

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)
Автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення роботи станції технічного обслуговування по
ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Ярослав ВІВЧАР

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Андрій ГУПКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Вівчару Ярославу Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення роботи станції технічного обслуговування по ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів

Керівник роботи Гупка Андрій Богданович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-40

2. Термін подання студентом завершеної роботи 8 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Дільниця ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів СТО, для якої необхідно вдосконалити технологічний процес ремонту та розробити пристрій для фіксації паливного насоса високого тиску.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Технологічна схема ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів – А1;

Планування дільниці ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів – А1;

Технологічна карта ремонту паливного насоса високого тиску (ПНВТ) – А1;

Пристрій для фіксації паливного насоса високого тиску. Загальний вигляд – А1;

Деталювання пристрою для фіксації паливного насоса високого тиску – А1;

Схема організації технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 21 січня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	12.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

(підпис)

Ярослав ВІВЧАР

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ГУПКА

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Вдосконалення роботи станції технічного обслуговування по ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів».

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування та ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів.

Предметом дослідження є організація роботи дільниці ремонту паливної апаратури та шляхи підвищення ефективності її функціонування.

Метою роботи є вдосконалення роботи станції технічного обслуговування шляхом удосконалення організації робіт дільниці ремонту паливної апаратури та розробки спеціального пристрою для фіксації паливних насосів високого тиску під час виконання ремонтних операцій.

У першому розділі виконано аналіз організації технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту вантажних автомобілів, розглянуто особливості роботи дільниці ремонту паливної апаратури та проаналізовано характерні несправності паливних систем дизельних двигунів.

У другому розділі виконано розрахунок виробничої програми дільниці, визначено річний обсяг робіт, чисельність виробничих працівників, кількість робочих постів та необхідне технологічне обладнання. Розроблено заходи щодо вдосконалення роботи дільниці та виконано техніко-технологічне обґрунтування запропонованих рішень.

У третьому розділі розроблено універсальний поворотний пристрій для фіксації паливних насосів високого тиску. Виконано вибір матеріалів основних деталей конструкції, проведено розрахунок затискного зусилля, затискного гвинта та перевірочний розрахунок затискних губок на міцність.

У розділі охорони праці розглянуто питання безпеки праці на дільниці ремонту паливної апаратури, заходи пожежної безпеки, виробничої санітарії та електробезпеки.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Загальна характеристика станції технічного обслуговування	9
1.2 Організація технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів	10
1.3 Аналіз організації робіт на дільниці ремонту паливної апаратури	14
1.4 Характерні несправності паливної апаратури вантажних автомобілів	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	22
2.1 Обґрунтування виробничої програми дільниці ремонту паливної апаратури	22
2.2 Розрахунок річного обсягу робіт дільниці ремонту паливної апаратури	24
2.3 Розрахунок чисельності виробничих працівників	26
2.4 Розрахунок кількості робочих постів та технологічного обладнання	28
2.5 Технологічний процес ремонту паливної апаратури	31
2.6 Вибір технологічного обладнання ремонтної дільниці	34
2.7 Удосконалення організації робіт дільниці ремонту паливної апаратури	35
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Призначення та конструкція розробленого пристрою	38
3.2 Принцип роботи розробленого пристрою	39
3.3 Вибір матеріалів основних деталей пристрою	42
3.4 Розрахунок затискного зусилля	45
3.5 Розрахунок затискного гвинта	48
3.6 Перевірочний розрахунок затискних губок на міцність	52
3.7 Переваги використання розробленого пристрою	55
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ	

ПРАЦІ	58
4.1 Розрахунок вентиляції у приміщенні	58
4.2 Забезпечення безпеки життєдіяльності	64
4.3 Основні напрямки забезпечення безпеки життєдіяльності	66
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70

ВСТУП

Автомобільний транспорт є однією з найважливіших складових транспортної системи України. Значна частина вантажних перевезень здійснюється автомобілями з дизельними двигунами, ефективність роботи яких значною мірою залежить від технічного стану паливної апаратури.

Паливна апаратура дизельного двигуна забезпечує подачу палива під необхідним тиском у циліндри двигуна в заданий момент часу та у визначеній кількості. Від справності паливних насосів високого тиску та форсунок залежать потужність двигуна, паливна економічність, екологічні показники та надійність роботи транспортного засобу.

У процесі експлуатації елементи паливної системи піддаються інтенсивному зношуванню, впливу механічних навантажень, забрудненню та корозії. Це призводить до порушення параметрів роботи паливної апаратури, збільшення витрати палива, зниження потужності двигуна та погіршення екологічних характеристик автомобіля.

У зв'язку з цим важливого значення набуває вдосконалення роботи станцій технічного обслуговування, які виконують діагностування, технічне обслуговування та ремонт паливної апаратури вантажних автомобілів. Одним із напрямків підвищення ефективності роботи таких підприємств є удосконалення організації виробничих процесів, впровадження сучасного технологічного обладнання та використання спеціалізованих пристроїв для виконання ремонтних робіт.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати організацію технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів;
- дослідити особливості роботи дільниці ремонту паливної апаратури;
- визначити виробничу програму дільниці та виконати необхідні технологічні розрахунки;
- обґрунтувати заходи щодо вдосконалення роботи дільниці;
- розробити конструкцію спеціального пристрою для фіксації паливних насосів високого тиску;

- виконати інженерні розрахунки елементів конструкції;
- розглянути питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження запропонованих рішень на підприємствах автомобільного транспорту та станціях технічного обслуговування, що дозволить підвищити продуктивність праці, покращити якість ремонту паливної апаратури та знизити трудомісткість виконання ремонтних робіт.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика станції технічного обслуговування

Станція технічного обслуговування вантажних автомобілів призначена для виконання комплексу робіт, спрямованих на підтримання транспортних засобів у технічно справному стані, забезпечення їх надійної експлуатації, зменшення простоїв у ремонті та підвищення безпеки руху. Основними видами робіт, які виконуються на станції, є технічне обслуговування, діагностування, поточний ремонт, регулювання агрегатів і систем автомобіля, а також відновлення працездатності окремих вузлів.

Особливе місце у структурі ремонтного виробництва займає дільниця ремонту паливної апаратури дизельних двигунів вантажних автомобілів. Це пояснюється тим, що більшість сучасних вантажних автомобілів обладнані дизельними двигунами, робота яких значною мірою залежить від технічного стану паливної системи. Порушення роботи паливної апаратури призводить до ускладненого пуску двигуна, зниження потужності, збільшення витрати палива, підвищення димності та токсичності відпрацьованих газів.

До основних елементів паливної апаратури вантажних автомобілів належать паливний насос високого тиску, форсунки, паливопідкачувальний насос, фільтри грубого та тонкого очищення палива, паливопроводи низького і високого тиску, регулятори та елементи керування подачею палива. Для автомобілів різних марок конструкція паливної апаратури може відрізнятися, однак її основне призначення залишається однаковим — забезпечення своєчасної подачі необхідної кількості палива в циліндри двигуна під відповідним тиском.

Робота станції технічного обслуговування організовується таким чином, щоб забезпечити послідовне проходження автомобіля через основні виробничі зони. Після прибуття автомобіля на СТО виконується його приймання, зовнішній огляд, попереднє діагностування та оформлення ремонтної документації. Після цього автомобіль направляється у відповідну виробничу

зону: зону технічного обслуговування, зону поточного ремонту або на спеціалізовану ділянку ремонту окремих агрегатів.

