

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Розробка ділянки по ремонту електрообладнання автотракторної техніки в умовах НПЦ СНАУ»

Виконав:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Станіслав БАРБІН

(Прізвище, ініціали)

Група:

РМХ 2201ст.

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Євген КОНОПЛЯНЧЕНКО

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет **Інженерно-технологічний**

Кафедра **агроінжинірингу**

Ступінь вищої освіти **«Бакалавр»**

Спеціальність **208 «Агроінженерія»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

**завідувач кафедри**

**Михайло ШУЛЯК**

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

Станіславу БАРБІНУ

(ім'я, прізвище)

1. Тема проекту (роботи) Розробка ділянки по ремонту електрообладнання автотракторної техніки в умовах НПЦ СНАУ

2. Керівник проекту (роботи) Коноплянченко Є.В., к.т.н., доц.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

3. Строк подання студентом проекту (роботи) 25.05.2025р.

4. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_

Базове господарство: НПЦ СНАУ

Об'єкт дослідження: переривник-розподільник Р-13

5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

1. Актуальність ремонту та обслуговування електрообладнання складної автотракторної техніки в сучасних умовах

2. Принцип роботи електроприладів вантажних автомобілів та їх технічне обслуговування

3. Технологія ремонту переривника-розподільника

4. Технологічний розрахунок ділянки по ремонту електрообладнання

5. Конструкторська частина

6. Охорона праці

7. Техніко-економічне обґрунтування рішень

6. Перелік графічного матеріалу

1. План ділянки

2. Складальне креслення стенду

3. Складальне креслення складальних одиниць стенду

4. Складальне креслення складальних одиниць стенду

5. Деталювання

6. Техніко-економічні показники

## 7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Нормоконтроль			
Економічне обґрунтування			

Дата отримання завдання "04" вересня 2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми	до 01.10.2024	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 01.12.2024	
3.	Складання плану роботи	до 01.01.2025	
4.	Написання вступу	до 23.01.2025	
5.	Написання другого розділу	до 15.02.2025	
6.	Написання третього розділу	до 12.03.2025	
7.	Написання першого розділу	до 15.04.2025	
8.	Підготовка розділів «Охорона праці» та «Економічне обґрунтування»	до 01.05.2025	
9.	Написання висновків	до 07.05.2025	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності	до 10.05.2025	
11.	Подання на рецензування	до 24.05.2025	
12.	Подання до попереднього захисту	до 25.05.2025	

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Євген КОНОПЛЯНЧЕНКО  
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Здобувач

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Станіслав БАРБІН  
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

**Барбін Станіслав Павлович.** «Розробка дільниці по ремонту електрообладнання автотракторної техніки в умовах НПЦ СНАУ».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра за освітньою програмою «Агроінженерія», спеціальність 208 «Агроінженерія».

Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025 .

У роботі досліджено актуальність і особливості ремонту та технічного обслуговування електрообладнання сучасної автотракторної техніки в умовах Навчально-практичного центру СНАУ. Проведено аналіз наслідків відмов електричних приладів, систем електроживлення, стартерів, генераторів, освітлювальних та сигнальних приладів, датчиків і електронних блоків керування, а також основних типів поломок та сучасних методів діагностики і ремонту .Обґрунтовано технологічну схему дільниці з виділенням зон прийому, діагностики, розбирання, ремонту, налаштування і складання, розроблено організаційну структуру з оптимальною чисельністю персоналу та переліком необхідного обладнання і інструментів для безперебійного функціонування. Описано методику технічного обслуговування і ремонту електрообладнання. Розроблено технологію ремонту переривника-розподільника. В конструкторській частині спроектовано спеціальний стенд для випресування втулок переривника-розподільника з контролем геометрії його деталей, виконано розрахунки міцності основних елементів пристрою та визначено його ергономічні характеристики. Розроблено комплекс заходів з охорони праці. Проведено економічне обґрунтування доцільності впровадження стенда.

**Ключові слова:** дільниця ремонту електрообладнання, автотракторна техніка, технологія ТО і ремонту, пристосування, економічна ефективність.

## ABSTRACT

**Barbin Stanislav Pavlovich.** "Development of a repair site for electrical equipment of autotractor equipment in the conditions of the EPC SNAU".

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the educational program "Agroengineering", specialty 208 "Agroengineering".

Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The paper investigates the relevance and features of repair and maintenance of electrical equipment of modern autotractor equipment in the conditions of the SNAU Educational and Practical Center. The analysis of the consequences of failures of electrical devices, power supply systems, starters, generators, lighting and signaling devices, sensors and electronic control units, as well as the main types of breakdowns and modern methods of diagnostics and repair was carried out. The technological scheme of the site was substantiated with the allocation of reception, diagnostics, disassembly, repair, adjustment and assembly zones, an organizational structure was developed with the optimal number of personnel and a list of necessary equipment and tools for uninterrupted operation. The methodology for maintenance and repair of electrical equipment was described. The technology for repairing the circuit breaker-distributor was developed. In the design part, a special stand was designed for pressing out the bushings of the circuit breaker-distributor with control of the geometry of its parts, calculations of the strength of the main elements of the device were performed and its ergonomic characteristics were determined. A set of occupational safety measures was developed. An economic justification of the feasibility of implementing the stand was carried out.

**Keywords:** electrical equipment repair shop, auto-tractor equipment, maintenance and repair technology, stand, economic efficiency.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АКТУАЛЬНІСТЬ РЕМОНТУ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СКЛАДНОЇ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	6
1.1 Аналіз наслідків відмов електрообладнання у сучасних автотранспортних засобах	6
1.2 Особливості систем електрообладнання складної автотракторної техніки	7
1.3 Основні типи поломок електрообладнання	7
1.4 Аналіз виду робіт з технічного обслуговування та ремонту електрообладнання	8
1.5 Сучасні технології ТО і Р електрообладнання	9
2 ПРИНЦИП РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ	11
2.1 Електроживлення: акумулятор та генератор	11
2.2 Стартер та система запуску	12
2.3 Освітлювальні прилади	12
2.4 Система сигналізації та покажчики	13
2.5 Датчики та контрольно-вимірювальна апаратура	14
2.6 Електронні блоки керування двигуном (ЕБКД)	15
2.7 Реле, запобіжники та розподільні блоки	16
2.8 Монтажна проводка та з'єднання	16
2.9 Технічне обслуговування та діагностика електрообладнання	17
2.10 Безпека при роботі з електрообладнанням	18
3 ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ПЕРЕРИВНИКА-РОЗПОДІЛЬНИКА	20

3.1	Діагностика несправностей переривника-розподільника	21
3.2	Ремонт переривника-розподільника (контактного типу)	24
3.3	Відновлення (відновлювальний ремонт)	26
4	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ ПО РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ	29
5	КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ	32
5.1	Особливості конструкції та принцип дії пристосування	32
5.2	Розрахунок елементів конструкції на міцність	34
6	ОХОРОНА ПРАЦІ	35
6.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів	35
6.2	Інженерні заходи	37
6.3	Організаційні заходи	39
6.4	Висновки	39
7	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	41
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	45
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
	ДОДАТКИ	49

## ВСТУП

У сучасних умовах аграрного виробництва ефективне використання машинно-тракторного парку (МТП) є однією з ключових складових стабільного функціонування господарств. Електрообладнання є критично важливим компонентом, що забезпечує роботу двигуна, систем керування, освітлення, комунікацій, а також допоміжного обладнання. Своєчасний ремонт і технічне обслуговування електросистем відповідають за безперебійну роботу техніки, зменшують ризик аварійних ситуацій і дозволяють оптимізувати експлуатаційні витрати [1].

Складність сучасної автотракторної техніки, особливо в частині електрообладнання, зумовлює потребу у висококваліфікованому обслуговуванні, своєчасній діагностиці та ремонті. Саме тому актуальною стає ідея організації дільниці з ремонту електрообладнання в умовах Навчально-практичного центру (НПЦ) Сумського національного аграрного університету (СНАУ). НПЦ СНАУ має базу для здійснення ремонтних і діагностичних робіт. Наявність навчальних лабораторій, кваліфікованих кадрів та доступу до техніки створює передумови для розвитку повноцінного сервісного підрозділу. Така дільниця не лише вирішуватиме технічні проблеми наявного парку, а й стане навчальною платформою для підготовки майбутніх інженерів-механіків. Окрім навчальної функції, така дільниця може надавати послуги сільгоспвиробникам Сумської області, що забезпечить фінансову самодостатність підрозділу. Це створить підґрунтя для дуальної освіти – поєднання теорії і практики в реальних умовах.

Таким чином, організація дільниці з ремонту електрообладнання в умовах НПЦ СНАУ є не лише технічно та економічно обґрунтованою, а й педагогічно доцільною. Це дозволить наблизити підготовку фахівців до потреб ринку, підвищити рівень технічної грамотності та стати прикладом ефективного використання ресурсів закладу вищої освіти.

# **1 АКТУАЛЬНІСТЬ РЕМОНТУ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СКЛАДНОЇ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

Питання актуальності ремонту та обслуговування електрообладнання складної автотракторної техніки є надзвичайно важливим у сучасних умовах, з огляду на кілька ключових факторів: технологічний прогрес, зростання вартості техніки, енергозбереження, цифровізація сільського господарства та потреба у надійності машин.

