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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Ніконенко Мирослав Сергійович

УДК 621.3:629.3:631.3:621.7

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Організація роботи електротехнічної дільниці МРМ з розробкою спеціалізованого знімача

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 _____ Ніконенко М.С.

Керівник роботи
Куликівський В.Л.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Ніконенко Мирослав Сергійович. Організація роботи електротехнічної дільниці МРМ з розробкою спеціалізованого знімача. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

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

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності технічного обслуговування і ремонту електрообладнання автомобілів, тракторів та комбайнів в умовах машино-ремонтної майстерні. У роботі розглянуто сучасний стан електричних систем мобільної техніки, проаналізовано основні несправності стартерів, генераторів, електродвигунів, електропроводки та контрольно-вимірювальних приладів. Обґрунтовано необхідність переоснащення електротехнічної дільниці, удосконалення організації робочих місць і впровадження сучасного діагностичного та ремонтного обладнання. У технологічній частині визначено призначення електротехнічної дільниці, підібрано необхідне оснащення та розглянуто технологічний процес ремонту електрообладнання. В інженерному розділі обґрунтовано конструкцію спеціалізованого знімача для демонтажу підшипників, шківів, втулок та інших деталей, установлених на валах електричних машин із натягом. Його використання дає змогу зменшити трудомісткість ремонтних операцій, підвищити точність демонтажу та знизити ризик пошкодження деталей. Окремо розглянуто питання охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки та безпечної роботи зі спеціалізованим знімачем. В економічному розділі визначено ефективність запропонованих рішень: річний економічний ефект становить 69666,97 грн, строк окупності капітальних вкладень – 2,58 року. Практичне значення проєкту полягає у можливості використання запропонованих рішень у ремонтних майстернях агропромислових підприємств для підвищення якості ремонту електрообладнання, скорочення простоїв техніки, зменшення витрат і підвищення продуктивності праці.

Ключові слова: електротехнічна дільниця, машино-ремонтна майстерня, електрообладнання, стартер, генератор, спеціалізований знімач.

ANNOTATION

Miroslav Serhiyovych Nikonenko. Organisation of work at the VRW electrical engineering section, including the development of a specialised removal tool. *– 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 thesis focuses on improving the efficiency of maintenance and repair of electrical equipment in cars, tractors and combine harvesters within the context of a vehicle repair workshop. The thesis examines the current state of electrical systems in mobile machinery, analyses the main faults in starters, alternators, electric motors, wiring and control and measuring instruments. It justifies the need to re-equip the electrical workshop, improve the organisation of workstations and introduce modern diagnostic and repair equipment. The technical section defines the purpose of the electrical engineering department, selects the necessary equipment and examines the technological process for repairing electrical equipment. The engineering section justifies the design of a specialised puller for dismantling bearings, pulleys, bushings and other components mounted on the shafts of electric machines with interference fits. Its use makes it possible to reduce the labour intensity of repair operations, improve the precision of dismantling and reduce the risk of damaging components. Separate consideration is given to occupational health and safety, electrical safety, fire safety and safe operation of the specialised puller. The economic section determines the effectiveness of the proposed solutions: the annual economic benefit amounts to 69,666.97 UAH, and the payback period for capital investment is 2.58 years. The practical significance of the project lies in the possibility of using the proposed solutions in the repair workshops of agro-industrial enterprises to improve the quality of electrical equipment repairs, reduce equipment downtime, cut costs and increase labour productivity.

Keywords: electrical engineering department, machine repair workshop, electrical equipment, starter, generator, specialised puller.

ЗМІСТ

ВСТУП…….……7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ І ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ, ТРАКТОРІВ ТА КОМБАЙНІВ……...…...10
1.1. Загальна характеристика електричних систем сучасної мобільної техніки……10
1.2. Аналіз сучасних електричних систем автомобілів……..11
1.3. Аналіз електричних систем тракторів……...……...……13
1.4. Аналіз електричних систем комбайнів…….……14
1.5. Найчастіші несправності електричних систем і обладнання……...….16
1.6. Способи технічного обслуговування електричних систем……...…….18
1.7. Способи ремонту електричного обладнання……...……....19
1.8. Необхідність переоснащення електротехнічної дільниці машино-ремонтної майстерні……....20
Висновки по розділу……..22
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕТРОТЕХНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ……..…..23
РОЗДІЛ 3. ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗДІЛ……30
3.1 Призначення та область застосування розроблюваної конструкції……..….30
3.2 Огляд існуючих аналогів конструкції……..…….30
3.3 Обґрунтування доцільності розробки нової конструкції обладнання……....37
3.4 Пристрій і робота розроблюваної конструкції……....….37
3.5 Розрахунок елементів конструкції……...…….……38
3.6 Техніка безпеки при роботі з запропонованою конструкцією стенду……39
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ…….……..40
4.1. Загальні положення……...…….……40
4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів…….41
4.3. Організація безпечних умов праці на електротехнічній дільниці…...…..…42
4.3. Організація безпечних умов праці на електротехнічній дільниці……..…42
4.4. Вимоги безпеки під час роботи з інструментом та пристроями……..…..42

4.5. Вимоги безпеки під час роботи зі спеціалізованим знімачем……..…….43
4.6. Електробезпека……...……..…..44
4.7. Санітарно-гігієнічні вимоги……..45
4.8. Розрахунок штучного освітлення електротехнічної дільниці……...….46
Висновки по розділу…….…….48
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ……..49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...……58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..……60

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток агропромислового комплексу України характеризується інтенсивним упровадженням високопродуктивної техніки, електрифікованих машин, автоматизованих систем керування та енергонасиченого обладнання. Зростання рівня механізації й електрифікації виробничих процесів у сільському господарстві зумовлює підвищення вимог до технічного стану машинно-тракторного парку, надійності електротехнічних систем, а також до якості їх обслуговування і ремонту. Ефективна експлуатація техніки безпосередньо залежить від своєчасного технічного сервісу, діагностики, профілактики несправностей та оперативного відновлення працездатності електрообладнання.

Електротехнічні вузли і агрегати сучасних машин – стартери, генератори, електродвигуни, системи освітлення, контрольно-вимірювальні прилади, електронні модулі керування – працюють у складних умовах підвищених навантажень, запиленості, вологості та вібрацій. Це спричиняє інтенсивне старіння ізоляції, зношування підшипникових вузлів, корозійні процеси, погіршення контактів і, як наслідок, зниження надійності функціонування обладнання. У таких умовах зростає роль спеціалізованих ремонтних підрозділів, здатних забезпечити якісне відновлення електротехнічних виробів із мінімальними витратами часу та ресурсів. Машиноремонтні майстерні більшості сільськогосподарських підприємств були створені десятки років тому і часто не відповідають сучасним технологічним вимогам. Застаріле обладнання, низький рівень механізації допоміжних операцій, відсутність спеціальних пристосувань для демонтажу та монтажу деталей ускладнюють виконання ремонтних робіт, збільшують трудомісткість операцій, підвищують ризик пошкодження вузлів і знижують продуктивність праці персоналу.

Це зумовлює необхідність модернізації виробничих дільниць і впровадження сучасних технічних засобів.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності ремонтного виробництва є переоснащення електротехнічних дільниць із застосуванням спеціалізованого обладнання, яке забезпечує раціональну організацію робочих місць, безпечні умови праці, точність виконання операцій та скорочення тривалості ремонту. Особливої актуальності набуває розробка універсальних і водночас простих у використанні пристосувань для зняття підшипників, шківів, муфт, втулок та інших посаджених із натягом елементів електромашин.

Застосування спеціалізованих знімачів дозволяє зменшити механічні пошкодження деталей, виключити використання ударних методів демонтажу, підвищити культуру виробництва та безпеку праці. Крім того, механізація демонтажно-монтажних операцій сприяє скороченню простоїв техніки, зниженню собівартості ремонту й підвищенню загальної надійності машинно-тракторного парку підприємства.

В умовах обмежених матеріальних ресурсів та зростання вартості нових агрегатів важливого значення набуває відновлення та повторне використання електротехнічних вузлів. Раціональна організація ремонтних процесів дозволяє продовжити строк служби обладнання, зменшити витрати на закупівлю запасних частин та підвищити економічну ефективність діяльності господарств. Саме тому модернізація виробничої бази ремонтних підприємств є важливою складовою стратегії розвитку технічного сервісу в аграрному секторі.

Актуальність теми бакалаврської кваліфікаційної роботи зумовлена потребою вдосконалення матеріально-технічного забезпечення електротехнічної дільниці машиноремонтної майстерні, впровадження сучасних організаційно-технологічних рішень і створення спеціалізованого пристрою для виконання трудомістких операцій демонтажу. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню продуктивності праці, покращенню якості ремонту та зниженню експлуатаційних витрат.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування електротехнічної дільниці машиноремонтної майстерні шляхом її технічного

переоснащення та розробки спеціалізованого знімача для демонтажу деталей електричних машин і агрегатів.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення таких **основних завдань**: аналіз сучасного стану організації електротехнічних ремонтних робіт; обґрунтування необхідності модернізації виробничої дільниці; розробка раціональної структури та планування робочих місць; підбір і розрахунок необхідного обладнання; проектування конструкції спеціалізованого знімача; виконання його міцнісних і техніко-економічних розрахунків; оцінка показників безпеки та ефективності запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування і ремонту електротехнічного обладнання машиноремонтної майстерні.

Предметом дослідження виступають технологічні та конструктивні рішення з переоснащення електротехнічної дільниці й удосконалення операцій демонтажу деталей за допомогою спеціалізованого знімача.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Боровський В., Красіцький Д., **Ніконенко М.** Перспективи впровадження прогностичного обслуговування сільськогосподарської техніки. 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. 26-29.

2. Дерев'янко Д.А., Веремій Т.Б., Сорока Р.В., **Ніконенко М.С.,** Силін Л.М. Технічний сервіс машин і обладнання тваринницьких ферм. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/derevjanko_26-5.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження розроблених рекомендацій та конструкції пристрою в умовах реальних ремонтних підприємств агропромислового комплексу, що забезпечить

скорочення трудових витрат, підвищення якості виконання робіт та економію матеріальних ресурсів.

Таким чином, переоснащення електротехнічної дільниці та розробка спеціалізованого знімача є важливим кроком до модернізації ремонтної бази сільськогосподарських підприємств, підвищення надійності техніки та забезпечення стабільного функціонування виробничих процесів у сучасних умовах господарювання.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 23 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 62 сторінки комп’ютерного тексту, містить 6 рисунків, 12 таблиць та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ І ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ, ТРАКТОРІВ ТА КОМБАЙНІВ

1.1. Загальна характеристика електричних систем сучасної мобільної техніки

Електричні системи автомобілів, тракторів і комбайнів є одними з найважливіших складових їхньої конструкції, оскільки забезпечують запуск двигуна, живлення споживачів електричної енергії, освітлення, сигналізацію, контроль технічного стану, автоматизацію робочих процесів і безпечну експлуатацію машини. У сучасних умовах роль електрообладнання постійно зростає. Якщо раніше електрична система виконувала переважно допоміжні функції, то сьогодні вона безпосередньо впливає на продуктивність, економічність, екологічність і надійність роботи техніки.

До основних електричних систем автомобілів, тракторів і комбайнів належать система електроживлення, система пуску двигуна, система запалювання для бензинових двигунів, система освітлення і світлової сигналізації, контрольно-вимірювальні прилади, електронні блоки керування, датчики, виконавчі механізми, системи комфорту та безпеки. У сільськогосподарських машинах важливе місце займають також електрогідравлічні системи керування, автоматичні системи контролю технологічного процесу, бортові комп’ютери, навігаційне обладнання та системи точного землеробства.

Особливістю електричного обладнання мобільних машин є робота в складних умовах. Автомобілі, трактори і комбайни експлуатуються за різних температур, вологості, запиленості, підвищеної вібрації та значних механічних навантажень.