Ділянка ремонту паливної апаратури повинна бути оснащена спеціальним обладнанням для перевірки, розбирання, миття, дефектування, ремонту, складання та регулювання паливних насосів і форсунок. До такого обладнання належать стенди для перевірки та регулювання паливних насосів високого тиску, стенди для перевірки форсунок, мийні установки, верстаки, дефектувальні столи, вимірювальні прилади, комплект спеціального інструменту та пристрої для розбирання і складання вузлів паливної системи.

Ефективність роботи СТО значною мірою залежить від раціонального планування виробничих приміщень, правильного розміщення обладнання, забезпечення технологічної послідовності операцій та наявності кваліфікованого персоналу. Нераціональна організація робіт призводить до збільшення тривалості ремонту, зайвих переміщень агрегатів, перевитрат робочого часу та зниження якості виконання ремонтних операцій.

Тому вдосконалення роботи станції технічного обслуговування по ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів є актуальним завданням. Воно передбачає покращення організації технологічного процесу, дооснащення ділянки необхідним обладнанням, впровадження раціонального планування робочих місць, підвищення якості діагностування та скорочення простоїв автомобілів у ремонті.

1.2 Організація технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів

Технологічний процес технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів на станції технічного обслуговування являє собою сукупність організаційних та технологічних заходів, спрямованих на підтримання рухомого складу у технічно справному стані, забезпечення його надійності, безпеки руху та економічності експлуатації.

Основними видами робіт, які виконуються на станції технічного обслуговування, є щоденне обслуговування, технічне обслуговування, діагностування, поточний ремонт, регулювальні роботи та ремонт окремих агрегатів автомобіля.

Технологічний процес починається з приймання автомобіля на станцію технічного обслуговування. На цьому етапі здійснюється зовнішній огляд транспортного засобу, уточнюються скарги водія або власника, визначається попередній перелік несправностей та оформлюється необхідна технічна документація. Після приймання автомобіль направляється на діагностування або безпосередньо в зону технічного обслуговування чи ремонту залежно від характеру виявлених несправностей.

Важливе значення в організації технологічного процесу має діагностування технічного стану автомобіля. Проведення діагностичних операцій дозволяє визначити фактичний технічний стан агрегатів і систем, виявити приховані несправності, оцінити ступінь зношування деталей та обґрунтувати необхідність виконання ремонтних робіт. Використання сучасного діагностичного обладнання сприяє зменшенню трудомісткості ремонту та підвищенню його якості.

Після визначення характеру несправностей автомобіль надходить у відповідну виробничу зону. Роботи з технічного обслуговування включають контрольні, кріпильні, регулювальні, мастильні та інші операції, спрямовані на підтримання працездатності вузлів і систем автомобіля. Поточний ремонт передбачає усунення несправностей шляхом заміни або відновлення окремих деталей, вузлів та агрегатів.

Особливе місце у структурі ремонтного виробництва займає дільниця ремонту паливної апаратури дизельних двигунів. На дану дільницю надходять паливні насоси високого тиску, форсунки, паливопідкачувальні насоси та інші елементи паливної системи, демонтовані з автомобілів під час виконання ремонтних робіт.

Технологічний процес ремонту паливної апаратури включає такі основні

операції:

- приймання агрегатів у ремонт;
- зовнішнє очищення та миття;
- розбирання агрегатів на складові частини;
- дефектування деталей та визначення їх технічного стану;
- ремонт або заміна несправних деталей;
- складання агрегатів;
- перевірка та регулювання на спеціалізованих стендах;
- контроль якості виконаних робіт;
- передача відремонтованих агрегатів у зону складання автомобіля.

На рисунку 1.1 наведено схему організації технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів на станції технічного обслуговування.

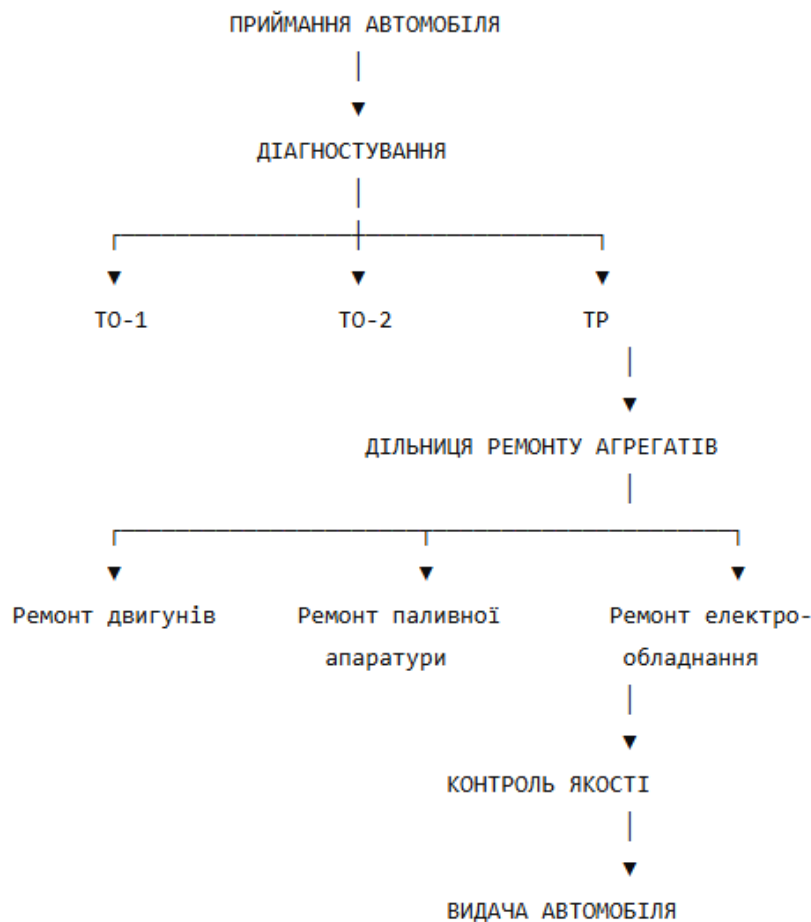


Рисунок 1.1 – Схема організації технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів

Як видно зі схеми, технологічний процес починається з приймання автомобіля та оформлення необхідної документації. Після цього транспортний засіб направляється на діагностування, під час якого визначаються технічний стан автомобіля та необхідний обсяг робіт.

Залежно від результатів діагностування автомобіль направляється на виконання технічного обслуговування ТО-1, ТО-2 або поточного ремонту. У випадку виявлення несправностей окремих агрегатів і систем здійснюється їх демонтаж та передача на відповідні спеціалізовані дільниці.

Особливе місце у структурі ремонтного виробництва займає дільниця ремонту паливної апаратури, де виконуються роботи з ремонту, регулювання та перевірки паливних насосів високого тиску, форсунок, паливопідкачувальних насосів та інших елементів системи живлення дизельних двигунів.

Після завершення ремонтних робіт агрегати встановлюються на автомобіль, проводиться контроль якості виконаних робіт, перевіряються робочі параметри систем і вузлів. За результатами контролю автомобіль передається замовнику або направляється в експлуатацію.

Запропонована схема забезпечує чітку послідовність виконання технологічних операцій, скорочення часу простою рухомого складу в ремонті та підвищення якості технічного обслуговування і ремонту вантажних автомобілів.

Для забезпечення високої якості ремонту необхідно дотримуватися принципу технологічної послідовності виконання операцій. Кожна наступна операція повинна виконуватися лише після завершення попередньої та проведення відповідного контролю якості.

