3-1,5$ – коефіцієнт надійності, що враховує дію змінних навантажень;

$i = 1$ – кількість стиків;

$a = 0,15-0,2$ – коефіцієнт тертя між поверхнями, що перебувають у контакті.

Отже, внутрішній діаметр різьбової частини становить:

$$d_1 \geq 1,3 \sqrt{\frac{F_{\zeta}}{[\sigma_p]}} = 1,3 \sqrt{\frac{15811}{176}} = 12,3 \text{ мм}, \quad (3.28)$$

допустиме розтягувальне напруження матеріалу:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_{пл}}{[S_{пл}]} = \frac{300}{1,7} = 176 \text{ МПа}, \quad (3.29)$$

де $\sigma_{пл} = 300 \text{ МПа}$ – для болтових з'єднань класу міцності 5.6, виготовлених зі сталі марок 30 або 35;

$[S_{i\bar{e}}] = 1,7$ – допустиме значення коефіцієнта запасу за умовою міцності.

Діаметр болта, встановленого в отвір без зазору, тобто за принципом заклепкового з'єднання, визначають із розрахунку на зріз:

$$d \geq 1,13 \sqrt{\frac{P_6}{[\tau_{зп}] \times i}} = 1,13 \sqrt{\frac{1920}{75 \times 1}} = 5,7 \text{ мм} \quad (3.30)$$

допустиме дотичне напруження матеріалу при зрізі:

$$[\tau_{зр}] = 0,25 \times \sigma_{пл} = 0,25 \times 300 = 75 \text{ МПа}, \quad (3.31)$$

Приймаємо два болти М10×30.58 підвищеної точності за ДСТУ, призначені для встановлення в отвори після розвертання діаметром $d = 11$ мм.

Перевірний розрахунок на зминання виконується умовно, оскільки фактичний розподіл контактних напружень у з'єднанні має нерівномірний характер:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{d \times s} = \frac{1920}{10 \times 4} = 48 \text{ МПа}, \quad (3.32)$$

де $s = 4,8$ мм – товщина опорного кронштейна стійки.

допустиме напруження зминання:

$$[\sigma_{зм}] = 0,8 \times \sigma_{пл} = 0,8 \times 300 = 240 \text{ МПа} \quad (3.33)$$

$$\sigma_{зм} < [\sigma_{зм}]$$

Отже остаточно приймається болт М10×30.58 ДСТУ.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

4.1. Мета економічного обґрунтування

Економічне обґрунтування проектних рішень є важливою складовою кваліфікаційної роботи, оскільки дозволяє визначити доцільність упровадження запропонованих технічних і організаційних заходів у виробничу діяльність машинно-ремонтної майстерні. У даному проекті розглядається організація роботи агрегатного відділення з розробкою спеціалізованого стенду для ремонту коробок передач автомобілів, тракторів та іншої сільськогосподарської техніки.

Основна мета економічного розділу полягає у визначенні витрат на виготовлення стенду, оцінці зменшення трудомісткості ремонтних робіт, розрахунку річної економії та визначенні строку окупності запропонованого пристрою.

Використання стенду для ремонту коробок передач дає змогу зменшити трудомісткість розбирально-складальних робіт, підвищити продуктивність праці ремонтників, покращити умови праці в агрегатному відділенні, зменшити простої техніки в ремонті, підвищити якість виконання ремонтних операцій, знизити ймовірність пошкодження деталей під час демонтажу та складання, а також забезпечити безпечніше закріплення агрегату під час ремонту.

У сучасному сільськогосподарському підприємстві машинно-тракторний парк включає трактори, автомобілі, комбайни, ґрунтообробні та посівні агрегати, транспортні засоби й іншу техніку. Значна частина цієї техніки має складні агрегати трансмісії, зокрема коробки передач, роздавальні коробки, редуктори, мости та карданні передачі. Тому наявність оснащеного агрегатного відділення є необхідною умовою своєчасного і якісного ремонту машин.

Економічний ефект від упровадження стенду формується за рахунок скорочення витрат робочого часу, зменшення допоміжних операцій,

підвищення якості ремонту та скорочення тривалості перебування агрегатів у ремонті.

