

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Підвищення ефективності ремонту гідравлічної системи
транспортного засобу завдяки застосування додаткової оснастки»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-41

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Микола ТОГАН

(ім'я та прізвище)

Керівник: Ігор ДУФАНЕЦЬ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.113.066.

Тоган М. І. Підвищення ефективності ремонту гідравлічної системи транспортного засобу завдяки застосування додаткової оснастки. Дубляни, ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025. 57 с.

Рисунок 16, табл. 1, бібл. посилань 40.

Мета роботи полягає у підвищенні ефективності процесу ремонту гідравлічної системи транспортного засобу шляхом розробки та впровадження додаткової оснастки, що дозволяє зменшити трудомісткість, скоротити час простою техніки, підвищити якість обслуговування та забезпечити безпеку проведення ремонтних робіт.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій додаткової оснастки для ремонту гідросистем автомобіля та визначити їх переваги та недоліки.
2. Розробити необхідну конструкцію додаткового обладнання для розвальцювання трубопроводів гідросистеми, яка відповідає сучасним вимогам до ефективності, безпеки та зручності експлуатації.
3. Провести розрахунок основних параметрів розробленого додаткового обладнання для розвальцювання трубопроводів та обґрунтувати його конструктивні рішення.
4. Описати технологічний процес ремонту гідросистеми з застосуванням додаткової оснастки для розвальцювання трубопроводів.
5. Провести аналіз впливу впровадження розробленої оснастки на ефективність ремонтних робіт та розрахувати економічну ефективність його використання.

Об'єкт дослідження: ефективність ремонту та технічного обслуговування гідравлічних систем автомобіля.

Предмет дослідження: оснастка для підвищення ефективності ремонту та технічного обслуговування автомобіля.

Практичне значення роботи даної роботи полягає в тому, що впровадження розробленої додаткової оснастки дозволяє значно підвищити ефективність ремонту гідравлічної системи транспортного засобу. Це сприяє скороченню часу виконання ремонтних робіт, зменшенню фізичного навантаження на персонал, економії коштів для придбання подібного обладнання, підвищенню якості обслуговування та надійності системи після ремонту. Отримані результати можуть бути впроваджені на сервісних станціях технічного обслуговування та в ремонтних підприємствах, а також використовуватись у навчальному процесі для підготовки спеціалістів у галузі експлуатації та ремонту транспортної техніки.

Теоретичне значення роботи полягає в узагальненні та систематизації наявних підходів до організації ремонтних процесів гідравлічних систем транспортних засобів, а також у поглибленні наукових уявлень щодо впливу додаткової оснастки на ефективність технічного обслуговування.

Ключові слова: ТРУБОПРОВОДИ, РЕМОНТНІ РОБОТИ, ГІДРОСИСТЕМА, БЕЗПЕКА, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	8
1.1 Аналіз існуючих конструкцій гідросистем транспортних засобів.	8
1.2 Сучасні підходи і методи ремонту гідравлічних систем транспортних засобів.	12
1.3 Дослідження існуючих видів оснастки для ремонту трубопроводів гідросистеми транспортних засобів.	18
1.4 Огляд сучасних пристроїв для розвальцювання трубопроводів.....	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	28
2.1 Обґрунтування доцільності розробки пристрою для розвальцювання труб.	28
2.2 Розробка пристрою для розвальцювання труб.....	30
2.3 Розрахунок елементів пристрою для розвальцювання труб.....	34
3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	37
3.1 Основні причини та наслідки виходу з ладу трубопроводів гідросистеми транспортного засобу.....	37
3.2 Опис технологічного процесу розвальцювання трубопроводів з допомогою розробленої оснастки.	39
4.РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1 Загальні вимоги безпеки під час технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.	43
4.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт з ремонту гідросистеми транспортного засобу.....	45
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	47
5.1 Аналіз впливу впровадження розвальцювача на ефективність ремонтних робіт	47
5.2 Розрахунок економічної ефективності впровадження розвальцювача.....	49
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Ефективне функціонування гідравлічних систем є критично важливим для безперебійної роботи широкого спектра транспортних засобів, починаючи від будівельної та сільськогосподарської техніки і закінчуючи вантажними автомобілями та спеціалізованим транспортом. Гідравлічні приводи забезпечують передачу значних зусиль, точність керування та високу продуктивність, що робить їх незамінними в багатьох галузях. Проте, складність конструкції, робота в умовах високих тисків та вплив зовнішніх факторів призводять до зношування елементів гідравлічної системи, виникнення витоків, втрати потужності та інших несправностей.

Існуючі методи діагностики та ремонту гідравлічних систем часто пов'язані з необхідністю проведення значного обсягу ручної праці, використанням універсального інструменту, що не завжди є оптимальним для конкретних вузлів та агрегатів. Це може призводити до збільшення тривалості ремонтних робіт, а також до пошкодження суміжних елементів системи. Крім того, якість виконаного ремонту значною мірою залежить від кваліфікації та досвіду ремонтного персоналу.

У цьому контексті, розробка та впровадження спеціалізованої додаткової оснастки для ремонту гідравлічних систем транспортних засобів відкриває нові можливості для оптимізації ремонтних процесів. Застосування такої оснастки може, монтаж окремих компонентів, підвищити безпеку проведення ремонтних робіт та покращити якість відновлення гідравлічної системи в цілому.

Таким чином, дослідження, спрямоване на обґрунтування доцільності та розробку конкретних рішень щодо застосування додаткової оснастки для підвищення ефективності ремонту гідравлічних систем транспортних засобів, є актуальним науково-практичним завданням, що має значний потенціал для покращення експлуатаційних характеристик транспортної техніки та зниження витрат на її обслуговування. Результати цієї роботи можуть бути використані на підприємствах, що займаються ремонтом та обслуговуванням транспортних засобів різних типів.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Аналіз існуючих конструкцій гідросистем транспортних засобів.

Сучасні гідросистеми транспортних засобів являють собою комплекс високотехнологічних інженерних рішень, розроблених для забезпечення точного перетворення енергії та передачі її на виконавчі механізми з мінімальними втратами. Вони спроектовані з урахуванням вимог до оперативності, високої продуктивності та надійності, що обумовлено необхідністю виконання критичних функцій, таких як гальмування, кермове управління, регулювання підвіски та інші допоміжні операції. Основні конструктивні елементи – насоси, розподільники, гідроциліндри, ущільнювачі та фільтри – формують єдину систему, в якій навіть незначне відхилення у геометрії каналів або деградація матеріалів може призвести до порушень у передачі гідравлічної енергії. Отже, процес проектування включає детальне чисельне моделювання, використання методу скінченних елементів та оптимізацію параметрів для забезпечення мінімізації втрат енергії через гідравлічне тертя та нелінійні характеристики потоку.

У конструктивному плані гідросистеми розробляються з врахуванням експлуатаційних режимів та впливу різних навантажень, що виникають під час руху транспортного засобу. Наприклад, у системах гальмування особлива увага приділяється забезпеченню високого робочого тиску та стабільного розподілу гідравлічного потоку, що досягається завдяки спеціалізованим конструктивним рішенням розподільників і насосів високої продуктивності. У таких системах застосовуються матеріали з підвищеною міцністю, а також розробляються високоефективні системи ущільнення, здатні протистояти впливу високих температур і агресивних хімічних середовищ. Для систем, що виконують допоміжні операції, наприклад, управління підвіскою або активну регуляцію поведінки транспортного засобу, значною мірою інтегровано електронні модулі управління, що дозволяють здійснювати безперервний моніторинг параметрів

роботи в режимі реального часу і адаптувати режим роботи відповідно до змін умов експлуатації.

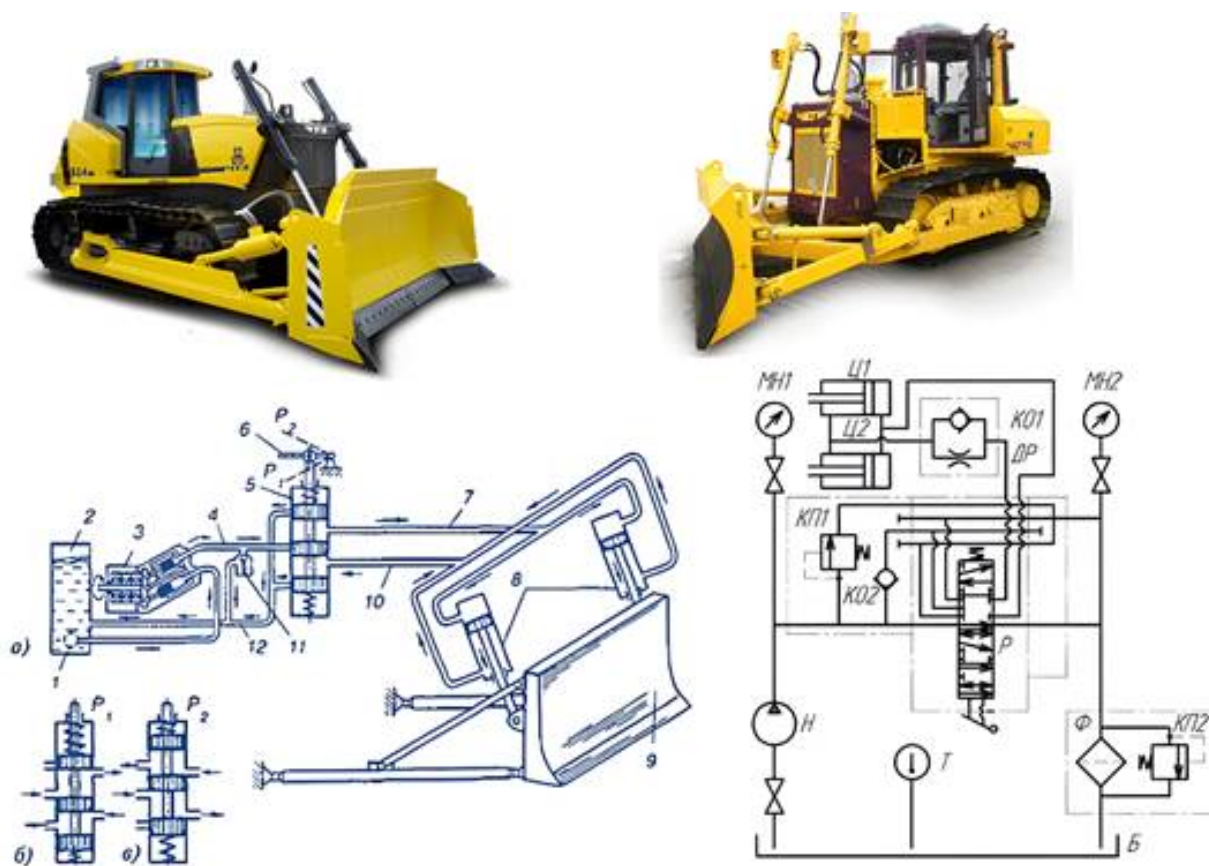


Рисунок 1.1. Гідросистема спецтехніки.

Технічне обслуговування та ремонт гідросистем є критичним аспектом забезпечення їх безперебійної роботи протягом всього строку експлуатації транспортного засобу. Ремонтні заходи включають як традиційну механічну заміну зношених елементів, так і сучасні методи діагностики, що використовують технології неруйнуючого контролю [1]. Серед таких технологій – ультразвукова дефектоскопія, аналіз вібраційного спектру, спектральний аналіз робочої рідини та термографічне обстеження. Завдяки інтеграції датчиків тиску, температури та вібрацій у системи моніторингу, можливо виявляти ранні ознаки механічного зносу чи появи дефектів, що дозволяє проводити своєчасне планове технічне обслуговування та уникати аварійних ситуацій. Проте високий рівень інтеграції механічних та електронних компонентів підвищує вимоги до

кваліфікації персоналу, а також до спеціального діагностичного обладнання, що використовується під час ремонтних робіт.