У сільському господарстві електрообладнання додатково піддається впливу пилу, рослинних решток, добрив, вологи, пального, мастильних матеріалів і корозійно активних середовищ. Тому до електротехнічних систем

машин висуваються високі вимоги щодо надійності, герметичності, ремонтопридатності та стійкості до зовнішніх впливів.

Сучасні транспортні й сільськогосподарські машини оснащуються великою кількістю електронних компонентів. Це призводить до ускладнення діагностики та ремонту, оскільки традиційні методи перевірки напруги, опору чи цілісності проводки вже не завжди достатні. Для якісного технічного обслуговування необхідно використовувати спеціалізовані діагностичні прилади, стенди, сканери, мультиметри, осцилографи, тестери акумуляторних батарей, зарядні пристрої, пристрої для перевірки генераторів і стартерів. Саме тому переоснащення електротехнічної дільниці машино-ремонтної майстерні є актуальним завданням.

Електротехнічна дільниця ремонтної майстерні повинна забезпечувати виконання робіт з діагностування, технічного обслуговування, розбирання, дефектування, ремонту, складання та перевірки електричного обладнання. До таких робіт належать ремонт стартерів, генераторів, електродвигунів, реле, перемикачів, джгутів проводів, освітлювальних приладів, датчиків та інших елементів. Окреме значення має наявність спеціального інструменту і пристосувань, які дозволяють безпечно та якісно демонтувати деталі електрообладнання. Одним із таких пристроїв є спеціалізований знімач, який може застосовуватися для демонтажу шківів, підшипників, втулок, муфт та інших деталей з валів електричних машин.

1.2. Аналіз сучасних електричних систем автомобілів

Електрична система автомобіля призначена для забезпечення електроенергією всіх споживачів, запуску двигуна, контролю роботи агрегатів і створення необхідних умов для безпечного руху. Основними елементами системи електроживлення автомобіля є акумуляторна батарея, генератор змінного струму, регулятор напруги, електропроводка, запобіжники, реле та споживачі електричної енергії.

Акумуляторна батарея є джерелом електричної енергії під час непрацюючого двигуна та в момент його запуску. Вона живить стартер, електронні блоки, освітлення, сигналізацію та інші споживачі. Найпоширенішими залишаються свинцево-кислотні акумулятори, зокрема обслуговувані, малообслуговувані, необслуговувані, AGM та EFB батареї. В автомобілях із системою «старт-стоп» застосовують акумулятори підвищеної циклічної стійкості.

Генератор автомобіля перетворює механічну енергію двигуна в електричну та забезпечує заряджання акумуляторної батареї під час роботи двигуна. Сучасні генератори мають вбудовані випрямні блоки, регулятори напруги та захисні елементи. Вони повинні забезпечувати стабільну напругу в бортовій мережі навіть за змінної частоти обертання двигуна та різного навантаження.

Система пуску автомобільного двигуна складається зі стартера, тягового реле, акумуляторної батареї, замка запалювання або кнопки запуску, з’єднувальних проводів і елементів керування. Стартер є потужним електродвигуном постійного струму, який короткочасно прокручує колінчастий вал двигуна до частоти, достатньої для початку самостійної роботи. У сучасних автомобілях застосовують стартери з редуктором, які мають менші габарити, меншу масу та кращі пускові характеристики.

Система освітлення і сигналізації автомобіля включає фари головного світла, габаритні ліхтарі, покажчики повороту, стоп-сигнали, протитуманні фари, ліхтарі заднього ходу, аварійну сигналізацію та внутрішнє освітлення. У сучасних автомобілях дедалі частіше застосовуються світлодіодні джерела світла, які мають менше енергоспоживання, більший строк служби та вищу яскравість порівняно з традиційними лампами розжарювання.

Важливою особливістю сучасних автомобілів є широке використання електронних систем керування. Електронний блок керування двигуном обробляє сигнали від датчиків температури, тиску, положення колінчастого і розподільного валів, витрати повітря, кисневого датчика та інших елементів. На

основі отриманих даних блок керування регулює подачу пального, кут випередження запалювання, роботу форсунок, турбокомпресора, системи рециркуляції відпрацьованих газів та інших вузлів.

Крім системи керування двигуном, автомобілі обладнуються антиблокувальною системою гальм, системою стабілізації руху, електропідсилювачем керма, системами пасивної безпеки, клімат-контролем, мультимедійними системами, паркувальними датчиками та камерами. Усі ці системи пов’язані між собою через електричну мережу та електронні блоки. Це підвищує комфорт і безпеку, але водночас ускладнює ремонт і потребує кваліфікованого діагностування.

1.3. Аналіз електричних систем тракторів

Електричне обладнання тракторів має багато спільного з автомобільним, однак відрізняється умовами роботи, конструктивним виконанням і призначенням. Трактори працюють у полі, на фермах, у транспортних операціях, на будівельних і комунальних роботах. Їх електричні системи повинні забезпечувати надійний запуск двигуна, освітлення робочої зони, живлення приладів контролю, електрогідравлічних систем, додаткового обладнання та причіпних машин.

Однією з головних вимог до електрообладнання тракторів є здатність працювати в умовах підвищеної запиленості, вологості, вібрації та змінних температур. Під час виконання польових робіт електричні з’єднання часто забруднюються пилом і ґрунтом, а під час миття техніки на них може потрапляти вода. Тому велике значення має якість ізоляції проводів, герметичність роз’ємів, надійність кріплення джгутів і захист електричних компонентів від механічних пошкоджень.

Система електроживлення трактора зазвичай включає акумуляторну батарею, генератор, регулятор напруги, стартер, електропроводку, запобіжники та реле. У потужних тракторах можуть використовуватися акумуляторні батареї великої ємності або декілька батарей, з’єднаних послідовно чи

паралельно. Це необхідно для забезпечення надійного пуску дизельного двигуна, особливо в холодну пору року.

Система пуску тракторного двигуна працює в більш важких умовах, ніж автомобільна. Дизельні двигуни мають вищий ступінь стиску, тому для їх прокручування потрібний більший крутний момент стартера. При низьких температурах опір прокручуванню зростає через загущення моторної оливи та зниження ємності акумуляторної батареї. Тому справність стартера, акумулятора, силових проводів і контактних з'єднань має вирішальне значення.

У сучасних тракторах широко застосовуються електронні системи керування двигуном, трансмісією, гідравлікою та навісним обладнанням. Електроніка дозволяє точніше регулювати роботу двигуна, зменшувати витрати пального, контролювати навантаження, автоматизувати перемикання передач, керувати положенням навісного механізму та контролювати роботу агрегатованих машин. У тракторах високого класу використовуються бортові комп'ютери, GPS-навігація, системи автоматичного водіння, монітори продуктивності та засоби обміну даними.

Для електротехнічної дільниці ремонтної майстерні важливо враховувати, що ремонт електрообладнання тракторів часто пов'язаний із відновленням стартерів і генераторів, ремонтом електропроводки, заміною роз'ємів, відновленням контактів, перевіркою датчиків і реле. Також часто виникає потреба у демонтажі підшипників, шківів, втулок та інших деталей з валів електричних машин. Виконання таких операцій без спеціального знімача може призвести до пошкодження деталей, деформації вала або корпусу, що підвищує вартість ремонту.

1.4. Аналіз електричних систем комбайнів

Комбайни є одними з найбільш складних сільськогосподарських машин за кількістю механічних, гідравлічних, електричних та електронних систем. Їх електрообладнання забезпечує не лише запуск двигуна і живлення споживачів, а й контроль технологічного процесу збирання врожаю. Сучасний

зернозбиральний комбайн має велику кількість датчиків, електромагнітних клапанів, виконавчих механізмів, електронних блоків і засобів відображення інформації.

Електрична система комбайна включає акумуляторні батареї, генератор, стартер, систему освітлення, електропроводку, блоки запобіжників і реле, датчики контролю роботи двигуна, молотильного апарата, очистки, бункера, жатки, подрібнювача та інших агрегатів. Значна кількість електричних споживачів працює одночасно, тому генератор комбайна повинен мати достатню потужність і забезпечувати стабільне живлення.

Особливістю комбайнів є велика довжина електропроводки та наявність багатьох роз’ємів, розміщених у різних частинах машини. Проводи проходять до кабіни, двигуна, жатки, молотильного барабана, елеваторів, бункера, системи освітлення і сигналізації. Через вібрацію, запиленість, вологу та механічний вплив джгути проводів можуть перетиратися, обриватися або мати поганий контакт у місцях з’єднання.

У сучасних комбайнах значну роль відіграють системи автоматичного контролю та керування. Вони можуть контролювати втрати зерна, завантаження молотильного апарата, вологість зерна, заповнення бункера, положення жатки, швидкість руху, витрати пального та інші параметри. Оператор отримує інформацію через монітор у кабіні, що дозволяє своєчасно реагувати на відхилення в роботі машини.

Електронні системи комбайнів підвищують продуктивність і якість збирання врожаю, однак вони потребують якісного технічного обслуговування. Несправність одного датчика або роз’єму може призвести до неправильної роботи всієї системи. Наприклад, відмова датчика обертів може спричинити неправильне відображення режимів роботи, а пошкодження проводки до електромагнітного клапана може порушити керування гідравлічною системою.

Для ремонту електрообладнання комбайнів у майстерні необхідно мати не лише універсальний інструмент, а й спеціальні пристосування для демонтажу деталей електричних машин. Генератори, стартери, електродвигуни

допоміжних механізмів часто потребують розбирання для заміни підшипників, щіток, втулок, контактних кілець або інших деталей. Використання спеціалізованого знімача дозволяє підвищити якість ремонту, зменшити трудомісткість робіт і запобігти пошкодженню деталей.

1.5. Найчастіші несправності електричних систем і обладнання

Несправності електричних систем автомобілів, тракторів і комбайнів можна умовно поділити на декілька груп: несправності джерел електроживлення, несправності системи пуску, пошкодження електропроводки, відмови освітлювальних приладів, несправності датчиків і електронних блоків, пошкодження контактних з’єднань, а також механічні пошкодження елементів електричних машин.

Однією з найпоширеніших несправностей є розряджання або зниження ємності акумуляторної батареї. Причинами цього можуть бути старіння батареї, сульфатація пластин, низький рівень електроліту в обслуговуваних акумуляторах, внутрішнє коротке замикання, несправність генератора, витік струму в електричній мережі або тривале зберігання техніки без підзаряджання. Ознаками несправності акумулятора є утруднений запуск двигуна, швидке падіння напруги під навантаженням, слабке світло фар і нестабільна робота електронних систем.

Несправності генератора проявляються у відсутності заряджання акумулятора, підвищеній або зниженій напрузі в бортовій мережі, шумі підшипників, перегріванні, зносі щіток, пошкодженні контактних кілець, обриві або короткому замиканні обмоток, виході з ладу діодного моста або регулятора напруги. За несправного генератора машина може певний час працювати від акумулятора, але після його розряджання робота електричних систем припиняється.

Стартери часто виходять з ладу через знос щіток, підгоряння контактів тягового реле, пошкодження втулок або підшипників, обрив обмоток, забруднення колектора, несправність приводу або муфти вільного ходу.

Ознаками несправності стартера є відсутність обертання при повороті ключа, клацання тягового реле без прокручування двигуна, повільне обертання колінчастого вала, сторонній шум або пробуксовування приводу стартера.

Електропроводка є вразливим елементом електричних систем. Найчастіше трапляються обриви проводів, пошкодження ізоляції, короткі замикання, окиснення контактів, послаблення кріплення клем, перетирання джгутів і порушення герметичності роз'ємів. У тракторах і комбайнах такі несправності часто спричинені вібрацією, забрудненням, дією вологи та механічними пошкодженнями під час експлуатації або ремонту.