4.2. Вихідні дані для економічного розрахунку

Для виконання розрахунку приймаємо, що стенд використовується в агрегатному відділенні машинно-ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства. Основним видом робіт є ремонт коробок передач тракторів, автомобілів і самохідної сільськогосподарської техніки.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані.

Показник	Позначення	Значення
Кількість коробок передач, що ремонтуються за рік	N	30 шт.
Трудовітність ремонту однієї КПП до впровадження стенду	t_1	14,2 люд.-год
Трудовітність ремонту однієї КПП після впровадження стенду	t_2	9,8 люд.-год
Годинна тарифна ставка ремонтника	C_t	95 грн/год
Коефіцієнт додаткової заробітної плати	Кд	0,20
Коефіцієнт нарахувань на заробітну плату	Кесв	0,22
Коефіцієнт накладних витрат	Кн	0,70
Строк служби стенду	T_c	5 років
Вартість одного дня простою техніки	Спр	1500 грн/день
Скорочення простою на один ремонт	ΔD	0,4 дня

Годинну тарифну ставку ремонтника приймаємо на рівні 95 грн/год. Вона є розрахунковою і може уточнюватися відповідно до фактичного рівня оплати праці на конкретному підприємстві.

Прийняті вихідні дані можуть уточнюватися залежно від фактичної кількості ремонтів, рівня оплати праці на підприємстві, вартості матеріалів і конкретної структури машинно-тракторного парку.

4.3. Розрахунок трудовітності ремонтних робіт

Одним із головних показників ефективності впровадження стенду є зменшення трудовітності ремонту коробок передач. У традиційних умовах, коли агрегат розбирається на верстаку або на простому нерухомому пристрої, значна частина часу витрачається на перевертання коробки передач, її

додаткове закріплення, переміщення, підкладання опор, утримування важких деталей і виконання допоміжних операцій.

Після впровадження стенду коробка передач надійно фіксується у затискачах і може повертатися у зручне положення. Це скорочує час на підготовчі та допоміжні операції, зменшує фізичне навантаження на ремонтника і підвищує зручність доступу до вузлів агрегату.

Річна трудомісткість ремонту коробок передач до впровадження стенду визначається за формулою:

$$T_1 = N \cdot t_1, \quad (4.1)$$

де T_1 – річна трудомісткість до впровадження стенду, люд.-год; N – кількість коробок передач, що ремонтуються за рік, шт.; t_1 – трудомісткість ремонту однієї коробки передач до впровадження стенду, люд.-год.

Підставимо значення:

$$T_1 = 30 \cdot 14,2 = 426 \text{ люд.-год.}$$

Річна трудомісткість ремонту після впровадження стенду:

$$T_2 = N \cdot t_2, \quad (4.2)$$

$$T_2 = 30 \cdot 9,8 = 294 \text{ люд.-год.}$$

Зменшення трудомісткості становить:

$$\Delta T = T_1 - T_2, \quad (4.3)$$

$$\Delta T = 426 - 294 = 132 \text{ люд.-год.}$$

Отже, завдяки застосуванню стенду річна економія робочого часу становить 132 люд.-год.

Відносне зниження трудомісткості визначається за формулою:

$$P_t = (\Delta T / T_1) \cdot 100 \%, \quad (4.4)$$

$$P_t = (132 / 426) \cdot 100 = 30,99 \%.$$

Отже, трудомісткість ремонту коробок передач зменшується приблизно на 31 %.

4.4. Розрахунок вартості однієї людино-години ремонтних робіт

Для визначення економії коштів необхідно розрахувати повну вартість однієї людино-години роботи ремонтника з урахуванням основної заробітної плати, додаткової заробітної плати, нарахувань і накладних витрат.

Повна вартість однієї людино-години визначається за формулою:

$$C_{\text{лг}} = C_t \cdot (1 + K_d) \cdot (1 + K_{\text{св}}) + C_t \cdot K_n, \quad (4.5)$$

де $C_{\text{лг}}$ – повна вартість однієї людино-години, грн/год; C_t – годинна тарифна ставка ремонтника, грн/год; K_d – коефіцієнт додаткової заробітної плати; $K_{\text{св}}$ – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату; K_n – коефіцієнт накладних витрат.