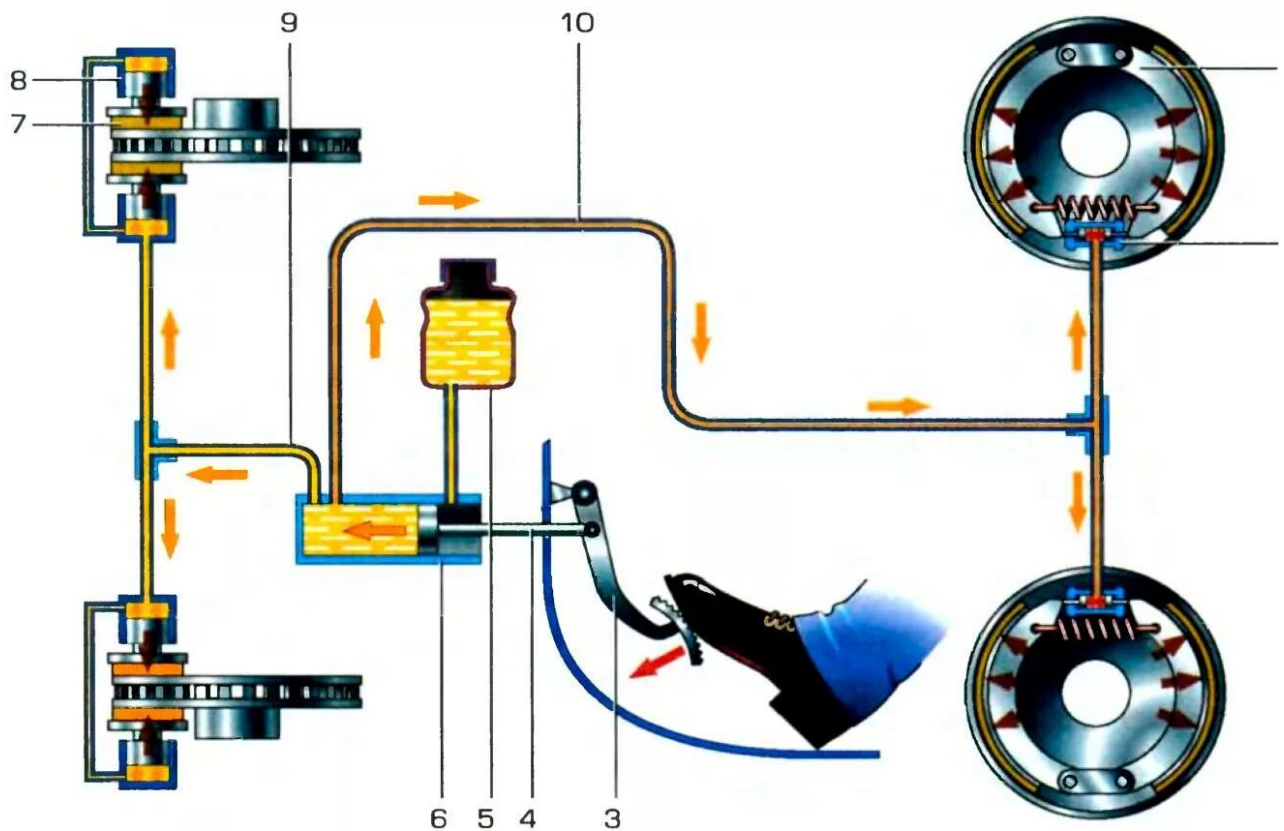


Рисунок 1.2. Гідравлічна гальмівна система автомобіля.

Особливу увагу у дослідженнях конструктивних рішень гідросистем приділяють модульності та стандартизації компонентів, що значно спрощує процес заміни несправних вузлів і сприяє зниженню як часових, так і економічних витрат на ремонт. Модульний підхід дозволяє локалізувати дефект без необов'язкового розбирання всієї системи, що є особливо актуальним для комерційного транспорту, де простої транспортного засобу мають суттєвий вплив на загальну ефективність експлуатаційного циклу. Окрім цього, застосування комп'ютеризованих систем діагностики та алгоритмів на базі штучних нейронних мереж сприяє аналізу експлуатаційних даних, що дозволяє прогнозувати можливі відхилення від норми і планувати ремонтні роботи за принципом «запобігання відмов». Це відкриває перспективи для створення систем раннього попередження, які можуть значно оптимізувати процес технічного обслуговування.

Ефективність ремонту гідросистем також залежить від конструктивної оптимізації їхніх елементів з метою зменшення їх схильності до зносу. У контексті підвищення надійності дослідження спрямовані на розробку новітніх матеріалів і технологій покриття, що забезпечують більшу стійкість деталей до механічних і хімічних впливів. Використання композитних матеріалів, спеціальних сплавів та керамічних вставок дозволяє підвищити експлуатаційну характеристику окремих вузлів системи. Обчислювальні методи оптимізації конструкції, які включають математичне моделювання і симуляцію умов навантаження, сприяють виявленню критичних зон у конструкціях і розробці заходів щодо їх посилення. Результати таких досліджень дозволяють не тільки подовжити строк експлуатації гідросистем, але й забезпечити підвищення рівня безпеки експлуатації транспортних засобів [2].

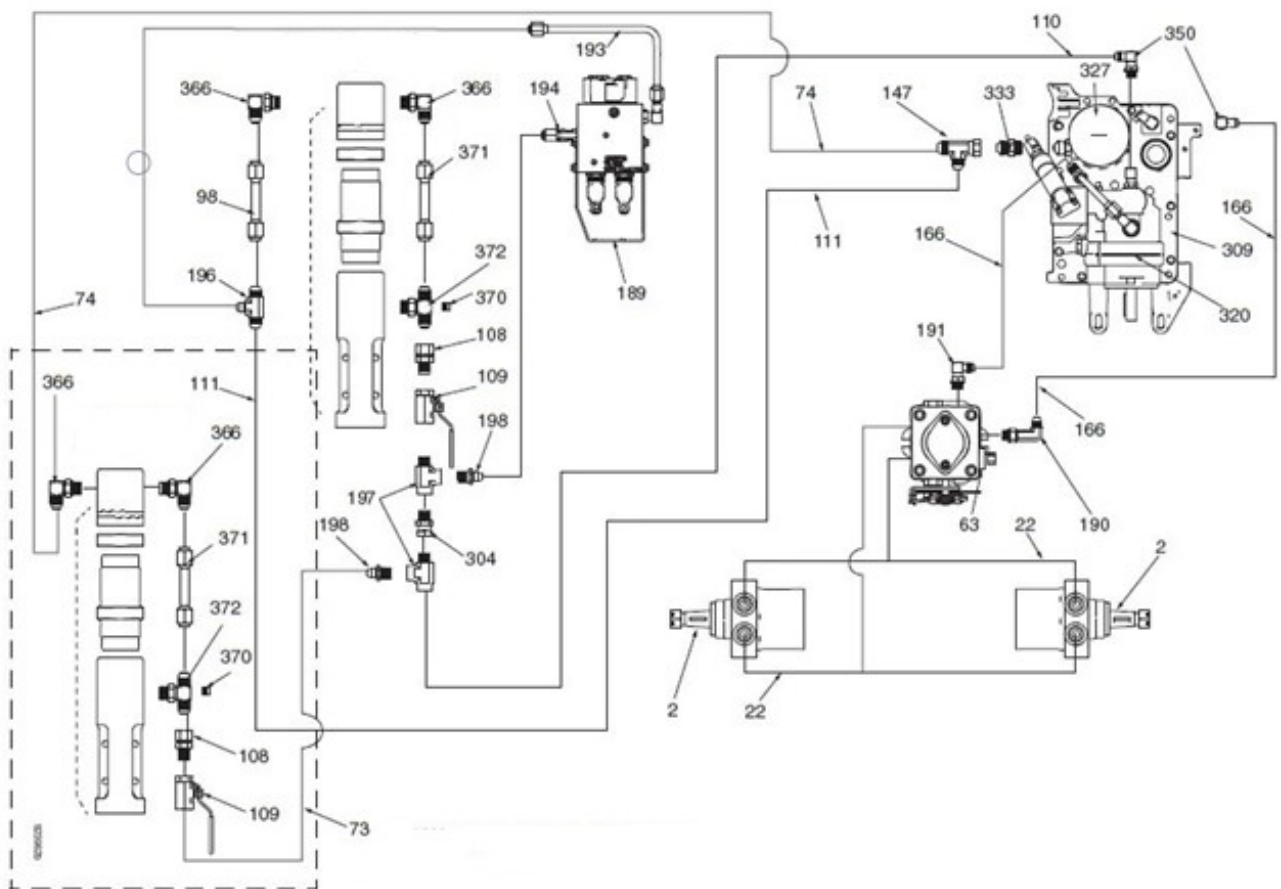


Рисунок 1.3. Схема гідравлічної система Caterpillar 320.

У підсумку, сучасні конструкції автомобільних гідросистем відзначаються високою складністю, обумовленою інтеграцією механічних, електронних і комп'ютерних рішень, що забезпечують ефективну передачу гідравлічної енергії та контроль над роботою системи. Врахування специфіки експлуатаційних навантажень, застосування модульних конструктивних рішень та впровадження сучасних методів діагностики сприяють оптимізації процесів ремонту, зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності гідросистем у транспортних засобах. Подальші науково-технічні дослідження у даній області спрямовані на подальше удосконалення матеріально-технічних основ, розробку інтелектуальних систем моніторингу та прогнозування зносу, що, без сумніву, відкриє нові горизонти в підвищенні ефективності роботи сучасних автомобільних гідросистем.

1.2 Сучасні підходи і методи ремонту гідравлічних систем транспортних засобів.

Сучасні підходи та методи ремонту гідравлічних систем транспортних засобів формуються на основі комплексного аналізу технічного стану елементів системи, використання високотехнологічного обладнання для діагностики, а також впровадження інноваційних технологічних процесів для підвищення ефективності ремонтних робіт. З огляду на підвищені вимоги до безпеки та надійності сучасних транспортних засобів, ремонт гідросистем став багатокомпонентним процесом, що включає попередню оцінку ресурсу агрегатів, прогнозування потенційних відмов та цілеспрямоване усунення виявлених дефектів із мінімальним втручанням у конструкцію.

На стадії діагностики активно застосовуються методи гідравлічного стендування, що дозволяє оцінити реальні параметри роботи гідроагрегатів під навантаженням, електронна реєстрація змін тиску, швидкості потоку робочої рідини та температурних режимів, що створює можливість виявлення прихованих дефектів, таких як мікропротікання, кавітаційні ушкодження чи нестабільність роботи регулюючих пристроїв. За допомогою спектрального

аналізу робочої рідини визначаються сторонні домішки, які можуть свідчити про внутрішній знос компонентів або некоректну роботу ущільнюючих елементів.