Несправності освітлювальних приладів можуть бути пов'язані з перегорянням ламп, пошкодженням світлодіодних модулів, окисненням контактів, несправністю вимикачів, реле, запобіжників або проводки. Порушення роботи світлової сигналізації знижує безпеку руху, особливо під час експлуатації техніки на дорогах загального користування або в темний час доби.

Датчики та електронні блоки можуть виходити з ладу через перепади напруги, вологу, корозію контактів, механічні пошкодження, перегрівання або заводські дефекти. Несправність датчиків призводить до неправильного відображення інформації або порушення роботи систем керування. Наприклад, несправний датчик температури може спричинити неправильну роботу системи охолодження, а пошкоджений датчик положення колінчастого вала може унеможливити запуск двигуна.

Окрему групу становлять механічні несправності електричних машин. До них належать знос підшипників, втулок, посадочних місць, шківів, валів, привідних шестерень і муфт. Для усунення таких несправностей необхідно розбирати електричну машину. Саме на цьому етапі часто виникає потреба у використанні спеціального знімача. Якщо демонтаж виконувати ударами або випадковим інструментом, існує ризик пошкодження корпусу, вала, обмоток або ізоляції.

1.6. Способи технічного обслуговування електричних систем

Технічне обслуговування електричних систем спрямоване на підтримання їхньої працездатності, попередження відмов і своєчасне виявлення несправностей. Воно включає зовнішній огляд, перевірку кріплення проводів і приладів, очищення від пилу та бруду, перевірку стану контактів, вимірювання напруги, перевірку заряджання акумулятора, діагностування генератора, стартера, освітлювальних приладів і електронних систем.

Під час обслуговування акумуляторної батареї перевіряють її зовнішній стан, чистоту корпусу, надійність кріплення, стан клем, рівень заряду та напругу. У обслуговуваних акумуляторах додатково контролюють рівень і густину електроліту. Клеми очищують від окиснення, змащують захисним мастилом і надійно затягують. Для запобігання глибокому розрядженню батареї під час тривалого зберігання техніки її періодично заряджають.

Обслуговування генератора передбачає перевірку натягу приводного паса, стану шківа, шуму підшипників, вихідної напруги, струму заряджання, стану щіток і контактних кілець. У разі потреби генератор демонтують, розбирають, очищують, дефектують і ремонтують. Після ремонту бажано перевірити генератор на спеціальному стенді, що дозволяє оцінити його працездатність при різних режимах.

Технічне обслуговування стартера включає перевірку надійності електричних з’єднань, стану силових проводів, роботи тягового реле, швидкості прокручування двигуна та споживаного струму. При виявленні несправностей стартер знімають з машини, розбирають, очищують від пилу та продуктів зносу, перевіряють щітки, колектор, обмотки, втулки, підшипники, привід і тягове реле. Зношені деталі замінюють або відновлюють.

Проводка і роз’єми потребують регулярного огляду, особливо в місцях згину, кріплення до рами, проходження біля гарячих частин двигуна або рухомих механізмів. Пошкоджену ізоляцію необхідно відновлювати, а сильно пошкоджені проводи – замінювати. Контакти очищують від окиснення, обробляють спеціальними засобами та забезпечують надійне з’єднання. У

техніці, яка працює в полі, особливу увагу слід приділяти герметичності роз’ємів.

Освітлювальні прилади перевіряють на справність ламп або світлодіодів, чистоту розсіювачів, надійність кріплення, правильність регулювання фар і справність вимикачів. У разі погіршення освітлення потрібно перевірити не лише джерело світла, а й напругу живлення, стан масового проводу та контактів.

Діагностування електронних систем виконується за допомогою сканерів, мультиметрів, осцилографів і спеціальних тестерів. Сканер дозволяє зчитувати коди несправностей, переглядати поточні параметри роботи системи та виконувати деякі сервісні функції. Мультиметр застосовують для вимірювання напруги, опору, сили струму та перевірки цілісності кіл. Осцилограф дає змогу аналізувати форму електричних сигналів, що особливо важливо під час перевірки датчиків і виконавчих механізмів.

1.7. Способи ремонту електричного обладнання

Ремонт електричного обладнання може бути поточним, середнім або капітальним залежно від обсягу робіт і характеру несправності. Поточний ремонт передбачає усунення нескладних несправностей без повного розбирання вузла. До нього належать заміна запобіжників, ламп, реле, клем, проводів, очищення контактів, підтягування з’єднань і відновлення ізоляції.

Середній ремонт включає часткове розбирання агрегату, заміну зношених деталей, очищення, регулювання та перевірку працездатності. Наприклад, під час ремонту стартера можуть замінюватися щітки, втулки, привід або тягове реле. Під час ремонту генератора замінюють підшипники, щітковий вузол, регулятор напруги, діодний міст або шків.

Капітальний ремонт електричних машин передбачає повне розбирання, дефектування всіх деталей, заміну або відновлення несправних елементів, складання та випробування. Під час такого ремонту можуть перевірятися обмотки якоря і статора, стан ізоляції, колектора, контактних кілець, вала,

корпусу, підшипникових щитів і посадочних місць. Після складання агрегат обов’язково перевіряють на стенді.

Одним із відповідальних етапів ремонту є демонтаж деталей, встановлених на валу з натягом. До таких деталей належать шківи, підшипники, втулки, шестерні, муфти та інші елементи. Застосування молотка, зубила або випадкових важелів є небажаним, оскільки може спричинити пошкодження деталей, перекіс, тріщини або деформацію. Правильним способом є використання знімачів, які забезпечують рівномірне прикладання зусилля та контрольований демонтаж.

Спеціалізований знімач повинен відповідати розмірам деталей, які найчастіше демонтуються на електротехнічній дільниці. Він має забезпечувати надійне захоплення деталі, центрування зусилля відносно вала, достатню міцність і зручність у роботі. Його застосування дозволяє зменшити трудомісткість ремонту, підвищити безпеку праці, знизити ймовірність пошкодження деталей і покращити якість виконання ремонтних операцій.

Під час ремонту електрообладнання важливо дотримуватися технологічної послідовності. Спочатку виконують зовнішнє очищення агрегату, потім його розбирають, проводять дефектування деталей, визначають придатні, зношені та непридатні елементи. Після цього здійснюють ремонт або заміну деталей, складання, регулювання та випробування. Результати перевірки бажано фіксувати в ремонтній документації.

1.8. Необхідність переоснащення електротехнічної дільниці машино-ремонтної майстерні

Аналіз сучасних електричних систем автомобілів, тракторів і комбайнів показує, що їх конструкція постійно ускладнюється. Зростає кількість електронних блоків, датчиків, виконавчих механізмів, електричних приводів і систем автоматичного керування. Це підвищує вимоги до технічного оснащення ремонтних майстерень і кваліфікації персоналу.

Традиційне оснащення електротехнічних дільниць часто не забезпечує повного обсягу якісного діагностування і ремонту сучасного електрообладнання. Недостатня кількість спеціального інструменту, відсутність стендів для перевірки генераторів і стартерів, застарілі зарядні пристрої, обмежені можливості діагностики електронних систем призводять до збільшення тривалості ремонту, зниження якості робіт і повторного виникнення несправностей.

Переоснащення електротехнічної дільниці повинно передбачати впровадження сучасного діагностичного, ремонтного та допоміжного обладнання. До необхідного оснащення можна віднести універсальні та спеціалізовані мультиметри, тестери акумуляторних батарей, зарядно-пускові пристрої, стенди для перевірки генераторів і стартерів, паяльні станції, інструмент для роботи з електричними роз’ємами, набір знімачів, пресове обладнання, пристрої для очищення деталей, засоби індивідуального захисту.

Особливу увагу слід приділити спеціалізованим пристосуванням для розбирання електричних машин. У процесі ремонту стартерів, генераторів і електродвигунів часто виникає потреба у знятті деталей, посаджених з натягом. Відсутність відповідного знімача змушує працівників використовувати нераціональні прийоми, що підвищує ризик пошкодження деталей і травмування. Тому розробка спеціалізованого знімача є обґрунтованою та практично доцільною.

Застосування такого пристрою дозволить підвищити рівень механізації ремонтних операцій, скоротити час демонтажу деталей, покращити умови праці, знизити фізичне навантаження на працівника та забезпечити якісніше виконання ремонтних робіт. Крім того, використання спеціалізованого знімача сприятиме зменшенню кількості пошкоджених деталей, що має економічне значення для ремонтної майстерні.

Висновки по розділу

У першому розділі розглянуто сучасні електричні системи та обладнання автомобілів, тракторів і комбайнів. Встановлено, що електрообладнання сучасних машин виконує широкий комплекс функцій: забезпечує запуск двигуна, живлення споживачів, освітлення, сигналізацію, контроль технічного стану, керування робочими процесами та підвищення безпеки експлуатації.

Проаналізовано особливості електричних систем автомобілів, тракторів і комбайнів. Визначено, що найбільш складними умовами експлуатації характеризується електрообладнання сільськогосподарської техніки, оскільки воно працює під впливом пилу, вологи, вібрації, температурних коливань і механічних навантажень.

Розглянуто найпоширеніші несправності електричних систем, серед яких розрядження акумуляторних батарей, несправності генераторів і стартерів, пошкодження електропроводки, окиснення контактів, відмови освітлювальних приладів, датчиків та електронних блоків. Встановлено, що значна частина ремонтних робіт пов’язана з розбиранням електричних машин і демонтажем деталей, встановлених на валу з натягом.

Охарактеризовано основні способи технічного обслуговування та ремонту електричного обладнання. Показано, що для якісного виконання цих робіт необхідні сучасні діагностичні прилади, стенди, інструменти та спеціальні пристосування. Обґрунтовано необхідність переоснащення електротехнічної дільниці машино-ремонтної майстерні та доцільність розробки спеціалізованого знімача, який дозволить підвищити якість, безпеку і продуктивність ремонтних операцій.

РОЗДІЛ 2
ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕТРОТЕХНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Електротехнічна дільниця призначена для: розбирання електрообладнання відповідно до обсягу ремонту; миття знятих деталей і їх дефектування; сортування деталей і їх комплектування після ремонту: складання і випробування агрегату. Розбирально-складальні роботи в електротехнічній дільниці проводять на спеціалізованих стендах, що забезпечують можливість підходу до ремонтованого агрегату з різних боків.

Основними видами ремонтних робіт в електротехнічній дільниці є ремонт генераторів, стартерів та інших електроприладів. Також здійснюється перевірка і очищення свічок запалювання приладом Е-203. Дефектація здійснюється із застосуванням точних приладів для визначення точних даних для підбору і контролю експлуатаційних дефектів.

Надійність роботи електрообладнання автомобілів забезпечується виконанням певних робіт через встановлені проміжки часу. Для електрообладнання існує певний перелік робіт, що проводяться при відповідному ТО.

Технологічний процес наступний: агрегати і вузли знімаються з автомобіля, частково розбираються, якщо це необхідно, і надходять в ремонт, у відповідний цех або дільницю. Остаточне складання, обкатка, регулювання і доведення агре-гатів і механізмів зазвичай здійснюються на стендах або безпосередньо на авто-мобілі. Відремонтовані агрегати і вузли повертаються для установки на той же ав-томобіль або здаються на склад. Несправні деталі здаються на склад в обмін на нові або відремонтовані.

Виробнича програма ділянки становить близько 5% від річної трудомісткості ПР і 25% від річного ТО.

Роботи виробничих підрозділів, зайнятих технічним обслуговуванням, діагностикою та поточним ремонтом, повинні бути узгоджені з режимом роботи автомобілів на лінії. При виборі їх режиму роботи слід виходити з вимоги -

виконувати великі обсяги робіт з ТО і ПР в міжзмінний час. [4, 5, 6]. Вибираємо наступний режим роботи: кількість робочих днів у році $Д_{Р.Д.}$ = 357; змінність роботи $С_{ЗМ}$ = 1; тривалість зміни $Т_{ЗМ}$ = 8 год Тривалість робочої зміни $Т_{ЗМ}$ для розрахунку кількості постів рекомендується приймати рівною 8 год при п'ятиденному робочому тижні і 7 год при шестиденному.