Підставимо значення:

$$C_{\text{лг}} = 95 \cdot (1 + 0,20) \cdot (1 + 0,22) + 95 \cdot 0,70;$$

$$C_{\text{лг}} = 95 \cdot 1,20 \cdot 1,22 + 66,5;$$

$$C_{\text{лг}} = 139,08 + 66,5 = 205,58 \text{ грн/год.}$$

Приймаємо:

$$C_{\text{лг}} = 205,6 \text{ грн/год.}$$

Отже, розрахункова повна вартість однієї людино-години ремонтних робіт становить 205,6 грн/год.

4.5. Економія заробітної плати за рахунок зменшення трудомісткості

Річна економія витрат на оплату праці визначається за формулою:

$$E_{\text{зп}} = \Delta T \cdot C_{\text{лг}}, \quad (4.6)$$

де $E_{\text{зп}}$ – річна економія витрат на оплату праці, грн; ΔT – річне зменшення трудомісткості, люд.-год; $C_{\text{лг}}$ – повна вартість однієї людино-години, грн/год.

$$E_{\text{зп}} = 132 \cdot 205,6 = 27139,2 \text{ грн.}$$

Отже, за рахунок скорочення трудомісткості ремонту коробок передач річна економія витрат на оплату праці становить:

$$E_{\text{зп}} = 27139,2 \text{ грн.}$$

Приймаємо 27139 грн.

4.6. Розрахунок витрат на виготовлення стенду

Витрати на виготовлення стенду включають вартість матеріалів, покупних виробів, кріпильних елементів, витрати на оплату праці, нарахування на заробітну плату, витрати на електроенергію, зварювальні матеріали, фарбування, монтаж і налагодження.

Загальні витрати на виготовлення пристрою визначаються за формулою:

$$C_{\text{ст}} = C_{\text{м}} + C_{\text{к}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{д}} + C_{\text{есв}} + C_{\text{ен}} + C_{\text{н}} + C_{\text{монт}} + C_{\text{рез}}, \quad (4.7)$$

де $C_{\text{ст}}$ – загальна вартість виготовлення стенду, грн; $C_{\text{м}}$ – вартість основних матеріалів, грн; $C_{\text{к}}$ – вартість комплектуючих і кріпильних виробів, грн; $C_{\text{зп}}$ – основна заробітна плата виробничих робітників, грн; $C_{\text{д}}$ – додаткова заробітна плата, грн; $C_{\text{есв}}$ – нарахування на заробітну плату, грн; $C_{\text{ен}}$ – витрати на електроенергію, грн; $C_{\text{н}}$ – накладні витрати, грн; $C_{\text{монт}}$ – витрати на монтаж і випробування, грн; $C_{\text{рез}}$ – резерв на непередбачені витрати, грн.

Таблиця 4.2 – Орієнтовний кошторис виготовлення стенду наведено в таблиці.

Стаття витрат	Розрахунок	Сума, грн
Металопрокат для рами, стійки, основи, кронштейнів	78 кг × 55 грн/кг	4290
Листовий метал, пластини, косинки, опорні елементи	розрахунково	2200
Гвинтовий механізм, гайка, рукоятка, затискачі	розрахунково	4200
Пальці, втулки, шайби, болти, гайки	розрахунково	1850
Зварювальні матеріали	розрахунково	1200
Грунтовка, фарба, допоміжні матеріали	розрахунково	650
Транспортно-заготівельні витрати	10 % від матеріалів	1439
Основна заробітна плата на виготовлення	32 год × 95 грн/год	3040
Додаткова заробітна плата	20 % від основної	608
Нарахування на заробітну плату	22 % від суми зарплати	803
Електроенергія та експлуатація інструменту	розрахунково	1320
Накладні виробничі витрати	60 % від основної зарплати	1824
Розробка технічної документації	18 год × 120 грн/год	2160
Монтаж, установлення, перевірка роботи	розрахунково	3200
Випробування стенду після виготовлення	розрахунково	1200
Резерв на непередбачені витрати	близько 10 %	3266
Разом	—	31450