Процедури поточного ремонту зазвичай обмежуються заміною елементів, що швидко зношуються, як-от ущільнювачів, манжет, фільтрів, а також виконанням регламентованих робіт з очищення внутрішніх поверхонь гідроліній і резервуарів. Крім того, здійснюється контроль калібрування клапанів та перевірка наявності нормативних зазорів у рухомих з'єднаннях [3]. Водночас капітальний ремонт передбачає суттєвіші втручання, включаючи відновлення геометрії гідроциліндрів шляхом хромування штоків, розточування та хонінгування корпусів, реставрацію гідророзподільників і насосів із використанням високоточного обладнання для доведення робочих поверхонь.

Істотною тенденцією сучасних методів ремонту є перехід до так званого сервісного обслуговування на основі стану (Condition-Based Maintenance, CBM), що дозволяє скоротити обсяги непланових ремонтів завдяки постійному моніторингу параметрів роботи гідросистеми в реальному часі. У цьому контексті набувають поширення цифрові системи діагностики, оснащені сенсорними мережами та програмним забезпеченням для аналізу великих обсягів даних, що дозволяє виявити мінімальні відхилення від нормативних характеристик задовго до прояву критичних відмов.

У рамках відновлення деталей активно застосовуються технології наплавлення з використанням лазерного обладнання, термічне напилення зносостійких матеріалів, а також сучасні методи ремонту з використанням композитних матеріалів, що забезпечують підвищену стійкість до стирання і корозії. В окремих випадках, зокрема при ремонті дороговартісних агрегатів, практикується застосування технологій адитивного виробництва (3D-друк металевими порошками), що дозволяє відновлювати деталі складної геометрії без втрати механічних властивостей.

Значне місце в сучасних підходах посідає стандартизація процедур обслуговування та ремонту, що дає змогу забезпечити відтворювану якість відновлювальних робіт та відповідність міжнародним стандартам якості та

безпеки, таким як ISO 9001 і ISO/TS 16949. Крім того, важливим аспектом є екологічність ремонтних процесів, що передбачає належну утилізацію використаної робочої рідини, фільтрів та інших матеріалів, а також впровадження методів зниження енергоспоживання при виконанні ремонтних робіт.



Рисунок 1.4. Стенд для діагностики насосів гідропідсилювача керма.

Таким чином, сучасний ремонт гідравлічних систем транспортних засобів є високотехнологічним і комплексним процесом, який передбачає не лише відновлення працездатності системи, а й запобігання майбутнім відмовам за рахунок інтеграції передових технологій діагностики, модульної заміни елементів, високоточного відновлення деталей і використання інноваційних

матеріалів та методів. Розвиток цих підходів зумовлюється потребами в підвищенні надійності автомобільної техніки, зниженні витрат на експлуатацію і забезпеченні високого рівня безпеки дорожнього руху.

Розглядаючи приклади застосування сучасних методів ремонту для окремих типів гідравлічних систем транспортних засобів, слід звернути увагу на рульові гідропідсилювачі, гальмівні системи з гідроприводом та гідропневматичні підвіски.

При ремонті гідропідсилювачів керма основною проблемою є знос насосів, протікання рідини через ущільнення та пошкодження гідроциліндрів. Діагностика починається із вимірювання тиску, створюваного насосом, а також перевірки наявності сторонніх шумів під час роботи системи [5]. У разі виявлення витоків здійснюється заміна сальників та манжет, при зниженні продуктивності насоса — його розбирання, дефектування і, за потреби, заміна підшипників або відновлення корпусу методом наплавлення із подальшою механічною обробкою. Сучасна практика також включає застосування ремонтних комплектів, що дають змогу замінити усі зношені елементи агрегату за один ремонтний цикл, що забезпечує відновлення заводських характеристик системи.

У випадку гальмівних систем із гідравлічним підсиленням основними несправностями є витoki гальмівної рідини, втрата тиску у магістралях та знос ущільнень головного гальмівного циліндра. Ремонтні роботи передбачають обов'язкове використання стендів для перевірки тиску і герметичності системи. При виявленні несправностей головного циліндра застосовується метод хонінгування його внутрішньої поверхні для відновлення шорсткості, що забезпечує належне прилягання ущільнень. Заміна гідротрубок і з'єднань здійснюється відповідно до вимог нормативних документів, щодо робочого тиску і температурної стійкості матеріалів.

Гідропневматичні підвіски, які застосовуються переважно на автомобілях преміального класу або спеціалізованих транспортних засобах, мають специфічні вимоги до ремонту через складність конструкції. Частими

несправностями є витоки через пошкодження мембран або корозія компонентів гідропневматичних сфер. При ремонті таких систем широко застосовується метод регенерації сфер шляхом заміни внутрішніх мембран і заправки систем спеціальним газом (зазвичай азотом) під встановленим тиском. Застосовується також спеціалізоване обладнання для вакуумування підвіски перед заповненням, що забезпечує правильну роботу системи без повітряних домішок [6].

Особливого значення набувають методи, так званого, селективного ремонту, коли відновлюються лише ті елементи, що реально зазнали зносу або ушкодження, без повної заміни вузла, що дозволяє суттєво знизити вартість обслуговування. При цьому особлива увага приділяється підбору сумісних матеріалів ущільнень, оскільки сучасні робочі рідини можуть мати підвищену хімічну агресивність.

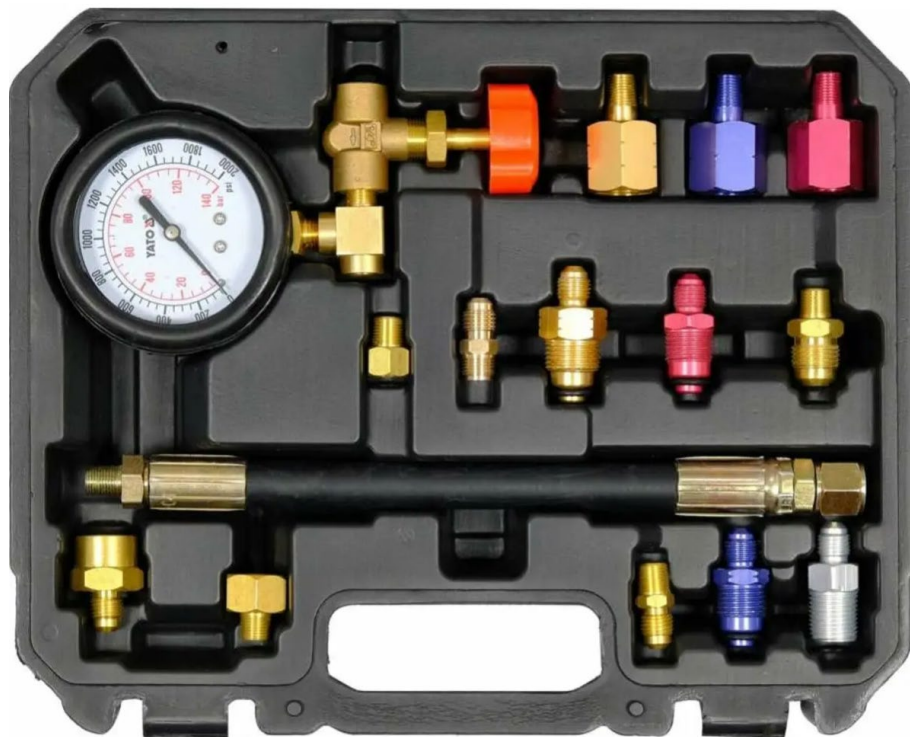


Рисунок 1.5. Діагностичний набір для гідросистеми.

На практиці часто використовуються сервісні технології швидкої заміни модулів гідросистем, наприклад, у випадку пошкодження гідропідсилювача керма або гідронасоса АКПП, що дозволяє зменшити час простою автомобіля і

підвищити якість обслуговування завдяки використанню оригінальних або відновлених за заводськими стандартами агрегатів.

Таким чином, вибір методу ремонту гідросистеми автомобіля залежить від типу системи, ступеня її пошкодження, умов експлуатації та економічної доцільності відновлювальних робіт. Впровадження сучасних технологій діагностики, високоточних методів обробки матеріалів та автоматизація ремонтних процесів сприяють підвищенню ефективності та надійності ремонтних операцій, що, у свою чергу, позитивно впливає на експлуатаційні характеристики автомобіля загалом [7].

Окремим важливим напрямом ремонту гідравлічних систем транспортних засобів є обслуговування та заміна гідравлічних трубопроводів, які забезпечують передачу робочої рідини між елементами системи під високим тиском. У процесі експлуатації трубопроводи піддаються впливу вібраційних навантажень, гідроударів, перепадів температур, а також можуть зазнавати корозійних ушкоджень, що призводить до втрати герметичності або зменшення пропускної здатності.

При виявленні механічних ушкоджень трубопровідних ліній, таких як тріщини, деформації чи протікання в місцях з'єднань, здійснюється їх заміна або локальний ремонт. Одним із ключових етапів у процесі виготовлення або ремонту металевих трубопроводів є операція розвальцювання кінців труб. Розвальцьовка дозволяє сформувати на трубці спеціальну конічну або сферичну поверхню, яка забезпечує надійне ущільнення при з'єднанні з відповідними фітінгами або арматурою. Для проведення розвальцювання застосовуються спеціальні інструменти — механічні або гідравлічні розвальцьовувачі, що дозволяють отримати необхідну геометрію й розміри розвальцьованої частини трубопроводу відповідно до стандартів (наприклад, DIN, SAE або ISO). При цьому особливу увагу приділяють підготовці кінця трубки — правильному обрізанню під прямим кутом, очищенню та зняттю фаски для уникнення мікротріщин, які можуть спричинити руйнування при подальшій експлуатації.

У разі виготовлення нових ділянок трубопроводу важливо забезпечити точне дотримання радіусів вигинів, щоб уникнути зменшення прохідного перерізу або виникнення внутрішніх напружень. Для цього використовуються трубогини, що дозволяють формувати вигини без заломів. Після встановлення нових трубопроводів обов'язково проводиться гідравлічне випробування системи на герметичність і міцність під тиском, що перевищує робочий, для гарантії надійності з'єднань. Застосування якісних матеріалів трубопроводів, таких як сталеві або мідні труби із спеціальним антикорозійним покриттям, а також правильна технологія розвальцювання значно збільшують ресурс експлуатації гідросистеми та зменшують ризик виникнення аварійних ситуацій. Таким чином, правильна заміна трубопроводів і професійне виконання розвальцювання є невід'ємними складовими сучасних методів ремонту гідравлічних систем транспортних засобів, що забезпечують високу надійність роботи системи, підвищення безпеки експлуатації транспортного засобу та зниження витрат на подальше технічне обслуговування [8].

Отже, сучасні підходи до ремонту гідравлічних систем транспортних засобів базуються на принципах комплексної діагностики, цільового відновлення окремих компонентів і застосування високотехнологічних методів обробки матеріалів. Застосування спеціалізованого обладнання для розвальцювання трубопроводів, відновлення насосів і гідроциліндрів, регенерації гідропневматичних елементів, а також впровадження сервісних технологій на основі фактичного стану обладнання суттєво підвищують ефективність ремонтних заходів. Розвиток цифрових технологій моніторингу і використання новітніх матеріалів сприяють збільшенню ресурсу гідросистем і зменшенню витрат на технічне обслуговування, що є важливою умовою забезпечення надійної й безпечної експлуатації сучасних транспортних засобів.

1.3 Дослідження існуючих видів оснастки для ремонту трубопроводів гідросистеми транспортних засобів.

