

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Дубовий Артур Віталійович

УДК 629.3.083.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПРОЄКТ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МТП З
РОЗРОБКОЮ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ
ДВЗ МЕТАЛІЗАЦІЄЮ**

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
_____ Дубовий А.В.

Керівник роботи

Борак К.В.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Дубовий Артур Віталійович. Проєкт організації технічного сервісу МТП з розробкою установки для відновлення блоків ДВЗ металізацією. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення організації технічного сервісу машинно-тракторного парку шляхом впровадження сучасних технологій відновлення зношених деталей двигунів внутрішнього згоряння. Особливу увагу приділено обґрунтуванню доцільності застосування методу металізації для ремонту блоків ДВЗ, які є одними з найважливіших і найдорожчих елементів силових установок сільськогосподарської техніки.

Розроблено проєкт установки для нанесення металізаційного покриття на зношені поверхні блоків з урахуванням вимог до точності, енергоефективності та мобільності використання в умовах ремонтних майстерень. Наведено техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення, що підтверджує його доцільність у практиці аграрного виробництва.

Результати роботи мають практичну цінність для підприємств аграрного сектору, які зацікавлені у зниженні витрат на обслуговування техніки, підвищенні її надійності та продовженні експлуатаційного ресурсу.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, технічний сервіс, двигун внутрішнього згоряння, блок циліндрів, металізація, відновлення деталей, установка для металізації, ремонт сільськогосподарської техніки, знос, ефективність ремонту.

ANNOTATION

Artur Vitaliiiovych Dubovyi. Project for the Organization of Technical Service of the Machine and Tractor Fleet with the Development of a Unit for Restoration of Internal Combustion Engine Blocks by Metallization. – 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, 2025.

The qualification thesis addresses the issue of improving the organization of technical service for the machine and tractor fleet through the implementation of modern technologies for restoring worn parts of internal combustion engines. Particular attention is given to substantiating the feasibility of using the metallization method for repairing engine blocks, which are among the most important and expensive components of power units in agricultural machinery.

A project has been developed for a unit designed to apply metallization coatings to worn block surfaces, taking into account requirements for precision, energy efficiency, and mobility in the conditions of repair workshops. A technical and economic justification for the proposed solution is provided, confirming its feasibility in agricultural production practice.

The results of this work are of practical value for enterprises in the agricultural sector interested in reducing equipment maintenance costs, increasing reliability, and extending the service life of machinery.

Keywords machine and tractor fleet, technical service, internal combustion engine, cylinder block, metallization, parts restoration, metallization unit, agricultural machinery repair, wear, repair efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МТП В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ	10
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	30
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасному аграрному секторі України машинно-тракторний парк (МТП) є критично важливим елементом для забезпечення своєчасного виконання технологічних операцій у сільському господарстві. Ефективність роботи МТП безпосередньо впливає на продуктивність аграрного виробництва, а його надійність – на економічну стабільність сільськогосподарських підприємств. Проте зношування машин, зокрема двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), є неминучим фактором, що викликає потребу в своєчасному обслуговуванні, ремонті та відновленні.

Особливе місце серед усіх елементів двигуна займає блок циліндрів, що є несучою конструкцією ДВЗ і базовою платформою для розміщення всіх основних вузлів. В процесі експлуатації блоки зазнають термічних, механічних та хімічних навантажень, що призводить до зношування, тріщин, задирів, корозії та інших дефектів. Через складність конструкції та високі вимоги до точності, у більшості випадків зіпсовані блоки циліндрів підлягають заміні, що є економічно затратним і не завжди можливим в умовах обмеженого бюджету.

Одним з ефективних способів відновлення таких деталей є метод металізації – нанесення шару відновлювального матеріалу на зношені поверхні з метою повернення їм первісних розмірів і функціональності. Металізація має низку переваг порівняно з іншими способами відновлення: можливість локального ремонту, низька температура процесу, мінімальні деформації основного матеріалу та значне зниження вартості відновлення в порівнянні з заміною.

З огляду на це, впровадження металізаційних технологій у систему технічного сервісу МТП є перспективним напрямом модернізації ремонтної бази. Удосконалення технічного сервісу передбачає не лише раціональну організацію ремонтних процесів, але й використання новітніх методів

відновлення, які дозволяють зменшити втрати часу, фінансових ресурсів і підвищити загальну ефективність експлуатації техніки.

Розробка спеціалізованої установки для відновлення блоків ДВЗ методом металізації в умовах сервісного підрозділу МТП є логічним кроком до автоматизації та оптимізації ремонтних процесів. Така установка повинна забезпечувати точність нанесення покриття, зручність в експлуатації та можливість мобільного використання безпосередньо в польових умовах або майстернях на території господарств.

Актуальність теми підсилюється й сучасними соціально-економічними умовами: воєнний стан, нестабільність логістичних ланцюгів та дефіцит нових запасних частин змушують шукати ефективні шляхи продовження ресурсу існуючих машин. Металізація, як метод відновлення, стає важливим інструментом у забезпеченні функціонування техніки без необхідності дорогого імпортозаміщення.

Крім того, тема має вагоме значення і в контексті екологічної відповідальності. Замість утилізації зношених блоків, їхнє відновлення дозволяє скоротити обсяги металобрухту та знизити витрати на виробництво нових деталей. Це сприяє переходу до більш сталого та ресурсозберігаючого сільського господарства, що є однією з цілей сучасної аграрної політики України.

Отже, дослідження, присвячене організації технічного сервісу МТП з розробкою установки для відновлення блоків ДВЗ методом металізації, є актуальним, оскільки спрямоване на розв'язання низки важливих завдань: підвищення ефективності технічного сервісу, зниження витрат на ремонт, продовження ресурсу техніки та збереження екологічної рівноваги. Його результати мають практичну цінність і можуть бути впроваджені в аграрних господарствах різного масштабу.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування та проєктування організаційної структури технічного сервісу машинно-тракторного парку з урахуванням розробки та впровадження ефективної технології відновлення

блоків циліндрів двигунів внутрішнього згоряння методом металізації, що сприятиме підвищенню надійності, зменшенню витрат на ремонт і забезпеченню стабільної роботи сільськогосподарської техніки.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан технічного сервісу машинно-тракторного парку та проблеми, пов'язані з відновленням деталей двигунів внутрішнього згоряння;
- дослідити конструктивні особливості блоків ДВЗ та типові дефекти, які виникають у процесі експлуатації;
- оцінити переваги, недоліки та технологічні можливості методів відновлення, зокрема металізації, у порівнянні з традиційними способами ремонту;
- обґрунтувати доцільність застосування металізації для відновлення блоків ДВЗ у умовах технічного сервісу МТП;
- розробити конструкцію установки для проведення металізаційних робіт з урахуванням вимог до точності, безпеки та мобільності.

Об'єктом дослідження є система технічного сервісу машинно-тракторного парку, зокрема процеси діагностики, ремонту та відновлення деталей двигунів внутрішнього згоряння в умовах сільськогосподарського підприємства.

Предметом дослідження є організаційно-технологічні рішення та інженерно-конструкторські засади удосконалення технічного сервісу МТП шляхом розробки та впровадження установки для відновлення блоків двигунів внутрішнього згоряння методом металізації.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Борак К. В., Шевчук О. А., Федорчук А. О. Вагнер А. Ю., Дубовий А. В., Хомяк В. М.. Досвід організації технічного сервісу сільськогосподарської техніки в США. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження

доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. С. 70-72.

2. Борак К.В., Шевчук О.А., Міненко С.В., Суханюк Б.О., Шикера М.О., Дубовий А.В., Шуляківський В.В. Збірник тез XI Міжнародної науково-практична конференція студентів та молодих учених «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» присвячена 30-річчю започаткування підготовки фахівців за освітнім ступенем бакалавра зі спеціальності «Агроінженерія». 11 квітня 2025 року. Житомир: ЖАТФК. С. 75-82.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості безпосереднього впровадження запропонованої установки для металізаційного відновлення блоків ДВЗ у систему технічного сервісу машинно-тракторного парку. Реалізація запропонованих організаційно-технологічних рішень дозволяє суттєво знизити витрати на капітальний ремонт двигунів, скоротити час простою техніки, підвищити рівень мобільності ремонтних робіт та продовжити термін експлуатації основних засобів сільськогосподарського призначення.

Використання розробленої установки сприяє оптимізації технічного обслуговування в умовах дефіциту нових запчастин, що особливо актуально в сучасних економічних умовах. Крім того, впровадження технології металізації відповідає принципам ресурсозбереження та екологічної безпеки, оскільки зменшує потребу в виготовленні нових деталей і утворення відходів. Отже, результати роботи мають широкі можливості для застосування в агропромислових підприємствах, ремонтних майстернях, сервісних центрах і навчально-практичних лабораторіях технічних закладів освіти.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 23 найменувань.