Рациональна організація технологічного процесу передбачає мінімізацію внутрішньоцехових переміщень агрегатів, скорочення часу очікування між операціями, забезпечення робочих місць необхідним обладнанням та інструментом, а також впровадження спеціалізації робочих місць за видами виконуваних робіт.

Для підвищення ефективності роботи станції технічного обслуговування доцільно використовувати сучасні стенди для перевірки та регулювання паливної апаратури, автоматизовані мийні установки, спеціалізовані діагностичні комплекси та сучасні засоби контролю параметрів роботи дизельних двигунів. Це дозволяє скоротити тривалість ремонту, підвищити точність діагностування та забезпечити високу якість відновлення паливної апаратури.

Таким чином, правильно організований технологічний процес технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів є необхідною умовою забезпечення високої продуктивності роботи СТО, зниження експлуатаційних витрат та підвищення надійності рухомого складу.

1.3 Аналіз організації робіт на дільниці ремонту паливної апаратури

Дільниця ремонту паливної апаратури є однією з найважливіших виробничих ланок станції технічного обслуговування вантажних автомобілів. Від якості виконання робіт на даній дільниці значною мірою залежать техніко-економічні показники роботи дизельних двигунів, їх паливна економічність, потужність, екологічні характеристики та надійність експлуатації.

Основним призначенням дільниці є виконання комплексу робіт з діагностування, технічного обслуговування, ремонту та регулювання паливної апаратури дизельних двигунів вантажних автомобілів. До складу паливної апаратури входять паливні насоси високого тиску, форсунки, паливопідкачувальні насоси, регулятори частоти обертання, паливопроводи високого тиску та інші елементи системи живлення.

Технологічний процес ремонту паливної апаратури починається з надходження агрегатів на дільницю після їх демонтажу з автомобіля. Після приймання виконується зовнішнє очищення вузлів від забруднень, залишків мастильних матеріалів та палива. Наступним етапом є розбирання агрегатів на

окремі складові частини з використанням спеціального інструменту та пристосувань.

Після розбирання всі деталі проходять дефектування, під час якого визначається їх технічний стан, ступінь зношування та можливість подальшого використання. Особлива увага приділяється контролю плунжерних пар, нагнітальних клапанів, розпилювачів форсунок, пружин та інших деталей, які працюють в умовах високих навантажень і значного тиску палива.

Справні деталі після очищення направляються на складання, а несправні підлягають відновленню або заміні. Після завершення ремонтних робіт виконують складання паливного насоса або форсунки та проводять їх регулювання на спеціалізованих стендах. На завершальному етапі здійснюється контроль якості ремонту та перевірка відповідності параметрів роботи агрегатів вимогам заводу-виробника.

На сучасних станціях технічного обслуговування для ремонту паливної апаратури використовують спеціалізоване обладнання, до складу якого входять:

- стенди для перевірки та регулювання паливних насосів високого тиску;
- стенди для перевірки форсунок;
- ультразвукові та мийні установки;
- верстаки для складання та розбирання агрегатів;
- вимірювальні прилади та контрольне обладнання;
- спеціальний інструмент і пристрої.

Рациональна організація робіт на дільниці повинна забезпечувати безперервність технологічного процесу та мінімальні витрати часу на виконання ремонтних операцій. Для цього робочі місця розміщують відповідно до послідовності виконання технологічних операцій. Такий принцип дозволяє скоротити внутрішньовиробничі переміщення агрегатів та підвищити продуктивність праці.

Аналіз роботи дільниці ремонту паливної апаратури показує, що основними недоліками її функціонування можуть бути недостатня оснащеність сучасним діагностичним обладнанням, значна тривалість виконання окремих

операцій, відсутність спеціалізованих пристроїв для розбирання та складання паливних насосів і форсунок, а також нераціональне розташування обладнання на виробничій площі.

Особливо актуальною проблемою є збільшення кількості автомобілів, обладнаних сучасними системами упрскування палива типу Common Rail. Ремонт таких систем потребує високої точності вимірювань, використання спеціальних стендів та кваліфікованого персоналу. Недостатній рівень технічного оснащення дільниці може призвести до збільшення тривалості ремонту та зниження його якості.

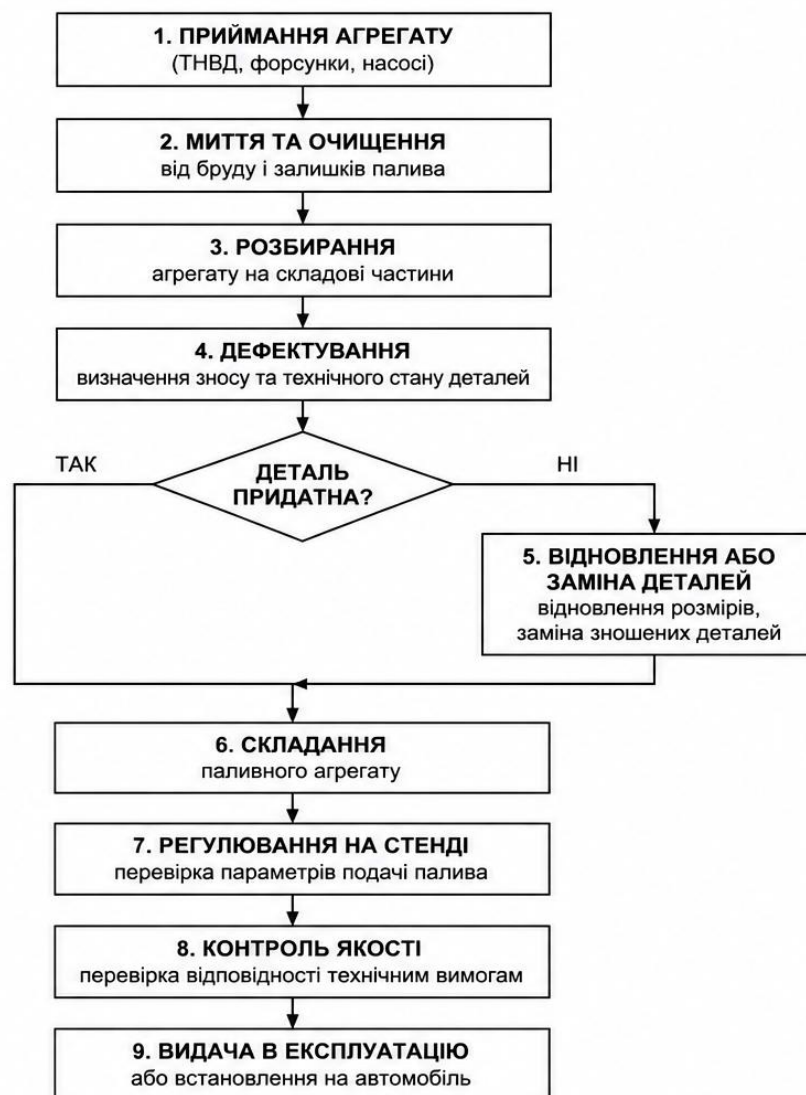


Рисунок 1.2 – Технологічна схема ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів

Як видно з рисунка 1.2, технологічний процес ремонту паливної

апаратури починається з приймання агрегату та його очищення від забруднень. Після миття виконується розбирання паливного насоса або форсунки та дефектування всіх деталей. За результатами контролю приймається рішення щодо подальшого використання деталей. Придатні деталі направляються на складання, а зношені або пошкоджені підлягають відновленню чи заміні.