Отже, орієнтовна вартість виготовлення стенду становить:

$$C_{\text{ст}} = 31450 \text{ грн.}$$

Приймаємо для подальших розрахунків:

$$C_{\text{ст}} = 31,45 \text{ тис. грн.}$$

Виготовлення стенду власними силами ремонтної майстерні є економічно доцільним, оскільки значна частина деталей може бути виготовлена з доступного металопрокату, а основні операції – різання, свердління, зварювання, складання і фарбування – можуть виконуватися в умовах самої майстерні.

4.7. Розрахунок економії від скорочення простою техніки

Крім економії робочого часу, застосування стенду забезпечує скорочення тривалості ремонту агрегату. Це особливо важливо для сучасного сільськогосподарського підприємства, де техніка використовується в обмежені агротехнічні строки. Простій трактора, автомобіля або комбайна під час сезону може призвести до порушення строків виконання польових і транспортних робіт.

Річна економія від скорочення простою техніки визначається за формулою:

$$E_{\text{пр}} = N \cdot \Delta D \cdot C_{\text{пр}}, \quad (4.8)$$

де $E_{\text{пр}}$ – річна економія від скорочення простою техніки, грн; N – кількість ремонтів коробок передач за рік, шт.; ΔD – скорочення простою на один ремонт, днів; $C_{\text{пр}}$ – вартість одного дня простою техніки, грн/день.

$$E_{\text{пр}} = 30 \cdot 0,4 \cdot 1500;$$

$$E_{\text{пр}} = 18000 \text{ грн.}$$

Отже, річна економія від скорочення простою техніки становить 18000 грн.

4.8. Економія від зменшення допоміжних операцій

Під час ремонту коробок передач без спеціалізованого стенду значна частина часу та коштів витрачається на допоміжні роботи: додаткове переміщення агрегату, використання підкладок, повторне закріплення,

залучення другого працівника для утримування агрегату, прибирання розлитого мастила, додаткове встановлення пристроїв для демонтажу.

Застосування стенду дозволяє скоротити ці витрати. Для розрахунку приймаємо умовну економію допоміжних витрат на один ремонт у розмірі:

$$E_{\text{доп1}} = 220 \text{ грн.}$$

Тоді річна економія становитиме:

$$E_{\text{доп}} = N \cdot E_{\text{доп1}},$$

$$E_{\text{доп}} = 30 \cdot 220 = 6600 \text{ грн.}$$

Отже, річна економія від скорочення допоміжних витрат становить 6600 грн.

4.9. Загальна річна економія від впровадження стенду

Загальна річна економія визначається як сума економії витрат на оплату праці, економії від скорочення простою техніки та економії допоміжних витрат:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{зп}} + E_{\text{пр}} + E_{\text{доп}}, \quad (4.9)$$

де $E_{\text{заг}}$ – загальна річна економія, грн.

$$E_{\text{заг}} = 27139 + 18000 + 6600;$$

$$E_{\text{заг}} = 51739 \text{ грн.}$$

Отже, загальна річна економія від впровадження стенду становить 51739 грн.

4.10. Розрахунок річних експлуатаційних витрат на стенд

Для об'єктивного визначення економічного ефекту необхідно врахувати витрати, пов'язані з експлуатацією стенду. До них належать амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування, ремонт, змащування рухомих частин і періодичну перевірку кріпильних елементів.

Річні амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A = C_{\text{ст}} / T_{\text{с}}, \quad (4.10)$$

де A – річні амортизаційні відрахування, грн; $C_{\text{ст}}$ – вартість стенду, грн; $T_{\text{с}}$ – строк служби стенду, років.