Загальний обсяг роботи становить 43 сторінки комп'ютерного тексту, містить 10 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МТП В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

1.1. Моделі організації ремонтно-сервісних підрозділів

Моделі організації ремонтно-сервісних підрозділів в аграрних підприємствах України ґрунтуються на трьох базових підходах: власна ремонтна база, кооперація з зовнішніми агросервісами та змішана форма обслуговування. Власна ремонтна база передбачає створення на території господарства повного циклу діагностики, технічного обслуговування, поточного й капітального ремонту машинно-тракторного парку. Такий підхід забезпечує підприємству автономність у прийнятті рішень щодо термінів і обсягів ремонтних робіт, а також спрощує доступ до внутрішньої технічної документації. Водночас утримання власної майстерні вимагає значних капіталовкладень у виробничі приміщення, обладнання та інструменти. Для ефективної роботи власного сервісу необхідна наявність кваліфікованого персоналу — інженерів, механіків та діагностів, що здатні обслуговувати широкий спектр агрегатів. Перевагою є також можливість миттєвого реагування на аварійні ситуації без очікувань сторонніх виїзних бригад. Однак за відсутності достатнього навантаження на майстерню рентабельність власного сервісу може суттєво знижуватися. Саме тому великі агрохолдинги, які мають значні парки техніки, частіше обирають саме цей шлях, забезпечуючи стабільність і передбачуваність ремонтних процесів.

Кооперація з агросервісними підприємствами здійснюється на договірній основі та передбачає залучення сторонніх виконавців до виконання ремонтних робіт у разі потреби. Такий підхід дозволяє агропідприємству уникнути великих інвестицій у створення власної ремонтної інфраструктури та оптимізувати постійні витрати. Замовлення послуг у зовнішніх сервісів доцільне, коли обсяги

технічного обслуговування є сезонними або непостійними, а також коли необхідні спеціалізовані операції, для яких важко тримати обладнання у власному господарстві. Проте залежність від графіків роботи агросервісів може призводити до затримок у виконанні ремонтів у пікові агротехнічні періоди. Крім того, при недостатній регіональній представленості сервісних центрів зростають логістичні витрати та час перебування техніки в дорозі. Агровиробники також стикаються з ризиком нерозкриття комерційної та технічної інформації при передачі техніки зовнішнім підрядникам. Разом із тим конкуренція на ринку агросервісів стимулює підвищення якості послуг і впровадження інноваційних технологій. Це дозволяє підприємствам підвищити рівень технічного обслуговування без значних власних інвестицій.

Змішана модель поєднує переваги двох попередніх підходів: власний невеликий ремонтний цех для поточного обслуговування та дрібних ремонтів і залучення спеціалізованих агросервісів для виконання складних робіт чи при сезонних пікових навантаженнях. Такий гібридний підхід забезпечує баланс між інвестиціями в обладнання та оперативністю реагування на технічні збої. Підприємства середнього розміру, що мають обмежений парк техніки або непостійні обсяги робіт, часто обирають саме цю модель. Власна майстерня виконує щоденне технічне обслуговування, а важкі капітальні ремонти передаються на сторонні потужності за потреби. Це дозволяє знизити загальний рівень простоїв, оскільки базові роботи виконуються тут і зараз. Водночас зберігається доступ до висококваліфікованих фахівців і спеціального обладнання зовнішніх сервісів. Вибір такої моделі потребує ретельного аналізу економічних показників, оскільки необхідно врахувати витрати на утримання власного підрозділу й оплату договорів з агросервісами. Ключовим чинником є також кадрова готовність: без достатнього числа механіків власна служба не буде ефективною.

При виборі оптимальної моделі організації сервісного підрозділу аграрні підприємства керуються такими факторами, як масштаб господарства, структура

парку техніки, фінансові можливості та регіональні особливості. У південних регіонах із розрізненими полями та нестабільною інфраструктурою перевагу мають мобільні виїзні бригади, тоді як у центральних районах зі зручним логістичним сполученням доцільно розвивати стаціонарні майстерні. Сезонність робіт також відіграє важливу роль: у період весняно-польових і збиральних кампаній пік навантажень диктує необхідність мобільних ремонтних пунктів або гнучкого нарощування потужностей. Економічні коливання, девальвація валюти та воєнний стан в Україні посилюють дефіцит імпортованих запчастин, що робить власні технології відновлення, наприклад металізацію, ще більш актуальними. Зростаюча конкуренція серед агровиробників стимулює підвищення ефективності обслуговування для зниження собівартості продукції. Таким чином, кожне підприємство вибирає таку модель, що найкраще відповідає його стратегії розвитку та локальним умовам діяльності.

1.2. Технічне оснащення та інфраструктура ремонтних підрозділів.

Технічне оснащення ремонтних підрозділів аграрних підприємств повинно забезпечувати комплексний підхід до діагностики, обслуговування та відновлення машинно-тракторного парку. Стаціонарні майстерні обладнуються універсальними токарними та фрезерними верстатами, установками гідропресування та балансування колінчастих валів. Не менш важливими є стенди для випробування паливних систем і насосів, а також тести на герметичність циліндричних блоків. Для діагностики сучасних двигунів внутрішнього згоряння використовуються мультимарочні сканери та прилади для аналізу вихлопних газів, що дозволяє своєчасно виявляти несправності. Електрично-дугові та плазмові установки для нанесення наплавних та металізаційних шарів гарантують високу якість відновлення зношених поверхонь. Робочі місця оснащуються підйомними механізмами з вантажопідйомністю не менше 5 тонн, що забезпечує безпечну розбирання й

збирання вузлів. Для контролю геометрії та точних розмірів деталей застосовуються координатно-вимірювальні машини та лазерні тримери. Адекватне освітлення й вентиляція приміщень відповідають вимогам охорони праці та створюють комфортні умови для персоналу.

Мобільні ремонтні групи доповнені модульними майстернями на базі вантажних автомобілів або причепів, укомплектованими універсальними переносними інструментами та генераторами живлення. Такі модулі дозволяють виконувати широкий спектр операцій безпосередньо в полі: зварювання, напилювання металізації, механічна обробка поверхонь і базове технічне обслуговування. Переносні компресори та пневматичні інструменти забезпечують швидку та ефективну роботу бригад, незалежно від доступу до стаціонарної електромережі. Спеціалізовані групи мають власні комплекти витратних матеріалів — дроти для напилювачів, абразивні елементи та різці — що мінімізує простой через пошук запасних частин. Мобільні діагностичні комплекси включають портативні аналізатори оливи та прилади ультразвукової дефектоскопії, що дає змогу оцінити стан вузлів без їхнього демонтажу. Інтеграція GPS-трекерів дозволяє контролювати позицію бригад та планувати виїзди з урахуванням відстаней і умов доріг. Використання бездротових каналів зв'язку забезпечує оперативний обмін технічною інформацією між полем і центральною майстернею. Завдяки цьому ремонтні роботи виконуються швидко, а час простою техніки суттєво зменшується.

Складські приміщення та зони зберігання запчастин і матеріалів організовані за принципом FIFO з використанням стелажних систем і модульних контейнерів. Для обліку запасів застосовується штрих-кодний або RFID-маркувальний контроль, що забезпечує миттєве оновлення даних у системі управління ресурсами підприємства. Окремі приміщення відведені для зберігання мастильних матеріалів та небезпечних відпрацьованих рідин із піддонами й герметичними контейнерами для збору стоків. Склад обладнаний системами клімат-контролю — датчиками температури й вологості — для

забезпечення збереження властивостей мастил та лакофарбових матеріалів. Раціональне зонування дозволяє відділити чисті робочі зони від зон із високим рівнем пилу та абразивних частинок. Автоматизація процесів приймання та відвантаження запчастин скорочує логістичні затрати й ризик помилок при відборі необхідних елементів. Забезпечення безпеки праці передбачає встановлення сигналізаційних систем на складах і проведення регулярних інструктажів із персоналом.

Інфраструктура ремонтних підрозділів передбачає наявність власних лабораторій з контролю якості нанесених покриттів та дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів. Лабораторії оснащуються мікроскопами для вивчення морфології наплавлених шарів і приладами для визначення твердості та адгезії. Досвідчені лаборанти проводять випробування зразків, що гарантує відповідність результатів металізації технічним вимогам і стандартам. Для оцінки залишкового ресурсу блоків ДВЗ використовуються методи ультразвукової та капілярної дефектоскопії. Внутрішні випробування під навантаженням на стендах дають змогу моделювати реальні умови експлуатації та прогнозувати довговічність деталей. Застосування цифрових дашбордів для відображення результатів випробувань сприяє оперативному прийняттю рішень щодо подальшої експлуатації відновлених елементів. Впровадження системи сертифікації внутрішніх лабораторій підвищує довіру до якості сервісу з боку зовнішніх замовників. Такий підхід забезпечує повний контроль над процесом відновлення та сприяє підвищенню репутації сервісного підрозділу.

1.3. Цифрові технології та екологічні аспекти.