Після складання агрегат проходить обов'язкове регулювання на спеціалізованому стенді, де перевіряються параметри подачі палива, герметичність та рівномірність роботи секцій. Завершальним етапом є контроль якості ремонту та передача агрегату в експлуатацію або його встановлення на автомобіль.

З метою підвищення ефективності роботи дільниці доцільно впроваджувати сучасні методи організації виробництва, удосконалювати технологічний процес ремонту паливної апаратури, застосовувати нове діагностичне обладнання та спеціалізовані пристрої для виконання ремонтних операцій. Важливим напрямком удосконалення є також раціональне перепланування виробничої дільниці, що дозволяє скоротити непродуктивні витрати часу та підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу.

Таким чином, проведений аналіз показує, що вдосконалення організації робіт на дільниці ремонту паливної апаратури є необхідною умовою підвищення ефективності роботи станції технічного обслуговування вантажних автомобілів, покращення якості ремонту та скорочення часу простою транспортних засобів у ремонті.

1.4 Характерні несправності паливної апаратури вантажних автомобілів

Паливна апаратура дизельних двигунів вантажних автомобілів працює в складних умовах експлуатації, характеризується високими тисками впорскування палива, значними механічними навантаженнями та підвищеними вимогами до точності виготовлення деталей. У процесі роботи елементи паливної системи піддаються зношуванню, корозії, забрудненню та втомному

руйнуванню, що призводить до погіршення технічних характеристик двигуна та виникнення різноманітних несправностей.

Найбільш відповідальними елементами паливної апаратури є паливний насос високого тиску (ПНВТ), форсунки, паливопідкачувальний насос, регулятор частоти обертання та паливопроводи високого тиску. Від справності цих вузлів залежить якість сумішоутворення, повнота згоряння палива та ефективність роботи дизельного двигуна.

Однією з найбільш поширених несправностей паливних насосів високого тиску є зношування плунжерних пар. Внаслідок тривалої роботи між плунжером і гільзою збільшуються зазори, що викликає внутрішні витоки палива та зниження тиску впорскування. У результаті погіршується запуск двигуна, зменшується його потужність і збільшується витрата палива.

Часто спостерігається зношування нагнітальних клапанів та їх сідел. Це призводить до порушення циклової подачі палива, нерівномірної роботи двигуна та нестабільності частоти обертання колінчастого вала.

Поширеною несправністю форсунок є зношування або пошкодження розпилювачів. Унаслідок цього порушується форма паливного факела, погіршується якість розпилення палива та зростає димність відпрацьованих газів. Крім того, можливе закоксування отворів розпилювача продуктами неповного згоряння палива, що також негативно впливає на роботу двигуна.

Для систематизації основних відмов паливної системи дизельних двигунів на рисунку 1.3 наведено класифікацію несправностей паливної апаратури вантажних автомобілів. Схема дозволяє визначити основні групи несправностей, їх характерні прояви, причини виникнення та наслідки для роботи двигуна.

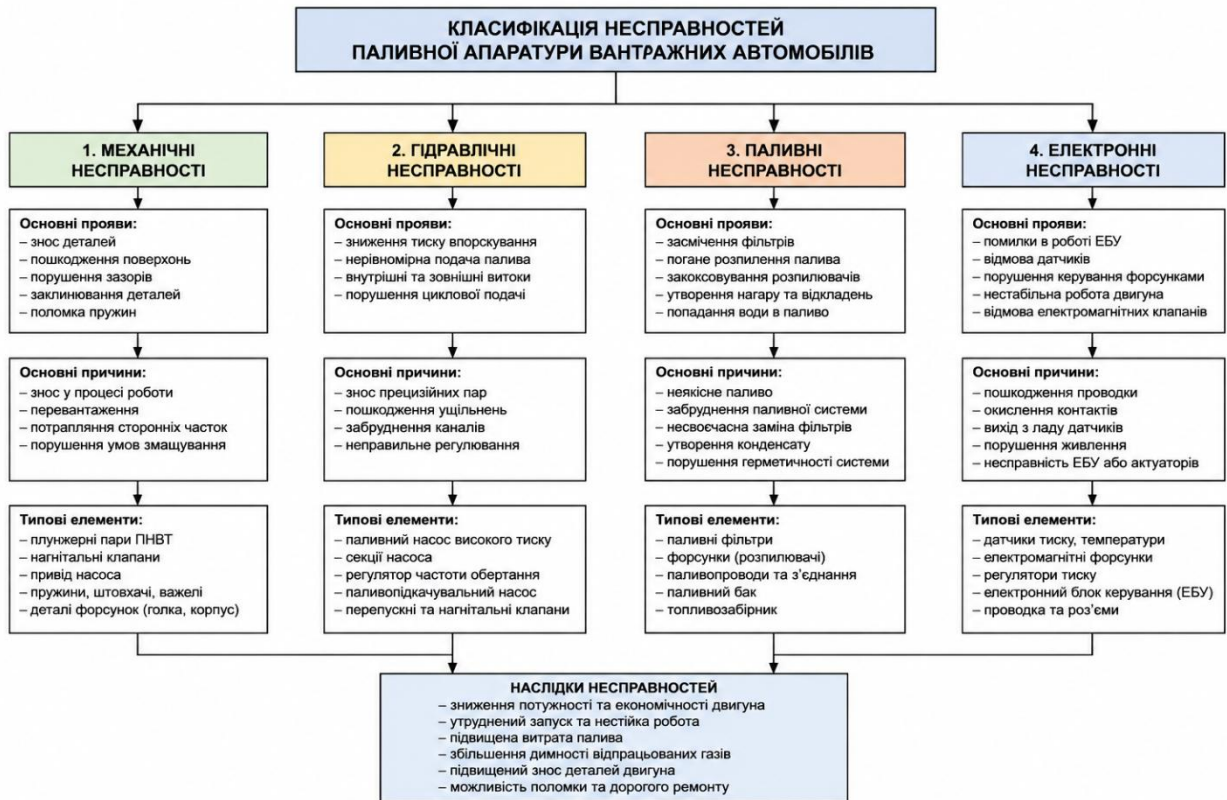


Рисунок 1.3 – Класифікація несправностей паливної апаратури вантажних автомобілів

Проведений аналіз даних, наведених на рисунку 1.3, показує, що найбільший вплив на працездатність паливної апаратури мають механічні та гідравлічні несправності, які пов'язані із зношуванням прецизійних деталей паливних насосів і форсунок. Значну частку відмов також становлять паливні несправності, викликані використанням неякісного палива та забрудненням паливної системи. Для сучасних дизельних двигунів характерним є збільшення кількості електронних несправностей, пов'язаних із роботою датчиків, виконавчих механізмів та електронного блока керування двигуном.

Для сучасних систем упорскування Common Rail характерними є несправності електромагнітних або п'єзоелектричних форсунок, які можуть бути пов'язані з виходом з ладу керуючих клапанів, порушенням герметичності внутрішніх з'єднань або забрудненням високоточних деталей паливної системи.

Важливим фактором, що впливає на технічний стан паливної апаратури, є якість дизельного палива. Наявність механічних домішок, води або продуктів

корозії прискорює зношування плунжерних пар, форсунок та інших прецизійних деталей. Навіть незначні забруднення можуть викликати порушення роботи паливної системи через дуже малі робочі зазори між деталями.

До характерних несправностей паливопідкачувальних насосів належать зношування робочих поверхонь, втрата герметичності ущільнень та зниження продуктивності. Це призводить до недостатнього надходження палива до паливного насоса високого тиску та погіршення роботи двигуна на всіх режимах.