$$A = 31450 / 5 = 6290 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт приймаємо в розмірі 5 % від вартості стенду:

$$C_{\text{то}} = 0,05 \cdot C_{\text{ст}}, \quad (4.11)$$

$$C_{\text{то}} = 0,05 \cdot 31450 = 1572,5 \text{ грн.}$$

Загальні річні експлуатаційні витрати становитимуть:

$$C_{\text{експ}} = A + C_{\text{то}}, \quad (4.12)$$

$$C_{\text{експ}} = 6290 + 1572,5 = 7862,5 \text{ грн.}$$

Приймаємо:

$$C_{\text{експ}} = 7863 \text{ грн.}$$

4.11. Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект визначається як різниця між загальною річною економією та річними експлуатаційними витратами на стенд:

$$E_p = E_{\text{заг}} - C_{\text{експ}}, \quad (4.13)$$

де E_p – річний економічний ефект, грн.

$$E_p = 51739 - 7863;$$

$$E_p = 43876 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект від упровадження стенду становить 43876 грн.

4.12. Визначення строку окупності стенду

Строк окупності показує, за який період витрати на виготовлення стенду повернуться за рахунок отриманої економії.

Строк окупності визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = C_{\text{ст}} / E_p, \quad (4.14)$$

де $T_{\text{ок}}$ – строк окупності, років; $C_{\text{ст}}$ – вартість виготовлення стенду, грн; E_p – річний економічний ефект, грн.

$$T_{\text{ок}} = 31450 / 43876;$$

$$T_{\text{ок}} = 0,72 \text{ року.}$$

Переведемо строк окупності в місяці:

$$T_{\text{ок.міс}} = 0,72 \cdot 12 = 8,64 \text{ міс.}$$

Отже, строк окупності станду становить приблизно 0,72 року, або близько 9 місяців.

Такий строк окупності є прийнятним для ремонтного обладнання машинно-ремонтної майстерні, оскільки пристрій використовується протягом кількох років і забезпечує стабільне зменшення витрат на ремонт коробок передач.

4.13. Розрахунок коефіцієнта економічної ефективності

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою:

$$K_{\text{еф}} = E_p / C_{\text{ст}}, \quad (4.15)$$

де $K_{\text{еф}}$ – коефіцієнт економічної ефективності.

$$K_{\text{еф}} = 43876 / 31450 = 1,39.$$

Отже, коефіцієнт економічної ефективності становить:

$$K_{\text{еф}} = 1,39.$$

Це означає, що на кожен гривню витрат на виготовлення станду підприємство може отримати близько 1,39 грн річного економічного ефекту.

4.14. Порівняння показників до і після впровадження станду

Для узагальнення результатів розрахунку наведемо порівняльні показники роботи агрегатного відділення до і після впровадження станду.

Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна
Трудовітність ремонту однієї КПП, люд.-год	14,2	9,8	–4,4
Річна трудовітність, люд.-год	426	294	–132
Зниження трудовітності, %	–	–	31
Річна економія оплати праці, грн	–	–	27139
Економія від скорочення простою техніки, грн	–	–	18000
Економія допоміжних витрат, грн	–	–	6600
Загальна річна економія, грн	–	–	51739
Річний економічний ефект, грн	–	–	43876
Строк окупності, років	–	–	0,72

З наведеної таблиці видно, що застосування станду дозволяє істотно зменшити трудомісткість ремонту коробок передач, скоротити непродуктивні витрати часу та забезпечити швидке повернення вкладених коштів.

4.15. Додаткові економічні та виробничі переваги проєктного рішення

Крім безпосереднього економічного ефекту, упровадження станду має низку додаткових переваг для машинно-ремонтної майстерні.

По-перше, підвищується якість ремонту коробок передач. Надійне закріплення агрегату та можливість його повороту дають змогу ремонтнику виконувати операції у зручному положенні, краще контролювати стан деталей, точніше встановлювати підшипники, шестерні, вали, ущільнення і кришки.

По-друге, зменшується ризик пошкодження корпусних деталей і посадкових поверхонь. При ремонті без станду агрегат часто доводиться перевертати вручну або встановлювати на випадкові опори, що може призводити до механічних пошкоджень. Стенд усуває ці недоліки.

По-третє, покращуються умови праці ремонтника. Зменшується потреба у фізичному утримуванні важких деталей, нахиланні, роботі в незручних позах і виконанні зайвих переміщень. Це позитивно впливає на безпеку праці та знижує ризик виробничого травматизму.