Цифровізація технічного сервісу МТП відкриває нові можливості для моніторингу стану машин в режимі реального часу. Інтернет речей (IoT) дозволяє встановлювати датчики на ключові вузли двигунів, трансмісій та ходової частини, які збирають інформацію про температуру, тиск, вібрацію та

інші параметри. Передані дані аналізуються за допомогою хмарних сервісів, що дає змогу виявляти аномалії ще до появи серйозних несправностей. Своєчасне планування технічного обслуговування за фактичними показниками замінює традиційні регламентні інтервали, зменшуючи витрати на непотрібні ремонти. Крім того, система попереджень автоматично сповіщає відповідальних інженерів про критичні зміни в роботі агрегатів. Використання мобільних додатків дає змогу механікам отримувати доступ до діагностичних даних безпосередньо в полі та фіксувати виконані роботи онлайн. Все це сприяє підвищенню прозорості процесів і зниженню часу простою техніки. Такий підхід стає особливо важливим в умовах сезонних навантажень, коли кожна година роботи агрегатів критична.

Великий обсяг даних, зібраних з датчиків, потребує застосування технологій Big Data та машинного навчання для їх ефективного опрацювання. Алгоритми прогнозу аналітики дозволяють оцінювати залишковий ресурс компонентів і передбачати момент їхнього виходу з ладу з високою точністю. На основі історичних даних формуються моделі зносу, що дають змогу оптимізувати графіки технічного обслуговування під конкретні умови експлуатації. Це дозволяє не лише продовжити термін служби деталей, а й зменшити загальні експлуатаційні витрати. Аналітичні платформи інтегруються з ERP-системами підприємства, автоматично оновлюючи плани ремонту й закупівлі запчастин. Використання великих даних підвищує рівень прийняття управлінських рішень завдяки точним показникам ефективності роботи сервісу. У результаті керівництво отримує можливість оцінювати рівень технічної готовності парку в будь-який момент.

Системи доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) активно впроваджуються для навчання та підтримки інженерів під час виконання складних ремонтних операцій. AR-окуляри дозволяють відображати на реальному об'єкті вказівки щодо послідовності дій, нормативних значень параметрів і місць контролю. Це знижує ризик помилок і скорочує час навчання

нових працівників. Віртуальні тренажери VR використовуються для відпрацювання нестандартних випадків діагностики та ремонту без ризику пошкодити реальне обладнання. Завдяки цьому персонал швидше адаптується до нових технологій, зокрема до роботи з установками для металізації. Інтерактивні візуальні моделі допомагають аналізувати конструктивні особливості блоків ДВЗ і відпрацьовувати методи підготовки поверхні. Використання AR/VR сприяє підвищенню якості ремонту й зниженню кількості передремонтних дефектів.

Запровадження цифрових двійників обладнання створює можливість моделювання процесів металізації ще на етапі проектування установки та технологічних маршрутів. Цифровий двійник — це віртуальна копія реального об'єкта або системи, яка відображає його параметри в реальному часі. За допомогою такого інструменту інженери можуть прогнозувати поведінку системи при різних режимах роботи та коригувати налаштування без фізичних випробувань. Це дозволяє виявити потенційні проблеми на ранніх стадіях і уникнути дороговартісних переделок конструкції. Додатково цифрові двійники інтегруються з аналітичними платформами для оптимізації процесів та автоматичного налаштування обладнання. Враховуючи високі вимоги до точності нанесення металізаційних покриттів, таке рішення підвищує стабільність процесу й якість відновлення деталей. Цифрові двійники стають важливим інструментом у системі інженерної підтримки та розвитку сервісного підрозділу.

Мобільні додатки для оперативного обліку та контролю виконаних робіт забезпечують ефективний зв'язок між полем і майстернею. Інженери з технічного обслуговування можуть миттєво фіксувати дефекти, фотографувати пошкоджені вузли та надсилати інформацію в центральну систему. Це дозволяє централізовано вести історію ремонту кожної одиниці техніки та аналізувати наявні тенденції зносу. Автоматичне формування звітів спрощує документальні процедури та відповідає вимогам аудитів. Мобільні платформи також підтримують інтеграцію з GPS-трекінгом, що дає змогу оптимізувати маршрути

виїзних бригад. Завдяки цьому скорочується час реагування на аварійні ситуації та знижується витрата пального. Загалом використання мобільних додатків підвищує продуктивність сервісних команд та якість їхньої роботи.

Ефективне управління запасами запчастин і витратних матеріалів ґрунтується на цифрових системах обліку і автоматичних складах. RFID-мітки та штрих-кодінг забезпечують швидкий пошук необхідних компонентів та мінімізують ризик помилок при відборі. Інтеграція з ERP-системою дозволяє планувати закупівлі запчастин на підставі реальних показників витрат і прогнозів зносу. Це знижує витрати на утримання запасів та ризик нестачі критичних деталей у сезоні. Крім того, автоматизовані склади оснащені роботизованими системами підйому та переміщення, що пришвидшує процес відвантаження. Використання цифрових щоденників обліку гарантує прозорість процесу та зручність проведення інвентаризацій. Такий підхід сприяє оптимізації логістичних операцій і зменшенню непродуктивних простоїв техніки.

Екологічні аспекти технічного сервісу стають невід'ємною складовою корпоративної соціальної відповідальності агропідприємств. Цифровий моніторинг викидів та рівня забруднення повітря в майстернях дозволяє контролювати дотримання норм безпеки праці й екологічних стандартів. Системи фільтрації відпрацьованих газів і аерозолів напилування металізації інтегруються з вентиляційними мережами та автоматично реєструють параметри очистки. Дані з екологічних датчиків накопичуються в єдиній інформаційній системі, що полегшує підготовку звітності для контролюючих органів. Використання програмованих фільтрів значно знижує викиди шкідливих речовин у атмосферу. Електронні журнали відходів забезпечують прозорість процесу збору, транспортування та утилізації відпрацьованих мастил і охолоджувальних рідин. Завдяки цьому підприємства можуть дотримуватися принципів зеленої економіки і зменшувати негативний вплив на довкілля. Упровадження екологічної аналітики підвищує імідж агропідприємства як еко-відповідального суб'єкта.

Інтеграція цифрових технологій і екологічного контролю дозволяє формувати систему електронного обліку відходів та ресурсів на підприємстві. Поєднання даних із датчиків IoT, ERP-платформ і систем екологічного моніторингу створює єдину панель для керівництва. Це дозволяє оперативно реагувати на порушення норм та коригувати процеси утилізації відходів. Автоматичні сповіщення про перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин дають змогу запроваджувати превентивні заходи. Онлайн-доступ до екологічних показників у мобільному застосунку дає змогу інженерам та менеджерам контролювати ситуацію в будь-який час. Прозорість даних сприяє підвищенню довіри з боку партнерів і регуляторів. Таким чином, цифрові рішення в поєднанні з екологічними підходами створюють основу для сталого розвитку сервісного підрозділу.

Перспективою є впровадження блокчейн-технологій для фіксації технічних і екологічних даних у незмінному реєстрі. Використання розподілених реєстрів гарантує автентичність інформації про виконані роботи, витрачені матеріали та утилізовані відходи. Це дозволяє уникнути спотворення даних і підвищити рівень корпоративної звітності. Блокчейн-система може інтегруватися з державними реєстрами, що підвищує прозорість у взаємодії з контролюючими органами. Смарт-контракти автоматично виконують умови договорів із сервісними підрядниками на підставі зафіксованих датчиків даних. Такий підхід створює нові можливості для впровадження сервісів якості та екобезпечності в аграрному секторі. Розвиток блокчейну в технічному сервісі відкриває шлях до повної цифровізації бізнес-процесів і запобігання шахрайству в сфері ремонту машин.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Нанесення металізаційних покриттів

Нанесення металізаційних покриттів проводиться за допомогою спеціальних апаратів - металізаторів.

Під час газополум'яної металізації використовують апарати МГИ-1-57, ГИМ-1. Для електродугової металізації промисловість випускає апарати ЕМ-3, ЕМ-9, ЕМ-14 (ручні) і ЕМ-6, МЕС-1, ЕМ-12 (верстатні). Під час високочастотної металізації застосовують апарати марок МВЧ-1, МВЧ-2, МВЧ-3. Як джерела живлення під час високочастотної металізації застосовують лампові генератори струмів високої частоти: ГЗ-46, ЛГПЗ-30, ЛГПЗ-60, ЛПЗ-67 та ін.

Під час плазмової металізації застосовують спеціальні установки, що містять плазмовий металізаційний пальник (плазмотрон); пульт управління; порошковий живильник (дозатор), що забезпечує подачу металевого порошку в пальник і джерело живлення.

Промисловість випускає два типи установок для плазмової металізації: УПУ-3, УПУ-4 виробництва Ржевського механічного заводу і УМП-4, УМП-5 Барнаульського апаратно-механічного заводу. Установки УМП-4 і УМП-5 конструкції ВНИИАВТОГЕНМАШ випускаються без джерела живлення. Як джерело живлення для цих установок можна використовувати випрямляч ИПН-160/600 або два послідовно з'єднаних зварювальних машинних перетворювача ПСО-500.