Паливопроводи високого тиску також можуть зазнавати пошкоджень у процесі експлуатації. Найчастіше спостерігаються втомні тріщини, деформації трубок, пошкодження різьбових з'єднань та порушення герметичності. Такі несправності супроводжуються витокami палива та зниженням тиску впорскування.

Основними зовнішніми ознаками несправностей паливної апаратури є:

- утруднений запуск двигуна;
- нестійка робота на холостому ході;
- зниження потужності двигуна;
- підвищена витрата палива;
- поява сторонніх шумів у роботі паливного насоса;
- збільшення димності відпрацьованих газів;
- перегрів двигуна;
- нерівномірна робота циліндрів;
- витікання палива через з'єднання паливної системи.

Таблиця 1.1 містить найбільш характерні несправності паливної апаратури вантажних автомобілів та можливі причини їх виникнення.

Таблиця 1.1 – Характерні несправності паливної апаратури та причини їх виникнення

Несправність	Можлива причина
Утруднений запуск	Зношування плунжерних пар, недостатній тиск

двигуна	впорскування
Зниження потужності	Порушення подачі палива, несправність форсунок
Підвищена витрата палива	Неправильне регулювання ПНВТ, зношування розпилювачів
Нестійка робота двигуна	Нерівномірна подача палива секціями насоса
Підвищена димність	Погане розпилення палива, засмічення форсунок
Витікання палива	Пошкодження ущільнень або паливопроводів
Сторонні шуми ПНВТ	Зношування деталей приводу або плунжерних пар

Аналіз характерних несправностей показує, що більшість відмов паливної апаратури пов'язана із зношуванням прецизійних деталей, порушенням герметичності та забрудненням паливної системи. Своєчасне діагностування, якісне технічне обслуговування та професійний ремонт дозволяють значно збільшити ресурс роботи паливної апаратури та забезпечити ефективну експлуатацію вантажних автомобілів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування виробничої програми дільниці ремонту паливної апаратури

Одним із головних завдань станції технічного обслуговування вантажних автомобілів є підтримання рухомого складу у технічно справному стані та забезпечення його безвідмовної роботи в процесі експлуатації. Значну роль у роботі дизельних двигунів відіграє паливна апаратура, яка забезпечує подачу палива під високим тиском у камери згоряння та формує необхідні параметри паливоповітряної суміші.

У сучасних вантажних автомобілях застосовуються складні системи паливоподачі, які працюють при тиску впорскування до 200–250 МПа. Робота елементів паливної системи в умовах високих навантажень, значних перепадів температур та впливу забруднень призводить до поступового зношування деталей і виникнення несправностей.

Найбільш поширеними несправностями паливної апаратури є:

- зношування плунжерних пар паливних насосів високого тиску;
- порушення герметичності нагнітальних клапанів;
- зношування розпилювачів форсунок;
- засмічення паливних каналів;
- порушення регулювань паливних насосів;
- несправності електронних компонентів систем Common Rail.

Внаслідок виникнення зазначених несправностей спостерігається зниження потужності двигуна, збільшення витрати палива, погіршення пускових якостей, підвищення токсичності відпрацьованих газів та скорочення ресурсу двигуна.

З огляду на те, що більшість сучасних вантажних автомобілів обладнана дизельними двигунами, дільниця ремонту паливної апаратури є одним із найважливіших виробничих підрозділів станції технічного обслуговування. Від

її оснащення, організації роботи та технологічного забезпечення залежить якість ремонту паливних насосів і форсунок, а також ефективність роботи СТО в цілому.

Виробнича програма дільниці визначає кількість агрегатів, що надходять у ремонт протягом року, та є основою для подальших розрахунків трудомісткості робіт, чисельності персоналу, необхідного обладнання і виробничих площ.

Для проектованої дільниці приймається, що станція технічного обслуговування обслуговує парк вантажних автомобілів чисельністю 600 одиниць. Аналіз статистичних даних експлуатації дизельної техніки показує, що щорічно ремонту паливної апаратури потребує приблизно 30 % автомобілів.

Тоді кількість автомобілів, що потребують ремонту паливної апаратури протягом року, становить:

$$N_p = A \cdot k$$

де:

N_p – кількість автомобілів, що потребують ремонту паливної апаратури за рік;

A – кількість автомобілів у парку, од.;

k – коефіцієнт звернень до дільниці ремонту паливної апаратури.

Підставляючи значення, отримаємо:

$$N_p = 600 \cdot 0.3 = 180 \text{ автомобілів}$$

Отже, протягом року дільниця повинна забезпечити ремонт паливної апаратури приблизно для 60 вантажних автомобілів.

Оскільки кожен дизельний двигун обладнаний у середньому шістьма форсунками, річна кількість форсунок, що надходять у ремонт, становитиме:

$$N_\phi = N_p \cdot n_\phi$$

де: n_ϕ - кількість форсунок на одному двигуні.

Кількість паливних насосів високого тиску, що потребують ремонту, приймається рівною кількості автомобілів:

Таким чином, виробнича програма проектованої дільниці ремонту

паливної апаратури становить:

- паливні насоси високого тиску – 180 шт./рік;
- форсунки – 1080 шт./рік.

Отримані дані є вихідними для подальшого розрахунку річного обсягу робіт, чисельності працівників, кількості обладнання та виробничої площі дільниці ремонту паливної апаратури.

2.2 Розрахунок річного обсягу робіт дільниці ремонту паливної апаратури

Річний обсяг робіт дільниці ремонту паливної апаратури визначається на основі виробничої програми та нормативної трудомісткості виконання ремонтних операцій. Отримані результати використовуються для подальшого розрахунку чисельності виробничого персоналу, необхідного обладнання та площі виробничої дільниці.

Згідно з виробничою програмою, прийнятою в підрозділі 2.1, протягом року на дільницю надходить:

- паливних насосів високого тиску – 180 шт.;
- форсунок – 1080 шт.

Для розрахунку річного обсягу робіт приймаємо нормативну трудомісткість ремонту одного паливного насоса високого тиску 6,5 люд·год, а однієї форсунки – 0,8 люд·год.

Річний обсяг робіт з ремонту паливних насосів високого тиску визначаємо за формулою

$$T_{\text{ПНВТ}} = N_{\text{ПНВТ}} \cdot t_{\text{ПНВТ}},$$

де:

$T_{\text{ПНВТ}}$ – річний обсяг робіт з ремонту ПНВТ, люд·год;

$N_{\text{ПНВТ}}$ – кількість насосів, що ремонтуються протягом року, шт.;

$t_{\text{ПНВТ}}$ – трудомісткість ремонту одного насоса, люд·год.

Підставляючи вихідні дані, отримаємо

$$T_{\text{ПНВТ}} = 60 \cdot 6,5 = 390 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Річний обсяг робіт з ремонту форсунок визначаємо за формулою

$$T_{\text{ф}} = N_{\text{ф}} \cdot t_{\text{ф}},$$

де:

$T_{\text{ф}}$ – річний обсяг робіт з ремонту форсунок, люд·год;

$N_{\text{ф}}$ – кількість форсунок, що ремонтуються протягом року, шт.;

$t_{\text{ф}}$ – трудомісткість ремонту однієї форсунки, люд·год.