Склад обладнання, оснащення представлені в таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Найменування технологічного обладнання електротехнічної дільниці

№	Найменування обладнання	Коротка характеристика	Кількість	Розмір у плані м×м	Площа, м^2		Потужність електродвигуна кВт
					Одиниці	Загальна	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Слюсарний верстак	2250	1	1600×750	1,2	1,2	-
2	Стіл для паяльних робіт	Мод.584	1	1500×650	0,97	0,97	-
3	Ванна для миття деталей	СІ	1	900×550	0,50	0,50	
4	Контрольно-випробувальний стенд	Власного виготовлення		1050×550	0,58	0,58	2
5	Прилад для діагностики ЕСУД двигуна	ToirS-085	1	-	-	-	0,50
6	Рейковий ручний прес	208 ГАРО	1	800×400	0,32	0,32	-
7	Вертикально-свердлильний верстат	2118А	1	900×600	0,54	0,54	1
8	Верстат для проточування колекторів	24863	1	1200×720	0,86	0,86	1,30
9	Заточний верстат	5814	1	580×450	0,26	0,26	0,85
10	Прилад для перевірки та очищення свічок запалювання	Е-203	1	-	-	-	0,55
	Разом:					5,23	5,85

Таблиця 2.2 – Найменування організаційного оснащення електротехнічної дільниці

№	Найменування обладнання	Коротка характеристика	Кількість	Розмір у плані м×м	Площа, м^2	
					Од.	Загальна
1	Стіл для приладів	СІ	1	1800×800	1,44	1,44
2	Інструментальна шафа	СІ	1	680×680	0,46	0,46
3	Інструментальний візок	ГАРО мод. 3405	1	900×480	0,43	0,43
4	Стелаж	СІ	3	1400×450	0,63	1,89
5	Скриня для обтиральних матеріалів	СІ	1	400×400	0,16	0,16
6	Підставка під вогнегасник	С	2	200×200	0,04	0,08
7	Скриня для відходів	Власного виготовлення	1	350×350	0,12	0,12
	Разом:					4,58

ТО і ремонт електрообладнання автомобілів та тракторів необхідно виконувати тільки на постах і відповідних ділянках ремонтних майстерень, в яких повинна бути аптечка з медикаментами, необхідними для надання першої медичної допомоги. До робіт з обслуговування електрообладнання допускають робітників, які пройшли відповідну підготовку з техніки безпеки. При виконанні робіт, що супроводжуються виділенням шкідливих газів, пилу, іскор, а також робіт, при яких відлітають частинки металу і стружки, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту (окуляри, маски тощо).

При обслуговуванні електрообладнання безпосередньо на автомобілі необхідно виконати наступні вимоги:

- контрольно-регулювальні роботи, що виконуються при працюючому двигуні, проводити на посту, обладнаному місцевим відсмоктуванням випускних газів;

- перед початком роботи застебнути манжети рукавів і перевірити, щоб не було звисаючих кінців одягу, заправити волосся під головний убір, щоб уникнути їх закручування в обертових частинах (лопаті вентилятора, шків генератора тощо);

- використовувати спеціалізований справний інструмент; при знятті масивних стартерів типів СТ26, СТ103, СТ142 та ін. застосовувати пристосування, що полегшують виконання цієї операції;
- для транспортування масивних складальних одиниць електрообладнання використовувати візки, обладнані пристроями, що захищають складальні одиниці від падіння;
- працювати тільки справним, чистим, незамасленим інструментом; при роботі гайковими ключами підбирати їх за розміром гайок і болтів;
- проржавілі болти і гайки, які важко відкрутити, попередньо обстукати легкими ударами молотка, потім змочити гасом і відкрутити;
- користуватися молотками, напилками, шаберами та іншим інструментом з надійно закріпленими ручками з гладкою поверхнею, що не має задирок і тріщин, використовувати зубила і крейцмейселі довжиною не менше 150 мм;
- при огляді автомобіля використовувати переносну електричну лампу напругою не вище 36 В, а при роботі в оглядовій канаві – не вище 12 В. Лампа повинна мати запобіжну сітку і відбивач. Застосування переносних ламп напругою 127...220 В заборонено.

До роботи допускаються працівники, які пройшли спеціальну підготовку.

Електроінструмент повинен видаватися робітникові тільки після перевірки його справності; оглядом необхідно оцінити стан ізоляції струмопровідних проводів, звернути увагу на місця їх виведення з корпусу електроінструменту. Перед початком роботи слід надіти захисний одяг (гумові чоботи, діелектричні гумові рукавички), що має позначку про їх випробування. Підключення інструменту до електричної мережі дозволяється тільки через штепсельні з'єднання, що мають заземлюючий контакт.

Навіть при найслабшому впливі струму на людину електроінструмент повинен бути негайно відключений і зданий на перевірку. Заборонено тримати електроінструмент за електропровід або торкатися рукавом обертових частин інструменту до його відключення.

Після закінчення роботи електроінструмент повинен бути негайно відключений від мережі. Всі електродвигуни та обладнання поста або ділянки повинні бути надійно заземлені або мати занулення відповідно до правил пристрою електротехнічних установок.

Вимикачі, рубильники до електродвигунів, стендів та іншого електричного обладнання повинні розташовуватися в місцях, що забезпечують їх негайне вимкнення. Забороняється використовувати рубильники відкритого типу. При установці генератора, стартера або розподільника на контрольно- -випробувальному стенді слід правильно центрувати і надійно закріплювати його в затискних пристроях, щоб уникнути виходу з ладу механізмів і травмування людей.

Технологія процесу розбирання та складання генератора автомобіля.

Загальна норма часу 120 люд.-хв.

Виконавці: слюсарі з ремонту автомобілів V розряду (1 особа).

У таблиці 2.3 представлена карта технологічного процесу

Таблиця 2.3 – Технологічний процес розбирання та складання генератора

№	Найменування та зміст роботи	Пристосування, інструмент	ТУ
1	2	3	4
1.	Від'єднати провід від клеми «мінус» акумуляторної батареї. Зняти ремінь приводу генератора	-	Двигун не працює. Маса відключена.
2.	Від'єднати колодку з проводом від виводу «D+» генератора.	-	-
3.	Відвести гумовий чохол, відкрутити гайку. Від'єднати дроти від контактної шпильки.	Ключ 8 мм.	-
4.	Відкрутіть гайку болта нижнього кріплення генератора до кронштейна.	Ключ 12 мм.	-
5.	Зніміть гайку разом з дистанційною втулкою. Вийміть болт нижнього кріплення генератора.	-	-
6	Остаточно відкрутити гайку кріплення генератора до верхнього кронштейна.	Ключ 12 мм.	-
7.	Повністю вивернувши регулювальний болт, зняти натяжну планку. Зняти генератор з автомобіля.	Ключ 12 мм.	-

Продовження таблиці 2.3

8.	Відкрутити гайку кріплення клеми ланцюга збудження генератора. Зняти клему.	Ключ 6 мм.	-
9.	Відкрутити три гайки кріплення пластмасового кожуха генератора. Зняти кожух.	Ключ 6 мм.	-
10.	Відкрутити дві гайки кріплення корпусу регулятора напруги.	Ключ 6 мм.	-
11.	Відкрутити гвинт кріплення клеми регулятора до шини «D+» випрямляючого блоку. Зняти регулятор напруги з генератора.	Ключ 6 мм. викрутка	Перевірити легкість переміщення щіток в щіткотримачі і їх виступ. Якщо щітки виступають з щіткотримача менше ніж на 5 мм, замініть регулятор напруги з щіткотримачем.
12.	Відкрутити три гайки кріплення випрямляючого блоку і дві гайки кріплення дистанційних втулок клеми «плюс» і клеми збудження генератора. Потім зняти втулки.	Ключ 6 мм.	-
13.	Відпаяти шість виводів статорної обмотки і зняти випрямний блок з генератора.	Паяльник.	-
14.	Перевірте «негативні» діоди.	Тестер.	Якщо діоди справні, тестер покаже 580–620 Ом.
15	Перевірити тестером обмотки статора на відсутність обриву і на відсутність замикання на корпус стартера.	Тестер.	Під час проведення вимірювань стежити за тим, щоб виводи обмоток не торкалися кришки генератора.
16.	Вивернути чотири стяжні болти. Підчепивши викруткою, зняти кришку генератора з боку контактних кілець.	Ключ 10 мм викрутка	-
17.	Вийняти статор з кришки. Оглянути статор.	-	На його внутрішній поверхні не повинно бути слідів зачіпання якоря про статор. Якщо є знос, необхідно замінити підшипники або кришки генератора.
18.	Встановити ключ на гайку і через його отвір вставте шестигранний ключ в отвір вала. Відкрутити накидним ключем гайку, утримуючи вал від провертання. Зняти пружинну шайбу і шків з вала ротора.	Ключ накидний 10 мм Ключ шестигранний	-

Продовження таблиці 2.3

19.	Вийміть вал ротора з підшипника.		Якщо при обертанні підшипника відчувається люфт між кільцями, перекочування або заклинювання тіл кочення, пошкоджені захисні кільця або є патьоки мастила, замініть підшипник, а якщо виявлені тріщини в кришці, особливо в місцях кріплення генератора, необхідно замінити кришку генератора.
20.	За допомогою алюмінієвої проставки легкими ударами молотка випресувати підшипник з кришки генератора	Молоток, алюмінієва проставка.	-
21.	Оглянути контактні кільця.	-	Якщо на них є задирки, риски, подряпини, сліди зносу від щіток та інші дефекти, кільця необхідно прошліфувати.
22.	Перевірити генератор на стенді	Стенд власного виготовлення.	Якщо тестер показуватиме нескінченність, значить, в обмотці ротора обрив і його необхідно замінити.
23	Перевірте відсутність замикання обмотки ротора на корпус, підключивши виводи тестера до будь-якого контактного кільця і корпусу ротора.	Тестер.	Тестер повинен показувати нескінченність.
24.	Перевірити легкість обертання підшипника з боку контактних кілець.	-	Якщо при обертанні підшипника відчувається люфт між кільцями, перекочування або заклинювання тіл кочення, пошкоджені захисні кільця або є патьоки мастила, підшипник необхідно замінити.
25.	Оглянути кришку генератора з боку контактних кілець.	-	При виявленні тріщин кришку необхідно замінити.
26.	Зібрати генератор у порядку, зворотному розбиранню, зорієнтувавши кришки генератора і корпус статора за раніше зробленими мітками.		
27.	Після проведення ремонту генератор необхідно протестувати на стенді.	Стенд Е-205 м-02	

РОЗДІЛ 3
ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення та область застосування розроблюваної конструкції

Знімачі – це пристосування для пресування підшипників (зокрема – генератора), призначені для швидкого роз'єднання деталей і є пристосуваннями, які закріплюються за охоплюючу і охоплювану деталі. Знімачі бувають спеціальні, призначені для зняття будь-якої певної деталі, і універсальні, що дозволяють проводити розпресування ряду деталей, що відрізняються одна від одної за конструкцією і розмірами. Принцип дії знімачів – це захоплення знімається деталі або упор в неї.

3.2 Огляд існуючих аналогів конструкції

Існує кілька типів знімачів. Прокласифікуємо і систематизуємо їх. У таблиці 7.1 представлена класифікація знімачів різних типів.

Розглянемо детальніше існуючі знімачі з різним типом приводу, провівши пошук інформації в мережі Інтернет і каталогах гаражного обладнання .

Вихідні дані для пошуку необхідного обладнання:

- зовнішній діаметр підшипника 68-73 мм;
- внутрішній діаметр 40-42 мм;
- довжина випресування 20 – 60 мм;
- зусилля випресування 3-5 т;

У таблиці 3.1 представлена класифікація знімачів.

Таблиця 3.1 – Класифікація знімачів підшипників.