Нанесення покриттів на поверхню відновлюваних деталей проводиться на переобладнаних токарних верстатах або в спеціальних металізаційних камерах. Під час металізації на токарних верстатах деталей встановлюють у патроні або центрах токарного верстата, а металізаційний апарат - на супорті.

У разі використання металізаційних камер вони повинні мати відповідні пристрої для взаємного переміщення деталі та металізатора. Пост металізації обладнується витяжною вентиляцією і пристроєм для захисту оператора від ультрафіолетових випромінювань.

Верстат для плазмової металізації зовнішніх циліндричних поверхонь деталей (рис. 3.1) має пристрій для обертання деталі та переміщення плазмового пальника.

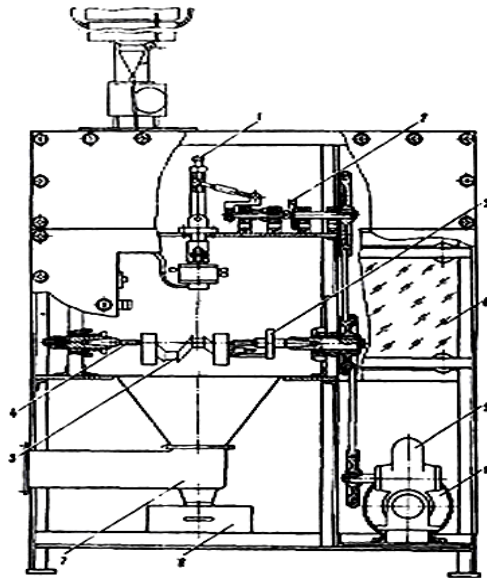


Рис. 2.1. Верстат для плазмової металізації зовнішніх циліндричних поверхонь деталей

Деталь 3 під час нанесення покриття встановлюється в центрах 4 і 5 і приводиться в обертання від електродвигуна 10 через редуктор 9 і клинопасову передачу. З огляду на те, що розподіл частинок порошку за перерізом струменя нерівномірний, у конструкції вузла подачі пальника передбачена нерівномірна швидкість його переміщення по довжині поверхні, що напилюється. Завдяки кулачковому механізму 2 торцевого типу, зворотно-поступальний рух пальника має максимальну швидкість під час проходження осі сопла пальника через середину довжини шийки вала. У міру наближення до галтелі швидкість переміщення пальника зменшується до нуля, після чого при зворотному ході знову зростає. Привід кулачка здійснюється від шківів обертання шпинделя через клиноремінну передачу. При цьому забезпечується

33 подвійні ходи на хвилину. Плазмовий пальник кріпиться в розрізній втулці нижнього кінця важільного механізму. Верхній кінець важеля забезпечений регулювальним гвинтом, який дає змогу регулювати амплітуду коливань плазмового пальника і, отже, плазмового струменя. Для спостереження за процесом нанесення покриття камера має захисну заслінку 6 зі склом. Для збору металевих частинок, що не потрапили на деталь, передбачено уловлювач 7 порошку, де великі частинки концентруються в ящику 8, а дрібні несуться потоком повітря в систему вентиляції та пиловловлювання.

В описаній установці для плазмової металізації застосовується вдосконалений плазмовий пальник ГН-5Р, у якому застосований цанговий пристрій для кріплення вольфрамового електрода (катода), що дає змогу легко регулювати проміжок між кінцем катода і соплом пальника.

Для нанесення плазмових металопокриттів на внутрішні циліндричні поверхні корпусних деталей типу картерів коробок передач і редукторів автомобілів може бути використаний металізаційний верстат СПМ 1 конструкції МАДІ (рис. 3.2). Верстат розміщений у герметичній камері, забезпеченій вентиляцією.

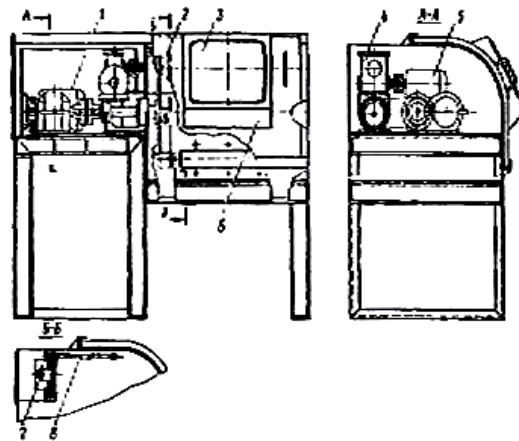


Рис. 2.2. Верстат СПМ-1 для плазмової металізації чавунних корпусних деталей автомобіля.

Деталь, що металізується, встановлюється на планшайбі 2 шпинделя верстата. Переміщення пальника і обертання деталі здійснюються роздільними приводами, що дає змогу плавно регулювати подачу і швидкість обертання деталі. Регулювання швидкості обертання деталі здійснюється ступінчасто клиноремінною передачею, а в межах кожного ступеня плавно завдяки зміні частоти обертання вала двигуна 1 постійного струму. Плазмовий пальник поміщений на РУХОМОМУ візку, переміщення якого здійснюється гвинтом 7 від електродвигуна 5 через черв'ячний редуктор 4. На рухомому візку консольно встановлена штанга 5, на якій кріпиться плазмовий пальник. Для отримання покриттів з мінімальним припуском на обробку і запобігання надмірному нагріванню деталі напилення проводиться в кілька проходів. Зворотно-поступальний рух пальника при цьому здійснюється реверсуванням електродвигуна 5 від кінцевих вимикачів, встановлених на верхньому направляючому рухомого візка.

За процесом нанесення покриття можна спостерігати через скло 3, яке захищає оператора від випромінювань. Скло вмонтовано в рухому кришку 6. Під час установа і зняття деталей з верстата рухома кришка легко відсувається по напрямних. При цьому відкривається вільний доступ до планшайби, що дає змогу під час установа великогабаритних деталей використовувати вантажопідйомні засоби.

При нанесенні покриттів способом плазмової металізації на опори корінних підшипників блока циліндрів двигунів можна використовувати металізаційний верстат СПМ-2 (рис. 3.3) конструкції МАДІ.

Верстат складається з корпусу (камери), в якому монтуються механізми подачі деталі та гойдання плазмового пальника.

Корпус 5 верстата зварений зі швелерів і листів; у торцевих його стінках є два люки, що відчиняються, 4 для встановлення і зняття відновлюваної деталі. Люки з'єднані з корпусом за допомогою важелів і в закритому положенні притиснуті до нього за допомогою різьбових затискачів. Блок циліндрів 8 під

час нанесення покриття встановлюють на рухомий візок 3, який за допомогою механізму подачі переміщується по напрямних швелерах.

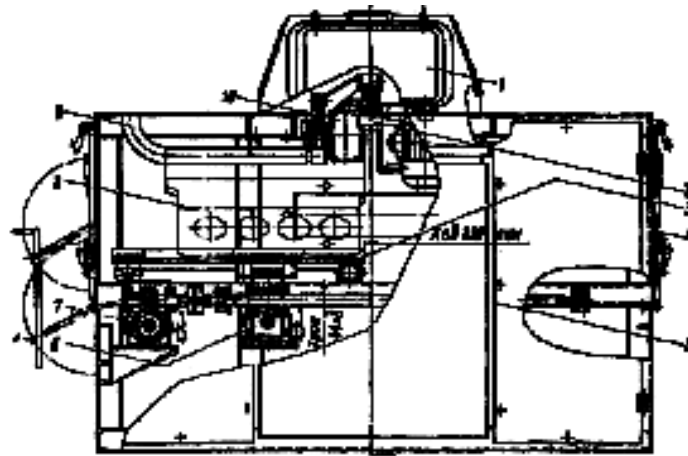


Рис. 2.3. Верстат СПМ-2 плазмової металізації опор корінних підшипників у блоці циліндрів двигуна ЗиЛ-130.

Механізм подачі деталі забезпечує дві швидкості її переміщення - робочу і холосту. Під час нанесення покриття деталь рухається з робочою сповільненою швидкістю, а під час підведення відновлюваної деталі під плазмовий струмінь і під час переміщення її для вивантаження вмикається прискорена холоста подача.

Конструкцією верстата передбачається можливість повної механізації та часткової автоматизації процесу нанесення покриття на опори корінних підшипників і включення його до складу поточно-механізованої лінії відновлення блоків циліндрів. На цьому верстаті проводиться також нанесення покриття на внутрішні поверхні кришок корінних підшипників. При цьому кришки встановлюють на блок поруч з опорами корінних підшипників або збирають комплектами в спеціальному пристосуванні, встановлюваному на рухомому візку верстата, і наносять покриття окремо.