У процесі технічного обслуговування та ремонту гідросистем транспортних засобів особливе місце займають операції з ремонту та заміни

трубопроводів, які забезпечують транспортування робочої рідини під високим тиском. Оскільки трубопроводи піддаються значним механічним навантаженням, вібраціям, гідроударам і корозійному впливу, їх ушкодження або знос є однією з найпоширеніших причин виходу з ладу гідросистеми. Для забезпечення якісного відновлення трубопроводів використовується широкий спектр спеціалізованої оснастки, яка дозволяє виконувати роботи з високою точністю і відповідно до встановлених технічних вимог [10].

Одним із основних видів оснастки для ремонту трубопроводів є ручні та гідравлічні трубогини. Вони призначені для формування необхідних радіусів вигинів труб без пошкодження перерізу та втрати міцності матеріалу. Сучасні трубогини дозволяють вигинати труби з різних матеріалів, таких як сталь, мідь чи алюмінієві сплави, із збереженням постійного внутрішнього діаметра, що є критичним для ефективної роботи гідросистеми. Застосування шаблонів і змінних матриць різного діаметра забезпечує точне дотримання геометрії вигинів, що відповідає специфікаціям виробника транспортного засобу.



Рисунок 1.6. Ручний трубогин важільний для круглої труби.

Ще одним важливим видом оснастки є пристрої для розвальцювання кінців труб, які забезпечують формування конічних або сферичних з'єднань для надійного ущільнення у фітингових з'єднаннях. Існують механічні розвальцювачі, які працюють за допомогою ручного приводу, а також електрогідравлічні установки, що забезпечують високу якість обробки кінців труб навіть при великих діаметрах або товщині стінок. Вибір типу

розвальцьовувача залежить від умов експлуатації, матеріалу труби та вимог до герметичності з'єднання [11]. Використання високоточної оснастки для розвальцьовування гарантує мінімальне навантаження на матеріал труби, запобігаючи появі мікротріщин, що особливо важливо при роботі в умовах високого тиску.

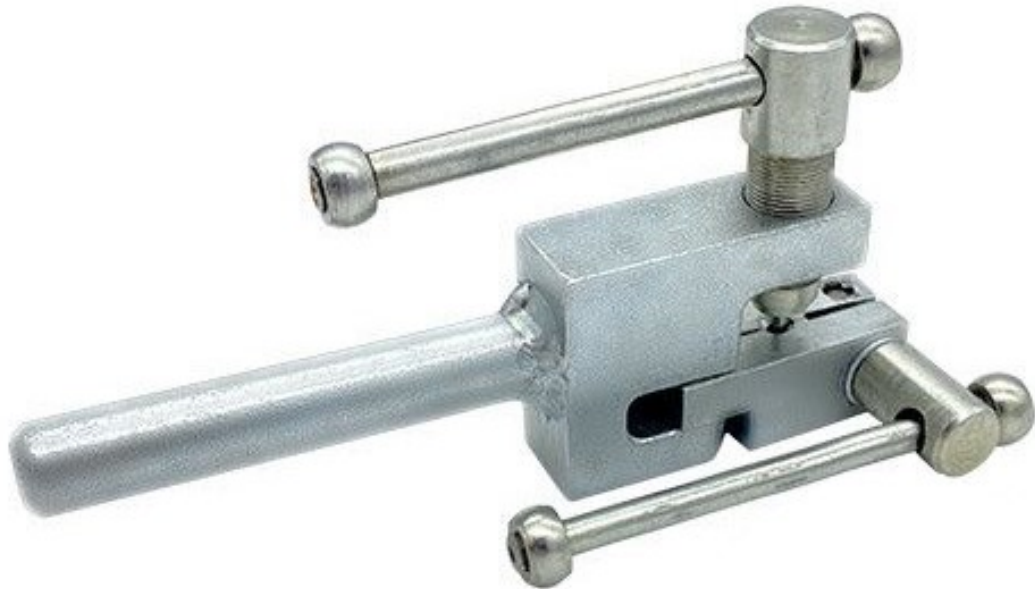


Рисунок 1.7. Развальцьовувач гальмівних труб.

Для відновлення трубопроводів також широко застосовуються обрізні пристрої, які забезпечують точне різання труб під прямим кутом без деформації кінців. Це дозволяє забезпечити ідеальне прилягання при розвальцьовці та монтажі фітингів.

Окрему категорію оснастки складають пристрої для обтиску та з'єднання трубопроводів — гідравлічні або електромеханічні прес-кліщі, які дозволяють виконувати монтаж прес-фітингів без необхідності зварювання або різьблення. Така технологія істотно скорочує час ремонту й підвищує надійність з'єднань за рахунок рівномірного розподілу обтискного зусилля по всьому периметру фітинга.

Для діагностики трубопроводів на предмет внутрішніх пошкоджень або засмічення застосовуються внутрішні оглядові камери з підсвічуванням, які дають змогу оцінити стан труби по всій довжині без її демонтажу. Використання

таких технологій дозволяє вчасно виявляти дефекти та запобігати серйозним аваріям у гідросистемі.



Рисунок 1.8. Обтискний верстат для шлангів.

Таким чином, існуюча оснастка для ремонту трубопроводів гідросистем транспортних засобів охоплює весь комплекс інструментів для вигину, різання, розвальцювання, обтиску та діагностики труб. Постійне вдосконалення конструкцій цих пристроїв сприяє підвищенню ефективності ремонтних робіт, забезпечує високу якість з'єднань та сприяє продовженню строку служби гідросистем транспортних засобів. Розвиток оснастки орієнтується на підвищення точності обробки, ергономічність використання і зменшення часу на виконання ремонтних операцій, що відповідає сучасним вимогам до технічного обслуговування автомобільного транспорту.

Дослідження існуючих видів оснастки для ремонту трубопроводів гідросистем транспортних засобів показало, що сучасні технічні засоби

забезпечують високий рівень точності обробки труб і надійність з'єднань. Використання спеціалізованих трубогинів, розвальцьовувачів, труборізів і обтискних пристроїв дозволяє якісно виконувати ремонт трубопроводів з мінімальними витратами часу та ресурсів [12]. Постійне удосконалення конструкції оснастки сприяє підвищенню ефективності ремонтних робіт, подовженню терміну служби гідросистем і зниженню ймовірності виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації транспортних засобів. Застосування сучасних інструментів і методів ремонту є важливою умовою забезпечення надійності транспортних засобів і підвищення безпеки дорожнього руху.

1.4 Огляд сучасних пристроїв для розвальцьовування трубопроводів.

Пристрої для розвальцьовування труб є невід'ємною складовою оснастки, що використовується при ремонті трубопроводів гідросистем автомобілів. Основною функцією цих пристроїв є формування спеціалізованих кінцевих профілів труб, які забезпечують герметичні з'єднання із фітингами або іншими елементами системи під дією високого робочого тиску. Розвальцьовування дозволяє створити правильну геометрію кінців труб, необхідну для забезпечення високої міцності і щільності ущільнення у вузлах з'єднання.

За принципом роботи пристрої для розвальцьовування можна класифікувати на ручні, механічні з важільним приводом та електрогідравлічні установки (див. Таблиця 1.1). Ручні розвальцьовувачі використовуються переважно для труб малого діаметра (до 10–12 мм) і виготовлені у вигляді компактних механізмів, що складаються з тримача труби, клинового або конусного елемента та важеля. Обробка виконується шляхом обертання конусного інструмента, який поступово деформує кінець труби відповідно до заданого профілю. Основними перевагами ручних розвальцьовувачів є портативність, простота використання та можливість експлуатації в обмежених просторах автомобіля. Проте вони потребують значних фізичних зусиль оператора і мають обмеження щодо товщини стінок труби [13].

Таблиця 1.1

Класифікація розвальцьовувачів для труб з описом їхніх переваг і недоліків:

Тип розвальцьовувача	Переваги	Недоліки
Ручні розвальцьовувачі	- Простота використання	- Потрібно значні фізичні зусилля оператора
	- Легкість у транспортуванні та зберіганні	- Обмежена ефективність для труб великих діаметрів і товстих стінок
	- Низька вартість	- Обмежена точність при великих обсягах робіт
Механічні розвальцьовувачі	- Висока точність обробки та стабільність результатів	- Необхідність у фізичних зусиллях оператора для обертання важеля
	- Можливість використання для труб різного діаметра	- Більш громіздкі порівняно з ручними
	- Забезпечення рівномірного навантаження при деформації	- Необхідність постійного регулювання та заміни деталей для інших розмірів
Електрогідравлічні розвальцьовувачі	- Висока продуктивність і швидкість обробки	- Вища вартість порівняно з іншими типами
	- Автоматизація процесу з мінімальним залученням оператора	- Потребують доступу до електричної та гідравлічної системи
	- Точність налаштувань, можливість регулювання обробки під різні розміри труб	- Великі габарити, що обмежує їх використання в обмежених умовах
	- Мінімізація людського фактора в процесі роботи	- Вища вимога до обслуговування та ремонту самої установки

Ця таблиця дозволяє наочно порівняти різні типи розвальцьовувачів і допомагає визначити найкращий варіант для конкретних умов ремонту або технічного обслуговування гідросистем автомобілів. Вибір залежить від

технічних вимог, матеріалу труб, необхідної швидкості виконання робіт та доступності обладнання.

Більш продуктивними є механічні пристрої (див. Рисунок. 1.7) з важільним або гвинтовим приводом. Такі установки забезпечують стабільні результати обробки за рахунок кращого контролю деформуючого зусилля і рівномірного розподілу навантаження по поверхні обробки. Механічні пристрої можуть бути стаціонарними або переносними і часто оснащуються змінними матрицями для розвальцьовування труб різного діаметра та матеріалу. Їх конструкція передбачає високоточне центрування труби у тримачі, що виключає зміщення профілю і зменшує ризик утворення тріщин або нерівностей на поверхні деформації [15].



Рисунок 1.9. Розвальцьовальний набір для труб DSZH Super Stars ST-R806FT-L.

Найбільш технологічно досконалыми є електрогідравлічні розвальцьовувачі, які застосовуються переважно в умовах стаціонарних ремонтних майстерень або на виробництві. Ці пристрої використовують гідравлічний привід для забезпечення високих зусиль обробки з мінімальним залученням оператора. Електрогідравлічні системи дозволяють точно регулювати швидкість і величину деформаційного зусилля, що особливо важливо при роботі з трубами з тонкими стінками або з матеріалів, чутливих до перевантажень, таких як алюмінієві сплави або мідь. Автоматизація процесу розвальцьовування мінімізує ймовірність помилок оператора, підвищує однорідність якості обробки і значно скорочує час проведення ремонтних операцій.



Рисунок 1.10. Пристрій для розвальцювання труб ХТУ-00005-01.

Залежно від типу з'єднання, що формується, розрізняють розвальцьовувачі для створення одиночної (45° або 37° конічної) фаски, подвійної розвальцювання, а також інструменти для формування сферичних з'єднань, що широко застосовуються у гальмівних та паливних системах. Сферичні розвальцьовувачі формують напівкруглу поверхню на кінці труби, яка у поєднанні з відповідним сидлом фітинга забезпечує високий рівень герметичності та стійкість до вібраційних навантажень.

Якість розвальцьовування безпосередньо залежить від точності центрування труби у пристрої, чистоти обробки і контролю параметрів процесу. Тому сучасні розвальцьовувачі оснащуються системами швидкого захоплення труби, обмежувачами глибини деформації та каліброваними індикаторами для візуального контролю за процесом. Для запобігання пошкодженню внутрішньої поверхні труби використовуються вставки або оправки відповідного діаметра, які забезпечують підтримку труби зсередини під час деформації.