## **1.1 Аналіз наслідків відмов електрообладнання у сучасних автотранспортних засобах**

Електрообладнання забезпечує роботу стартерів, генераторів, систем запалювання й подачі палива, датчиків, блоків керування та систем безпеки (ABS, ESP тощо). Утрата працездатності будь-якого елемента може призвести до зупинки техніки, пошкодження вузлів або навіть аварійних ситуацій на дорогах та полях [1-4].

Незадовільний стан електросистем призводить до простоїв техніки і ремонту техніки. За даними багатьох досліджень, понад 20 % поломок автотехніки пов'язані саме з несправностями електрообладнання [2]. Тому інвестиції в ранню діагностику та профілактичне обслуговування дозволяють заощаджувати суттєві кошти протягом життєвого циклу техніки.

Сучасні екологічні стандарти вимагають зменшення викидів шкідливих речовин. Несправна електросистема може неправильно регулювати суміш і роботу двигуна, що призводить до підвищеного споживання палива та збільшених викидів CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub>. Уміння фахівців ремонтувати та обслуговувати електрообладнання дозволяє підтримувати техніку в екологічно прийнятному стані [3].

## **1.2 Особливості систем електрообладнання складної автотракторної техніки**

У вантажних автомобілях використовуються багатоканальні електропроводки, здатні підтримувати великі навантаження від стартерів високої потужності, генераторів з регуляцією напруги, систем освітлення з LED- та HID-технологіями, бортових комп'ютерів і модулів телеметрії. Розгалужені кабельні мережі типової потужності до 24 В (іноді 48 В для гібридних моделей) з урахуванням стійкості до вібрацій, підвищених температур і агресивних середовищ [3-6].

Сучасні трактори оснащені електросистемами, що включають генератори, акумулятори, системи запалювання (для бензинових тракторів) або системи стартової підпірки для дизелів, високоточні датчики тиску та температури, електронні блоки керування агрегатами та навісним обладнанням, а також потужні системи освітлення та сигналізації. Часом застосовуються бортові мережі 12 В або 24 В, а також системи CAN-шини для взаємодії між модулями.

Вантажні автомобілі мають більш потужні генератори (500–1500 Вт) і стартери (2–5 кВт) порівняно з тракторами (400–800 Вт для генератора, 1–2 кВт для стартера). Однак трактори експлуатуються в умовах високих навантажень на навісне обладнання (плуги, косарки, прес-підбирачі), що потребує додаткових електроспоживачів (гідравлічні насоси, електромотори). Унаслідок цього системи тракторів часто мають подібну складність, хоча і з іншими пріоритетами [5].

## **1.3 Основні типи поломок електрообладнання**

Найбільш поширені несправності включають знос щіток і підшипників у генераторі, вихід з ладу регулятора напруги, пробій діодного моста, корозію контактів акумулятора, обрив або замикання в кабельній мережі, вихід з ладу електронних блоків керування (ECU), несправність датчиків температури і тиску, а також поломки освітлювальних приладів (HID, LED-блоків).

У тракторах до типових проблем належать зниження ємності акумулятора через глибокі розряди, заклинювання стартерів в умовах низьких температур, розгерметизація ізоляції кабелів, пошкодження датчиків під час високої запиленості та вібрацій, вихід з ладу ECU гідравлічної системи, а також поломки галогенних чи LED фар унаслідок ударів і вібрацій [6-8].

Несправності електрообладнання часто зумовлені комбінацією факторів: вібраційними навантаженнями, перепадами температур, корозією, неякісними ремонтами, невідповідним використанням компонентів та порушенням інструкцій обслуговування. Наслідками можуть бути зупинка техніки в полі чи на дорозі, збитки від простоїв, загроза безпеці оператора та оточуючих .

#### **1.4 Аналіз виду робіт з технічного обслуговування та ремонту електрообладнання**

Для проведення ремонту електрообладнання потрібні висококваліфіковані фахівці, які розуміють принципи роботи електронних схем, можуть виконувати пайку, калібрування датчиків, заміну модулів ECU, а також проводити складну діагностику за допомогою сканерів OBD і осцилографів [8].

Інструменти для діагностики включають портативні діагностичні сканери з підтримкою протоколів CAN, ISO, SAE J1939, а також осцилографи, тестери акумуляторів, тепловізори для виявлення гарячих точок у кабельних з'єднаннях. Для тракторів необхідні ще й спеціальні стенди для перевірки датчиків тиску та температури, а також стенди для тестування стартерів у умовах імітації низьких температур .

Вартість ремонту електричних систем залежить від складності поломки: заміна щіток генератора чи регулятора вартості близько 200–300 грн, заміна ECU може коштувати від 5 000 до 15 000 грн, залежно від моделі та комплектації. Заміна кабельної проводки на вантажному автомобілі може потребувати витрат до

20 000 грн. Однак ремонт завжди дешевший за заміну нового модуля, що є актуальним у сучасних умовах обмежених бюджетів [6].

Обслуговування включає регулярний візуальний огляд проводки, перевірку стану клем акумулятора, вимірювання напруги на батареї, тестування генератора при різних обертах двигуна, перевірку роботи стартеру під навантаженням, огляд ізоляції провідників, перевірку реле та запобіжників, очищення контактів [2-5].

Рекомендована періодичність: кожні 500 мотогодин або раз на сезон. Роботи включають перевірку стану акумулятора (напруга в спокої, густина електроліту для обслуговуваних батарей), перевірку та натяг ременя генератора, огляд кабелів і роз'ємов, перевірку роботи датчиків тиску та температури, калібрування ECU гідравлічної системи, очищення клем і контактів [8].

До превентивних заходів належать застосування герметичних ізоляційних матеріалів, антикорозійних спреїв для клем, регулярне оновлення програмного забезпечення ECU, контроль товщини ізоляції кабелів, використання якісних запобіжників та реле, захист кабельних ліній від механічних ушкоджень за допомогою додаткових гофротрубок [6].

### **1.5 Сучасні технології ТО і Р електрообладнання**

Впровадження телематичних систем дозволяє здійснювати акумулятора, напругу бортової мережі, температуру ECU та ін. Це дозволяє попереджувати несправності та планувати ремонт до виникнення аварійної ситуації [3-5, 7].

У сучасному ремонтному процесі стають доступними 3D-друковані елементи для кронштейнів проводки та корпусів реле, а також застосування композитних ізоляційних матеріалів, що забезпечують високу стійкість до температур та механічних впливів.

Зростає потреба у сертифікованих спеціалістах, які проходять навчання за стандартами виробників (Bosch, Delphi, Denso, John Deere). Спеціалізовані курси

охоплюють теми електронних систем, діагностики, роботи з дилерським ПО та осцилографами.

Перехід на електричні та гібридні приводи ставить нові вимоги до обслуговування: високовольтні системи з напругою 400–800 В, необхідність спеціальних інструментів та засобів безпеки. Це вимагає модернізації ремонтних майстерень і підвищення кваліфікації персоналу.

Роботизація з'єднань, автоматичні стенди для перевірки ECU, використання штучного інтелекту для аналізу помилок і прогнозування відмов - це ті напрямки, що формують майбутнє сфери обслуговування.

Актуальність ремонту та технічного обслуговування електрообладнання складної автотракторної техніки зумовлена зростанням складності електросистем, економічною доцільністю, вимогами безпеки та екологічними стандартами. Системний підхід, використання сучасного діагностичного обладнання та підвищення кваліфікації персоналу забезпечують надійність роботи техніки та оптимізують експлуатаційні витрати.

## **2 ПРИНЦИП РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ**

Метою даного дослідження є детальний аналіз принципів роботи основних електроприладів вантажних автомобілів, а також методів їх технічного обслуговування. Особлива увага приділяється сучасним технологіям і вимогам до надійності електросистем в умовах інтенсивної експлуатації.

### **2.1 Електроживлення: акумулятор та генератор**

Акумуляторна батарея є основним джерелом енергії для запуску двигуна та живлення бортової мережі в режимі стоянки. В сучасних вантажівках застосовуються свинцево-кислотні акумулятори з підвищеною ємністю та стійкістю до глибокого розряду. Принцип роботи базується на хімічній реакції між пластинами свинцю і електролітом (розчин сірчаної кислоти), внаслідок чого відбувається накопичення електричної енергії. При віддачі струму реакція йде у зворотному напрямку, забезпечуючи напругу близько 12,6 В у зарядженому стані [1,8].

Генератор перетворює механічну енергію двигуна на електричну завдяки явищу електромагнітної індукції. Основними складовими генератора є статор, ротор, діодний міст та регулятор напруги. При обертанні ротора створюється змінний магнітний потік, що індукує електричний струм у обмотках статора. Випрямлене діодним мостом напруга подається до бортової мережі і акумулятора. Регулятор напруги підтримує стабільний рівень вихідної напруги в межах 13,8–14,4 В незалежно від оборотів двигуна.

Регулярний огляд акумулятора складає в перевірці рівня та щільності електроліту, ступеня корозії клемних з'єднань, чистоти корпусу та ступеня зарядженості. Сучасні вантажівки оснащуються необслуговуваними батареями з герметичними кришками, тому основна увага приділяється перевірці напруги на

клеммах мультиметром. Напруга в спокої не повинна опускатися нижче 12,4 В. У разі виявлення сульфатації пластин рекомендується використовувати імпульсні зарядні пристрої для часткового відновлення ємності.