Якість покриття і продуктивність процесу значною мірою залежать від режиму металізації

Під час плазмової металізації перед нанесенням покриття рекомендується підігріти поверхню деталі до температури 150-180° С. Ця нескладна операція дає змогу зменшити внутрішню напругу в покритті та підвищити міцність його

зчеплення з поверхнею деталі. Підігрів деталі проводиться плазмовим струменем безпосередньо перед нанесенням покриття.

При використанні всіх вищенаведених верстатів і пристроїв основним недоліком є те, що їхня конструкція не дає змоги здійснювати дробоструминну обробку деталі, що напилюється. У результаті цього підготовка деталі до напилення за допомогою дробоструминної обробки здійснюється на окремому робочому місці. З цієї причини час між дробоструминною обробкою і плазмовим напиленням залишається великим. Протягом цього часу на поверхні деталі росте плівка оксидів, що знижує адгезійну міцність плазмового покриття. Крім того, установки є складними за конструкцією, яка водночас не дає змоги регулювати дистанцію напилення (відстань від зрізу плазмотрона до поверхні, що напилюється), унаслідок чого сфера її застосування обмежується.

2.2 Опис установки

Пристрій спрямований на збільшення адгезійної міцності плазмових покриттів, спрощення конструкції установки та розширення технологічних можливостей. Це досягається тим, що установка, яка містить корпус, усередині якого розташовано візок із механізмом його приводу, що складається з електродвигунів, сполучених із редукторами, а також плазмотрон із механізмом його хитання, додатково забезпечена піддоном, у різьбові отвори якого вкручено регульовальні гвинти, що спираються на візок, черв'ячним редуктором, електропневматичними клапанами та пневматичними циліндрами, усередині яких установлено з можливістю переміщення поршні, пружні відносно корпусу, причому редуктори приводу тягового механізму плазмової системи

Порівняльний аналіз вищенаведеним пристроєм дає змогу дійти висновку, що заявлена установка відрізняється від прототипу тим, що її додатково забезпечено піддоном, у різьбові отвори якого вкручено регульовальні гвинти, що спираються на візок, черв'ячним редуктором, електропневматичними

клапанами та пневматичними циліндрами, усередині яких встановлено з можливістю переміщення поршні, пружні відносно корпусу, причому редуктори приводу візка виготовлено циліндричними з різними передатними числами та спільним веденим...

Установка складається з корпусу 1 (рис. 2.4), усередині якого розташовано рухомий візок 2, механізм його приводу, а також механізм гойдання плазмотрона 3 і дробоструминного пістолета 4.

Корпус зварений з балок 5 і обшитий листами заліза 6. Бічні стінки корпусу забезпечені люками 7, 8 (рис. 3.4,3.5). У верхній частині корпусу змонтовано ковпак з оглядовими вікнами 9.

Візок 2 встановлено з можливістю переміщення на рейковому шляху 10 (рис. 2.4), закріпленому на швелері 11. Механізм приводу візка складається з електричного двигуна 12, двох циліндричних редукторів 13 і 14, сполучених із двигуном за допомогою пасових передач 15, 16 (рис. 2.6), робочого гвинта 17 (рис. 2.4), з'єднаного рухомо з гайкою 18 візка, і механізму перемикавання передач. Передавальне число редуктора 13 $U_1=3.33$, а редуктора 14 $U_2=10$.

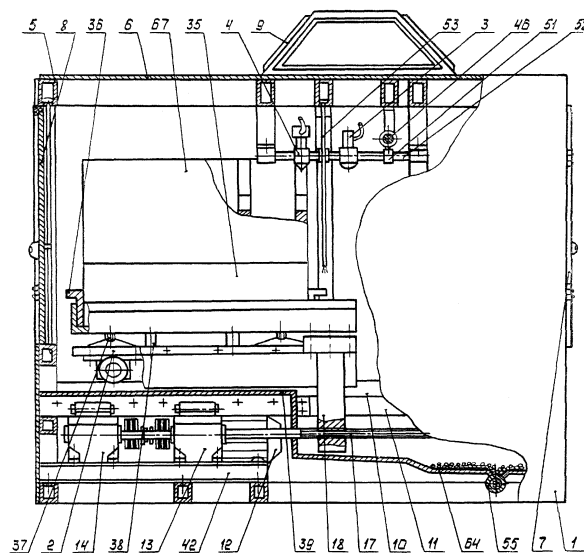


Рис. 2.4. Установка для відновлення опор корінних підшипників у блоці двигунів внутрішнього згорання плазмовим напиленням – вид спереду.

Від потрапляння абразиву механізм приводу візка захищений листами 39, 40, 41. Усі вузли механізму кріпляться до корпусу 1 через швелери 42.

Механізм перемикання передач складається з двох електропневматичних клапанів 19, 20 (рис. 2.6), трьох пневматичних циліндрів 21, 22, 23, з'єднаних між собою за допомогою трубопроводу 24, 25.

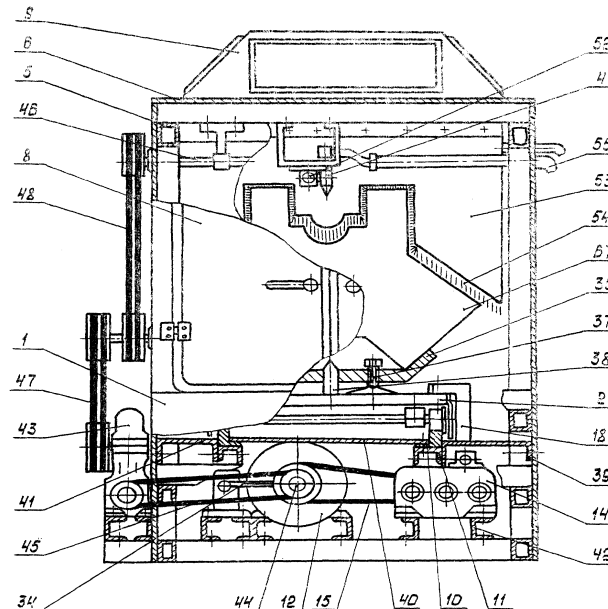


Рис. 2.5. Установка для відновлення опор корінних підшипників у блоці двигунів внутрішнього згоряння плазмовим напиленням – вид збоку.

Усередині циліндрів встановлено з можливістю переміщення поршні 26, 27, 28, підпружинені щодо корпусу і з'єднані з муфтами 29, 30, 31 за допомогою вилок 32, 33, 34.

На візку 2 (рис. 2.4) встановлено піддон 35, на який укладається і закріплюється від переміщень планками 36 блок циліндрів двигуна. Для регулювання відстані від зрізу плазмотрона до поверхні, що напилюється, візок 2 забезпечений регулювальними гвинтами 37 (рис. 2.5). Від переміщень у горизонтальній площині щодо візка піддон 35 фіксується штифтами 38, привареними до візка 2.

Механізм гойдання складається з черв'ячного редуктора 43, черв'ячний вал якого з'єднаний із валом 44 (рис. 2.6) електродвигуна 12 за допомогою пасової передачі 45, вала 46, сполученого з черв'ячним редуктором 43 пасовими

передачами 47, 48. На валу 46 жорстко закріплений кулачок 49. У паз кулачка вставлений шип 50 важеля 51, з'єднаного з валом 52. Плазмотрон 3 (мал. 3.4) і дробоструменевий пістолет 4 жорстко закріплені на валу 52 і відокремлені один від одного металевим щитом 53 (рис. 2.5), у нижній частині якого запресований металевий ворс 54. Жорсткість з'єднання плазмотрона з валом 52 забезпечується за допомогою тримача 65. За допомогою аналогічного тримача до вала 52 кріпиться і дробоструминний пістолет. За необхідності відстань між осями плазмотрона і дробоструминного пістолета можна змінювати. Для цього необхідно послабити гвинти 66 кріплення тримача і перемістити тримач уздовж осі обертання вала 52 в необхідному напрямку.

Установка працює таким чином. Блок циліндрів двигуна, що потребує відновлення, через люк 8 (рис. 2.4) укладається на піддон 35 і закріплюється планками 36. За допомогою гвинтів 37 встановлюється необхідна відстань від зрізу плазмотрона до напилюваної поверхні деталі. Вмикається прискорена (холоста) подача візка. При цьому електропневматичний клапан 19 (рис. 2.6) закритий, перекриваючи подачу стисненого повітря з компресора в пневматичні циліндри 21, 22, 23. Електропневматичний клапан 20 відкритий. Це забезпечує сполучення пневматичних циліндрів 21, 22, 23 з атмосферою. Поршні 26, 27, 28 під дією пружин 56, 57, 58 переміщуються праворуч, тягнучи за собою вилки 32, 33 і 34, шарнірно пов'язані з муфтами 29, 30, 31. У результаті цього муфта 31 з'єднує шків 59 пасової передачі з валом 44 електродвигуна і роз'єднує з ним шків 61. Муфта 29 з'єднує ведену шестерню 60 редуктора 13 з валом 17. Муфта 30 роз'єднує вал 17 з відомою шестернею 63. Під час увімкнення електродвигуна крутний момент від його вала 12 передається на зубчасту муфту 31, шків 59 пасової передачі 16, ведений вал редуктора 13 (рис. 2.6). Через систему шестерень редуктора 13 крутний момент передається на зубчасту муфту 29 і вал 17, гвинт якого з'єднаний із гайкою 18, жорстко пов'язаною з візком (рис. 2.4). При цьому механізм гойдання і редуктор 14 не працюють, оскільки шків 62 і 61 (рис. 2.6) від'єднані від вала 44 електродвигуна 12.