Рисунок 1.11. Пристрій для розвальцювання труб WJ0100.

Таким чином, пристрої для розвальцьовування труб відіграють ключову роль у забезпеченні надійності та герметичності з'єднань трубопроводів у

гідравлічних системах автомобілів. Вибір типу розвальцьовувача визначається умовами ремонту, розмірами трубопроводів, матеріалами труб і вимогами до експлуатаційних характеристик з'єднання [20]. Сучасні тенденції розвитку таких пристроїв орієнтовані на автоматизацію процесу, підвищення точності обробки та спрощення роботи оператора, що в цілому сприяє підвищенню ефективності технічного обслуговування і ремонту автомобільних гідросистем.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування доцільності розробки пристрою для розвальцювання труб.

Розробка пристрою для розвальцювання труб автомобіля є не лише технічним, а й економічно доцільним кроком у вдосконаленні процесу ремонту та обслуговування автомобільних гідросистем. Сучасні автомобільні гідравлічні системи включають в себе різноманітні компоненти, такі як гальмівні системи, підсилювачі керма, охолодження двигуна та інші, де трубопроводи відіграють важливу роль у передаванні рідин під високим тиском. Герметичні і надійні з'єднання трубопроводів забезпечують ефективну роботу цих систем, а також впливають на безпеку та довговічність автомобіля в цілому. Від того, наскільки правильно виконано розвальцювання труб та їх з'єднання з фітінгами, залежить не тільки функціональність гідравлічної системи, але й можливість виникнення витоків або поломок, що може призвести до серйозних поломок та аварій.

Розвальцювання труб є важливим процесом для створення герметичних і міцних з'єднань між трубами та фітінгами. Це забезпечує належну герметичність і запобігає витокам рідини з гідросистеми, що може привести до зниження ефективності роботи автомобіля або його відмови. Однак традиційні методи розвальцювання труб, що використовуються в ремонті автомобілів, мають низку недоліків, зокрема обмежену точність, вимогливість до кваліфікації майстра та великий час на налаштування інструментів. Це може призводити до недостатньої герметичності або механічних пошкоджень труб, що у свою чергу веде до необхідності повторних виправлень та збільшення вартості ремонту [22].

Тому розробка ручного пристрою для розвальцювання труб є доцільною, оскільки він надасть такі переваги, як висока точність, зручність використання, мобільність та економічність. Зокрема, ручний пристрій дозволяє

виконувати розвальцьовування труб без використання великогабаритного обладнання, що є важливим в умовах обмеженого простору, наприклад, у моторному відсіку автомобіля або на обмежених ділянках автосервісу. Така універсальність дозволяє значно спростити процес ремонту та обслуговування, зменшуючи потребу в переміщенні автомобіля на спеціалізовану ділянку.

Особливо важливою є мобільність ручного пристрою, що дозволяє виконувати розвальцьовування труб без потреби в переміщенні автомобіля або частковому розбиранні гідравлічних систем. Це значно зменшує час на виконання операцій, що критично важливо для автосервісів, які мають велику кількість автомобілів на обслуговуванні і потребують швидкого ремонту. Оскільки ручний пристрій є компактним і легким у використанні, це дозволяє робити точні розвальцьовування навіть у важкодоступних місцях, що часто буває необхідно при ремонті гідравлічних систем в автомобілях.

Ще однією суттєвою перевагою ручного пристрою є економічність. Розробка такого пристрою вимагає мінімальних фінансових витрат порівняно з більш складними механічними чи автоматизованими системами [23]. Це дозволяє автосервісам і ремонтним майстерням, особливо з обмеженим бюджетом, забезпечити високу якість ремонту при невеликих витратах на інструмент. Такий пристрій може стати доступним навіть для малих підприємств, які займаються ремонтом автомобілів, що розширює можливості для їх розвитку та покращує конкурентоспроможність на ринку послуг.

Враховуючи те, що ручний пристрій для розвальцьовування труб забезпечує високу точність виконання, це дозволяє не тільки створювати герметичні з'єднання, але й значно зменшувати ризик виникнення дефектів, таких як тріщини або пошкодження труб. Ці дефекти можуть виникати, якщо розвальцьовування виконано неналежним чином, що призводить до утворення слабких місць у трубопроводі, де може статися витік рідини або газу. Тому забезпечення точної геометрії з'єднання, яку може гарантовано виконати ручний

пристрій, дозволяє мінімізувати ймовірність таких проблем і покращити загальну надійність гідравлічних систем автомобіля.

Ще однією значущою перевагою є зручність і простота експлуатації. Ручний пристрій може бути оснащений регулюванням для підбору відповідного зусилля, що дозволяє налаштувати процес розвальцьовування залежно від характеристик трубопроводів, таких як їх діаметр, товщина стінок або матеріал. Це дозволяє обробляти трубопроводи різних типів, що робить пристрій універсальним і багаторазовим інструментом для ремонту різних автомобільних систем [25].

Таким чином, розробка ручного пристрою для розвальцьовування труб автомобіля є доцільною з технічної та економічної точки зору. Такий пристрій забезпечить високу точність і ефективність процесу розвальцьовування труб, зменшить ризик дефектів і витоків, а також дозволить виконувати ремонтні роботи швидше та з меншими витратами. Це стане важливим етапом у вдосконаленні технічного обслуговування автомобільних гідросистем і підвищить загальний рівень безпеки та надійності транспортних засобів.

2.2 Розробка пристрою для розвальцьовування труб.

Розробка ручного пристрою для розвальцьовування труб систем транспортного засобу є важливою складовою процесу підвищення ефективності технічного обслуговування й ремонту. У сучасних автомобілях трубчасті системи — зокрема гальмівна, паливна, гідравлічна, а також системи охолодження — відіграють ключову роль у забезпеченні надійності та безпеки експлуатації. Елементи цих систем виготовляються з різноманітних металів та сплавів і часто мають стандартну або спеціалізовану геометрію з'єднань, для формування якої необхідне розвальцьовування — процес, що забезпечує механічне ущільнення та фіксацію з'єднання.

Розвальцювання труб є технологічно важливою операцією, яка повинна гарантувати не лише герметичність з'єднання, але й збереження цілісності труби. В умовах автосервісу або польового ремонту надзвичайно актуальним стає використання простих, ефективних та компактних засобів обробки труб, які дозволяють оперативно здійснювати необхідні маніпуляції без залучення громіздкого або дорогого обладнання [26]. Існуючі промислові пристрої, як правило, орієнтовані на стаціонарне використання і не враховують обмеження, які можуть виникати під час ремонту безпосередньо на транспортному засобі або у важкодоступних місцях.

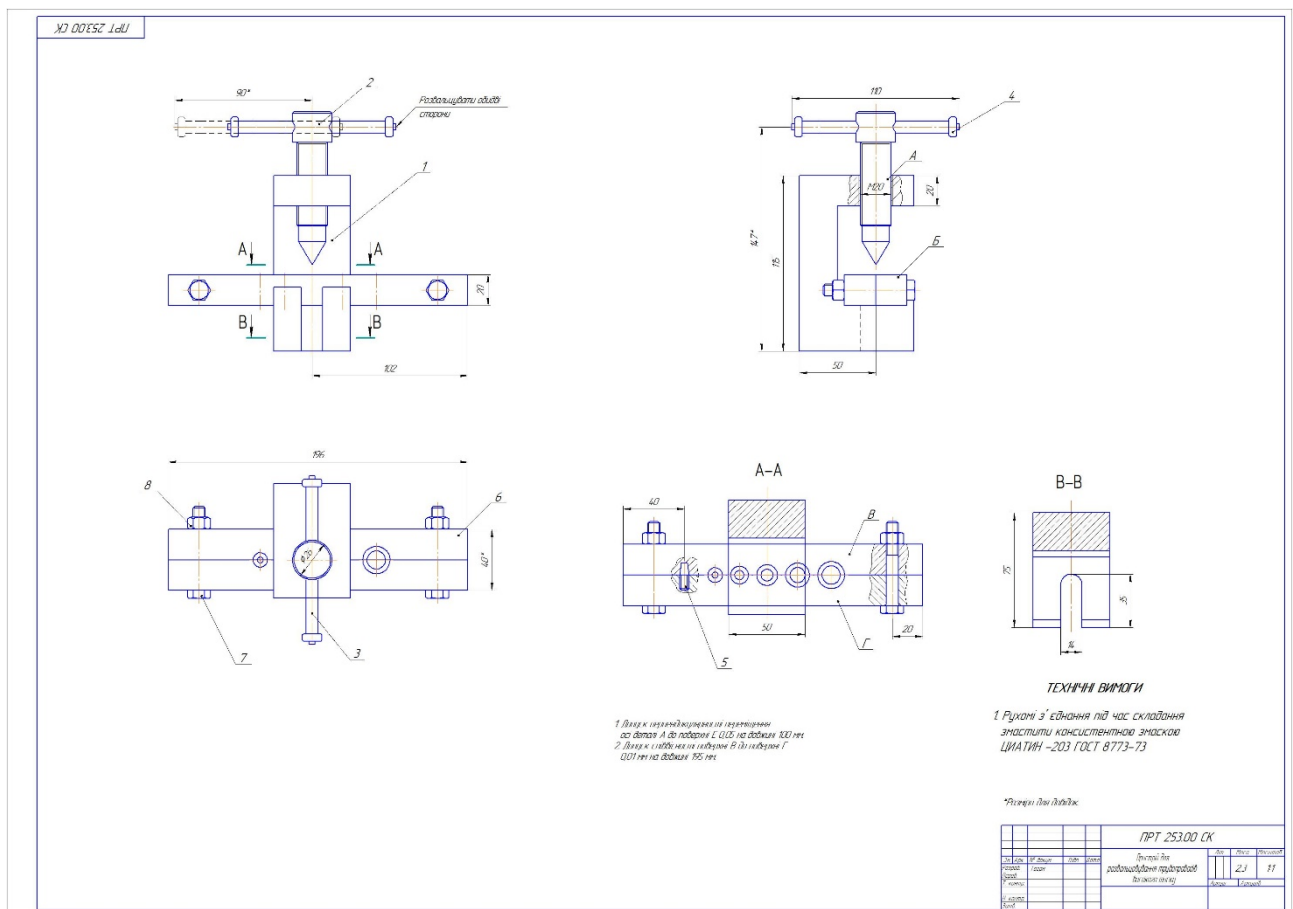


Рисунок 2.1. Пристрій для розвальцювання труб ПРТ 253 складальне креслення.

У зв'язку з цим виникає потреба у створенні ручного пристрою, який би поєднував у собі компактність, простоту конструкції, функціональність та надійність у роботі. Такий пристрій має забезпечувати можливість обробки труб різного діаметра та товщини стінки, що дозволяє застосовувати його для широкого спектру завдань. Основним завданням при розробці конструкції є

приводу, які дозволяють точно дозувати зусилля і забезпечують стабільну роботу пристрою без потреби у додатковому джерелі енергії.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	При- мітки	
Перв. застосує.							
Додат. №							
A1			ПРТ 253.00 СК	Складальне креслення			
Деталі							
A3	1		ПРТ 253.01	Корпус	1		
A4	2		ПРТ 253.02	Гвинт стяжний	1		
A4	3		ПРТ 253.03	Стержень	1		
A4	4		ПРТ 253.04	Шайба	2		
A4	5		ПРТ 253.05	Штифт	1		
A3	6		ПРТ 253.06	Пластина зажимна	2		
БК	7		ПРТ 253.07	Болт	2		
БК	8		ПРТ 253.08	Гайка	2		
Підп. і дата							
Інв. № докл.							
Взам. інв. №							
Підп. і дата							
Інв. № ориг.							
Зм.	Арк	№ докцм.	Підп.	Дата	ПРТ 253.00 СП		
Розроб.	Тоған				Пристрій для розвальцювання трубопроводів високого тиску		
Перев.							
Н.контр.							
Затв.					Літ.	Аркуш	Аркушів
							1

Копіював

Формат А4

Рисунок 2.3. Пристрій для розвальцювання труб ПРТ 253 специфікація.