Обслуговування генератора включає перевірку натягу та стану ременя приводу, огляд корпусу на предмет механічних пошкоджень та корозії, а також перевірку щіткового вузла і підшипників ротора. Для діагностики роботи генератора вимірюють вихідну напругу при холостих обертах та під навантаженням. Нормальні показники — 13,8–14,4 В. При зниженні напруги потрібно перевірити регулятор напруги, стан щіток та діодний міст.

## **2.2 Стартер та система запуску**

Стартер є електричним двигуном постійного струму, призначеним для прокручування колінчастого валу двигуна до моменту самостійного запуску. Основні компоненти стартера: обмотки якоря, статорні магнітні полюси, щітково-колекторний вузол, редукторний механізм (у сучасних вантажівках здебільшого застосовується редукторний стартер) та втягуюче реле. При подачі напруги з акумулятора втягуюче реле замикає шестерню приводу з вінцем маховика, а сам стартер починає обертатись.

Періодичне обслуговування стартера включає огляд електричних з'єднань, перевірку стану втягуючого реле, чистку або заміну щіток, а також перевірку редукторного механізму. Вимірювання падіння напруги при включенні стартера допомагає виявити внутрішні проблеми: напруга на клеммах не повинна опускатись нижче 9,5 В під навантаженням [1,8].

## **2.3 Освітлювальні прилади**

У сучасних вантажних автомобілях застосовуються ксенонові (HID) або світлодіодні (LED) фари, які забезпечують високу яскравість та енергоефективність. Принцип роботи HID-фар базується на створенні

електричного розряду між електродами в газовій суміші, що призводить до випромінювання інтенсивного світла. LED-фари складаються з безлічі світлодіодів, які при проходженні через них електричного струму випромінюють світло з високою ефективністю [7].

Додаткові прожектори та підсвітка кузова використовують галогенові або світлодіодні лампи. Галогенова лампа працює за принципом нагріву нитки розжарювання, обплетеної сплавом металів, в герметичній колбі, заповненій галогенідними газами. Світлодіодні прилади слугують довше та мають менші витрати порівняно з галогенами.

Регулярний огляд фар включає перевірку цілісності лінз, стану відбивачів, очищення оптик від пилу та багнюки. Для запобігання корозії важливо перевіряти стан провідників та клем. У разі зниження яскравості НІД-лампи потрібно перевірити блок розпалювання та стан газового наповнення лампи, а для LED-фар — цілісність діодних модулів і тепловідводів.

#### **2.4 Система сигналізації та покажчики**

Сигнальні лампи (задні габарити, поворотники, стоп-сигнали) працюють на основі галогенових або світлодіодних елементів. Для організації умикання послідовності миготіння поворотників використовується реле-перемикач, яке реалізує переривчастий режим роботи ламп. Стоп-сигнали та аварійна світлова сигналізація використовують безпосередньо живлення від акумулятора через відповідні запобіжники та реле.

Гудок (клаксон) у вантажівках є рупорним електромагнітним пристроєм, в якому при подачі напруги електромагніт притягує мембрану, яка вдаряє по звукопрозивному елементу, створюючи потужний звук. Частота та інтенсивність звучання залежать від напруги та конструкції гудка.

Перевірка стану ламп сигнальних приладів включає контроль цілісності ламп, справності реле поворотників, наявності контакту в роз'ємах та проводці.

Для гудків необхідно перевіряти кріплення, цілісність мембрани, а також стан захисної решітки від бруду та вологи [5].

## **2.5 Датчики та контрольно-вимірювальна апаратура**

Датчик температури охолоджувальної рідини дозволяє вимірювати температуру через зміни опору термістора. Сигнал із термістора подається на електронний блок керування двигуном (ЕБКД) і контрольно-вимірювальні прилади в кабіні, що дозволяє відстежувати критичні температурні режими двигуна та уникати перегрівання.

Датчик тиску масла фіксує тиск в системі мастила двигуна за допомогою мембранного або електронного перетворювача. У разі падіння тиску нижче критичного рівня система сигналізує водієві через аварійну лампу або повідомлення на панель. Виявлення низького тиску мастила запобігає серйозним пошкодженням двигуна [5].

Ці датчики формують імпульси сигналу для ЕБКД, які використовуються для синхронізації впорскування палива та запалювання. Принцип роботи базується на ефекті Холла або індуктивному методі. Сигнали з датчиків надходять до блоку управління, де аналізуються і використовуються для корекції параметрів роботи двигуна.

Огляд і тестування датчиків здійснюється за допомогою мультиметра або спеціальних діагностичних сканерів. Необхідно перевіряти цілісність провідників, чистоту контактів, відсутність пошкоджень ізоляції. Деякі датчики вимагають калібрування через певний пробіг або інтервал часу. Для коректної роботи датчиків положення важливо контролювати чистоту зони монтажу, оскільки забруднення може призвести до хибних сигналів.

## 2.6 Електронні блоки керування двигуном (ЕБКД)

Електронний блок керування двигуном (ECU) приймає дані з датчиків температури, положення колінчастого вала, акумуляторної напруги та ін.) і визначає оптимальні параметри впорскування палива, кути випередження запалювання та регулювання холостого ходу. Основою роботи є мікропроцесор, оперативна пам'ять та постійна пам'ять, де зберігаються програми керування. ECU має кілька входів і виходів, що дозволяє йому контролювати роботу форсунок, клапана рециркуляції відпрацьованих газів (EGR), системи турбонаддуву тощо [5,7,8].

Блок ABS контролює швидкість обертання кожного колеса через датчики швидкості, аналізує дані і у випадку ризику блокування коліс під час гальмування змінює тиск у гальмівних магістралях за допомогою гідравлічного модуля. Система ESP (електронна система стабілізації) додатково аналізує дані з датчиків бокового прискорення, кута повороту керма та положення дросельної заслінки. У разі втрати курсу ESP коригує потужність двигуна і розподіл гальмівних зусиль для відновлення стійкості.

Бортовий комп'ютер виводить статистичну інформацію про пробіг, витрату палива, середню швидкість, залишок пального та інші параметри. Дані формуються на основі сигналів з датчиків, оброблюються мікропроцесором і відображаються на дисплеї водія.

Обслуговування електронних блоків включає оновлення програмного забезпечення (прошивки), перевірку електричних з'єднань та забезпечення належного охолодження блоків. Для ремонту несправного ECU часто застосовують методи перепрошивки, заміну деталей плати (конденсаторів, транзисторів) та перевірку захисних вхідних ланцюгів. При критичних пошкодженнях доцільно замінити блок на оригінальний або рефурбований.

## **2.7 Реле, запобіжники та розподільні блоки**

Запобіжники забезпечують захист електричних ланцюгів від перевантажень та короткого замикання. Вони виготовлені у вигляді плавких елементів, які при струмах перевищення номінального значення відплавляються, розриваючи ланцюг. Запобіжники бувають пластинчасті та стекловолоконні, з номіналами від 5 до 50 А залежно від призначення ланцюга [7].

Реле використовуються для дистанційного керування потужними споживачами (стартер, фарні кола, обігрів скла). При подачі керуючого струму з керуючого кола котушка реле створює магнітний потік, який притягує рухоми контактну систему, замикаючи силову лінію. Це дозволяє управляти високими струмами (до 40–60 А) без прямого навантаження вимикача в салоні.

Розподільні блоки об'єднують в одному корпусі запобіжники, реле та клеми для зручної організації електропроводки. Монтажна проводка виконана з багатожильних кабелів з перехідними контактами, які забезпечують стійкість до вібрацій та агресивних умов. У сучасних вантажівках застосовують герметичні з'єднувачі і кабелі з підвищеною стійкістю до температур та механічних навантажень.

Регулярне обслуговування включає огляд і тестування запобіжників на цілісність, заміну перегорілих елементів, очищення контактів реле, перевірку надійності кріплення. При виявленні підгорілих контактів реле необхідно проводити шліфування або замінювати корпус реле. Особливу увагу приділяють герметичності розподільних блоків для запобігання потраплянню вологи.

## **2.8 Монтажна проводка та з'єднання**

Монтажна проводка вантажних автомобілів будується за модульним принципом: на окремі контури (двигун, кабіна, кузов) розподіляють живлення через розподільні блоки. Для запобігання корозії та полегшення ремонту в

кабінні та моторному відсіку застосовують герметичні конектори, маркування проводів та кольорове кодування для зручності ідентифікації [1].

Для кабелів використовують ізоляцію з ПВХ, полімерів на основі фторполімерів або силіконів. ПВХ є дешевим і доволі стійким до вологи, проте може втрачати еластичність при низьких температурах. Фторполімерні ізоляції витримують температури до +150 °С і надзвичайно стійкі до хімічних речовин, але більш дорогі. Силіконові ізоляції залишаються еластичними при температурі до -50 °С і застосовуються в зонах підвищеної температури (біля двигуна).

Перевірка стану проводки включає огляд на наявність пошкоджень ізоляції, оголених ділянок, корозії на клеммах, а також перевірку наявності маркування та правильності з'єднань. Для важкодоступних ділянок застосовують ендоскопи та спеціальні тестери на цілісність. При виявленні пошкоджень ізоляцію необхідно відновити за допомогою термоусадочних трубок або замінити пошкоджені ділянки кабелю.