Найменування параметра	Параметр	Застосування
1	2	3
Тип приводу	Механічний-різьбовий	Демонтаж підшипників з невеликим зусиллям випресування
	Гідравлічний	Демонтаж підшипників, що вимагають значного зусилля випресування
	Ударний, інерційний	Демонтаж підшипників з невеликим зусиллям випресування без можливості його повторного використання
	Важільний	Демонтаж підшипників з невеликим зусиллям випресування в легкодоступному місці, наприклад при знятті вузла з автомобіля
Розташування губок	По напрямних	Демонтаж підшипників у широкому діапазоні розмірів при обмеженому робочому просторі
	Важільний	Демонтаж підшипників у широкому діапазоні розмірів при достатньому робочому просторі, Напрямок зусилля, що протистоїть зриву губок зі зніманого підшипника, самоцентруючий
Метод роботи	Тягнучий	Залежить від напрямку руху підшипника при випресуванні.
	Штовхаючий	
Кількості губок	Двозахватні	Залежить від наявності достатнього робочого простору при випресуванні.
	Тризахватні	
Напрямку губок	Всередину	Для випресування зовнішніх кілець підшипника в отворі
	Назовні	Для випресування внутрішніх кілець підшипника на валу
	Універсально	Можливість перемонтажу губок для різних умов роботи.

Знімач з двома захватами, механічний модель 16/1, ф. BUCO (рис. 3.1).

Особливістю даної моделі є змінні лапки, що дозволяють проводити демонтаж підшипників в широкому діапазоні розмірів. Також шляхом перевороту лапок можна здійснювати демонтаж як внутрішніх, так і зовнішніх кілець підшипника.



Рис. 4.1. Знімач механічний, модель 16/1, ф. BUCO.

Основні параметри знімача, моделі 16/1 представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні параметри знімача моделі 16/1, ф. BUCO.

№	Найменування параметра	Параметр
1	Тип приводу	Механічний, різьбовий
2	Розташування губок	По напрямних
3	Метод роботи	Тягнучий
4	Кількість губок	2, змінні
5	Напрямок губок	Універсальне
6	Довжина змінних лапок, мм	200-700
7	A, мм	25-80
8	B, мм	100
9	C, мм	70-130
10	Розвивається зусилля, P, тонн	3,5

Знімач з двома захватами, механічний модель 20/1, ф. BUCO (рис. 3.2).

Особливістю даної моделі є самоцентрування лапок в процесі роботи при знятті підшипника. Це виключає ризик зриву знімача при демонтажі в умовах обмеженого робочого простору.

Таблиця 3.3 – Основні параметри знімача моделі 20/1, ф. BUCO.

№	Найменування параметра	Параметр
1	Тип приводу	Механічний, різьбовий
2	Розташування губок	Важільний
3	Метод роботи	Тягнучий
4	Кількість губок	2, незмінні
5	Напрямок губок	Всередину
6	Довжина лапок, мм	80
7	A, мм	20-150
8	B, мм	80
9	C, мм	-
10	Розвивається зусилля, P, тонн	3,5



Рис. 3.2. Знімач механічний, модель 20/1, ф. BUCO.

Знімач з трьома ковзними захватами Ombra A90034, Тайвань використовується для демонтажу підшипників, шківів, шестерень із захопленням за зовнішню частину деталі, а при необхідності і за внутрішню, якщо перевстановити захвати. Велике робоче зусилля забезпечується високоякісним матеріалом триноги з легованої сталі. Знімач представлений на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Знімач підшипників тризахватний, модель Ombra A90034.

Таблиця 3.4 – Основні параметри знімача моделі Ombra A90034, Тайвань.

№	Найменування параметра	Параметр
1	Тип приводу	Механічний, різьбовий
2	Розташування губок	По напрямних
3	Метод роботи	Тягнучий
4	Кількість губок	3, змінні
5	Напрямок губок	Універсальне
6	Довжина лапок, мм	70
7	A, мм	40-80
8	B, мм	100
9	C, мм	-
10	Розвивається зусилля, P, тонн	3

Знімач підшипників тризахватний, модель JTC-35143, ф. JTC AUTO (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Знімач підшипників тризахватний, модель JTC-35143, ф. JTC AUTO.

Дана модель має самоцентрування за рахунок упору лапок в триногу в процесі роботи. Лапки мають робочі поверхні з двох сторін, зміна діапазону охоплюваних діаметрів відбувається за рахунок їх перемонтажу – перевороту на осі.

Таблиця 3.5 – Основні параметри знімача моделі JTC-35143, ф. JTC AUTO.

№	Найменування параметра	Параметр
1	Тип приводу	Механічний, різьбовий
2	Розташування губок	Важільний
3	Метод роботи	Тягнучий
4	Кількість губок	3, незмінні
5	Напрямок губок	Всередину
6	Довжина лапок, мм	70
7	A, мм	40-76
8	B, мм	50
9	C, мм	-
10	Розвивається зусилля, P, тонн	3,5

Знімач підшипників гідравлічний моделі СГ-5 (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Знімач гідравлічний, модель СГ-5.

Самоцентрувальний знімач призначений для виконання важких робіт, розвиває зусилля 5 т.

Основні технічні характеристики знімача представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні параметри знімача моделі СГ-5.

№	Найменування параметра	Параметр
	Тип приводу	Гідравлічний
2	Розташування губок	Важільний
3	Метод роботи	Тягнучий
4	Кількість губок	3, незмінні
5	Напрямок губок	Всередину
6	Довжина лапок, мм	170
7	А, мм	50-220
8	В, мм	50
9	С, мм	-
10	Розвивається зусилля, Р, тонн	5

Визначимо достовірну оцінку якості знімачів, призначених для демонтажу підшипників.

Для цього виділимо показники якості розглянутих аналогів. Рівень показників якості співвіднесемо з рівнем базового пристрою пристосування. В якості базового інструменту виберемо модель СГ-5. Показники якості знімача для демонтажу підшипників представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Критерії якості пристроїв для демонтажу підшипників.

Найменування показника якості	Критерій якості				
	BUCO 16/1	BUCO 20/1	Ombra A90034	JTC-35143	СГ-5
1	2	3	4	5	6
Тип приводу	Різьбовий – 0,5	Різьбовий – 0,5	Різьбовий – 0,5	Різьбовий – 0,5	Гідравлічний - 1
Розташування губок	По напрямних -1,5	Важільний – 1	По напрямних -1,5	Важільний - 1	Важільний – 1
Метод роботи	1	1	1	1	1
Кількість губок	Дві – 0,5	Дві – 0,5	Три – 1	Три – 1	Три – 1
Напрямок губок	Універсальні – 2	Всередину – 1	Універсальні – 2	Всередину – 1	Всередину – 1
Довжина лапок, мм	4,11	0,47	0,411	0,411	1
Мінімальний розмір А	2	2,5	1,25	1,25	1
Максимальний розмір А	0,36	0,68	0,36	0,34	1
Розмір В	2	1,6	2	1	1
Розвивається зусилля, Р	0,7	0,7	0,6	0,7	1

Виберемо для кожного аналога знімача кількісні оцінки показників якості, наведені в таблицях 3.1-3.6. Знімач розробляється на основі пристосування 16/1, ф. BUCO, аналогічної конструкції в рамках кваліфікаційної роботи.

3.3 Обґрунтування доцільності розробки нової конструкції обладнання

В даний час знімачів підшипників досить велика кількість, але представлене пристосування не має аналогів. Універсальні знімачі дуже часто не забезпечують швидкість зняття підшипників з валів через перекоси, зісковзування та інше. Запропонована конструкція пристосування виключає всі ці моменти, крім того, воно просте у виготовленні і не вимагає додаткових витрат на обслуговування і ремонт. Виготовити його можна на базі будь-якого СТО без великих витрат.

3.4 Пристрій і робота розроблюваної конструкції

Пристрій працює наступним чином.

Підготовка до роботи знімача. Перед роботою перевірити всі деталі знімача на справність. При виявленні деформацій, тріщин і ознак сильного зносу на деталях знімача використання знімача заборонено.

Максимально точно оцінити осьове зусилля, необхідне для зняття деталі з вала. Якщо зусилля гідроциліндра знімача недостатньо для зняття деталі – не використовуйте його, виберіть модель знімача з відповідними характеристиками. Робоча температура знімача знаходиться в інтервалі -5..+45 град.

Робота зі знімачем. Лапи знімача накидаються на знімається деталь. Гідроциліндр знімача вгвинчується в гайку з лапами, поки шток не упреться в вал зі знімається деталлю.

Завернути зливний гвинт гідроциліндра до упору. За допомогою рукоятки ручного насоса масло з бака нагнітається в гідроциліндр, при цьому шток його

впирається в торець вала і знімається деталь починає переміщатися. У процесі зняття деталі уважно стежити за положенням робочих майданчиків лап знімача щодо деталі, щоб уникнути зриву лап з деталі. Хід штока становить 70 мм і для зняття деталі з вала може знадобитися більше одного установлення.

Обслуговування знімача.

Згодом гідравлічна олива починає втрачати свої властивості і забруднюється. У процесі експлуатації може знадобитися долити масло або повністю замінити його. Доливання масла здійснюється через отвір перепускного гвинта. В якості робочої рідини використовується гідравлічне масло ВМГЗ, Індустріальне-12 або аналоги. Не допускайте попадання води на знімач, своєчасно змащуйте деталі знімача.

3.5 Розрахунок елементів конструкції

Посадка $\emptyset 68\text{H}7/k6$

Діаметр посадки d = 0,068 м;

внутрішній діаметр підшипника d1= 0,037 м;

зовнішній діаметр втулки d2= 0,085 м;

шорсткість поверхні кільця Ra1,25;

шорсткість поверхні втулки Ra2,5.

Розраховуємо максимальний натяг.

$$N_{max} = 0{,}051 + 0{,}021 = 0{,}072\text{мм} \tag{3.1}$$

Розраховуємо зусилля запресування Rn.

$$P_n = f_n P_{max} \cdot \pi dl \tag{3.2}$$

деf_n – коефіцієнт тертя при запресуванні 0,12;

P_{max} – питомий тиск при максимальному натягу,N_{max} .

$$P_{max} = \frac{N_{max} - \gamma_{\text{ш}}}{d\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)} \tag{3.3}$$

де$\gamma_{\text{ш}}$ - поправка, що враховує зминання нерівностей контактних поверхонь деталей при запресуванні, 4,9

E_1 и E_2- модуль пружності матеріалів вала і втулки відповідно. Для сталі дорівнює 2×10^5МПа

C_1 и C_2- коефіцієнти, що визначаються за формулами:

$$C_1 = \frac{1+\left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1-\left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - \mu_1 = \frac{1+\left(\frac{0,037}{0,068}\right)^2}{1-\left(\frac{0,037}{0,068}\right)^2} - 0,3 = 1,541 \quad (3.4)$$

$$C_2 = \frac{1+\left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1-\left(\frac{d}{d_2}\right)^2} + \mu_2 = \frac{1+\left(\frac{0,068}{0,085}\right)^2}{1-\left(\frac{0,068}{0,085}\right)^2} + 0,3 = 4,856$$

Тутμ_1 и μ_2 - коефіцієнти Пуассона відповідно для охоплюваної і охоплюючої деталей. Для сталі 0,3

$$P_{max} = \frac{72 - 4,9}{0,068\left(\frac{1,541}{2\times10^5} + \frac{4,856}{2\times10^5}\right)} = 30,8 \times 10^6\text{МПа}$$

$$P_n = 0,12 \times 30,8 \times 3,14 \times 0,068 \times 0,0185 = 14,5\text{ кН}$$

Вибираємо гідроциліндр плунжерний моделі RC-53 ф. Enerpac з максимальним зусиллям 10 тс. Вибір обґрунтований тим, що знімач може бути застосований для випресування підшипників інших типів і виробників.