Розроблений пристрій орієнтований на використання в умовах технічного обслуговування автотранспортних засобів як у стаціонарних умовах, так і в мобільних ремонтних бригадах. Його впровадження дозволить значно скоротити час, необхідний для підготовки труб до з'єднання, зменшити ймовірність помилок у процесі обробки та, відповідно, підвищити якість і надійність ремонту. Крім того, універсальність конструкції забезпечує можливість її використання у суміжних галузях, зокрема в сільському господарстві, промисловості, будівництві, де також використовуються трубчасті елементи з аналогічними вимогами до обробки.

У перспективі подальша оптимізація конструкції може бути спрямована на автоматизацію окремих процесів, удосконалення матеріалів для покращення ресурсу роботи пристрою, а також впровадження змінних модулів для розвальцювання труб різної форми перерізу. Таким чином, розробка ручного пристрою для розвальцювання труб є не лише актуальним завданням прикладного характеру, але й технічно обґрунтованим рішенням, що здатне підвищити ефективність ремонтно-експлуатаційної діяльності в автотранспортній сфері.

2.3 Розрахунок елементів пристрою для розвальцювання труб.

Гвинт пристрою для розвальцювання труб виконує основну функцію створення осьового зусилля, необхідного для деформації труби та формування розвальцьованої форми. У даній розробці застосовується гвинт із метричною різьбою $M20 \times 1,5$, що забезпечує високу міцність і надійність при компактних розмірах.

Номінальний діаметр різьби становить $D=20$ мм, а крок різьби $R=1,5$ мм. Внутрішній діаметр різьби визначається за стандартними таблицями і дорівнює $d_1=17,546$ мм. Середній діаметр різьби становить $d_2=18,376$ мм

Здійснимо розрахунок гвинта на міцність.

$$\sigma_{\zeta i} \leq [\sigma]_{\zeta i} \quad (2.1)$$

$$\text{де } \sigma_{\zeta i} = \frac{Q}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \quad (2.2)$$

де Q - осьова сила $Q=5$ кН

d_2 - середній діаметр різьби для М20

h - висота профілю $h=0,95$ мм

z - число витків різьби

$$z = \frac{H}{R} \quad (2.3)$$

де H – довжина різьби

R – крок різьби

$$z = \frac{50}{1,5} = 33 \quad (2.4)$$

$[\sigma]_{\zeta i}$ - допустиме напруження на змінання в різьбі $[\sigma]_{\zeta i} = (0,8 \dots 1)$

$\cdot \sigma_{\tau}$ для сталі $45 \cdot \sigma_{\tau} = 360$ МПа

$$[\sigma]_{\zeta i} = 360 \cdot 0,8 = 288 \text{ МПа} \quad (2.5)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{5000}{3,14 \cdot 18,376 \cdot 0,95 \cdot 33} = 2,76 \text{ МПа} \quad (2.6)$$

$$2,76 \text{ МПа} < 288 \text{ МПа}$$

Відповідно до отриманих результатів розрахунку, можна з упевненістю стверджувати, що різьба гвинта пристрою для розвальцювання труб має достатній запас міцності для забезпечення безпечної та ефективної роботи в умовах, характерних для ремонту та обслуговування транспортних засобів. Проведений аналіз показав, що при вибраних геометричних параметрах різьби

M20×1,5 та використанні конструкційної сталі з допустимим напруженням 360 МПа, гвинт здатен витримувати значне осьове навантаження, яке досягає 87 кН. Такий рівень зусилля є цілком достатнім для виконання операції розвальцювання сталевих і мідних труб малого та середнього діаметра, які застосовуються в гідросистемах транспортних засобів [31].

Таким чином, проведений розрахунок підтверджує доцільність використання гвинта з різьбою M20×1,5 у складі ручного пристрою для розвальцювання труб. Конструкція забезпечує високий рівень працездатності, має достатній запас міцності, проста у виготовленні та обслуговуванні. Це дозволяє розглядати розроблений вузол як ефективне рішення для підвищення якості й оперативності виконання ремонтно-сервісних робіт, пов'язаних із обслуговуванням гідравлічних систем транспортних засобів.

3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Основні причини та наслідки виходу з ладу трубопроводів гідросистеми транспортного засобу.

У процесі тривалої експлуатації транспортних засобів, особливо вантажних автомобілів, спецтехніки та сільськогосподарських машин, гідравлічна система постійно піддається дії агресивних факторів: вібрацій, перепадів температур, гідроударів, динамічного навантаження, а також зовнішніх механічних впливів. Основними елементами, що страждають у таких умовах, є трубопроводи, які слугують для транспортування гідравлічної рідини від насоса до робочих органів системи. Їхній вихід з ладу може призводити не лише до зниження ефективності роботи гідросистеми, але й до повної зупинки функціонування транспортного засобу.

Серед найчастіших поломок, що вимагають заміни трубопроводів, варто зазначити розриви металевих або гумових гнучких елементів унаслідок перевищення допустимого тиску або гідроудару. Також досить розповсюдженим є утворення тріщин і витоків у місцях вигину труб або в точках кріплення, де через постійне навантаження та вібрації відбувається втома матеріалу. Корозійне ураження, особливо при експлуатації техніки в умовах підвищеної вологості або дії хімічних реагентів (наприклад, взимку на дорогах), теж є серйозним фактором пошкодження металевих трубопроводів.

Особливо варто звернути увагу на пошкодження кінців трубопроводів — місць, де труби приєднуються до фітингів або штуцерів. Внаслідок багаторазового демонтажу та монтажу, механічного зношення або неправильного затягування з'єднань ці ділянки деформуються, що веде до порушення герметичності. Часто саме в таких випадках повна заміна трубопроводу є необхідною, однак, для забезпечення надійного з'єднання нової труби із фітингом, потрібно виконати правильну обробку її кінця — розвальцювання.

Застосування пристрою для розвальцювання дає можливість створити фасонну форму торця труби відповідно до типу використовуваного з'єднання.

Розвальцьований край забезпечує щільне прилягання до ущільнювального елемента або безпосередньо до посадкової поверхні штуцера, тим самим запобігаючи витоків робочої рідини. Це особливо важливо при високому тиску в системі, коли навіть незначна щілина або перекис може призвести до негерметичності й витоків.

Типовим прикладом такої ситуації є ремонт гідропідсилювача керма або гідравлічного приводу навісного обладнання. При заміні старих, зношених трубопроводів на нові — як правило, відрізані зі стандартної труби — потрібно точно обробити торець перед встановленням штуцерного з'єднання. Без розвальцювання якісного герметичного з'єднання досягти практично неможливо. Крім того, використання цього пристрою суттєво підвищує ефективність ремонту — зменшується потреба у дорогих готових трубопроводах, знижується тривалість робіт, а також спрощується логістика запасних частин.

Застосування розвальцьовувальної оснастки дозволяє сервісним майстерням виготовляти трубопроводи безпосередньо на місці, враховуючи реальні параметри довжини, вигину та умов кріплення, що є значною перевагою під час ремонту імпоротної або морально застарілої техніки, для якої важко знайти оригінальні запчастини [28].

Отже, характерні поломки гідравлічної системи, зокрема пошкодження, зношення або деформація трубопроводів, дуже часто потребують їх повної або часткової заміни. У свою чергу, якість і надійність нового з'єднання безпосередньо залежать від точності виконання торцевого розвальцювання. Використання спеціалізованої оснастки для розвальцювання не лише оптимізує процес ремонту, але й значно підвищує довговічність відновленої гідросистеми. Це робить таку технологію невід'ємною частиною сучасного підходу до технічного обслуговування й ремонту транспортних засобів.

3.2 Опис технологічного процесу розвальцювання трубопроводів з допомогою розробленої оснастки.

Ручний пристрій для розвальцювання трубопроводів, зображений на кресленні, застосовується в умовах ремонтних майстерень або безпосередньо на об'єкті експлуатації транспортного засобу. Його основною функцією є формування фасонного краю труби шляхом її пластичної деформації, що дозволяє забезпечити надійне і герметичне з'єднання в гідравлічній системі. Процес роботи з пристроєм поєднує механічну обробку, точну установку та прикладення зусиль з метою отримання відповідної геометрії з'єднання. Ефективність цього процесу значною мірою залежить як від конструкції пристрою, так і від дотримання технологічної послідовності дій.



Рисунок 3.1. Подвійна розвальцьовка.

Роботу розпочинають з визначення діаметра труби та її призначення в системі. Це дозволяє вибрати відповідний отвір у корпусі пристрою для фіксації та правильно підготувати розвальцьовувальний конус. Підготовка труби включає не тільки відрізання заготовки до потрібної довжини, але й

точну механічну обробку торця — поверхня повинна бути чистою, гладкою, без окалини, заусенців і тріщин. Особливо важливо дотримуватись перпендикулярності торця до осі труби, оскільки перекіс може призвести до нерівномірного розвальцювання та витоків у з'єднанні. Для цього використовуються спеціалізовані інструменти, як-от труборізи з напрямними або точильні верстати з упорами.

Після підготовки трубу вставляють у відповідний отвір корпусу пристрою. Положення фіксується за допомогою притискної планки та двох або більше болтів. Це забезпечує жорстке кріплення труби, запобігаючи її зсуву або прокручуванню під час операції. Важливим етапом є встановлення труби на певну висоту — відстань виступу визначається конструктивними особливостями з'єднання, що виготовляється. Наприклад, для конусних з'єднань під кутом 37° або 45° , характерних для високотискових систем, висота виступу строго регламентується для забезпечення правильного профілю розвальцювання. На (рисунках 3.1 та 3.2) показані можливі варіанти розвальцювання труб з допомогою розробленого обладнання.



Рисунок 3.2. Одинарна розвальцювка.

Далі настає основна стадія обробки — процес формування фасонного краю. Розвальцювальний елемент (конус) приводиться в дію вручну за допомогою обертання гвинта або рукоятки. Поступовий рух конуса всередину труби спричиняє її пластичну деформацію. Завдяки високій точності обробки поверхонь конуса і симетрії зусиль, матеріал труби рівномірно розходить в сторони, формуючи характерне конічне або радіусне потовщення. Процес проходить без значного навантаження на трубу, що особливо важливо при роботі з кольоровими металами, які можуть бути чутливими до надлишкової деформації [29]. Робоча частина конуса повинна мати спеціальне покриття або загартування, що знижує тертя і сприяє більш плавному входженню у трубу.

По завершенні розвальцювання конус виймається, трубу звільняють з пристрою, після чого проводиться оцінка якості. Форма краю повинна бути симетричною, гладкою, без складок, тріщин або витоншення матеріалу. Особливу увагу приділяють діаметру та куту розвальцьованої поверхні — саме ці параметри визначають ступінь прилягання труби до з'єднувального елемента. У випадках, коли потрібно підвищити точність, розвальцьований край додатково полірують або калібрують за допомогою шліфувального інструмента або шаблону-калібра.