Тоді

$$T_{\text{ф}} = 360 \cdot 0,8 = 288 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

Загальний річний обсяг основних ремонтних робіт становить

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{ПНВТ}} + T_{\text{ф}},$$

$$T_{\text{заг}} = 390 + 288 = 678 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Окрім основних ремонтних операцій, на дільниці виконуються допоміжні роботи, пов'язані з миттям деталей, дефектуванням, транспортуванням агрегатів, підготовкою обладнання, контролем якості та оформленням технічної документації. Для врахування цих робіт вводимо коефіцієнт додаткових витрат часу:

$$K_{\text{д}} = 1,15.$$

Тоді скоригований річний обсяг робіт визначаємо за формулою

$$T_{\text{р}} = T_{\text{заг}} \cdot K_{\text{д}},$$

$$T_{\text{р}} = 678 \cdot 1,15 = 779,7 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Приймаємо

$$T_{\text{р}} = 780 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Для наочності результати розрахунків зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Річний обсяг робіт дільниці ремонту паливної апаратури

Найменування робіт	Кількість, шт.	Трудомісткість одиниці, люд·год	Річний обсяг робіт, люд·год
Ремонт ПНВТ	60	6,5	390
Ремонт форсунок	360	0,8	288
Всього основних	–	–	678

робіт			
Допоміжні роботи (15 %)	–	–	102
Загальний річний обсяг робіт	–	–	780

Таким чином, у результаті проведених розрахунків встановлено, що загальний річний обсяг робіт дільниці ремонту паливної апаратури становить 780 люд·год. Отримане значення буде використано для визначення чисельності виробничого персоналу, необхідного технологічного обладнання та виробничої площі дільниці.

2.3 Розрахунок чисельності виробничих працівників

Чисельність виробничих працівників дільниці ремонту паливної апаратури визначається на основі річного обсягу робіт та дійсного фонду робочого часу одного працівника.

Згідно з виробничою програмою дільниці протягом року виконується ремонт:

- паливних насосів високого тиску – 180 шт.;
- форсунок – 1080 шт.

Трудомісткість ремонту одного паливного насоса високого тиску приймається 8 люд·год, а однієї форсунки – 1,2 люд·год.

Річний обсяг робіт з ремонту паливних насосів високого тиску становить

$$T_{\text{пнвт}} = N_{\text{пнвт}} \cdot t_{\text{пнвт}},$$

$$T_{\text{пнвт}} = 180 \cdot 8 = 1440 \text{ люд·год.}$$

Річний обсяг робіт з ремонту форсунок становить

$$T_{\text{ф}} = N_{\text{ф}} \cdot t_{\text{ф}},$$

$$T_{\text{ф}} = 1080 \cdot 1,2 = 1296 \text{ люд·год.}$$

Загальний обсяг основних робіт становить

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{пнвт}} + T_{\text{ф}},$$

$$T_{\text{заг}} = 1440 + 1296 = 2736 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Для врахування допоміжних робіт (миття, дефектування, транспортування, контроль якості, оформлення документації) приймаємо коефіцієнт

$$K_d = 1,15.$$

Тоді загальний річний обсяг робіт дільниці становитиме

$$T_r = T_{\text{заг}} \cdot K_d,$$

$$T_r = 2736 \cdot 1,15 = 3146 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Номинальний річний фонд часу одного працівника визначається за формулою

$$\Phi_n = (D_k - D_v - D_{\text{св}}) \cdot t_{\text{зм}},$$

де:

$$D_k = 365 \text{ днів};$$

$$D_v = 104 \text{ дні};$$

$$D_{\text{св}} = 11 \text{ днів};$$

$$t_{\text{зм}} = 8 \text{ год.}$$

Тоді

$$\Phi_n = (365 - 104 - 11) \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд часу одного працівника становить

$$\Phi_d = \Phi_n \cdot \eta,$$

де $\eta = 0,9$.

$$\Phi_d = 2000 \cdot 0,9 = 1800 \text{ год.}$$

Необхідна кількість виробничих працівників визначається за формулою

$$R_{\text{яв}} = T_r / \Phi_d, \quad (2.21)$$

$$R_{\text{яв}} = 3146 / 1800 = 1,75 \text{ чол.}$$

Приймаємо

$$R_{\text{яв}} = 2 \text{ чол.}$$

Для забезпечення безперебійної роботи дільниці приймаємо наступний склад персоналу:

– слюсар з ремонту паливної апаратури 5 розряду – 1 особа;

– слюсар з ремонту паливної апаратури 4 розряду – 1 особа.

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок чисельності виробничих працівників

Показник	Значення
Річний обсяг робіт, люд·год	3146
Дійсний фонд часу працівника, год	1800
Розрахункова чисельність, чол.	1,75
Прийнята чисельність, чол.	2

Таким чином, для виконання річної виробничої програми дільниці ремонту паливної апаратури необхідно два виробничих працівники, що забезпечують виконання всіх технологічних операцій з ремонту та регулювання паливної апаратури вантажних автомобілів.

2.4 Розрахунок кількості робочих постів та технологічного обладнання

Кількість робочих постів дільниці ремонту паливної апаратури визначається з урахуванням річного обсягу робіт, фонду часу роботи обладнання, кількості змін та коефіцієнта використання робочого часу. Робочі пости повинні забезпечувати виконання всіх основних технологічних операцій: миття, розбирання, дефектування, ремонту, складання, регулювання та контролю якості паливної апаратури.

У підрозділі 2.3 було визначено, що річний обсяг робіт дільниці становить

$$T_r = 3146 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Кількість робочих постів визначаємо за формулою

$$X_p = T_r / (\Phi_d \cdot P_{cp} \cdot \eta_p),$$

де:

X_p – кількість робочих постів;

T_r – річний обсяг робіт дільниці, люд·год;

Фд – дійсний річний фонд часу одного працівника, год;

Рср – середня кількість працівників на одному посту;

$\eta_{п}$ – коефіцієнт використання поста.

Приймаємо:

$$\text{Фд} = 1800 \text{ год};$$

$$\text{Рср} = 1 \text{ чол.};$$

$$\eta_{п} = 0,85.$$

Тоді

$$\text{Хп} = 3146 / (1800 \cdot 1 \cdot 0,85) = 2,06.$$

Приймаємо

$$\text{Хп} = 2 \text{ пости.}$$

Отже, для виконання річної виробничої програми дільниці ремонту паливної апаратури необхідно організувати два основні робочі пости:

- пост розбирання, миття, дефектування та ремонту деталей;
- пост перевірки, регулювання та контролю паливної апаратури на стендах.

Перший пост призначений для приймання паливної апаратури в ремонт, її зовнішнього очищення, розбирання, дефектування деталей, заміни несправних елементів, складання вузлів та підготовки їх до перевірки.

Другий пост призначений для стенової перевірки паливних насосів високого тиску, форсунок, паливопідкачувальних насосів, регулювання параметрів подачі палива, перевірки герметичності та контролю якості виконаних робіт.

Для визначення площі дільниці враховуємо площу, зайняту обладнанням, та коефіцієнт щільності розміщення обладнання. Площа дільниці визначається за формулою

$$\text{Fд} = \text{Fоб} \cdot \text{Кщ},$$

де:

Фд – площа дільниці, м²;

Фоб – сумарна площа обладнання в плані, м²;

Кщ – коефіцієнт щільності розміщення обладнання.

Для ділянок ремонту агрегатів приймаємо

$$Кщ = 4,5.$$

Сумарну площу обладнання визначаємо за таблицею 2.3.