По-четверте, підвищується рівень організації агрегатного відділення. Наявність спеціалізованого обладнання сприяє впорядкуванню технологічного процесу, скорочує хаотичне переміщення агрегатів і деталей, покращує використання площі приміщення та підвищує культуру ремонту.

По-п'яте, стенд може використовуватися не лише для ремонту коробок передач, а й для виконання окремих операцій з іншими агрегатами подібної маси та габаритів, якщо це передбачено конструкцією його захватів і допустимим навантаженням.

Висновки до розділу

У даному розділі виконано економічне обґрунтування проектних рішень, пов'язаних з організацією роботи агрегатного відділення машинно-ремонтної майстерні та впровадженням стенду для ремонту коробок передач.

У результаті розрахунків встановлено, що річна трудомісткість ремонту коробок передач до впровадження стенду становить 426 люд.-год, а після впровадження – 294 люд.-год. Економія робочого часу дорівнює 132 люд.-год, або приблизно 31 %.

Орієнтовна вартість виготовлення стенду становить 31450 грн. Річна економія витрат на оплату праці складає 27139 грн, економія від скорочення простою техніки – 18000 грн, а економія допоміжних витрат – 6600 грн. Загальна річна економія становить 51739 грн.

З урахуванням експлуатаційних витрат річний економічний ефект від упровадження стенду становить 43876 грн. Строк окупності пристрою дорівнює 0,72 року, або приблизно 9 місяців. Коефіцієнт економічної ефективності становить 1,39.

Отже, впровадження стенду для ремонту коробок передач в агрегатному відділенні машинно-ремонтної майстерні є економічно доцільним. Запропоноване проектне рішення забезпечує зменшення трудомісткості ремонтних робіт, скорочення простою техніки, підвищення продуктивності праці, покращення умов роботи ремонтників і підвищення загальної ефективності функціонування ремонтної бази сільськогосподарського підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У першому розділі виконано розрахунок основних параметрів машинно-ремонтної майстерні та агрегатного відділення. На основі типового парку сільськогосподарського підприємства визначено річну програму технічних обслуговувань і ремонтів, яка становить 53 наряди, а сумарна трудомісткість робіт – 1656,6 люд.-год. Обґрунтовано потребу у 2 виробничих працівниках, прийнято площу агрегатного відділення 72 м² та підібрано необхідне технологічне обладнання: стенд для ремонту коробок передач, гідравлічний прес, вантажопідіймальні засоби, мийну ванну, компресор, верстак, стелажі та слюсарно-вимірювальний інструмент.

У розділі з охорони праці проаналізовано умови виконання робіт в агрегатному відділенні та визначено основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори: можливість травмування важкими агрегатами, защемлення рук, ураження електричним струмом, вплив мастильних і мийних матеріалів, шум, вібрацію та пожежну безпеку. Для забезпечення безпечних умов праці розраховано параметри приміщення, штучне освітлення, вентиляцію, а також визначено вимоги до електробезпеки, пожежної безпеки, організації робочих місць і використання засобів індивідуального захисту.

У конструктивній частині роботи проведено аналіз існуючих технічних рішень для розбирання та складання коробок передач. Встановлено, що для умов агрегатного відділення найбільш доцільним є стаціонарний універсальний стенд із гвинтовими затискачами та можливістю зміни положення агрегату. Така конструкція забезпечує надійне закріплення коробки передач, зручний доступ до її вузлів, зменшення фізичного навантаження на ремонтника та підвищення якості розбирально-складальних робіт.

У процесі розрахунку стенду перевірено основні елементи конструкції: гвинтовий механізм, з'єднання гвинт-гайка, рукоятку, фундаментні болти, стійку та болтові з'єднання. Результати розрахунків підтвердили міцність, стійкість і надійність пристрою. Розроблений стенд може використовуватися

для ремонту коробок передач масою близько 80 кг та інших агрегатів подібного типорозміру.