## **2.9 Технічне обслуговування та діагностика електрообладнання**

Діагностика електрообладнання здійснюється за допомогою мультиметра, осцилографа, тестера акумулятора та сканера OBD. Мультиметр дозволяє визначити напругу, струм та опір у різних ланцюгах. Осцилограф використовується для аналізу сигналів датчиків у реальному часі, зокрема датчиків колінчастого вала, фаз газорозподілу та лямбда-зонда. Сканер OBD дає змогу зчитувати коди помилок і дані з ECU [2,6].

Перевірка датчиків температури, тиску та інших здійснюється згідно з регламентом виробника. Для калібрування датчика тиску масла використовують спеціальні стенди, які створюють відомий тиск і порівнюють показники на датчику. Аналогічно перевіряють датчики температури, занурюючи їх у термостатичну баню. Для датчиків положення колінчастого вала застосовують стенди, що імітують обертання колінчастого вала з різними швидкостями.

Перевірка цілісності проводки виконується методом вимірювання опору між ділянками ланцюга. Опір між «масою» кузова та негативною клемою акумулятора не повинен перевищувати 0,02 Ом. Для виявлення «хитких» контактів використовують тестери постійного струму, що дозволяють виявити переривчасті з'єднання при навантаженні.

Рекомендації щодо періодичності обслуговування електрообладнання зазначені в сервісній документації виробника: перевірка проводиться при кожному ТО-2 (приблизно кожні 20 000 км) та при підготовці автомобіля до тривалого рейсу. Виробники рекомендують додатково перевіряти стан акумулятора та генератора кожні шість місяців.

## **2.10 Безпека при роботі з електрообладнанням**

При проведенні ремонтних та діагностичних робіт необхідно відключати акумулятор, знімати напругу з відповідних ланцюгів та використовувати ізольовані інструменти. Робота з неземленими ланцюгами приводить до ураження електричним струмом. Для захисту очей та рук використовують окуляри і діелектричні рукавички. Також слід уникати роботи в умовах підвищеної вологості без відповідного захисту.

Перед підключенням навантажень необхідно перевірити цілісність проводки та правильне розташування запобіжників. Використання невідповідних за номіналом запобіжників приведе до плавлення проводки та пожежі. Застосування правильно підібраних реле захищає від сильних пускових струмів і гарантує тривалий термін служби контактів.

Основні електроприлади сучасних вантажних автомобілів включають акумулятор, генератор, стартер, освітлювальні прилади, датчики, реле, запобіжники та електронні блоки керування. Кожен елемент виконує специфічну функцію, яка забезпечує безпеку, комфорт та економічність експлуатації. Своєчасне технічне обслуговування та діагностика допомагають виявляти

неполадки на ранніх стадіях і запобігати серйозним пошкодженням. Особливе значення має використання якісних компонентів і регулярна перевірка електричних ланцюгів, що гарантує надійну роботу транспортного засобу в будь-яких умовах.

### 3 ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ПЕРЕРИВНИКА-РОЗПОДІЛЬНИКА

Переривник-розподільник (див. рис. 3.1) донедавна був одним із базових елементів традиційних систем запалювання бензинових двигунів, зокрема тих, що встановлювалися на малотоннажні та середньотоннажні вантажні автомобілі.



Рисунок 3.1 – Переривник-розподільник Р-13

Він забезпечує своєчасне розмикання первинної обмотки котушки запалювання з метою індукування напруги у вторинній обмотці та розподіляє утворені високовольтні імпульси по свічках відповідних циліндрів у потрібній послідовності [10-13]. З підвищенням вимог до екології, економічності та надійності моторових установок частина конструкційних рішень сучасних вантажних автомобілів (зокрема середнього та великого тоннажу) перейшла на безконтактні або зовсім безрозподільні схеми запалювання. Проте ще досить багато вантажних автомобілів середнього класу (наприклад, Mercedes-Benz Sprinter з бензиновими двигунами, ряди дизель-газових моторів ЯМЗ тощо) досі

мають у своїх ДВЗ переривник-розподільник і вимагають періодичного технічного обслуговування та ремонту цього вузла

### **3.1 Діагностика несправностей переривника-розподільника**

У випадку незадовільного технічного стану ПР можуть спостерігатися такі характерні ознаки:

- білий дим із вихлопної труби (часте, але не обов'язкове явище).
- утруднений пуск двигуна (особливо на холодну).
- ривки під час розгону, «провали» тяги (нерівномірне горіння суміші), загроза детонації [10].
- часті пропуски запалювання, нерівна робота на холостих обертах.
- підвищена витрата палива, поява «чорного диму» через неповне згорання.
- тріскотіння або «дзеленчання» в моторному відсіку (свідчить про передчасне випередження запалювання або пробиття ізоляції кришки/ротора).
- поява електричних пробоїв (арок) всередині кришки), які можна побачити при огляді у темряві (світяться електричні дуги).

Інструменти та обладнання для діагностики є стробоскоп (лампа стробоскопічна) для перевірки та налаштування МВЗ безпосередньо на двигуні та стенд тестування переривника-розподільника (рис.3.2), який подає напругу до ПР і вимірює проміжок розмикання та стиль роботи відцентрового й вакуумного регуляторів. Крім цього використовують:

- мультиметр (цифровий/аналоговий) для перевірки опору первинної та вторинної обмоток котушки, стану конденсатора (можна в діагностичних приладах перевірити ємність конденсатора).
- вакуумний насадок (пістолет) для тестування вакуумного регулятора шляхом прикладання певного розрідження.
- струбцина/щупи для визначення зусилля пружини відцентрового регулятора (за відомими технічними умовами).

- набір відверток/головок для розбирання корпусу ПР, зміни контактів, відкручування кріпильних болтів.
- посвідчена «мірна лінійка» (штангенциркуль/мікрометр) для перевірки зазору між контактами (0,35–0,45 мм).



Рисунок 3.2 - Перевірка на стенді та ремонт переривника-розподільника  
Перевірка контактів переривника на стенді наступна.

Встановити ПР на стенд: закріпити корпус переривника, підключити дроти живлення (12 В), вихідний дріт високої напруги (імітувати підключення до котушки).

Запуск стенда → оберт переривника — стенд показує:

Частоту розмикання контактів (оберти);

Ширину та чистоту «імпульсу» низької напруги;

Стан роботи відцентрового регулятора (відображає «зсув» кулачка за обертами).

Перехід до вакуумного режиму → при прикладанні розрідження стенд покаже, чи змінюється МВЗ відповідно до заявлених технічних характеристик (наприклад, зміна кута на 10–15°).

Оцінка результуючих даних → якщо контакт не розмикається рівномірно чи з «запазуванням», якщо зношена контактна поверхня чи нерівномірна її деформація → видима потреба заміни чи ремонту контактної пари [13].

Відцентровий регулятор перевіряють, встановивши стенд у режим плавного набору обертів та спостерігаючи за кривою температурного переміщення кулачка (наростання кута випередження відповідно до швидкості). За паспортом пристрою повинна бути визначена характеристика «грузи/кут» (наприклад, при 1000 об/хв випередження = 5°, при 2000 об/хв = 15° тощо). Якщо регулювання не відповідає специфікації (затримка, збирання грузів, «заїди»), потрібно ревізувати пружини, осьову частину вала, стан підшипників.

Вакуумний регулятор перевіряється за допомогою спеціального пістолета для розрідження: під'єднати трубку до штуцера, прикласти вакуум приблизно 0,4–0,7 бар (норма), спостерігаючи за зміщенням мембрани (визначається спеціальною лінійкою від Pegasus). Якщо вакуумний коток не спрацьовує (звідси — МВЗ не міняється) → мембрана прорвалася або зносилося ущільнення.

Кришка: знімають верхню кришку (кріплення зазвичай на 2–4 хомутики чи болти). Перевіряють:

Цілісність діелектричних вставок (відсутність тріщин, жолобків).

Відсутність вуглецевих «мостиків» між контактами (чорні сліди чи «струмові плями»).

Надійність центрального контакту (без люфту, щільний контакт).

При потребі чистять ізопропіловим спиртом, замінюють кришку, якщо з'явилися мікротріщини (особливо з дефектами при підвищеній напрузі, «складних» великих пробоїв).

Ротор: перевіряють стан латунного виступу (ізолюючий слой мусить бути рівномірним, без «пробоїв»). Якщо металевий кінчик зношений, деформовано або є підгорівші «долівки» — ротор до заміни.

### **3.2 Ремонт переривника-розподільника (контактного типу)**

Процедура ремонту відбувається за наступною послідовністю:

Зняття та розбирання пристрою

Відключення акумулятора (щоб уникнути випадкового виникнення іскри).

Маркування дротів високої напруги: оскільки контакт із дротами може бути переставлений при знятті, потрібно зафіксувати порядок підключення (наприклад, зробити мітки чи фото).

Відключення вакуумного шланга та усіх електричних роз'ємів, зняти кронштейн кріплення.

Легкий постукуванням зняти РР (якщо він прикипів до місця, в якому він розташований). У деяких двигунах є упорна шпонка (фіксує вал), обережно вийняти РР із посадочного місця.