передавального числа механізму гойдання до передавального числа механізму приводу візка забезпечує 93 коливання вала 52 під час переміщення деталі на величину, що дорівнює ширині постелі.

Під час дробоструминної обробки абразив із бункера 64 (рис. 2.4) забирається і рукавом 55 транспортується до дробоструминного пістолета 4. При цьому щит 53 запобігає потраплянню абразиву в зону дії плазмотрона 3.

Після дробоструминної обробки першої постелі вмикається холоста подача. Відновлювана деталь подається вперед і зупиняється спочатку зони дії плазмотрона 3 на постіль, піддану дробоструминній обробці. При цьому наступна постіль опиняється в зоні дії дробоструминного пістолета. З увімкненням дробоструминного пістолета вмикається плазмотрон і робоча швидкість подачі. При цьому здійснюється одночасне напилення першої постелі та дробоструминне оброблення другої.

Напилення останньої постелі здійснюється при вимкненому дробоструминному пістолеті. Після закінчення напилення блок циліндрів подається до люка 7 (рис. 3.4), де за допомогою стисненого повітря очищається від залишків абразиву і знімається з установки.

Оскільки час між дробоструминним обробленням і напиленням при використанні установки мінімальний, окисні плівки не встигають вирости на підготовленій до напилення поверхні до величини, що значно знижує адгезійну міцність плазмового покриття. Конструкція установки дає змогу відновлювати блоки двигунів внутрішнього згоряння різних марок. Налаштування установки для відновлення ліжок блоків різних марок полягає у зміні відстані між осями дробоструминного і плазмотрона та регулювання відстані від зрізу плазмотрона до напилюваної поверхні способами, викладеними вище.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1. Вибір електродвигуна

Визначаємо необхідну потужність на валу робочої машини за формулою [13]:

$$P_{\text{тр}} = T_4 \cdot \omega_u = T \cdot \frac{\pi \cdot n_B}{30}, \quad (3.1)$$

де $P_{\text{тр}}$ – необхідна потужність приводу, кВт;

T_4 – момент, що обертається, на ведучому валу робочої машини, кН - м;

n_B – частота обертання вала n_B , хв^{-1} ;

ω_u – кутова швидкість вала, с^{-1}

$$P_{\text{тр}} = \frac{100 \cdot 3,14 \cdot 4}{30} = 0,41 \text{ кВт}$$

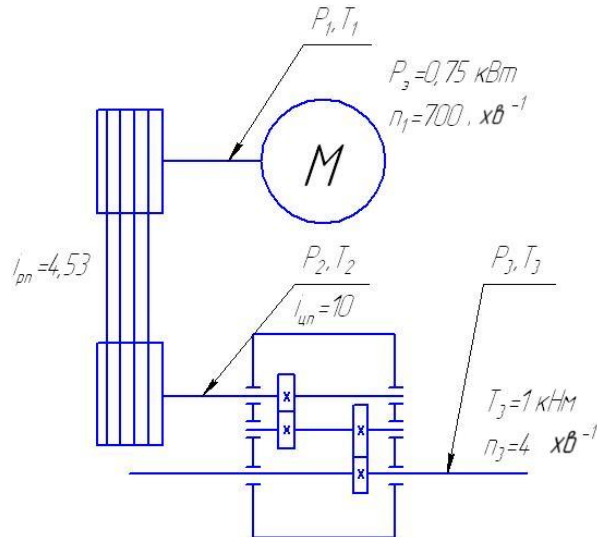


Рис. 3.1. Кінематична схема приводу установки.

Необхідна потужність електродвигуна $P_{\text{стр}}$ визначається за формулою [13]:

$$P_{\text{стр}} = \frac{P_{\text{тр}}}{\eta}, \quad (3.2)$$

де η – коефіцієнт корисної дії приводу.

У разі послідовного розташування передач та їхніх ступенів загальний ККД приводу обчислюють за формулою :

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4^2, \quad (3.3)$$

де $\eta_1 \dots \eta_4$ – ККД передач, що становлять привід.

Коефіцієнт корисної дії передач η : пасової $\eta_1 = 0,96$; циліндричної $\eta_2 = 0,66$; муфти закритої $\eta_3 = 0,99$; підшипників кочення $\eta_4 = 0,99$.

$$\eta = 0,96 \cdot 0,66 \cdot 0,99 \cdot 0,99^2 = 0,614$$

$$P_{\text{зп}} = \frac{0,41}{0,614} = 0,681 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун 4A90LA8Y3 за ДСТУ 2649-94. Потужність $P_e = 0,75$ кВт; частота обертання $n_1 = 700 \text{ хв}^{-1}$; $\frac{T_n}{T_H} = 1,6$; ККД = 0,8%; $\cos \varphi = 0,62$; $T_{\text{тах}} / T_H = 1,9$; $M = 0,027 \text{ кг} \cdot \text{м}^{(2)}$.

3.2. Кінематичний розрахунок приводу

Даний розрахунок приводу полягає у визначенні загального передавального відношення приводу, розбиття його на ступені та визначення частоти обертання кожного вала приводу.

Загальне передавальне відношення приводу визначається за формулою :

$$i_{\text{заг}} = \frac{n_1}{n_4} = \frac{700}{4} = 175, \quad (3.4)$$

Розбиваємо загальне передавальне число за ступенями :

$$i_{\text{заг}} = i_{\text{рп}} \cdot u_{\text{цп}}, \quad (3.5)$$

Приймаємо редуктор циліндричний двоступеневий Ц2У-125 з передавальним числом $U_{\text{ц}} = 40$.

Визначаємо передавальне відношення пасової передачі за формулою:

$$i_{\text{рп}} = \frac{i_{\text{заг}}}{u_{\text{цп}}} = \frac{175}{40} = 4,48, \quad (3.6)$$

Частота обертання веденого вала редуктора n_3 дорівнює частоті обертання вала кріплення траверси:

$$n_3 = n_4 = 4 \text{ хв}^{-1},$$

тому що вони з'єднані муфтою.

Визначаємо частоту обертання ведучого вала редуктора за формулою :

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{np}} = \frac{700}{4,48} = 156,25 \text{ хв}^{-1}, \quad (3.7)$$

3.3. Силловий розрахунок приводу

Полягає у визначенні обертальних моментів і потужності на кожному валу приводу.

Визначаємо обертальний момент на валу приводу:

$$T_3 = T_4 = 1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Визначаємо обертальний момент на ведучому валу редуктора :

$$T_2 = \frac{T_3}{u_{цп} \cdot \eta_{цп} \cdot \eta_{пк}^2} = \frac{1}{39 \cdot 0,66 \cdot 0,99^2} = 0,039 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3.8)$$

Визначаємо обертальний момент на валу електродвигуна :

$$T_1 = \frac{T_2}{i_{pn} \cdot \eta_1} = \frac{0,039}{4,48 \cdot 0,96} = 0,009 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3.9)$$

Визначаємо потужність на веденому валу приводу :

$$P_3 = \frac{P_4}{\eta_m \cdot \eta_{пк}} = \frac{0,41}{0,99 \cdot 0,99} = 0,418 \text{ кВт}, \quad (3.10)$$

Визначаємо потужність на ведучому валу редуктора:

$$P_2 = \frac{P_3}{\eta_{цп} \cdot \eta_{пк}} = \frac{0,418}{0,66 \cdot 0,99} = 0,639 \text{ кВт}, \quad (3.11)$$

Визначаємо потужність на валу електродвигуна:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{рп}} = \frac{0,639}{0,96} = 0,66 \text{ кВт}, \quad (3.33)$$

3.4 Розрахунок клиноремінної передачі

Вибір перетину ремня

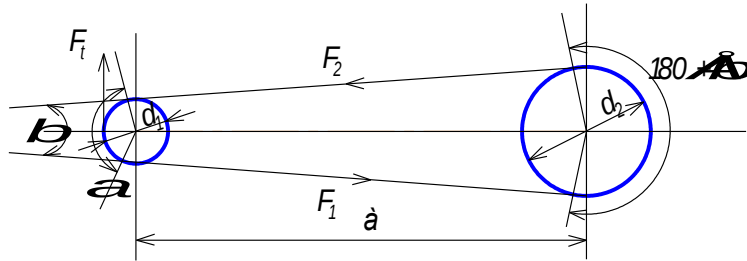


Рис. 3.2. Схема клиноремінної передачі стенда.

За потужності на валу електродвигуна $P_1 = 0,75$ кВт і частоти обертання вала $n_1 = 700$ хв⁻¹ за номограмою [13] підходить переріз О.