3.6 Техніка безпеки при роботі з запропонованою конструкцією стенду

Перед роботою зі знімачем переконатися в його справності, тобто перевірити, чи не має знімач будь-яких пошкоджень, тріщин, зламів тощо, які можуть призвести до його виходу з ладу і спричинити травму працівника. При роботі зі знімачем переконатися, що його захоплювальні лапи надійно заведені під підшипник, тому що ненадійний захват може викликати зрив лап і підшипника і в результаті цього зриву може бути нанесена травма рукам робітника. При пресуванні підшипника контролювати зміщення центру валу ротора з центром півсфери гвинта. При роботі зі знімачем не застосовувати воротків для збільшення довжини плеча поворотного стрижня, щоб не викликати його облом, і можливу травму робітника.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення.

Охорона праці під час переоснащення електротехнічної дільниці машинно-ремонтної майстерні є важливою складовою дипломного проєкту, оскільки роботи на такій дільниці пов’язані з використанням електрообладнання, ручного та механізованого інструменту, діагностичних стендів, зарядних пристроїв, паяльного обладнання, а також спеціалізованих пристроїв для демонтажу деталей. Основною метою заходів з охорони праці є створення безпечних умов роботи, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням, пожежам та аварійним ситуаціям.

Електротехнічна дільниця машинно-ремонтної майстерні призначена для виконання робіт з діагностування, технічного обслуговування та ремонту електрообладнання сільськогосподарської техніки, автомобілів, тракторів, агрегатів машинно-тракторного парку. На дільниці можуть виконуватися ремонт генераторів, стартерів, електродвигунів, реле, датчиків, електропроводки, акумуляторних батарей, освітлювальних приладів, контрольно-вимірювальної апаратури та електронних блоків керування.

Переоснащення дільниці передбачає раціональне розміщення робочих місць, оновлення технологічного обладнання, поліпшення освітлення, вентиляції, електробезпеки, пожежної безпеки, а також впровадження спеціалізованого знімача для демонтажу шківів, підшипників, втулок, муфт, зубчастих коліс та інших деталей, установлених з натягом.

Нормативною основою організації охорони праці є Закон України «Про охорону праці», Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями, а також Правила пожежної безпеки в Україні. Дотримання цих вимог є обов’язковим для роботодавців і працівників, які виконують ремонтно-обслуговуючі роботи.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Під час виконання робіт на електротехнічній дільниці можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які необхідно враховувати під час проєктування дільниці, добору обладнання, організації робочих місць і розроблення інструкцій з охорони праці.

Таблиця 4.1 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечний або шкідливий фактор	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Ураження електричним струмом	Електротравми, опіки, зупинка роботи обладнання	Захисне заземлення, справна ізоляція, відключення обладнання перед ремонтом, використання діелектричних засобів
Рухомі та обертальні частини обладнання	Захоплення одягу, травмування рук	Огородження, захисні кожухи, заборона роботи у вільному одязі
Зусилля під час роботи зі спеціалізованим знімачем	Зрив деталі, защемлення пальців, травмування уламками	Центрування знімача, справність лап, плавне прикладання зусилля, використання окулярів і рукавиць
Гострі краї деталей, задирки, уламки	Порізи, проколи, пошкодження шкіри	Очищення деталей, зняття задирок, використання захисних рукавиць
Паяння, нагрівання, використання флюсів	Опіки, подразнення органів дихання	Місцева вентиляція, термостійкі підставки, захисні окуляри
Заряджання акумуляторних батарей	Виділення газів, хімічні опіки, пожежонебезпека	Вентиляція, заборона відкритого вогню, використання кислотостійких рукавиць і окулярів
Недостатнє освітлення	Перевтома зору, помилки під час ремонту	Загальне і місцеве освітлення робочих місць
Підвищений шум від інструменту	Втома, зниження уваги, погіршення умов праці	Справний інструмент, обмеження часу роботи, використання засобів захисту слуху
Пожежонебезпечні матеріали та несправна електромережа	Пожежа, задимлення, пошкодження обладнання	Вогнегасники, справна електропроводка, правильне зберігання матеріалів

Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці, оскільки працівники дільниці мають справу з електричними колами, акумуляторними батареями, зарядними пристроями, діагностичними стендами та електроінструментом. Під час ремонту електрообладнання забороняється працювати з пошкодженими кабелями, несправними вилками, оголеними провідниками, саморобними подовжувачами та обладнанням без захисного заземлення.

4.3. Організація безпечних умов праці на електротехнічній дільниці

Для забезпечення безпечної роботи електротехнічна дільниця повинна бути розміщена в сухому, добре освітленому та вентильованому приміщенні. Робочі місця необхідно організувати так, щоб забезпечити зручний доступ до верстаків, шаф для інструменту, діагностичного обладнання, електричних щитів, вогнегасників та евакуаційних проходів.

Підлога в приміщенні має бути рівною, неслизькою, без вибоїн і виступів. У зонах роботи з електрообладнанням доцільно використовувати діелектричні килимки. Проходи між обладнанням не повинні захаращуватися деталями, кабелями, тарою, відпрацьованими вузлами або інструментом. Усі запасні частини, матеріали та пристрої необхідно зберігати у спеціально відведених місцях.

На дільниці потрібно передбачити функціональне зонування, що зменшує перетин технологічних потоків і підвищує безпеку виконання робіт. Доцільно виділити зону діагностики електрообладнання, зону ремонту генераторів, стартерів та електродвигунів, зону роботи з акумуляторними батареями, зону паяння та дрібного електромонтажу, зону використання спеціалізованого знімача, зону зберігання інструменту та зону тимчасового зберігання несправних і відремонтованих вузлів.

Працівники, які виконують роботи на електротехнічній дільниці, повинні пройти вступний, первинний, повторний та за потреби позаплановий інструктажі з охорони праці. Особи, які виконують роботи підвищеної небезпеки або обслуговують електрообладнання, повинні мати відповідну групу з електробезпеки та проходити періодичну перевірку знань.

4.4. Вимоги безпеки під час роботи з інструментом та пристроями

На електротехнічній дільниці використовуються гайкові ключі, викрутки, пасатижі, знімачі, свердлильні машини, шліфувальні машини, паяльники, мультиметри, тестери, зарядні пристрої, стенди для перевірки генераторів і

стартерів. Увесь інструмент повинен бути справним, чистим, відповідати характеру виконуваної операції та зберігатися у визначеному місці.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність інструменту, відсутність тріщин, сколів, деформацій і пошкоджень, надійність кріплення рукояток, справність електрокабелів, вилок і вимикачів, наявність захисних кожухів, справність заземлення обладнання, а також наявність засобів індивідуального захисту.

Забороняється користуватися інструментом, який має пошкоджені ізоляційні ручки, зношені робочі поверхні, тріщини, погнуті елементи або сліди самовільного ремонту. Електроінструмент повинен вмикатися тільки у справні розетки, що відповідають потужності обладнання. Після завершення роботи інструмент необхідно очистити, оглянути та покласти у визначене місце.

4.5. Вимоги безпеки під час роботи зі спеціалізованим знімачем

У дипломному проєкті передбачено розробку спеціалізованого знімача, призначеного для демонтажу деталей, установлених з натягом. Знімач може застосовуватися під час зняття шківів, підшипників, втулок, муфт, зубчастих коліс та інших деталей електрообладнання машин.

Основними небезпеками під час роботи зі знімачем є зрив лап знімача з деталі, раптове зміщення вузла, руйнування зношеної деталі, защемлення пальців, надмірне прикладання зусилля та травмування уламками. Для зменшення ризику травмування конструкція знімача повинна бути міцною, стійкою, зручною для встановлення та мати надійну систему фіксації деталі.

Перед використанням знімача необхідно оглянути корпус, гвинт, лапи, траверсу, гайки та опорні елементи; переконатися у відсутності тріщин, деформацій, зірваної різьби та значного зношення; перевірити відповідність розміру знімача деталі, що демонтується; очистити деталь від бруду, мастила та корозії; установити знімач строго по осі деталі; переконатися, що лапи надійно захопили деталь; застосовувати захисні окуляри та рукавиці.

Під час роботи забороняється стояти в площині можливого зриву деталі, нарощувати рукоятку ключа трубою без дозволу, ударяти по гвинту знімача, використовувати несправні лапи, працювати при перекосі пристрою, а також допускати сторонніх осіб у небезпечну зону. Зусилля необхідно прикладати плавно, без ривків. Якщо деталь не знімається, потрібно припинити роботу, повторно перевірити правильність установлення знімача та за потреби застосувати технологічно дозволений спосіб полегшення демонтажу.

Після завершення роботи знімач необхідно очистити, змастити різьбові поверхні, перевірити стан робочих елементів і зберігати у спеціально відведеному місці. Не допускається залишати знімач під навантаженням або використовувати його не за призначенням.

4.6. Електробезпека

Електробезпека є одним із головних напрямів охорони праці на електротехнічній дільниці. Усі електроустановки, стенди, зарядні пристрої, електроінструмент і освітлювальне обладнання повинні бути справними, мати захисне заземлення або занулення, а також захист від короткого замикання та перевантаження.

Основними заходами електробезпеки є використання автоматичних вимикачів і пристроїв захисного відключення, заземлення металевих корпусів електрообладнання, застосування діелектричних килимків біля електрощитів і стендів, використання інструменту з ізольованими ручками, перевірка справності кабелів і подовжувачів, заборона роботи з мокрими руками, відключення обладнання перед ремонтом та вивішування попереджувальних знаків під час обслуговування електромережі.

Роботи з електрообладнанням необхідно виконувати тільки після зняття напруги, якщо технологічний процес не передбачає проведення вимірювань під напругою. У разі виконання діагностики під напругою працівник повинен користуватися справними вимірювальними приладами, щупами з ізольованими наконечниками та засобами індивідуального захисту.

Забороняється торкатися оголених струмопровідних частин, ремонтувати обладнання без відключення від мережі, використовувати несправні запобіжники, замінювати їх дротяними вставками, а також експлуатувати обладнання з пошкодженою ізоляцією.

4.7. Санітарно-гігієнічні вимоги

Для забезпечення нормальних умов праці на електротехнічній дільниці необхідно підтримувати оптимальні параметри мікроклімату, освітлення, чистоти повітря та рівня шуму. Приміщення повинно регулярно провітрюватися, а в місцях паяння, заряджання акумуляторів і роботи з хімічними речовинами потрібно передбачити місцеву витяжну вентиляцію.

Освітлення має забезпечувати чітку видимість дрібних деталей, маркування проводів, контактів, клем і електронних компонентів. Для цього слід використовувати поєднання загального освітлення приміщення та місцевого освітлення робочих місць. Світильники повинні бути захищені від механічних пошкоджень, а переносні лампи – мати безпечну напругу та захисну сітку.

Робочі місця повинні бути обладнані верстаками з неслизькою поверхнею, тисками, підставками для деталей, полицями для інструменту та контейнерами для відходів. Відпрацьовані мастильні матеріали, ізоляційні залишки, використані ганчірки, уламки проводів і непридатні деталі необхідно збирати окремо та вчасно видаляти з робочої зони.

4.8. Розрахунок штучного освітлення електротехнічної дільниці

Достатній рівень штучного освітлення є важливою умовою безпечної роботи електротехнічної дільниці. На дільниці виконуються ремонтні, діагностичні, електромонтажні та слюсарні роботи з дрібними деталями, проводами, контактами й вимірювальними приладами. Недостатня освітленість може призвести до перевтоми зору, помилок під час ремонту та підвищення ризику травмування працівників.