Розбирання корпусу: відкрутити болти або ослабити хомутики, зняти кришку, витягнути ротор.

Виймання контактної пари: зняти рухому контактну планку, викрутити нерухомий контакт (фіксується на маленькому болті чи гайці).

Демаркація важелів відцентрового та вакуумного регуляторів: легенько фіксують важелі спеціальною клемою чи клеєм, щоб не втратити дрібні пружини чи штифти.

#### *Очищення та дефектовка деталей*

Очищення нерухомого контакту: обережно прошліфувати фетровим або наждаковим тампоном (зернистість Р600–Р800), поки контактна поверхня не стане чистою, блискучою.

Очищення рухомого контакту: ретельно зняти залишки карбону й окислів. Перевірити, чи контактний виступ не деформований, щоб він рівномірно притискався до нерухомого.

Перевірка притискної пружини: визначити, чи достатній тиск контакту (для цього використовують динамометричний щуп); зношена пружина замінюється.

Вимірювання ємності: мультиметром з функцією виміру конденсаторів чи тестером для конденсаторів (має бути 0,22–0,27 мкФ, відхилення не більше  $\pm 10\%$ ).

Перевірка діелектричної втрати: якщо ємність у межах, але високий струм витоку — замінити.

Використовувати оригінальні аналоги (наприклад, «Іскра», «Червона Зірка») або високоякісні китайські аналоги (з мінімальним струмом витоку).

Перевірка стану пружин: зняти пружини, визначити довжину вільного ходу та жорсткість на спеціальному стенді (або динамометрі).

Заміна пружин: якщо жорсткість відхиляється від паспортного значення більше ніж на 15 %. Використовують OEM-пружини (наприклад, ЯМЗ чи ЗМЗ) або універсальні від випускників СТО.

Очищення осьової частини вала регулятора: зняти забруднення, покрити тонким шаром технічного гліцерину (або моторної олії).

Огляд мембрани: перевірити її цілісність (відсутність тріщин, дірок). Якщо мембрана «липне» до корпусу, втрачається чутливість — замінити на комплект (мембрана + пружина).

Перевірка ходу мембрани та штока: при прикладанні штучного вакууму (0,4–0,7 бар) із вакуумного пістолета шток повинен зміститися плавно, без «поштовхів». Якщо хід «сухий» або заїдає — замінити деталі.

Очищення внутрішнього простору: вушно видалити залишки пилу/олії сухим стисненим повітрям.

Перевірка центрального контакту (клеми): чи немає тріщин, чи щільно виконаний контакт; якщо є вади — замінити кришку.

Перевірка бокових контактів: заміряти зазор від краю бокового контакту до нижньої частини пазу — має бути приблизно 2–3 мм (залежить від моделі). Якщо боковий контакт сильно утоплений або стоїть «бовтано», замінити.

Огляд ротора: перевірити стан латунного контакту та ізоляції ротора (немає тріщин, «пропалів»); міняти у разі виявлення дефектів.

Вал переривника: перевірити на наявність радіальних люфтів (пальцями: прокручувати вал — не має бути «бовтання»), при виявленні люфта — заміна підшипника/втулки.

Корпус переривника-розподільника: перевірити анкерний фланець (потрапляння масла/пилу може спричинити передчасне зношування). Очистити ультразвуковою ванною або бензином, висушити.

Кронштейни, болти: перевірити на цілісність, відсутність тріщин, замінити пошкоджені.

### **3.3 Відновлення (відновлювальний ремонт)**

Шліфування контактів проводять за допомогою спеціального абразивного каменю (зернистість Р400–Р500), доки контактні площини не стануть рівними та блискучими.

Перевірка зазору між контактами після шліфування: повинно бути 0,35–0,45 мм (вимірюють мікрометричною лінійкою).

Якщо товщина рухомого контакту менша 0,4 мм → замінити рухомий контакт у зборі (купується комплект «контакти + пружина»).

#### *Заміна конденсатора*

Використовувати тільки конденсатори, рекомендовані виробником (приклад: конденсатор 0,27 мкФ, 500 В для дизель-газових моторів ЗМЗ-405).

При монтажі дотримуватися полярності (якщо є), а також міцно закріпити корпус конденсатора, щоб він не відвалювався під час вібрацій.

Відновлення поверхонь кулькових підшипників чи втулок валика

Якщо вал «гуляє» (люфт > 0,1 мм), знімають старий підшипник/втулку та замінюють на новий.

Для втулок використовують поршневі втулки від оригіналу (ЯМЗ або ЗМЗ) або ремкомплект, якщо такі поставляються окремо.

*Заміна пружин відцентрового регулятора*

Пробні пружини встановлюють у тому самому положенні, що й оригінальні (кожна з них має свій крок намотування й жорсткість).

Після заміни обов'язково перевірити на стенді кінематичну характеристику: при 2000 об/хв — кут випередження має бути, наприклад, 15–18° (залежить від двигуна).

*Ремонт чи заміна мембрани вакуумного регулятора*

Знімають стару мембрану та пружину, монтують новий комплект (купується ремонтний набір: мембрана + пружина).

Збирають у зворотному порядку, перевіряють герметичність (можна занурити корпус у воду, створити вакуум, спостерігаючи за бульбашками).

*Очищення ізоляційних деталей (кришка, ротор)*

Використовувати сухий бензин/сольвент для очищення корозії та карбону з бокових контактів.

Не застосовувати металеві дротяні щітки, щоб не пошкодити діелектрик (якщо діелектрик обгорить або з'явиться мікротріщина, потрібна заміна).

*Заміна ущільнювачів та сальників*

Часто при роботі білиться легене «масляне кільце» або ПР починає пропускати масло із головки блоку циліндрів.

Необхідно замінити сальник на вихідному валу (якщо є), а також прокладки (гофри), щоб уникнути попадання масла всередину.

*Складання після ремонту та перевірка робочого ходу на стенді*

Встановити очищені деталі на місце у зворотному порядку (але перед остаточною збіркою перевірити всі параметри відцентрового й вакуумного регулятора на стенді)(див.рис.3.2)

Встановити та відрегулювати початковий зазор між контактами (0,35–0,45 мм) із використанням каліброваної мідної фольги, що відповідає заданому проміжку (виготовлення каліброваного щупа під 0,4 мм).

Перевірити роботу вала (відсутність «зачепів» при обертанні, плавність ходу).

Під'єднати живлення (12 В) до обмотки первинної котушки, «запустити» стенд → перевірити:

Рівномірний розподіл імпульсів;

Відцентровий регулятор: крива випередження має співпадати з технічними умовами;

Вакуумний регулятор: під прикладанням вакууму (0,5 бар) МВЗ збільшується/зменшується у межах  $\pm 10^\circ$  відповідно до специфікацій двигуна.

Перевірити кришку та ротор у збірці: мінімальні зазори, відсутність пробоїв, бокові контакти не викривлені.

Після таких дій ПР вважається готовим до монтажу на двигун.

Незважаючи на тенденцію до електронізації, важливо підтримувати знання з ремонту традиційних контактних систем, адже багато вантажних парків досі експлуатують автомобілі із ПР. Якісний ремонт передбачає не лише заміну зношених елементів, а й відновлення регуляторів випередження (відцентрового та вакуумного), що безпосередньо впливає на динамічні характеристики та економічність.

В Додатку А наведено технологію ремонту переривника-розподільника моделі Р-13.

#### **4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ ПО РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ**

Сучасна автотракторна техніка оснащена складними електричними системами, які забезпечують не лише запуск двигуна, але й управління, діагностику, безпеку й комфорт. Відповідно, ефективна організація дільниці з ремонту електрообладнання є однією з ключових складових забезпечення безперебійної роботи парку машин.

Дільниця з ремонту електрообладнання покликана забезпечити:

- якісний ремонт і регулювання компонентів, заміну зношених або дефектних деталей.
- попередньо-профілактичні заходи для запобігання серйозних відмов під час експлуатації.
- навчання та підвищення кваліфікації персоналу, щоб спеціалісти володіли знаннями останніх стандартів і технологій.
- забезпечення безперервності роботи техніки на всіх стадіях сезону, особливо в періоди пікових навантажень (посів, збір врожаю, будівельні роботи).

Поставлені цілі визначають, що дільниця повинна бути оснащена сучасним діагностичним обладнанням, мати у штаті кваліфікованих електротехніків і працювати за чітко налагодженими процесами.

Дільниця повинна мати декілька функціональних зон. Зона приймання та діагностики – місце, де проводиться початкова оцінка пошкоджень; обладнане стендами для перевірки напруги, струму, імпульсів, осцилографами, електронними тестерами. Основна цехова зона ремонту – тут виконуються розбирання-складання агрегатів (стартерів, генераторів), заміна деталей, пайка електричних з'єднань, ізоляція. Зона налаштування та калібрування – окремі робочі місця з дефектоскопами, стендами для регулювання генераторів під

навантаженням, пристроями для перевірки гідроелектронних компонентів (для сучасної тракторної техніки із гідромодулем). Склад запасних частин та матеріалів – має бути організований за принципами FIFO (перший вхід – перший вихід), із чітким обліком та автоматизованою системою управління. Рекомендується програмне забезпечення для автоматичного нагадування про необхідність поповнення запасів.