Застосування такого пристрою дозволяє значно зменшити трудомісткість ремонту гідравлічних трубопроводів, виключити необхідність заводського виготовлення труб і забезпечити ремонтпридатність системи безпосередньо на місці її експлуатації. Завдяки простоті конструкції та надійності механізмів, пристрій забезпечує стабільну якість розвальцювання навіть при багатократному використанні. До того ж, відсутність потреби в електричному живленні робить його зручним у польових умовах.

Таким чином, технологія використання ручного пристрою для розвальцювання базується на принципах механічної обробки тиском, точного позиціонування та прикладення контрольованого зусилля. Вона дозволяє реалізувати операції, які забезпечують довготривалу герметичність та

механічну міцність гідравлічних з'єднань, що особливо важливо в умовах інтенсивної експлуатації транспортних засобів. Застосування додаткової оснастки в цьому процесі не тільки підвищує продуктивність, а й сприяє стандартизації та уніфікації ремонтних процедур, що позитивно впливає на технічний стан машин у цілому.

4.РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги безпеки під час технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Організація роботи з технічного обслуговування, ремонту і перевірки технічного стану транспортних засобів повинна виконуватися із дотриманням вимог цих Правил та інших нормативно-правових актів, а порядок проведення технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів - відповідно до Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, затвердженого наказом Міністерства транспорту України від 30 березня 1998 року № 102, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 28 квітня 1998 року за № 268/2708.

Технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів проводяться на спеціально відведених ділянках, робочих місцях (постах), які оснащені необхідним устаткуванням, пристроями, інструментом, приладами згідно з нормативно-технологічною документацією. Розташування постів технічного обслуговування та ремонту, відстань між транспортними засобами, що установлені на цих постах, а також між транспортними засобами і конструкціями будівель повинні відповідати нормам технологічного проектування. Установлювати транспортні засоби в кількості, що перевищує норму, порушувати спосіб розстановки, зменшувати відстань між транспортними засобами і елементами будівель не допускається [34].

Виробниче устаткування і робочі місця слід розташовувати з урахуванням безпеки працівників, зручності при виконанні технологічних операцій згідно з нормами технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту ОНТП 01-91. Працівники, які проводять технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів, агрегатів, вузлів та деталей, повинні забезпечуватись справним інструментом та пристроями, що відповідають вимогам безпеки. Перед початком роботи слід перевірити весь інструмент, несправний інструмент необхідно замінити. Під час роботи устаткування не допускається його чищення, змазування або ремонт.

Пристрої та інструменти, необхідні для виконання робіт, повинні використовуватись за призначенням, їх слід розміщувати у легкодоступних місцях таким чином, щоб виключалась можливість випадкового переміщення або падіння. Робочі місця, виконання робіт на яких пов'язано з небезпекою для працівників, повинні позначатися знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76 та відповідними галузевими нормативними документами. Під час знімання та установки деталей, вузлів і агрегатів вагою 30 кг чоловіками і 10 кг жінками (до двох разів на годину) і 15 кг чоловіками і 7 кг жінками (більше двох разів на годину) необхідно використовувати підйомно-транспортні механізми, які обладнані спеціальними пристроями (захватами).

У приміщеннях і на робочих місцях, де виділяється пил або шкідливі речовини, робота повинна виконуватись при увімкнених загальній припливно-витяжній і місцевій вентиляціях [35]. Під час проведення робіт на постах технічного обслуговування та ремонту, діагностики автомобілів з працюючим двигуном повинні застосовуватись пристрої (шланги) для відведення відпрацьованих газів, які необхідно підключити до загальної системи вентиляції.

Забороняється у виробничих приміщеннях, де знаходяться автомобілі, у баках та балонах яких є паливо, зберігаються або використовуються горючі та легкозаймисті матеріали і рідини (бензин, гас, стиснутий і зріджений горючий газ, фарби, розчинники, дерево, стружка, вата тощо), користуватися відкритим вогнем.

Відходи виробництва, відпрацьовані матеріали тощо повинні після кожної зміни прибиратися з робочого місця. Пролиті легкозаймисті та горючі матеріали повинні бути негайно видалені. Прибирати робочі місця від пилу, ошурків, стружки, дрібних металевих обрізків допускається тільки щіткою. Забороняється здувати їх стиснутим повітрям.

Під час виконання робіт удвох необхідно застосовувати заздалегідь узгоджені прийоми. Пуск двигуна та зрушення транспортного засобу з місця, його в'їзд і виїзд з виробничих приміщень слід проводити за умови забезпечення

безпеки працівників. Забороняється перебування сторонніх людей на робочих місцях, де виконуються роботи з підвищеною небезпекою. Особи, зайняті на роботах з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, повинні використовувати засоби індивідуального захисту. Особи, які проводять перевірку технічного стану, обслуговування та ремонт транспортних засобів на оглядових канавах, підйомниках та естакадах, повинні працювати у захисних касках. При проведенні технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів поза підприємством слід виконувати вимоги безпеки, приведені у цьому розділі.

4.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт з ремонту гідросистеми транспортного засобу.

Ремонт гідросистеми транспортного засобу вимагає неухильного дотримання заходів з охорони праці, адже робота пов'язана з високим тиском рідини, можливістю її витоків, а також ризиками травмування рухомими частинами обладнання. Перш за все, перед початком будь-яких ремонтних робіт необхідно переконатися у відсутності тиску в гідравлічній системі. Це досягається шляхом зупинки двигуна, вимкнення насоса та, за потреби, скидання тиску через спеціальні клапани або шляхом обережного від'єднання гідравлічних шлангів, попередньо підставивши ємність для збору рідини.

Важливим аспектом є використання справного інструменту, призначеного для роботи з гідравлічними системами. Ключі, знімачі та інші пристосування повинні відповідати розмірам гайок та з'єднань, щоб уникнути їх пошкодження та зриву під час роботи. Недопустимо використання випадкових інструментів або застосування надмірної сили, що може призвести до травм.

Особливу увагу слід приділяти герметичності з'єднань. Під час збирання гідросистеми необхідно використовувати нові ущільнювальні елементи (кільця, прокладки) відповідного типу та розміру. Затягування різьбових з'єднань слід проводити з рекомендованим моментом затягування, використовуючи динамометричний ключ, щоб уникнути як недостатнього, так і надмірного

затягування, яке може призвести до витоку рідини або пошкодження деталей. Робоче місце повинно бути добре освітленим та вільним від сторонніх предметів, які можуть заважати виконанню робіт або становити небезпеку. Розлита гідравлічна рідина становить значну небезпеку ковзання, тому її необхідно негайно прибирати за допомогою відповідних сорбентів [36]. Під час виконання робіт необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, такі як захисні окуляри або щиток для обличчя, рукавиці, а за потреби – спеціальний одяг та взуття. Це допоможе запобігти потраплянню гідравлічної рідини на шкіру та в очі, а також захистить руки від механічних пошкоджень.

Після завершення ремонтних робіт необхідно провести ретельну перевірку гідросистеми на герметичність під робочим тиском. Перевірку слід проводити обережно, перебуваючи на безпечній відстані від можливих місць витоку. У разі виявлення витоків необхідно негайно зупинити роботу та усунути несправність.

Крім того, слід пам'ятати про правила пожежної безпеки, оскільки гідравлічні рідини, особливо на нафтовій основі, є горючими. На робочому місці повинні бути наявні первинні засоби пожежогасіння (вогнегасник). Дотримання цих простих, але важливих заходів з охорони праці під час ремонту гідросистеми транспортного засобу допоможе запобігти нещасним випадкам та забезпечити безпечне виконання робіт.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Аналіз впливу впровадження розвальцьовувача на ефективність ремонтних робіт

Економічний аналіз впровадження ручного розвальцьовувача трубопроводів у ремонтну практику транспортних засобів дозволяє оцінити доцільність інвестицій у цей пристрій з точки зору скорочення витрат, підвищення ефективності використання ресурсів, зменшення простою техніки та покращення загального технічного обслуговування. Аналіз доцільно проводити за основними економічними показниками: капітальні витрати, експлуатаційні витрати, економія часу, зниження вартості ремонту та підвищення технічної готовності транспорту.

Перш за все, варто врахувати, що вартість виготовлення ручного розвальцьовувача є відносно невисокою. У порівнянні з подібними, а особливо з автоматизованим або гідравлічним обладнанням, даний пристрій не потребує значних капіталовкладень, дорогого монтажу або спеціальних умов для зберігання та експлуатації. Це робить його особливо вигідним для малих і середніх підприємств, а також для мобільних ремонтних бригад. Одноразові витрати на виготовлення окупуються вже після кількох ремонтів, завдяки значному зниженню витрат на заміну трубопроводів та зменшенню потреби у заводських комплектуючих [37].

Подальша експлуатація пристрою практично не потребує додаткових витрат. Обслуговування зводиться до періодичного очищення, змазування та перевірки робочих поверхонь. Немає необхідності у витратах на електроенергію, що дозволяє економити в умовах віддалених об'єктів або польових умов.

Важливим економічним ефектом є скорочення часу простою техніки під час ремонту. При традиційному підході, коли трубопроводи замовляються з заводу або виготовляються централізовано, ремонт може тривати кілька днів, враховуючи час доставки, очікування деталей та виконання робіт. Застосування розвальцьовувача дозволяє відновити пошкоджену гідролінію безпосередньо на місці поломки, часто протягом 1–2 годин. Якщо взяти до уваги, що вартість

простою техніки (особливо комерційної або спеціальної) може складати від кількох сотень до кількох тисяч гривень на добу, то швидкий ремонт приносить безпосередню фінансову вигоду.

Крім того, пристрій зменшує потребу в утриманні великого запасу запасних частин. Замість зберігання великої кількості готових трубок, підприємство може мати лише стандартні заготовки (трубки певного діаметра), які легко обробляються на місці. Це знижує складські витрати, зменшує обсяг інвестицій у запаси та зменшує ризик морального старіння або псування деталей, які не були використані.

Важливим фактором також є економія на оплаті праці. За рахунок скорочення тривалості ремонтних робіт та спрощення процесу, зменшується загальний обсяг робочого часу, необхідного для відновлення гідросистеми. Це особливо актуально в умовах, коли ремонт виконується силами найманого персоналу з погодинною оплатою.

На рівні підприємства в цілому впровадження пристрою сприяє підвищенню технічної готовності транспортного парку, а отже — зростанню коефіцієнта використання техніки [38]. Це безпосередньо впливає на загальну продуктивність підприємства, особливо у сфері сільського господарства, логістики або будівництва, де затримки через несправності можуть призводити до втрати прибутку або штрафів за порушення термінів виконання робіт.

Таким чином, з економічної точки зору ручний розвальцьовувач трубопроводів є ефективним інструментом, який забезпечує значну економію ресурсів, знижує витрати на ремонт, прискорює відновлення техніки та підвищує ефективність використання матеріально-технічної бази. Його впровадження є доцільним і обґрунтованим заходом для підприємств, що прагнуть оптимізувати витрати на обслуговування транспортних засобів і підвищити їхню експлуатаційну надійність.

5.2 Розрахунок економічної ефективності впровадження розвальцьовувача.

Розрахунок економічної ефективності впровадження ручного розвальцьовувача трубопроводів у ремонтну практику транспортних засобів дозволяє визначити фінансову доцільність такого технічного рішення. При цьому основною метою є обґрунтування того, наскільки витрати на придбання та використання пристрою компенсуються економією, отриманою за рахунок зменшення часу простою техніки, скорочення матеріальних витрат і підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу.