Таблиця 2.3 – Перелік основного технологічного обладнання ділянки ремонту паливної апаратури

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Габаритні розміри, м	Площа одиниці, м ²	Загальна площа, м ²
Стенд перевірки та регулювання ПНВТ	1	1,8 × 1,0	1,80	1,80
Стенд перевірки форсунок	1	0,8 × 0,6	0,48	0,48
Мийна установка	1	0,9 × 0,7	0,63	0,63
Верстак слюсарний	2	1,2 × 0,7	0,84	1,68
Стіл дефектувальний	1	1,2 × 0,7	0,84	0,84
Стелаж для деталей	2	1,4 × 0,5	0,70	1,40
Шафа для інструменту	1	0,8 × 0,5	0,40	0,40
Ємність для відпрацьованого палива	1	0,6 × 0,6	0,36	0,36
Разом	–	–	–	7,59

Отже, сумарна площа обладнання в плані становить

$$F_{об} = 7,59 \text{ м}^2.$$

Площа ділянки ремонту паливної апаратури становить

$$F_{д} = 7,59 \cdot 4,5 = 34,15 \text{ м}^2.$$

З урахуванням необхідності забезпечення проходів, зони зберігання агрегатів, місця для встановлення додаткового обладнання та можливості подальшого розширення виробничої програми приймаємо площу ділянки

$$F_{д} = 40 \text{ м}^2.$$

Таким чином, для роботи ділянки ремонту паливної апаратури необхідно організувати два робочі пости та передбачити виробничу площу 40 м².

Запропоноване обладнання забезпечує виконання основних операцій з ремонту, регулювання та контролю паливної апаратури вантажних автомобілів.

2.5 Технологічний процес ремонту паливної апаратури

Технологічний процес ремонту паливної апаратури являє собою сукупність послідовно виконуваних операцій, спрямованих на відновлення працездатності паливних насосів високого тиску, форсунок та інших елементів системи живлення дизельних двигунів вантажних автомобілів.

Основною метою ремонту є відновлення технічних характеристик паливної апаратури до параметрів, встановлених заводом-виробником, забезпечення необхідної циклової подачі палива, рівномірності роботи секцій насоса та якісного розпилення палива форсунками.

Технологічний процес ремонту паливної апаратури включає такі основні етапи:

- приймання агрегатів у ремонт;
- зовнішнє очищення та миття;
- розбирання агрегатів;
- дефектування деталей;
- відновлення або заміна несправних деталей;
- складання агрегатів;
- регулювання та випробування на стенді;
- контроль якості ремонту;
- передача агрегатів в експлуатацію.

Після надходження паливного насоса або форсунок на дільницю виконується їх зовнішній огляд та очищення від бруду, пилу і залишків палива. Миття агрегатів здійснюється в спеціальній мийній установці із застосуванням мийних розчинів.

Наступною операцією є розбирання агрегатів на складові частини. Розбирання виконується на спеціалізованому робочому місці із застосуванням

комплекту спеціального інструменту та пристосувань. У процесі розбирання всі деталі маркуються для забезпечення правильності подальшого складання.

Після розбирання проводиться дефектування деталей. Особливу увагу приділяють перевірці:

- плунжерних пар;
- нагнітальних клапанів;
- кулачкового вала паливного насоса;
- підшипників;
- пружин;
- розпилювачів форсунок;
- ущільнювальних елементів.

Технічний стан деталей оцінюється шляхом зовнішнього огляду, вимірювання зношування, перевірки герметичності та контролю робочих параметрів.

Несправні деталі підлягають заміні або відновленню. До основних ремонтних операцій належать:

- заміна плунжерних пар;
- заміна розпилювачів форсунок;
- заміна ущільнень;
- відновлення різьбових з'єднань;
- шліфування окремих поверхонь;
- очищення паливних каналів.

Після завершення ремонту виконується складання агрегатів відповідно до вимог технологічної документації та заводських інструкцій.

Зібрані паливні насоси високого тиску направляються на стенд для регулювання та перевірки. Під час стендових випробувань контролюються:

- циклова подача палива;
- рівномірність подачі секціями;
- початок подачі палива;
- герметичність системи;

– робота регулятора частоти обертання.

Форсунок після складання також перевіряються на спеціальному стенді.

Під час перевірки контролюються:

- тиск початку впорскування;
- якість розпилення палива;
- герметичність розпилювача;
- відсутність підтікання палива.

Після завершення регулювання виконується остаточний контроль якості ремонту. Відремонтовані агрегати повинні відповідати технічним вимогам заводу-виробника та забезпечувати стабільну роботу дизельного двигуна на всіх режимах експлуатації.

Для наочності технологічний процес ремонту паливної апаратури наведено у вигляді технологічної карти (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Технологічна карта ремонту паливної апаратури

№ операції	Найменування операції	Обладнання та інструмент
1	Приймання агрегату	Робочий стіл
2	Миття та очищення	Мийна установка
3	Розбирання	Верстак, спецінструмент
4	Дефектування деталей	Вимірювальний інструмент
5	Заміна несправних деталей	Слюсарний інструмент
6	Складання агрегату	Верстак, спецінструмент
7	Регулювання ПНВТ	Стенд перевірки ПНВТ
8	Перевірка форсунок	Стенд перевірки форсунок
9	Контроль якості	Контрольні прилади
10	Видача в експлуатацію	Робочий стіл

Таким чином, розроблений технологічний процес забезпечує послідовне виконання всіх операцій ремонту паливної апаратури, дозволяє підвищити якість виконуваних робіт, скоротити час ремонту та забезпечити надійну роботу дизельних двигунів вантажних автомобілів після ремонту.

2.6 Вибір технологічного обладнання ремонтної дільниці

Ефективність роботи дільниці ремонту паливної апаратури значною мірою залежить від рівня її технічного оснащення. Використання сучасного діагностичного та ремонтного обладнання дозволяє підвищити якість ремонту, скоротити тривалість виконання технологічних операцій та забезпечити відповідність відремонтованих агрегатів технічним вимогам виробників.

Для виконання виробничої програми дільниці необхідно забезпечити можливість виконання всіх основних операцій технологічного процесу: миття, розбирання, дефектування, ремонту, складання, регулювання та контролю паливної апаратури.

Основним обладнанням дільниці є стенд для перевірки та регулювання паливних насосів високого тиску. Для проектованої дільниці приймається стенд типу EPS 815, який забезпечує перевірку механічних та електронно-керованих паливних насосів високого тиску різних виробників.

Для перевірки форсунок приймається стенд типу EPS 205, який дозволяє контролювати тиск початку впорскування, якість розпилення палива та герметичність розпилювачів.

Для очищення деталей паливної апаратури передбачається використання ультразвукової мийної установки, яка забезпечує якісне видалення відкладень та забруднень із важкодоступних порожнин деталей.

Для виконання складально-розбиральних робіт дільниця оснащується слюсарними верстакami, стелажami для зберігання деталей та спеціальним інструментом для обслуговування паливної апаратури.

Перелік основного технологічного обладнання наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Основне технологічне обладнання дільниці ремонту паливної апаратури

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Призначення
Стенд перевірки ПНВТ	1	Перевірка та регулювання

		паливних насосів
Стенд перевірки форсунок	1	Контроль та регулювання форсунок
Ультразвукова мийна установка	1	Очищення деталей
Верстак слюсарний	2	Розбирання та складання агрегатів
Дефектувальний стіл	1	Контроль технічного стану деталей
Стелаж для деталей	2	Зберігання агрегатів та запасних частин
Інструментальна шафа	1	Зберігання інструменту
Комплект спеціального інструменту	1	Ремонт ПНВТ і форсунок

Використання зазначеного обладнання забезпечує виконання повного комплексу робіт з ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів та створює умови для підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу.