У сучасних умовах ремонт електрообладнання неможливий без використання спеціалізованого обладнання:

- універсальні діагностичні стенди (для стартерів, генераторів, вентиляторів, насосів): дозволяють перевіряти роботу під різним навантаженням, вимірювати ток, напругу, швидкість обертання.
- осцилографи та електронні тестери (мультиметри): необхідні для аналізу сигналів датчиків, перевірки ланцюгів, виявлення коротких замикань.
- комп'ютерні робочі місця з доступом до «електронних справочників» (електросхеми конкретних моделей автотракторної техніки, оновлення пз блоків управління, налаштувальні файли).
- станки для балансування роторів генераторів та стартерів: сучасні технології вимагають точного балансування для зменшення вібрації й витрат.

Опираючись на технологічні прийоми ремонту переривників-розподільників із розділу 3, здійснюємо розрахунок обсягу робіт і визначаємо потребу в чисельності працівників для їх виконання. Одночасно проводимо підбір необхідного технологічного устаткування та інструментів і формуємо принципи компонування робочих зон дільниці.

Враховуючи сучасний стан ремонтного виробництва, особливо в новостворених сільськогосподарських підприємствах, можна запропонувати кілька варіантів організації взаємодії із замовниками:

1. Варіант 1. Замовник самостійно доставляє електрообладнання на ділянку й забирає його в узгоджений термін після ремонту.

2. Варіант 2. При ділянці функціонує власна служба доставки: після отримання повідомлення від замовника вона виїжджає за обладнанням і повертає відремонтовані вузли безпосередньо до нього.

3. Варіант 3. Замовник передає несправне обладнання в ремонт і натомість отримує відремонтовані одиниці безпосередньо з ремонтного фонду ділянки.

Угоди, що укладаються за цими схемами, передбачають відповідні механізми доплат і штрафних санкцій для обох сторін у разі порушень домовленостей.

В Додатку Б наведений технологічний розрахунок ділянки, що створюється на базі Навчально-практичного центру СНАУ. Розрахунок здійснений відповідно до стандартних методик, наведених в джерелах [2,6,8,14,15].

Планується проводити ремонти автотракторної техніки як той що є в СНАУ, так у господарств і підприємств Сумського району.

Здійснений розрахунок обсягу робіт та чисельності робітників, за результатами якого для роботи на ділянці необхідно 2 робітника. За рекомендованими джерелами виконаний підбір необхідного технологічного обладнання та визначено площі робочої зони ділянки, яка складе 45 м<sup>2</sup>.

## 5 КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ

Розглянувши сучасні методи ремонту переривників-розподільників, виявлено, що деякі операції невиправдано затягуються через недосконалість застосовуваного обладнання. Зокрема, це стосується випресування втулок переривника. Згідно з чинною технологією, втулки вибивають за допомогою спеціальної наставки та молотка, розташовуючи переривник так, щоб його роз'ємна поверхня була спрямована вниз, а осі втулок, що вибиваються, — майже вертикально. Проте така методика має низку недоліків, які призводять до зайвих витрат часу під час виконання. Тому доцільно розробити спеціальний пристрій, який забезпечить максимальну ергономічність у користуванні. Заради суттєвого підвищення продуктивності праці варто створити обладнання, що дало б змогу випресовувати втулки переривника з мінімальними зусиллями оператора.

### 5.1 Особливості конструкції та принцип дії пристосування

Розроблений стенд має три робочі місця (див. рис.5.1). Монтажне місце, місце для пресування/запресування втулок, та місце контроль відхилень геометрії напрямних поверхонь деталей переривника-розподільника. Стенд виставляється на робочій поверхні та регулюється по площині за допомогою регульовальних гвинтів.

В дипломному проекті було здійснено проектування устаткування для розбирання втулок переривників-розподільників, яке складається з опорної плити, на якій встановлені підставка, гвинтовий прес і обертач.

Гвинтовий прес містить дві стійки, дві опорні труби, на якій змонтована скоба, затискувана двома гайками. Стійки закріплені на рамі різьбовими з'єднаннями. На верхній частині стійок закріплена траверса за допомогою двох гайок. У центрі траверси розташована маточина важеля, у якій вкручений гвинтовий шток. Маточина обертається на упорних підшипниках. До нижньої

частини гвинтового штока прикріпленій захоплювач із встановленими на ньому пружними кільцями.

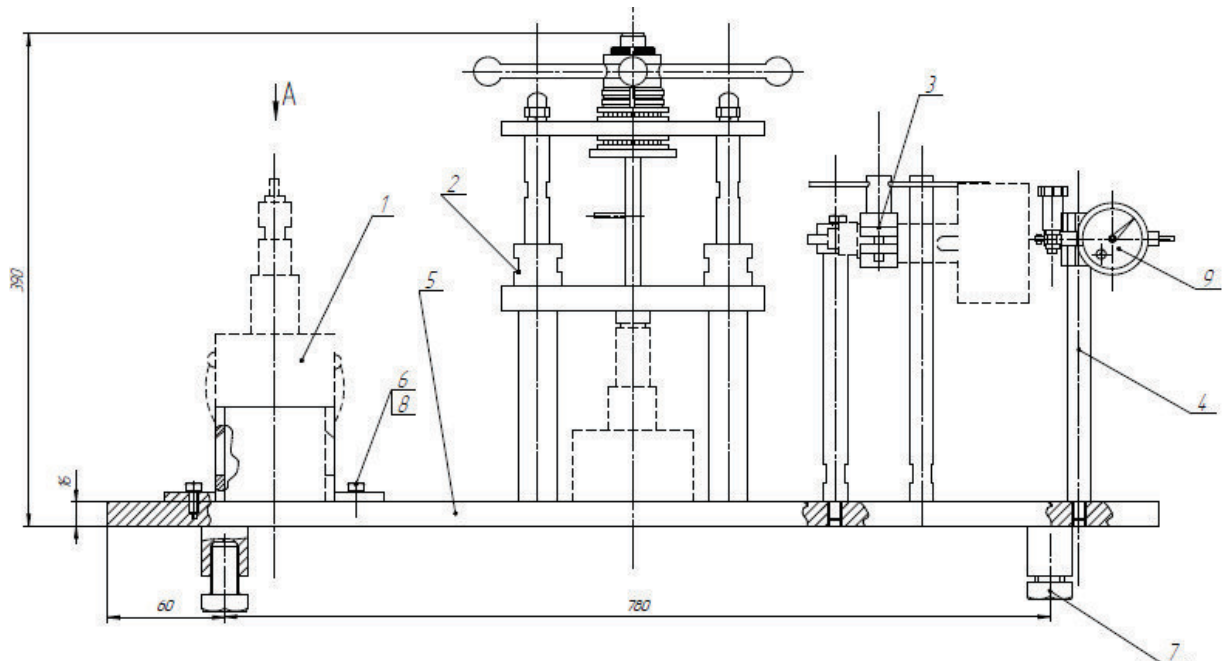


Рисунок 5.1 – Конструкція стану для ремонту та контролю переривників-розподільників.

Конструкція обертача містить дві стійки, закріплених у підставці. До однієї зі стійок за допомогою болта прикріпленій хомут, у який вставлений вал. У другій стійці зафіксована шпилька, на яку накручено затискач.

На цьому обладнанні проводять не тільки випресування втулок, але і здійснюють контроль геометричних параметрів напрямних поверхонь деталей переривника-розподільника.

У процесі роботи ремонтний об'єкт поміщають у обертач і фіксують за допомогою затискача (див. рис.5.2). Далі налаштовують індикаторну голівку з індикатором годинникового типу на відповідну поверхню, що перевіряється. Здійснюють обертання об'єкту та вимірюють його відхилення – радіальне й торцеве биття.

Для випресування втулок використовується гвинтовий прес. Корпус переривника встановлюють на опорну плиту й затискають скобою. Після цього надягають захоплювач, обертаючи маточину, в результаті чого гвинтовий шток переміщується вгору і випресовує верхню втулку. Щоб видалити нижню втулку, маточину проворачують у зворотному напрямку – шток опускається вниз і випресовує другу втулку.

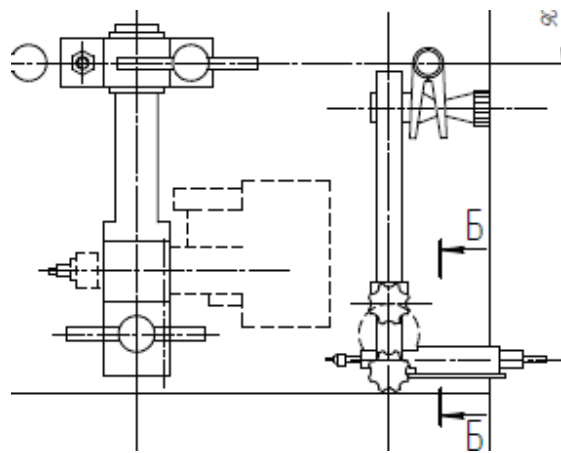


Рисунок 5.2 – Схема контролю радіального та торцевого биття

## 5.2 Розрахунок елементів конструкції на міцність

Прийняті конструктивні рішення потребують перевірочних розрахунків на міцність, які виконуються згідно стандартних методик, наведених в [16, 17].