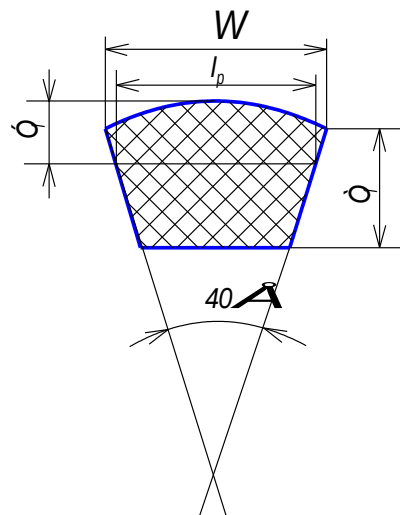


Рис. 3.3. Ремінь перерізу О: $t_p = 8,5$ мм; $A = 47$ мм² ; $l_1 = l_{(p)} - L_{(BH)}$ $W = 25$ мм; $\sigma = 10$ мм; $m = 0,66$ кг/м; $d_p \geq 63$ мм; $T_o = 6,0$ мм; $L_{(p)} = 400 \dots 2500$ мм; $d_{(1)} \geq 63$ мм.

Визначаємо діаметр веденого шківів за формулою :

$$d_2 = d_{(1)} - i_{pn}, \quad (3.12)$$

$$d_2 = 63 - 4,48 = 282,2 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_2 = 280$ мм .

Уточнимо передавальне відношення пасової передачі за формулою:

$$i_{pn} = \frac{d_2}{d_1(1-\xi)}, \quad (3.13)$$

де ξ – відносне ковзання,

Приймаємо для кордтканинних $\xi = 0,02$,

$$i_{pn} = \frac{280}{63(1 - 0,02)} = 4,53$$

Відношення фактичного передавального відношення від раніше прийнятого становить 1,1%, що допустимо.

Визначаємо міжосьову відстань за формулою :

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + d_2) + T_o = 0,55(63 + 280) + 6 = 194,6 \text{ мм}, \quad (3.14)$$

$$a_{\max} = d_1 + d_2 = 63 + 280 = 343 \text{ мм}, \quad (3.15)$$

Проміжне значення міжосьової відстані a' визначається за формулою [13]:

$$a'_2 = \frac{a_{\min} + a_{\max}}{2} = \frac{194,65 + 343}{2} = 268,82 \text{ мм}, \quad (3.16)$$

Розрахункова довжина ремня L'_p визначається за формулою :

$$L'_p = 2a' + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a'}, \quad (3.17)$$

$$L'_p = 2 \cdot 268,8 + \frac{3,14}{2}(63 + 280) + \frac{(280 - 63)^2}{4 \cdot 268,87} = 1092,51 \text{ мм}$$

Приймаємо $L_p = 1120 \text{ мм}$.

Остаточну міжосьову відстань a визначають за формулою:

$$a = 0,25 \left[(L_p - \omega) + \sqrt{(L_p - \omega)^2 - 8y} \right], \quad (3.18)$$

де $\omega = 0,5\pi (d_1 + d_2)$

$y = 0,25(d_2 - d_1)^2$

$\omega = 0,5 \cdot 3,14(63 + 280) = 538,51 \text{ мм}$

$y = 0,25(280 - 63)^2 = 11772,2 \text{ мм}$

$$a = 0,25 \left[(1120 - 583,51) + \sqrt{(1120 - \omega)538,51^2 - 8 \cdot 11772,25} \right] = 268,9 \text{ мм}$$

Кут обхвату ремнями малого шків діаметром d_1 визначається за формулою:

$$\alpha_1 = 180 - 57 \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 57 \frac{280 - 63}{268,85} = 133,99^\circ, \quad (3.19)$$

$$\alpha_1 = 133,99 \geq [\alpha] \geq 120^\circ$$

умова виконується.

Окружна швидкість ременів v_1 визначається за формулою :

$$v_1 = \frac{\pi d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 700}{60 \cdot 1000} = 2,3 \text{ м/с}, \quad (3.20)$$

$$v_1 \leq [v] \leq 25 \text{ м/с}$$

умова виконується.

Номінальна потужність, що передається одним ремнем перерізу О $P_0 = 0,20$ кВт [13] за $v_1 = 2,3$ м/с і $d_{(1)} = 63$ мм

Коефіцієнт кута обхвату малого шківa $C_a = 0,86$ за $\alpha = 133,99^\circ$;

коефіцієнт окружності $C_v = 1,045$, за $v = 2,3$ м/с;

коефіцієнт передавального відношення $C_i = 1,14$, за $i = 4,48$;

коефіцієнт кута нахилу $C_\beta = 1$, при $\beta = 60^\circ$;

коефіцієнт довжини ремня $C_L = 0,95$, за $L = 1120$ мм

коефіцієнт динамічності режиму роботи $C_p = 1,0$ для середнього режиму і двозмінної роботи;

коефіцієнт, що враховує число ременів у комплекті $C_z = 0,9$, попередньо прийнявши $z = 4$.

Потужність передачі з одним ремнем у заданих умовах експлуатації

P_p , кВт :

$$P_p = \frac{P_0 \cdot C_a \cdot C_v \cdot C_i \cdot C_L \cdot C_\beta}{C_p}, \quad (3.21)$$

$$P_p = \frac{0,20 \cdot 0,86 \cdot 1,045 \cdot 1,14 \cdot 1 \cdot 0,95}{1,0} = 0,194$$

Число ременів z визначається за формулою

$$z = \frac{P_1}{P_p \cdot C_z} = \frac{0,66}{0,194 \cdot 0,9} = 3,79, \quad (3.44)$$

Приймаємо $z = 4$.

Сила попереднього натягу одного ремня :

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_1 \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_a} + \theta v^2, \quad (3.45)$$

$$F_0 = \frac{850 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 0,95}{4 \cdot 2,3 \cdot 0,86} + 0,06(2,3)^2 = 67,6 \text{ Н}$$

Приймаємо коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил $\Theta = 0,06$ Нс²/м² для перерізу О .

Навантаження на вали передачі F_β визначається за формулою :

$$F_\beta = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 67,6 \cdot 4 \cdot \sin \frac{133,99}{2} = 497,79 \text{ Н (3.46)}$$

Число пробігів ремня v визначається за формулою :

$$v = \frac{v}{L} = \frac{2,3}{1,12} = 2,05 \text{ с}^{-1}, \quad (3.22)$$

$$2,05 = v \leq [v] \leq 10 \text{ с}^{-1}$$

умова виконується.

Напруження від сили попереднього натягу ремня визначається за формулою:

$$\sigma_0 = \frac{F}{A} = \frac{67,64}{47} = 1,43 \text{ МПа}, \quad (3.23)$$

Напруження від окружної сили визначається за формулою σ_{Ft} :

$$F_t = \frac{P_1}{v} = \frac{0,66 \cdot 10^3}{4,48} = 147,32 \text{ Н}, \quad (3.24)$$

$$\sigma_{Ft} = \frac{F_t}{2A \cdot Z} = \frac{147,32}{2 \cdot 47 \cdot 4} = 0,391 \text{ МПа}, \quad (3.25)$$

Напруження від відцентрових сил σ_v визначається за формулою :

$$\sigma_v = 10^{-6} \rho \cdot v^2 = 10^{-6} \cdot 1200 \cdot 4,48^2 = 0,024 \text{ МПа (3.26)}$$

Щільність гумових ремнів $P = (1200 \dots 1250) \text{ кг/м}^3$

Напруження вигину $\sigma_{\text{и}}$ визначається за формулою :

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{2E \cdot Y_0}{d_1} = \frac{2 \cdot 100}{63} = 3,17 \text{ МПа} \quad (3.27)$$

Для ремня Перетину О добуток $E - Y_0 = 100$.

Максимальні напруження $\sigma_{\text{тах}}$ визначається за формулою :

$$\sigma_{\text{тах}} = \sigma_0 + \sigma_{Ft} + \sigma_v + \sigma_{\text{и}}, \quad (3.28)$$

$$\sigma_{\text{тах}} = 1,15 + 0,313 + 0,024 + 3,17 = 4,657 \text{ МПа}$$

Розрахункова довговічність ремня L_h визначається за формулою :

$$L_h = \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{\max}} \right)^m \frac{10^7 \cdot C_i \cdot C_p}{3600 \cdot Z_{\text{ш}} \cdot 2,05}, \quad (3.29)$$

$$L_h = \left(\frac{9}{4,657} \right)^8 \frac{10^7 \cdot 1,14 \cdot 1,0}{3600 \cdot 2 \cdot 2,05} = 150277,6 \text{ год.}$$

$L_h > t_{\text{ср}} > 2000$ годин – для середнього режиму роботи.

3.5 Розрахунок геометричних параметрів шківів

Чавунний шків діаметром $d = 63$ мм меншим за $[d] = 350$ мм виготовляють із диском, у якому передбачають отвори круглої форми для зменшення маси та зручності кріплення шківа на верстаті під час його механічної обробки.