В умовах звичайного експлуатаційного циклу транспортного підприємства ремонт трубопроводів гідросистеми є регулярною операцією, яка вимагає або повної заміни елементів трубопроводу, або звернення до спеціалізованих майстерень, що значно збільшує витрати на технічне обслуговування. Наприклад, середня вартість замовлення нового відрізка трубопроводу з фітингами на стороні становить приблизно 600 гривень, тоді як локальне відновлення за допомогою ручного розвальцьовувача дозволяє виконати цю ж операцію за приблизно 200 гривень, включаючи витрати на заготовку та робочу силу. Це дає пряму економію у 400 гривень на кожному випадку ремонту.

Окрім цього, значним фактором економії є скорочення часу простою техніки. Враховуючи середню ставку втрат від простою транспортного засобу на рівні 300 гривень за годину, і зниження тривалості ремонту щонайменше на дві години завдяки використанню розвальцьовувача, економія часу оцінюється у 600 гривень на кожному ремонті. Загальна економія в одному випадку ремонту, таким чином, становить близько 1000 гривень.

Річна економія від впровадження пристрою розраховується як:

$$E_p = (Z_1 - Z_2 + E_q) \times N \quad (5.1)$$

де:

E_p – річна економія, грн

Z_1 – вартість одного ремонту до впровадження пристрою, грн

Z_2 – вартість одного ремонту після впровадження пристрою, грн

E_q – економія від скорочення простою техніки за один ремонт, грн

N – кількість ремонтів за рік, од.

У нашому прикладі:

$$Z_1 = 600 \text{ грн}$$

$$Z_2 = 200 \text{ грн}$$

$$E_q = 2_{\text{год}} \times 300_{\text{грн/год}} = 600 \text{ грн}$$

$$N = 50$$

Підставляючи значення:

$$E_p = (600 - 200 + 600) \times 50 = 1000 \times 50 = 50000 \text{ грн}$$

Далі розраховується економічний ефект за формулою:

$$E_{\text{еф}} = E_p - K \quad (5.2)$$

де:

$E_{\text{еф}}$ – чистий економічний ефект за рік, грн

K – капітальні витрати на виготовлення пристрою, грн

У нашому випадку:

$$E_{\text{еф}} = 50000 - 3500 = 46500 \text{ грн}$$

Якщо передбачити, що на підприємстві протягом року відбувається близько 50 ремонтів трубопроводів, то річна економія становить приблизно 50 тисяч гривень. З урахуванням того, що вартість виготовлення самого ручного пристрою складає близько 3500 гривень, можна розрахувати термін окупності пристрою [38].

Термін окупності пристрою визначається за формулою:

$$T = \frac{K}{E_1} \quad (5.3)$$

де:

T – термін окупності, кількість ремонтів

E_1 – економія за один ремонт, грн

Підставляючи значення:

$$T = \frac{3500}{1000} = 3,5 \text{ ремонти}$$

Таким чином, пристрій повністю окупається вже після 3–4 ремонтів, а подальше його використання забезпечує чистий прибуток. Такий рівень економічної ефективності свідчить про доцільність і раціональність впровадження ручного розвальцьовувача у практику технічного обслуговування гідросистем транспортних засобів.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досягнуто основну мету — підвищення ефективності ремонту гідравлічної системи транспортного засобу за рахунок розробки та впровадження додаткової оснастки, зокрема ручного пристрою для розвальцювання трубопроводів. У процесі дослідження було проведено комплексний аналіз існуючих конструкцій подібного обладнання, виявлено їхні конструктивні переваги та недоліки, що дозволило сформулювати вимоги до удосконаленої конструкції.

На основі вивченого матеріалу запропоновано конструкцію ручного розвальцювача, що характеризується простотою у використанні, надійністю, компактністю та здатністю забезпечити якісне відновлення трубопроводів безпосередньо на місці експлуатації техніки. Проведені технічні розрахунки підтвердили доцільність вибраних конструктивних рішень, забезпечивши необхідну міцність та ефективність роботи пристрою при мінімальних витратах на виготовлення та обслуговування.

Опис технологічного процесу ремонту із застосуванням додаткової оснастки дозволив визначити суттєві переваги даного підходу, зокрема скорочення часу виконання ремонтних операцій, зниження трудомісткості, підвищення точності обробки та покращення герметичності з'єднань. Запропонована технологія не потребує спеціального обладнання чи енергозалежних ресурсів, що дозволяє використовувати її в польових умовах та в умовах обмеженого доступу до стаціонарних майстерень.

На завершальному етапі було виконано аналіз впливу впровадження розробленої оснастки на ефективність ремонтних робіт, який показав суттєве підвищення продуктивності технічного обслуговування транспортних засобів. Розрахунок економічної ефективності продемонстрував швидку окупність пристрою та значне зменшення витрат на ремонт, що підтверджує фінансову доцільність його впровадження в практику.

Таким чином, результати роботи доводять, що впровадження додаткової оснастки у вигляді ручного розвальцьовувача трубопроводів є дієвим інженерним рішенням для покращення якості, швидкості та економічної ефективності ремонту гідравлічних систем транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравченко О. П. Метрологія, стандартизація та сертифікація на автомобільному транспорті: підручник / О. П. Кравченко, В. В. Верба. – Житомир: ЖДТУ, 2020. – 400 с.
2. Сахно В. П. Ергономіка та дизайн автосервісу: навч. посібник / В. П. Сахно, В. М. Поляков. – Київ: Кондор, 2018. – 240 с.
3. Сакно О. П. Автоматизація технологічних процесів технічного сервісу транспортних засобів: підручник / О. П. Сакно, В. П. Волков, В. П. Кужель. – Запоріжжя: ЗНУ, 2020. – 400 с.
4. Тарасенко В. Е. Розрахунок гідравлічних систем автомобільних підйомників: навч. посібник / В. Е. Тарасенко, М. М. Свиначенко. – Харків: ФОП Панов А. М., 2018. – 150 с.
5. Марков О. Д. Станції технічного обслуговування транспортних засобів: підручник / О. Д. Марков. – Київ: Кондор, 2018. – 536 с.
6. Поляков В. М. Обладнання та технологія обслуговування транспортних засобів: підручник / В. М. Поляков, О. В. Іванов. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 400 с.
7. Дьяков І. Ф. Конструкція та розрахунок автомобільних підйомників: монографія / І. Ф. Дьяков, В. М. Ніколенко. – Дніпро: ДВНЗ "НГУ", 2020. – 180 с.
8. Сахно О. П. Технічна експлуатація транспортних засобів: навч. посібник / О. П. Сахно, Д. М. Колодій. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. – 400 с.
9. Бондаренко С. В. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів: підручник / С. В. Бондаренко, В. І. Дирда. – Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2019. – 480 с.
10. Горбань В. Б. Ресурсозберігаючі технології технічного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / В. Б. Горбань, О. В. Сакно. – Дніпро: ДВНЗ "НМетАУ", 2020. – 220 с.

- 11.Сорокін В. М. Конструкція та розрахунок стендів для ремонту транспортних засобів: монографія / В. М. Сорокін, І. В. Колеснік. – Київ: Видавничий дім "Кондор", 2019. – 200 с.
- 12.Савуляк В. В. Технічний сервіс транспортних засобів: навч. посібник / В. В. Савуляк, О. В. Сокур. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 200 с.
- 13.Гнатюк О. П. Проектування та розрахунок підйомників для автосервісу: навч. посібник / О. П. Гнатюк, В. М. Чайка. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 220 с.
- 14.Внукова Н. В. Екологічна безпека автотранспортних підприємств: навч. посібник / Н. В. Внукова, О. І. Позднякова. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 200 с.
- 15.Волков В. П. Технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів: підручник / В. П. Волков, О. П. Сакно, В. П. Кужель. – Запоріжжя: ЗНУ, 2021. – 520 с.
- 16.Акімов О. В. Технічна експлуатація транспортних засобів: підручник / О. В. Акімов, В. М. Павлов. – Дніпро: Середняк Т.К., 2019. – 500 с.
- 17.Савчук В. П. Організація та технологія технічного сервісу машин: навч. посібник / В. П. Савчук. – Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2019. – 368 с.
- 18.Бондаренко Є. В. Технологічні процеси технічного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / Є. В. Бондаренко, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 180 с.
- 19.Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт транспортних засобів: організація і управління: підручник / О. А. Лудченко. – Київ: Знання, 2018. – 480 с.
- 20.Мельник М. С. Сучасні технології ремонту транспортних засобів: монографія / М. С. Мельник, В. М. Чайка, С. В. Лайко. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 240 с.
- 21.Марчук М. М. Сучасні методи відновлення деталей транспортних засобів: монографія / М. М. Марчук, В. В. Краснов. – Рівне: НУВГП, 2019. – 180 с.

22. Білякович М. О. Проектування станцій технічного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / М. О. Білякович, І. С. Березницький. – Київ: НТУ, 2019. – 256 с.
23. Бідняк М. Н. Технологічне проектування підприємств автосервісу: навч. посібник / М. Н. Бідняк, В. В. Чернишов. – Київ: Освіта України, 2018. – 240 с.
24. Кузнецов А. С. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту транспортних засобів: підручник / А. С. Кузнецов, В. П. Лукін, С. М. Бочаров. – Київ: Техніка, 2018. – 368 с.
25. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика: навч. посібник / М. Н. Бідняк, В. В. Біліченко. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 280 с.
26. Туренко А. М. Технологічні основи сервісного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / А. М. Туренко, В. І. Клименко, В. С. Шевченко. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
27. Клименко В. І. Організація та технологія технічного сервісу транспортних засобів: навч. посібник / В. І. Клименко, О. М. Юхимчук. – Рівне: НУВГП, 2020. – 280 с.
28. Гулевський В. Б. Проектування СТО. Технологічне обладнання: навч. посібник / В. Б. Гулевський, О. А. Дюжаєв. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2020. – 280 с.
29. Бабин І. А. Розрахунок та конструювання обладнання для ТО та ремонту транспортних засобів: навч. посібник / І. А. Бабин, О. М. Куницький. – Рівне: НУВГП, 2021. – 320 с.
30. Роговцев В. Л. Автомобільні підйомники: монографія / В. Л. Роговцев, М. М. Потопальський, М. Ф. Хом'як. – Київ: Видавничий Дім "Слово", 2021. – 208 с.
31. Білоконь Я. Ю. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів: навч. посібник / Я. Ю. Білоконь, В. М. Тімков. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 320 с.

- 32.Марков О. Д. Станції технічного обслуговування транспортних засобів: підручник / О. Д. Марков. – Київ: Кондор, 2018. – 536 с.
- 33.ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Держспоживстандарт України, 2011. 28с. (Національний стандарт України).
34. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.
- 35.ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Системи управління безпекою та гігієною праці. Вимоги»
- 36.НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".
- 37.Савицька Г. В. Аналіз господарської діяльності підприємства: підручник. – Київ: Нове знання, 2020. – 400 с.
- 38.Грінько Т. І. Економіка підприємства: навч. посібник. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 376 с.
- 39.Кириленко О. А. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень: навч. посібник. – Львів: ЛНТУ, 2019. – 212 с.
- 40.Швець В. Я. Економічна ефективність виробництва: монографія. – Черкаси: ЧДТУ, 2020. – 250 с.