Для електротехнічної дільниці приймаємо нормовану освітленість робочої зони:

$$Ен = 300 лк$$

Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку освітлення

Показник	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Довжина приміщення	a	6	м
Ширина приміщення	b	6	м
Площа приміщення	S	36	м²
Нормована освітленість	Ен	300	лк
Коефіцієнт запасу	K	1,5	—
Коефіцієнт нерівномірності освітлення	Z	1,1	—
Коефіцієнт використання світлового потоку	η	0,6	—
Світловий потік одного світильника	Фл	3600	лм
Потужність одного світильника	P1	36	Вт

Площу електротехнічної дільниці визначаємо за формулою:

$$S = a \cdot b \tag{4.1}$$

$$S = 6 \cdot 6 = 36 м²$$

Необхідний загальний світловий потік визначаємо за формулою:

$$Ф_{\Sigma} = (E_н \cdot S \cdot K \cdot Z) / \eta \tag{4.2}$$

де $_{Ен}$ – нормована освітленість, лк; S – площа приміщення, м²; K – коефіцієнт запасу; Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення; η – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$Ф_{\Sigma} = (300 \cdot 36 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / 0,6$$

$$Ф_{\Sigma} = 17820 / 0,6 = 29700 лм$$

Отже, для забезпечення необхідного рівня освітленості електротехнічної дільниці потрібно створити загальний світловий потік не менше 29700 лм.

Кількість світильників визначаємо за формулою:

$$n = Ф_{\Sigma} / Ф_л \tag{4.3}$$

$$n = 29700 / 3600 = 8,25$$

Отримане значення округлюємо у більший бік, тому приймаємо:

$$n = 9 \text{ світильників}$$

Отже, для освітлення електротехнічної дільниці площею 36 м² необхідно встановити 9 світлодіодних світильників зі світловим потоком не менше 3600 лм кожний.

Перевіримо фактичну освітленість після встановлення 9 світильників:

$$E_ф = (n \cdot Ф_л \cdot \eta) / (S \cdot K \cdot Z) \quad (4.4)$$

$$Eф = (9 \cdot 3600 \cdot 0,6) / (36 \cdot 1,5 \cdot 1,1)$$

$$Eф = 19440 / 59,4 = 327,3 \text{ лк}$$

Оскільки фактична освітленість більша за прийняту нормовану освітленість:

$$327,3 \text{ лк} > 300 \text{ лк}$$

запропонована система освітлення забезпечує достатні умови для безпечного виконання ремонтних, діагностичних та електромонтажних робіт на електротехнічній дільниці.

Для рівномірного освітлення приміщення світильники доцільно розмістити у три ряди по три світильники. Над робочими верстаками, діагностичними стендами та зоною використання спеціалізованого знімача доцільно додатково передбачити місцеве освітлення.

Загальну встановлену потужність системи освітлення визначаємо за формулою:

$$P_Σ = n \cdot P_1 \quad (4.5)$$

$$P_Σ = 9 \cdot 36 = 324 \text{ Вт}$$

Таким чином, для електротехнічної дільниці розміром 6 × 6 м необхідно встановити 9 світлодіодних світильників потужністю 36 Вт кожний. Загальна потужність системи освітлення становить 324 Вт, а фактична освітленість – 327,3 лк, що відповідає вимогам безпечного виконання робіт.

Проведений розрахунок штучного освітлення показав, що для електротехнічної дільниці площею 36 м² необхідно встановити 9 світлодіодних світильників зі світловим потоком 3600 лм кожний. Це забезпечує фактичну

освітленість 327,3 лк, що перевищує прийняту нормовану освітленість 300 лк і створює безпечні умови для виконання ремонтних, діагностичних та електромонтажних робіт.

Висновки по розділу

Запропоновані заходи з охорони праці під час переоснащення електротехнічної дільниці машинно-ремонтної майстерні спрямовані на створення безпечних і зручних умов праці, зменшення ризику травматизму, підвищення культури виробництва та ефективності ремонтних робіт. Особлива увага приділена електробезпеці, пожежній безпеці, організації робочих місць, використанню справного інструменту та безпечній експлуатації спеціалізованого знімача.

Розроблений спеціалізований знімач дозволяє механізувати операції демонтажу деталей, зменшити фізичне навантаження на працівника, підвищити точність виконання робіт і знизити ймовірність пошкодження деталей. За умови дотримання правил охорони праці, своєчасного інструктажу працівників, застосування засобів індивідуального захисту та підтримання обладнання у справному стані електротехнічна дільниця може працювати безпечно, продуктивно та відповідно до сучасних вимог ремонтного виробництва.

Проведений розрахунок штучного освітлення показав, що для електротехнічної дільниці площею 36 м² необхідно встановити 9 світлодіодних світильників зі світловим потоком 3600 лм кожний. Це забезпечує фактичну освітленість 327,3 лк, що перевищує прийняту нормовану освітленість 300 лк і створює безпечні умови для виконання ремонтних, діагностичних та електромонтажних робіт.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Для проведення економічного розрахунку приймаємо такі вихідні дані.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного аналізу проєкту.

Показник	Позначення	Значення
Річна кількість ремонтів електрообладнання	N	320 од.
Тривалість демонтажної операції до впровадження знімача	t_1	0,75 год
Тривалість демонтажної операції після впровадження знімача	t_2	0,35 год
Середня тривалість ремонту до переоснащення	T_1	2,5 год
Середня тривалість ремонту після переоснащення	T_2	1,9 год
Годинна тарифна ставка працівника	Ст	95 грн/год
Коефіцієнт додаткової заробітної плати	Кд	1,10
Коефіцієнт нарахувань на заробітну плату	Кн	1,22
Вартість однієї години простою техніки	Сп	180 грн/год
Кількість робочих годин освітлення за рік	F	2000 год
Вартість 1 кВт·год електроенергії	Се	6,5 грн
Нормативний коефіцієнт економічної ефективності	Ен	0,15

Наведені дані є розрахунковими та можуть уточнюватися залежно від фактичної кількості ремонтів, рівня заробітної плати, вартості обладнання та тарифів на електроенергію.

Таблиця 5.2 – Капітальні вкладення включають витрати на придбання обладнання, інструменту, пристроїв, освітлення, вентиляції, засобів безпеки та виготовлення спеціалізованого знімача.

Найменування обладнання або витрат	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Верстак слюсарний з лещатами	2 шт.	12000	24000
Стенд для перевірки стартерів і генераторів	1 шт.	45000	45000
Зарядно-пусковий пристрій	1 шт.	18000	18000
Шафа для інструменту та приладів	2 шт.	7000	14000
Комплект електровимірювальних приладів та інструменту	1 компл.	22000	22000
Світлодіодні світильники для дільниці 6 × 6 м	9 шт.	600	5400
Місцева вентиляція робочого місця	1 компл.	15000	15000
Засоби електро- та пожежної безпеки	1 компл.	6500	6500
Виготовлення спеціалізованого знімача	1 шт.	5250	5250
Монтажні матеріали, кабелі, кріплення	1 компл.	8000	8000
Разом прямих витрат			163150

Витрати на доставку, монтаж та налагодження обладнання приймаємо у розмірі 10 % від суми прямих витрат:

$$K_м = 0{,}10 \cdot 163150 = 16315 \text{ грн}$$

Загальна сума капітальних вкладень становить:

$$K_\Sigma = 163150 + 16315 = 179465 \text{ грн}$$

Отже, загальні капітальні вкладення на переоснащення електротехнічної дільниці становлять 179465 грн.

Спеціалізований знімач виготовляється в умовах ремонтної майстерні. До його складу входять силовий гвинт, траверса, захвати, гайки, шайби, рукоятка та кріпильні елементи. Для розрахунку враховуємо витрати на матеріали, оплату праці, експлуатацію обладнання та накладні витрати.

Таблиця 5.2 – Витрати на матеріали.

Стаття витрат	Сума, грн
Сталь 45 для виготовлення силового гвинта	160
Сталь 40Х для траверси	315
Сталь 65Г для захватів	285
Гайки, шайби, шплінти, кріпильні елементи	400
Зварювальні, шліфувальні та допоміжні матеріали	350
Фарбування та антикорозійна обробка	150
Разом матеріальних витрат	1660

Основна заробітна плата на виготовлення знімача визначається за трудомісткістю робіт.

Таблиця 5.3 – заробітна плата на виготовлення знімача

Вид робіт	Трудомісткість, год	Тариф, грн/год	Сума, грн
Токарні роботи	3	110	330
Фрезерні роботи	2	120	240
Свердлильні роботи	1	90	90
Зварювальні роботи	1	120	120
Складання та регулювання	1	90	90
Разом основна заробітна плата			870

Додаткова заробітна плата становить 10 % від основної:

$$З_д = 0{,}10 \cdot 870 = 87 \text{ грн}$$

Нарахування на заробітну плату приймаємо 22 %:

$$Н = 0{,}22 \cdot (870 + 87) = 210{,}54 \text{ грн}$$

Витрати на експлуатацію обладнання та електроенергію приймаємо:

$$В_{обл} = 900 \text{ грн}$$

Накладні витрати приймаємо у розмірі 120 % від основної заробітної плати:

$$В_н = 1{,}20 \cdot 870 = 1044 \text{ грн}$$

Загальна виробнича собівартість знімача:

$$С_{зн} = 1660 + 870 + 87 + 210{,}54 + 900 + 1044 = 4771{,}54 \text{ грн}$$

Додаємо 10 % на непередбачені витрати:

$$В_{рез} = 0{,}10 \cdot 4771{,}54 = 477{,}15 \text{ грн}$$

Повна вартість виготовлення спеціалізованого знімача:

$$С_{повн} = 4771{,}54 + 477{,}15 = 5248{,}69 \text{ грн}$$

$$С_{повн} \approx 5250 \text{ грн}$$

Отже, орієнтовна вартість виготовлення спеціалізованого знімача становить 5250 грн.

До впровадження спеціалізованого знімача демонтаж деталей, установлених з натягом, виконувався із застосуванням універсального інструменту, ударних методів або підручних пристроїв. Це збільшувало трудомісткість робіт і підвищувало ризик пошкодження деталей.

Річна економія часу на демонтажних операціях визначається за формулою:

$$Е_{год} = (t_1 – t_2) \cdot N$$

де t_1 — тривалість операції до впровадження знімача, год; t_2 — тривалість операції після впровадження знімача, год; N — кількість ремонтів за рік.

$$Е_{год} = (0{,}75 – 0{,}35) \cdot 320 = 0{,}40 \cdot 320 = 128 \text{ год}$$

Отже, річна економія робочого часу становить 128 год.

Повна вартість однієї людино-години з урахуванням додаткової заробітної плати та нарахувань:

$$С_{рік} = Ст \cdot Кд \cdot Кн$$

$$С_{рік} = 95 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}22 = 127{,}49 \text{ грн/год}$$

Річна економія заробітної плати становить:

$$Е_{зп} = Е_ч \cdot С_{рік}$$

$$Е_{зп} = 128 \cdot 127{,}49 = 16318{,}72 \text{ грн}$$

Отже, річна економія витрат на оплату праці становить 16318,72 грн.

До переоснащення дільниці частина робіт з ремонту електрообладнання передавалася стороннім організаціям через недостатню кількість обладнання та спеціалізованих пристроїв. Після переоснащення більшість робіт може виконуватися безпосередньо в майстерні.

Приймаємо, що до переоснащення стороннім організаціям передавалося 30 % ремонтів:

$$N_1 = 0{,}30 \cdot 320 = 96 \text{ од.}$$

Після переоснащення – 10 % ремонтів:

$$N_2 = 0{,}10 \cdot 320 = 32 \text{ од.}$$

Скорочення кількості ремонтів, які передаються стороннім організаціям:

$$\Delta N = 96 - 32 = 64 \text{ од.}$$

Середня вартість однієї сторонньої ремонтної послуги приймається:

$$C_{ст} = 650 \text{ грн.}$$

Річна економія становить:

$$E_{ст} = \Delta N \cdot C_{ст}$$

$$E_{ст} = 64 \cdot 650 = 41600 \text{ грн.}$$

Отже, за рахунок зменшення витрат на сторонні ремонтні послуги річна економія становить 41600 грн.