Розміри профілю канавок клиноремінних шківів для перерізу О за ДСТУ:

$$l_p = 85 \text{ мм}, \quad b = 2,5 \text{ мм}, \quad h > 7 \text{ мм}, \quad e = 12 \text{ мм}, \quad r = 0,5 \text{ мм}, \quad \varphi = 34^\circ$$

$$d_p = 63 \text{ мм}, \quad b_1 = 10 \text{ мм}$$

$$\text{приймаємо } h = 8 \text{ мм}$$

Ширина обода шківа визначається за формулою :

$$B = (z - 1) \cdot e + 2f \quad (3.30)$$

де z – число ременів

$$B = (4 - 1) \cdot 12 + 2 \cdot 8 = 40 \text{ мм}$$

Товщина обода чавунних шківів за формулою :

$$\delta_r = (0,65 - 0,75) \cdot e = (0,65 - 0,75) \cdot 12 = (7,8 - 9) \text{ мм}, \quad (3.31)$$

Товщина диска визначається за формулою :

$$c = (1,2 - 1,3) \cdot \delta = (1,2 - 1,3) \cdot 8 = (9,6 - 10,4) \text{ мм}, \quad (3.32)$$

Діаметр маточини чавунних шківів за формулою :

$$d_{\text{ст}} = (1,7 - 1,8) d_B, \quad (3.33)$$

де d_B – діаметр вала, мм

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_2}{\pi [\tau]}}, \quad (3.34)$$

де T – обертальний момент, Н · м

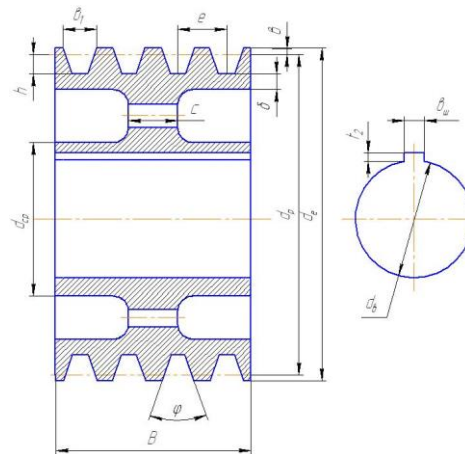


Рис. 3.4. Схема шківa з диском.

Для валів з конструкційних вуглецевих сталей :

$$[\tau] \leq 15 - 20 \text{ МПа}$$

Визначимо діаметр вала за формулою :

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 0,009 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 10^3}} = 0,016 \text{ м} = 16,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_B = 24 \text{ мм}$:

$$d_{ст} = (1,7 - 1,8) \cdot 24 = (40,8 - 43,2) \text{ мм}, \quad (3.35)$$

Довжина маточини визначається за формулою :

$$L = (1,4 - 1,8) d_B = (1,4 - 1,8) \cdot 24 = (33,6 - 43,2) \text{ мм}, \quad (3.36)$$

За діаметром вала $d_B = 24 \text{ мм}$ приймаємо розміри шпонкового паза в маточині шківa: [14]:

$$y \times h = 8 \times 7 \text{ мм}, \text{ глибину } t_2 = 3,3 \text{ мм}, t_1 = 4,0 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр шківa визначається за формулою :

$$d_e = d_{(p)} + 2b = 63 + 2,5 - 2 = 68 \text{ мм} \quad (3.37)$$

Для веденого шківa на редукторі діаметр вала;

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 0,039 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 10^3}} = 0,027 \text{ м} = 27 \text{ мм}$$

оскільки діаметр ведучого вала редуктора $d_B = 33 \text{ мм}$ [12], то для подальшого розрахунку приймаємо $d_{(B)} = 33 \text{ мм}$

$$d_{ст} = (1,7 - 1,8) \cdot 33 = (56,1 - 63) \text{ мм}, \quad (3.38)$$

Приймаємо $d_{ст} = 60 \text{ мм}$.

Довжина маточини визначається за формулою :

$$L = (1,4 - 1,8)d_B = (1,4 - 1,8) \cdot 33 = (46,2 - 59,4) \text{ мм}, (3.64)$$

Приймаємо $L=58\text{мм}$.

За діаметром вала $d_B = 33 \text{ мм}$ приймаємо розміри шпонкового паза в маточині шківів:

$$y \times h = 10 \times 8 \text{ мм}, \text{ глибину } t_2 = 3,3 \text{ мм}, t_1 = 5,0 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр шківів визначається за формулою :

$$d_e = d_{(p)} + 2b = 280 + 2,5 \cdot 2 = 285 \text{ мм} \quad (3.39)$$

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було досліджено питання удосконалення організації технічного сервісу машинно-тракторного парку (МТП) шляхом впровадження сучасних методів відновлення зношених деталей двигунів внутрішнього згоряння. Особливу увагу приділено обґрунтуванню доцільності застосування металізації як ефективної технології ремонту блоків циліндрів ДВЗ, які є критично важливими елементами у забезпеченні надійної роботи силових агрегатів сільськогосподарської техніки.

У роботі проведено аналіз існуючої системи технічного сервісу МТП та виявлено низку проблем, пов'язаних із високою вартістю ремонту та тривалими строками відновлення зношених елементів. З урахуванням цього було запропоновано застосування методу металізації, що дозволяє ефективно відновлювати зношені поверхні блоків ДВЗ із мінімальними витратами та високою точністю.

На основі теоретичних досліджень та аналізу експлуатаційних вимог розроблено конструкцію установки для нанесення металізаційного покриття. Установка відповідає вимогам до мобільності, енергоефективності та адаптована до умов ремонтних майстерень сільськогосподарських підприємств. Здійснено техніко-економічне обґрунтування її впровадження, яке підтвердило доцільність та економічну ефективність запропонованого рішення.

Запропоновані організаційно-технологічні заходи з удосконалення технічного сервісу сприяють підвищенню надійності роботи техніки, зменшенню експлуатаційних витрат і підвищенню ефективності аграрного виробництва. Впровадження розробленої установки у практику ремонтних робіт дозволить значно скоротити строки відновлення деталей та підвищити якість ремонту.

Отримані результати мають практичне значення і можуть бути впроваджені в аграрних підприємствах, сервісних центрах, ремонтно-обслуговуючих підрозділах та навчальних закладах технічного профілю, що

дозволяє зробити вагомий внесок у розвиток сучасного технічного сервісу сільськогосподарської техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко В. С. Ремонт тракторів і автомобілів: підручник. Київ: Вища освіта, 2020. 376 с.
2. Білецький В. С. Технологія технічного обслуговування і ремонту машин: навч. посіб. Харків: НТУ "ХПІ", 2021. 284 с.
3. 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.
4. Бахмач В. І., Швайка О. Я. Організація технічного сервісу в агропромисловому комплексі. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 312 с.
5. Гайдаєнко В. І., Пилипчук П. О. Основи відновлення деталей машин. Київ: Ліра-К, 2020. 245 с.
6. Жежеря А. А. Основи відновлення зношених деталей машин: навч. посіб. Київ: Вища школа, 2018. 336 с.
7. Курило П. С., Швець В. П. Металізація та зварювання в ремонті машин. Львів: Сполом, 2019. 267 с.
8. Писаренко Г. С., Кондратюк Ю. П. Двигуни внутрішнього згоряння: підручник. Харків: НТУ "ХПІ", 2021. 403 с.
9. Мазур І. І., Луцький М. І. Організація та планування ремонтного виробництва. Київ: Каравела, 2020. 298 с.
10. 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.
11. 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.
12. Назаренко І. П. Ремонт машин: підручник. Полтава: РВВ ПУЕТ, 2020. 294 с.

13. Похиленко В. О. Технології нанесення покриттів: навч. посіб. Дніпро: НМетАУ, 2018. 215 с.
14. Смирнов В. С. Діагностика технічного стану машин. Одеса: ОНАХТ, 2021. 288 с.
15. Кобзар Г. М. Технологія ремонту сільськогосподарської техніки. Вінниця: Нова книга, 2022. 276 с.
16. Новіков А. В., Савченко О. М. Відновлення деталей машин електродуговим напиленням. Харків: УкрДАЗ, 2019. 198 с.
17. ISO 14284:2022. Steel and iron — Sampling and preparation of samples for the determination of chemical composition. Geneva: ISO, 2022.
18. ДСТУ 3957-2000. Система технічного обслуговування і ремонту техніки. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт України, 2000.
19. Міжнародний досвід у сфері технічного сервісу сільськогосподарських машин: аналіт. огляд. Київ: ННЦ ІМЕСГ, 2021. 86 с.
20. Ткачук М. Г. Методи контролю якості при ремонті двигунів. Тернопіль: ТНТУ, 2020. 172 с.
21. Борак К. В., Крук І. С. Вплив швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2020. №1. С. 30–36.
22. 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.
23. 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.