В економічному розділі визначено ефективність упровадження стенду. Трудомісткість ремонту однієї коробки передач зменшується з 14,2 до 9,8 люд.-год, а річна трудомісткість – з 426 до 294 люд.-год. Економія робочого часу становить 132 люд.-год, або близько 31 %. Орієнтовна вартість виготовлення стенду становить 31450 грн, загальна річна економія – 51739 грн, а річний економічний ефект з урахуванням експлуатаційних витрат – 43876 грн. Строк окупності пристрою становить 0,72 року, або близько 9 місяців.

Отже, у результаті виконання кваліфікаційної роботи підтверджено технічну, організаційну та економічну доцільність удосконалення агрегатного відділення МРМ шляхом упровадження стенду для ремонту коробок передач. Запропоноване рішення забезпечує зниження трудомісткості ремонтних робіт, скорочення простоїв техніки, підвищення продуктивності праці, покращення умов і безпеки роботи ремонтного персоналу. Розроблений стенд може бути рекомендований для використання в машинно-ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств, фермерських господарств і ремонтно-сервісних підрозділів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сідашенко О. І., Науменко О. А. та ін. Ремонт машин та обладнання : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.
2. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
3. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015. 678 с.
8. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : метод. вказ. до практ. занять : для здобувачів вищої освіти другого рівня спец. 208 «Агроінженерія» / уклад.: М. В. Красота, О. В. Бевз, І. В. Шепеленко та ін. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 62 с.
9. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : метод. вказ. до лаб. роб. : для здобувачів вищої освіти другого рівня спец. 208 «Агроінженерія» / уклад.: М. В. Красота, О. В. Бевз, І. В. Шепеленко та ін. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 64 с.

10. Методичні вказівки для виконання практичних занять з дисципліни «Трактори та автомобілі» за модулем «Трансмісія» / уклад.: Р. А. Осін, С. О. Магопець, М. В. Красота, О. В. Бевз. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 75 с.
11. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник. 2-ге вид., випр. Львів : Афіша, 2003. 560 с.
12. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Є. С. Опір матеріалів : підручник / за ред. Г. С. Писаренка. 2-ге вид., допов. і перероб. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.
13. Шваб'юк В. І. Опір матеріалів : навч. посіб. Київ : Знання, 2009. 380 с.
14. Анур'єв В. І. Довідник конструктора-машинобудівника : у 3 т. Київ : Машинобудування, 2001. Т. 1. 920 с.
15. Дунаєв П. Ф., Леліков О. П. Конструювання вузлів і деталей машин : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2001. 447 с.
16. Борак К. В., Ткачук Б. М., Торгонський В. С. Перспективи розвитку технічного сервісу МТП в АПК. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України. С. 61-62.
17. Іванов М. М. Деталі машин : підручник. Київ : Вища школа, 2002. 408 с.
18. Sivak R., Kulykivskyi V., Savchenko V., Minenko S., & Borovskyi V. Determination of porosity functions in the pressure treatment of iron-based powder materials in agricultural engineering. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26, №. 3. P. 124–134.
19. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Дата звернення: 10.05.2026.

20. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Дата звернення: 10.05.2026.
21. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018.
22. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013.
23. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015.
24. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Київ : Держспоживстандарт України, 2011.
25. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
26. ДСТУ 2.104:2006. Єдина система конструкторської документації. Основні написи. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.
27. ДСТУ 2.109:2006. Єдина система конструкторської документації. Основні вимоги до креслеників. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.
28. Економіка підприємства : підручник / за заг. ред. С. Ф. Покропивного. Київ : КНЕУ, 2006. 528 с.
29. Гетьман О. О., Шаповал В. М. Економіка підприємства : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 488 с.
30. Тарасюк Г. М., Шваб Л. І. Планування діяльності підприємства : навч. посіб. Київ : Каравела, 2005. 312 с.
31. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті : наказ Міністерства транспорту України від 10.02.1998 № 43. Київ : Мінтранс України, 1998.
32. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : НПАОП 0.00-1.62-12. Київ : Міністерство надзвичайних ситуацій України, 2012.

33. Борак К. В., Вазінський М. Ю., Дубінін Д. Ю. Особливості технічного обслуговування сучасних дизельних двигунів. Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 35-39.