В **Додатку В** наведений розрахунок необхідного зусилля для випресування втулки з корпусу переривника-розподільника. При цьому здійснена перевірка міцності з'єднання. Також визначено зусилля, необхідне для запресування втулки. Розрахунок на міцність опори та гвинтової пари, підтверджують правильність обраних матеріалів та геометричних прозмірів елементів конструкції.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

На ділянці з ремонту електрообладнання автотракторної техніки можна виділити такі основні групи небезпечних і шкідливих чинників.

#### *Електричні небезпеки*

Найпоширенішим і найбільш небезпечним ризиком на ділянці є ураження електричним струмом. Історично саме в монтажних і ремонтних електротехнічних роботах фіксується велика частка нещасних випадків, пов'язаних з порушенням правил безпечного поводження з електрообладнанням.

Рекомендації по запобіганню:

Забезпечення справної ізоляції, використання інструменту з ізольованими руків'ями, наявність діелектричних рукавиць, килимків.

Регулярний контроль стану заземлення (згідно з Правилами охорони праці під час експлуатації електроустановок; [18]).

Проведення інструктажів та навчань з груп електробезпеки у відповідності до стандарту [19]).

#### *Механічні небезпеки*

Травми від рухомих частин обладнання

На ділянці присутні механічні агрегати, що можуть становити загрозу:

- полірувальні верстати (шліфувальні круги) для колекторів.
- вальці та полірувальні пристрої для статорів/роторів.
- рухомі частини стендів випробувань генераторів (оберткові елементи, ремінні передачі).
- крани-балки, електричні талі, домкрати.

Заходи контролю:

Забезпечення надійного огороження рухомих частин: кожухи, огорожувальні решітки, захисні екрани [19]).

Регулярний технічний огляд механізмів (підшипників, ременів, підвісок).

Забезпечення надійного кріплення заземлюючих проводів, акумуляторних кейсів, інструменту, аби виключити випадковий контакт (є ризик розбризкування металевих уламків).

Організація зони з чіткими маркуваннями (знаки «Не вмикати» під час обслуговування, «Увага: рухомі частини» тощо).

#### *Хімічні небезпеки*

Шкідливий вплив електроліту акумуляторних батарей

Однією з характерних операцій є обслуговування акумуляторних батарей: долив дистильованої води, перевірка щільності електроліту, заряджання.

Заходи контролю:

Забезпечення місць з акумуляторами витяжною вентиляцією (обов'язковий принцип «витяжка біля джерела утворення шкідливих речовин»; ДСанПіН).

Використання захисних окулярів з бічними щитками, щільних захисних рукавичок з кислототривкого матеріалу (приведено в «Примірна інструкція...»);[19].

Зберігання й утилізація електроліту відповідно до норм (не допускати розливу; наявність нейтралізувальних розчинів — гашеного вапна чи соди).

Регулярний контроль щільності електроліту гідрометром за інструкціями виробника.

#### *Пожежо- та вибухонебезпеки*

Іскри під час зварювальних чи паяльних робіт

Ізольованість контактів може порушуватися під час пайки деталей (наприклад, паяння роторних пластин).

Заходи контролю:

Виділення окремої зони для зварювальних і паяльних робіт з наявністю «червоних ліній» (згідно з Правилами пожежної безпеки у виробничих приміщеннях).

Наявність вогнегасника АВС-порошкового або CO<sub>2</sub> поруч із робочим місцем.

Використання вогнетривких робочих поверхонь та захисних екранів (Примірна інструкція...;[19]).

Накопичення водню при заряджанні акумуляторів

У процесі заряджання свинцево-кислотних акумуляторів виділяється водень, накопичення якого в закритому приміщенні може призвести до вибуху.

Заходи контролю:

Забезпечення примусового виведення газів із зони акумуляторів (витяжка безпосередньо над акумуляторними стелажми).

Провітрювання приміщення після кожної операції заряджання (не менше 15 хвилин) (Примірна інструкція для електромонтера...;[19]).

Заборона використання відкритого вогню або іскроутворюючих інструментів поруч з акумуляторами.

## **6.2 Інженерні заходи**

Система заземлення та індивідуальний захист від ураження електричним струмом

Встановлення надійної системи заземлення всіх металевих частин обладнання (опір заземлення не більше 4 Ом) (Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок; [18]).

Використання приладів контролю стану ізоляції (мегаомметри) для своєчасного виявлення дефектів (Примірна інструкція...; [19]).

Оснащення робочих місць — діелектричні килимки, рукавиці, калоші (згідно з типовими нормами видачі).

*Вентиляційна система*

При проектуванні зони з акумуляторами передбачити припливно-витяжну вентиляцію з окремим каналом для відведення водню (витяжка в зоні заряджання акумуляторів) (Примірна інструкція...;[19]).

Локальні витяжні пристрої в місцях роботи з розчинниками та мастилами (щоб запобігти поширенню токсичних парів по цеху).

Звукоізоляційні екрани й віброізоляція

Обладнати звукопоглинаючими панелями ділянки, де використовують пневматичні інструменти та шліфувальні верстати (щоб рівень шуму в загальній зоні не перевищував 85 дБ).

Для великогабаритної техніки (компресорів, генераторів) застосувати резинові амортизатори або спеціальні платформи.

Ергономічні робочі місця

Регульовані верстатні столи (за висотою і кутом нахилу).

Ортопедичні крісла і стоячі підставки для монтажних робіт.

Біля верстатів встановити компактні полиці для розміщення інструментів в зоні досяжності, щоб зменшити необхідність нахилів і поворотів тулуба.

*Протипожежне облаштування*

Виділити окрему пожежозахисну зону для зварювальних робіт із горизонтальною поверхнею без ганчір'я, масла тощо (Примірна інструкція...;[19]).

Оснастити кожен відсіком з акумуляторами автоматичною системою пожежогасіння чи хоча б вентильованими вікнами (за вимогами ДСНіП).

Розмістити вогнегасники (порошкові або CO<sub>2</sub>) близько робочих місць, проводити щоквартальний технічний огляд їх справності (Правила пожежної безпеки).

### **6.3 Організаційні заходи**

#### *Навчання та інструктаж*

Проведення первинного інструктажу при прийомі на роботу та періодично (не рідше ніж раз на 6 місяців) — повторного інструктажу з ОП відповідно до «Примірної інструкції...» [19] ...).

Обов'язковий інструктаж щодо груп електробезпеки («групи III–IV залежно від напруги майбутніх робіт»).

Тематичні заняття з надання першої допомоги при електротравмах (відповідно до Постанови КМУ), з правил поводження з хімічними речовинами.

#### *Регламентация режиму роботи*

Впровадження графіка чергування працівників: зміна складних ручних операцій і легших технічних завдань.

Перерви на відпочинок (щонайменше 10 хвилин кожні 2 години роботи в зоні з підвищеним шумом або вібрацією).

Заборона роботи в стані втоми або алкогольного сп'яніння (регулярні медичні огляди при прийомі на роботу та щорічні профогляди).

#### *Контроль дотримання норм*

На ділянці призначається особа відповідальна за охорону праці, яка щодня перевіряє стан справності ЗІЗ та інженерних систем [20,21].

Ведення журналів обліку перевірок стану ізоляції проводів, заземлення, стану килимків та рукавичок.

### **6.4 Висновки**

На ділянці з ремонту електрообладнання автотракторної техніки діє широкий спектр небезпечних і шкідливих факторів: електричні, механічні, хімічні, фізичні, ергономічні, пожежно-вибухонебезпечні та психофізіологічні.

Для кожного фактора необхідно впроваджувати комплекс запобіжних заходів, що складається з інженерних (заземлення, вентиляція, огороження), організаційних (інструктаж, регламентація роботи), а також індивідуальних та колективних засобів захисту (діелектричні рукавиці, респіратори, звукоізоляція, вогнегасники).

Ретельне дотримання нормативів і рекомендацій [22] дозволяє зменшити рівень травматизму та профзахворювань.

Систематичні медичні огляди, контроль стану обладнання, постійний моніторинг умов праці (шум, освітленість, мікроклімат) — невід’ємна складова ефективної СОП на ділянці.

Лише комплексний підхід — поєднання інженерних, організаційних та індивідуальних заходів — забезпечить безпечну експлуатацію ділянки з ремонту електрообладнання автотракторної техніки і мінімізує ймовірність нещасних випадків та аварій.

## 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконаємо розрахунок економічного ефекту від використання розробленого оригінального стенду.

Відповідно до стандартної методики, економічний ефект від застосування в виробництві нового обладнання розраховують за формулою [23]:

$$E = E_p - E_p' \quad (7.1)$$

де  $E_p$  - розрахунковий ефект від запропонованого пристрою, грн.;

$E_p'$  - економічний ефект задіяного раніше пристрою, грн..

Розрахунковий ефект обчислюємо по залежності [23]:

$$E_p = B_p - Z_p \quad (7.2)$$

де  $B_p$  - оцінка результатів (вартісна), грн.;

$Z_p$  - оцінка результатів, які отримані з завдяки пристрою, грн.;

Розрахунок ведемо з урахуванням загального терміну використання пристрою, тобто виконуємо оцінку за період  $t$ , та обчислюємо за формулою [23]:

$$B = \sum_{t=t_n}^{t=t_k} B_t \times d_t \quad (7.3)$$

де  $B_t$  - оцінка результатів (вартісна) в  $t$ -тому році ;

$t_n$  - початок періоду;

$t_k$  - кінець періоду.