Під час демонтажу деталей без спеціалізованого знімача можливі пошкодження підшипників, шківів, валів, втулок, корпусних деталей та різьбових з’єднань. Використання спеціалізованого знімача забезпечує рівномірне прикладання зусилля та зменшує ризик пошкодження деталей.

Приймаємо, що до впровадження знімача частка пошкоджених деталей становила 6 %, а після впровадження – 2 %.

Зменшення частки пошкоджених деталей:

$$\Delta q = 0{,}06 - 0{,}02 = 0{,}04$$

Кількість випадків уникнення пошкоджень за рік:

$$N_п = N \cdot \Delta q$$

$$N_п = 320 \cdot 0{,}04 = 12{,}8 \text{ випадків}$$

Середня вартість однієї пошкодженої деталі або додаткового ремонту приймається:

$$C_д = 450 \text{ грн}$$

Річна економія:

$$E_д = N_п \cdot C_д$$

$$E_д = 12{,}8 \cdot 450 = 5760 \text{ грн}$$

Отже, річна економія за рахунок зменшення пошкоджень деталей становить 5760 грн.

Переоснащення електротехнічної дільниці дозволяє швидше виконувати діагностування й ремонт електрообладнання. Це зменшує тривалість простою машин у ремонті та підвищує готовність техніки до виконання виробничих завдань.

Середня тривалість ремонту до переоснащення:

$$T_1 = 2{,}5 \text{ год}$$

Середня тривалість ремонту після переоснащення:

$$T_2 = 1{,}9 \text{ год}$$

Скорочення тривалості одного ремонту:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 2{,}5 - 1{,}9 = 0{,}6 \text{ год}$$

Річне скорочення простоїв:

$$E_{пч} = \Delta T \cdot N$$

$$E_{пч} = 0{,}6 \cdot 320 = 192 \text{ год}$$

Щоб не завищувати економічний ефект, для розрахунку приймаємо лише частину скороченого часу простою, яка безпосередньо впливає на виробничі витрати:

$$E'_{пч} = 160 \text{ год}$$

Вартість однієї години простою техніки приймаємо:

$$С_п = 180 \text{ грн/год}$$

Річна економія від скорочення простоїв:

$$Е_п = Е'_{пч} \cdot С_п$$

$$Е_п = 160 \cdot 180 = 28800 \text{ грн}$$

Отже, річна економія за рахунок скорочення простоїв техніки становить 28800 грн.

У результаті переоснащення електротехнічної дільниці передбачено встановлення 9 світлодіодних світильників потужністю 36 Вт кожний. Загальна потужність нової системи освітлення становить:

$$Р_2 = 9 \cdot 36 = 324 \text{ Вт} = 0{,}324 \text{ кВт}$$

До переоснащення умовно приймаємо, що для освітлення використовувалися світильники загальною потужністю:

$$Р_1 = 0{,}640 \text{ кВт}$$

Зменшення потужності:

$$\Delta Р = Р_1 – Р_2$$

$$\Delta Р = 0{,}640 – 0{,}324 = 0{,}316 \text{ кВт}$$

Річна економія електроенергії:

$$Е_{ел} = \Delta Р \cdot F \cdot Се$$

$$Е_{ел} = 0{,}316 \cdot 2000 \cdot 6{,}5 = 4108 \text{ грн}$$

Отже, річна економія електроенергії від застосування світлодіодного освітлення становить 4108 грн.

Загальна річна економія визначається як сума всіх видів економії:

$$ЕΣ = Е_{зп} + Е_{ст} + Е_д + Е_п + Е_{ел}$$

$$ЕΣ = 16318{,}72 + 41600 + 5760 + 28800 + 4108$$

$$ЕΣ = 96586{,}72 \text{ грн}$$

Отже, загальна річна економія від переоснащення електротехнічної дільниці становить 96586,72 грн.

Під час експлуатації нового обладнання виникають додаткові витрати на амортизацію, технічне обслуговування та поточний ремонт.

Амортизаційні відрахування приймаємо у розмірі 10 % від капітальних вкладень:

$$A = 0{,}10 \cdot K_{\Sigma}$$

$$A = 0{,}10 \cdot 179465 = 17946{,}5 \text{ грн}$$

Витрати на технічне обслуговування приймаємо у розмірі 3 %:

$$B_{то} = 0{,}03 \cdot 179465 = 5383{,}95 \text{ грн}$$

Витрати на поточний ремонт приймаємо у розмірі 2 %:

$$B_{р} = 0{,}02 \cdot 179465 = 3589{,}3 \text{ грн}$$

Загальні додаткові експлуатаційні витрати:

$$B_{\Sigma} = A + B_{то} + B_{р}$$

$$B_{\Sigma} = 17946{,}5 + 5383{,}95 + 3589{,}3 = 26919{,}75 \text{ грн}$$

Отже, додаткові річні експлуатаційні витрати становлять 26919,75 грн.

Річний економічний ефект визначається як різниця між загальною річною економією та додатковими експлуатаційними витратами:

$$Е_{р} = ЕΣ – BΣ$$

$$Е_{р} = 96586{,}72 – 26919{,}75 = 69666{,}97 \text{ грн}$$

Отже, річний економічний ефект від переоснащення електротехнічної дільниці становить:

$$Е_{р} \approx 69667 \text{ грн}$$

Строк окупності визначається за формулою:

$$Т_{ок} = КΣ / Ер$$

$$Т_{ок} = 179465 / 69666{,}97 = 2{,}58 \text{ року}$$

Отже, строк окупності капітальних вкладень становить 2,58 року.

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою:

$$Е = Е_{р} / K_{\Sigma}$$

$$Е = 69666{,}97 / 179465 = 0{,}388$$

Порівнюємо з нормативним коефіцієнтом економічної ефективності:

$$0{,}388 > 0{,}15$$

Оскільки розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності більший за нормативний, проєкт переоснащення електротехнічної дільниці є економічно доцільним.

Таблиця 5.4 – Основні техніко-економічні показники проєкту

Показник	Значення
Площа електротехнічної дільниці	36 м²
Річна кількість ремонтів електрообладнання	320 од.
Загальні капітальні вкладення	179465 грн
Вартість виготовлення спеціалізованого знімача	5250 грн
Річна економія робочого часу	128 год
Річна економія заробітної плати	16318,72 грн
Економія на сторонніх ремонтних послугах	41600 грн
Економія за рахунок зменшення пошкодження деталей	5760 грн
Економія за рахунок скорочення простоїв техніки	28800 грн
Економія електроенергії	4108 грн
Загальна річна економія	96586,72 грн
Додаткові експлуатаційні витрати	26919,75 грн
Річний економічний ефект	69666,97 грн
Строк окупності	2,58 року
Коефіцієнт економічної ефективності	0,388

Проведені економічні розрахунки показали, що переоснащення електротехнічної дільниці машинно-ремонтної майстерні є доцільним. Загальна сума капітальних вкладень на придбання обладнання, інструменту, засобів безпеки, освітлення, вентиляції та виготовлення спеціалізованого знімача становить 179465 грн.

Розроблений спеціалізований знімач дозволяє скоротити тривалість демонтажних операцій з 0,75 год до 0,35 год, що забезпечує річну економію робочого часу 128 год. Крім того, його використання зменшує кількість пошкоджених деталей, підвищує безпеку робіт і поліпшує якість ремонту електрообладнання.

Загальна річна економія від впровадження проєкту становить 96586,72 грн, а річний економічний ефект з урахуванням додаткових експлуатаційних

витрат – 69666,97 грн. Строк окупності капітальних вкладень дорівнює 2,58 року, а коефіцієнт економічної ефективності становить 0,388, що перевищує нормативне значення 0,15.

Отже, запропоноване переоснащення електротехнічної дільниці та впровадження спеціалізованого знімача є економічно обґрунтованим і може бути рекомендоване до практичного впровадження в машинно-ремонтній майстерні.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту проаналізовано призначення та особливості роботи електротехнічної дільниці машинно-ремонтної майстерні. Встановлено, що якісний ремонт електрообладнання тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин потребує належного оснащення робочих місць, використання сучасного діагностичного обладнання, спеціального інструменту та раціональної організації технологічного процесу.

У проєкті запропоновано переоснащення електротехнічної дільниці площею 36 м² із встановленням слюсарних верстаків, стенда для перевірки стартерів і генераторів, зарядно-пускового пристрою, електровимірювальних приладів, шаф для інструменту, засобів електро- та пожежної безпеки, місцевої вентиляції й сучасного освітлення. Це забезпечує зручне розміщення обладнання, покращує умови праці та дає змогу виконувати більшість ремонтних операцій безпосередньо в майстерні.

Особливу увагу приділено розробці спеціалізованого знімача для демонтажу підшипників, шківів, втулок, муфт, зубчастих коліс та інших деталей електрообладнання. Запропонована конструкція забезпечує рівномірне прикладання зусилля, зменшує ризик перекосу й пошкодження деталей, скорочує тривалість демонтажних операцій та підвищує безпеку праці.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, зокрема можливість ураження електричним струмом, травмування під час роботи з інструментом, пожежну небезпеку, недостатнє освітлення та виділення шкідливих речовин. Запропоновано заходи з електробезпеки, пожежної безпеки, використання засобів індивідуального захисту та безпечної організації робочих місць.

Економічними розрахунками підтверджено доцільність запропонованих рішень. Загальні капітальні вкладення становлять 179465 грн, вартість виготовлення знімача – 5250 грн. Його використання скорочує тривалість демонтажної операції з 0,75 до 0,35 год і забезпечує річну економію робочого

часу 128 год. Загальна річна економія становить 96586,72 грн, річний економічний ефект – 69666,97 грн, строк окупності – 2,58 року, коефіцієнт економічної ефективності – 0,388.

Отже, переоснащення електротехнічної дільниці та впровадження спеціалізованого знімача є технічно обґрунтованим, безпечним і економічно ефективним рішенням. Реалізація проєкту дозволить підвищити продуктивність праці, скоротити тривалість ремонту електрообладнання, зменшити витрати та покращити якість обслуговування машинно-тракторного парку.

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. Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.

3. Хітров І. О., Гавриш В. С. Ремонт машин і обладнання : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. 184 с.

4. Дашивець Г. І. та ін. Організація технологічних процесів ремонту машин та обладнання в майстернях підприємств АПК : навч.-метод. посіб. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. 98 с.

5. Сорваніді Ю. Г., Журавель Д. П., Бондар А. М., Новик О. Ю. Технічний сервіс в АПК : навч.-метод. посіб. Мелітополь : ВПЦ «Люкс», 2021. URL: https://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/14088 (дата звернення: 26.04.2026).

6. Покропивний С. Ф. Економіка підприємства : підручник / за заг. ред. С. Ф. Покропивного. 2-ге вид., перероб. та допов. Київ : КНЕУ, 2001. 528 с.

7. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12 (дата звернення: 26.04.2026).

8. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17 (дата звернення: 26.04.2026).

9. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0252-15 (дата звернення: 26.04.2026).

10. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) та

Переліку робіт з підвищеною небезпекою : наказ Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0231-05 (дата звернення: 26.04.2026).

11. Про затвердження Правил охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями : наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.12.2013 № 966 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0327-14 (дата звернення: 26.04.2026).

12. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98) : наказ Мінпраці України від 09.01.1998 № 4 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0093-98 (дата звернення: 26.04.2026).

13. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 № 258 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1143-06 (дата звернення: 26.04.2026).

14. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : наказ МНС України від 09.07.2012 № 964 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1299-12 (дата звернення: 26.04.2026).

15. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074958732556240833?doc_type=2 (дата звернення: 26.04.2026).

16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99 (дата звернення: 26.04.2026).

17. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 37 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/va037282-99 (дата звернення: 26.04.2026).

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва : ДНАОП 01.41-1.01-01. Київ : Держнаглядохоронпраці України, 2001. URL: https://dnaop.com/html/43127/doc-ДНАОП_01.41-1.01-01 (дата звернення: 26.04.2026).