$\alpha_t$  - к-т приведення питомий (розраховується на кожний рік експлуатації).

Здійснюємо розрахунок оцінки в конкретному  $t$ -му році за формулою

[23]:

$$B_t = C_t \times A_t \times P_t \times \alpha_t \quad (7.4)$$

де  $C_t$  - обрхована економія в вартісному вигляді при використанні пристрою;

$A_t$  – програма ремонту(річна);

$P_t$  – кількість ремонтів загальна.

Коефіцієнт приведення до необхідного розрахункового року обчислюють згідно [23]:

$$\alpha_t = (1 + E_n)^{t_p - t} \quad (7.5)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт витрат (порівнюється з нормативним коефіцієнтом,  $E_n = 0,1$ );

$t_p$  – рік на який виконується розрахунок;

$t$  – рік, до якого здійснюється приведення.

Обчислення відбувається за наступною послідовністю

Вихідні дані для розрахунку

- Погодинна оплата праці (Ззар) = 210 грн
- Час ремонту без пристрою (трем) = 0.84 год
- Час ремонту з пристроєм (тмех) = 0.45 год
- Річна програма ремонтів у 2025 році (Пт) = 1061 од.

Економія коштів при використанні пристрою обрховується згідно залежності [23]:

$$C_m = Z_{\text{п}} - Z_{\text{п}}' \quad (7.6)$$

де  $Z_{\text{п}}$  - затрати коштів на ремонт, грн.;

$Z_{\text{п}}'$  - затрати коштів з урахуванням наявності пристрою, грн.

Затрати коштів з урахуванням наявності пристрою становлять [23]:

$$Z_{\Pi}' = Z_{\text{зар.}} + t_{\text{мех}}, \quad (7.7)$$

Підставивши значення маємо:

$$Z_{\Pi}' = 210 \times 0,45 = 95,5 \text{ грн.}$$

Затрати праці:

$$Z_{\Pi} = Z_{\text{зар.}} \times t_{\text{рем}}, \text{ грн.} \quad (7.8)$$

Отримаємо

$$Z_{\Pi} = 210 \times 0,84 = 176,4 \text{ грн.}$$

Підставляємо в формулу (7.6)

$$Ц_m = 176,4 - 94,5 = 81,9 \text{ грн.}$$

Вартісна оцінка результатів для першого року використання

$$B_{2025} = 81,9 \times 1 \times 1061 = 86956 \text{ грн.}$$

Для решти років розрахунок здійснюємо за аналогією відповідно (7.6), а результати заносимо до таблиці (7.1).

При цьому строк окупності пристрою визначаємо згідно:

$$t_{\text{ПК}} = (\sum Z_t / E_t) \times t_{\text{ек}} \quad (7.9)$$

де  $t_{\text{ек}}$  – строк використання пристрою (обираємо строк шість років)

$$tPK = (\Sigma Zt / \Sigma Et) \times tek = (18310 / 334343) \times 6 \approx 0.33 \text{ року } (\approx 4 \text{ місяці})$$

Таблиця 7.1 – Загальні результати розрахунку економічного ефекту від впровадження пристрою

Рік	Пт	Цт (грн)	$\alpha t$	Вт (грн)	Зт (грн)	Ет (грн)
2025	1061	81.9	1.0	86956	10600	76356
2026	1091	73.7	0.9091	72986	1850	71136
2027	1122	66.3	0.8264	61501	1680	59821
2028	1154	59.7	0.7513	51648	1530	50118
2029	1186	53.7	0.683	43271	1390	41881
2030	1219	47.3	0.6209	36291	1260	35031
Разом				352653	18310	334343

З таблиці 7.1 бачимо, що сумарний розрахунковий ефект становитиме понад 334 тис. грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В проекті здійснено обґрунтування необхідності створення дільниці. Враховуючи високу частоту несправностей електрообладнання, особливо переривників-розподільників, створення ремонтної дільниці в умовах НПС СНАУ є актуальним. Це забезпечує не лише ефективне технічне обслуговування, але й сприяє підготовці висококваліфікованих кадрів для аграрного сектору.

2. Розроблено технологічну карту ремонту переривника-розподільника. Визначено основні типи дефектів, способи їх усунення та деталізовано послідовність розбирання та складання. Такий підхід дозволяє підвищити якість ремонту і зменшити ймовірність повторних поломок.

3. Розраховано обсяг робіт і обґрунтовано чисельність персоналу (2 працівники), що відповідає нормативним вимогам і забезпечує стабільну роботу дільниці з коефіцієнтом завантаження 0,9. Визначено потребу в обладнанні та площі робочої зони для безперебійного функціонування.

4. Проведені інженерні розрахунки (на прикладі втулок, опор, різьбових з'єднань) підтверджують, що прийняті технічні рішення забезпечують необхідний запас міцності та надійність у процесі експлуатації.

5. Здійснено економічне обґрунтування доцільності впровадження пристрою для розбирання-складання переривників-розподільників. На основі розрахунків встановлено, що впровадження пристрою дозволяє значно скоротити витрати часу на виконання ремонтних робіт, що у свою чергу веде до економії коштів. Річна економія за перший рік експлуатації пристрою становить 76 356 грн, а загальний економічний ефект за шість років - 334343 грн. При цьому строк окупності пристрою складає 0,33 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навчальний посібник (частина I) / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 145 с.
2. Іванченко О. В., Бойков І. В. Дослідження впливу ремонтно-обслуговуючих факторів на середній час відновлення автомобільної техніки. «Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: технічні науки», 2020, № 5. С 202-207
3. He, F., Xie, G. & Luo, J. Electrical bearing failures in electric vehicles. Friction 8, 4–28 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40544-019-0356-5>
4. Feng, W., Feng, Z., Mao, L. Failure analysis of a secondary driving helical gear in transmission of electric vehicle Engineering Failure Analysis, 117, art. no. 104934, (2020) DOI: 10.1016/j.engfailanal.2020.104934
5. Автомобіль вантажний. сучасні конструкції : підручник для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / А. Т. Лебедеєв, В. Д. Мигаль, І. О. Шевченко, М. Л. Шуляк; за ред. проф. А. Т. Лебедеєва; ХНТУСГ. – Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. – 369 с.
6. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів навч. посібн. / Р. Д. Кузьмінський, А. О. Шарибура. - Львів: СПОЛОМ., 2017. – 376 с.
7. Gill P. Electrical Power Equipment Maintenance and Testing. 2-е вид. Boca Raton: CRC Press, 2016. 1000 с.
8. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 240 с.
9. William B. Ribbens. Understanding automotive electronics : an engineering perspective. Cambridge, MA : Butterworth-Heinemann, 2017. 712 p.

10. Ignition Technology & Troubleshooting URL:  
<https://www.lincolntech.edu/news/hot-rod-garage/ignition-system-overhaul-body-swap>
11. How a Car Works – Removing and refitting the distributor URL:  
<https://www.howacarworks.com/ignition-system/removing-and-refitting-the-distributor>
12. Motor Axle – Bad Distributor Symptoms and How to Fix Them Fast URL:  
<https://motoraxle.com/bad-distributor-symptoms/>
13. Трактори і автомобілі. Електронний посібник:  
[https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/traktoru\\_i\\_avtomobili\\_I%D0%86\\_g/traktoru\\_i\\_avtomobili\\_I%D0%86\\_g/Golovna/Golovna.htm](https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/traktoru_i_avtomobili_I%D0%86_g/traktoru_i_avtomobili_I%D0%86_g/Golovna/Golovna.htm)
14. Сідашенко О.І Ремонт машин та обладнання: Підручник. / [Сідашенко О.І., та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. - К.: Агроосвіта, 2015. - 665с.
15. Сідашенко О.І. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І. Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші. Навч. посібник – Харків: ХНТУСГ, 2017.– 361 с.
16. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник / В. Т. Павлице. – 2-ге вид., перероб. – Львів : Афіша, 2003. – 560 с.
17. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: підручник 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
18. Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок. Постанова Кабінету Міністрів України № 254 від 26.03.2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0124-15>.
19. Примірна інструкція з охорони праці для електромонтера з ремонту та обслуговування електроустаткування URL:  
<https://ohoronapraci.com.ua/instructions/37420-prymirna-instruktsiya-z-okhorony-pratsi-dlya-elektromontera-z-remontu-ta>

20. Порталі «Охорона праці». URL:  
<https://ohoronapraci.com.ua/consultations/688419-yaki-shkidlyvi-ta-nebezpechni-factory-potribno-vrakhovuvaty-v-instruktsiyi-z>

21. Портал «Охорона праці в промисловості». URL:  
<https://oppb.com.ua/news/vymogy-tehniky-bezpeky-pry-ekspluataciyi-transportnyh-zasobiv>.

22. ГОСТ 12.0.004-90. ССБТ. Організація робочих місць. Загальні ергономічні вимоги. Державний комітет стандартів, України, Київ, 1990.

23. Мікуліна М.О. Методичні рекомендації щодо виконання розділу кваліфікаційної роботи (дипломного проекту) здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія». Суми. 2021. – 44 с.

# ДОДАТКИ