Правильний вибір обладнання є одним із основних напрямків удосконалення роботи дільниці, оскільки дозволяє скоротити тривалість ремонту, підвищити точність регулювань та покращити якість відновлення паливної апаратури.

2.7 Удосконалення організації робіт дільниці ремонту паливної апаратури

Одним із основних показників ефективності роботи дільниці ремонту паливної апаратури є коефіцієнт завантаження обладнання.

Коефіцієнт завантаження стендового обладнання визначається за формулою

$$K_3 = T_{ст} / \Phi_{об},$$

де:

$T_{ст}$ – річний час роботи стендового обладнання, год;

$\Phi_{об}$ – річний фонд часу роботи обладнання, год.

Річний фонд часу роботи обладнання становить

$$\Phi_{об} = D_r \cdot t_{зм} \cdot n_{зм},$$

де:

D_r – кількість робочих днів на рік;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год;

$n_{зм}$ – кількість змін.

$$\Phi_{об} = 250 \cdot 8 \cdot 1 = 2000 \text{ год.}$$

При фактичному завантаженні стенда

$$T_{ст} = 1450 \text{ год.}$$

Коефіцієнт завантаження становить

$$K_z = 1450 / 2000 = 0,73.$$

Отримане значення свідчить про достатньо ефективне використання обладнання та наявність резерву для збільшення виробничої програми.

Для оцінки продуктивності дільниці визначаємо середньорічний випуск відремонтованих агрегатів

$$P_d = N_{аг} / D_r,$$

де:

$N_{аг}$ – річна кількість відремонтованих агрегатів.

Загальна кількість агрегатів

$$N_{аг} = 180 + 1080 = 1260 \text{ шт.}$$

Тоді

$$P_d = 1260 / 250 = 5,04 \text{ шт./добу.}$$

Після впровадження нового технологічного обладнання та спеціального пристрою трудомісткість ремонту зменшується на 15 %.

Економія трудових витрат становить

$$\Delta T = T_1 - T_2,$$

$$\Delta T = 3146 - 2674 = 472 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Підвищення продуктивності праці визначається за формулою

$$\text{Пп} = ((T_1 - T_2) / T_2) \cdot 100 \%,$$

$$\text{Пп} = ((3146 - 2674) / 2674) \cdot 100 = 17,7 \%.$$

Коефіцієнт використання площі ділянки визначається як

$$\text{Кпл} = F_{об} / F_{д},$$

де:

$$F_{об} = 7,59 \text{ м}^2;$$

$$F_{д} = 40 \text{ м}^2.$$

Тоді

$$\text{Кпл} = 7,59 / 40 = 0,19.$$

Отримане значення відповідає нормативам для ремонтних ділянок та забезпечує достатні проходи і зони обслуговування обладнання.

Впровадження розробленого пристрою дозволяє скоротити час розбирання та складання паливної апаратури на 20 %.

Економія часу на один ремонт становить

$$\Delta t = t_1 - t_2,$$

$$\Delta t = 8 - 6,4 = 1,6 \text{ год.}$$

Таким чином, удосконалення організації робіт ділянки, впровадження сучасного стендового обладнання та використання спеціального пристрою дозволяють підвищити продуктивність праці на 17,7 %, зменшити трудомісткість ремонтних робіт на 472 люд·год за рік та забезпечити більш ефективне використання виробничих площ і обладнання.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення та конструкція розробленого пристрою

Для підвищення ефективності роботи дільниці ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів у даній роботі розроблено універсальний поворотний пристрій для фіксації паливних насосів високого тиску під час виконання операцій розбирання, складання, дефектування та регулювання.

Необхідність розробки пристрою обумовлена тим, що під час ремонту паливних насосів виникає потреба в їх надійному закріпленні у зручному для роботи положенні. Використання звичайних слюсарних лещат не забезпечує необхідної точності базування агрегату та може призводити до пошкодження корпусу насоса.

Розроблений пристрій забезпечує надійну фіксацію паливних насосів різних типорозмірів, дозволяє виконувати їх поворот навколо вертикальної осі та створює зручний доступ до всіх вузлів агрегату.

Конструкція пристрою складається з таких основних елементів:

- основи;
- вертикальної стійки;
- поворотної платформи;
- затискної плити;
- регульованих опор;
- гвинтового затискного механізму;
- рукоятки приводу;
- фіксатора поворотного механізму.

Основою пристрою є зварна рама, яка забезпечує жорсткість конструкції та сприймає всі навантаження, що виникають під час виконання ремонтних робіт. На рамі встановлена вертикальна стійка з поворотною платформою.

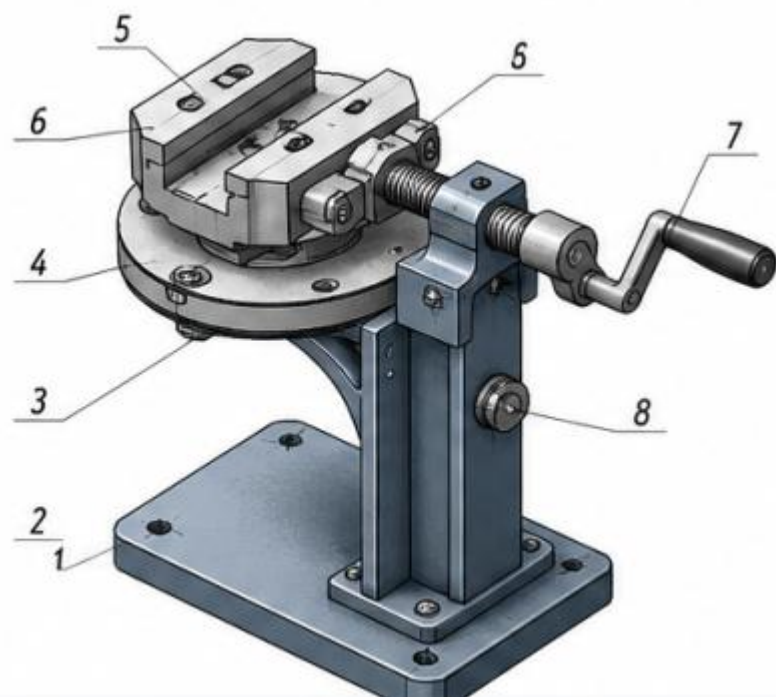
На поворотній платформі розміщено затискний механізм із рухомою та нерухомою плитами. Переміщення рухомої плити здійснюється за допомогою гвинтової пари. Обертання рукоятки забезпечує створення необхідного

затискного зусилля для фіксації паливного насоса.

Регульовані опори дозволяють встановлювати паливні насоси різних моделей та габаритів. Для виключення самовільного повороту передбачено механічний фіксатор.

Запропонована конструкція відзначається простотою виготовлення, високою жорсткістю, універсальністю та можливістю використання для більшості паливних насосів високого тиску, що застосовуються на вантажних автомобілях MAN, DAF, Volvo, Scania, Mercedes-Benz та Renault Trucks.

Загальний вигляд розробленого пристрою наведений на рисунку 3.1.



1 – основа; 2 – вертикальна стійка; 3 – підсилююча косинка; 4 – поворотна платформа; 5 – нерухома затискна губка; 6 – рухома затискна губка; 7 – рукоятка приводу затискного механізму; 8 – фіксатор поворотної платформи.

Рисунок 3.1 - Загальний вигляд пристрою

3.2 Принцип роботи розробленого пристрою

Розроблений універсальний поворотний пристрій призначений для надійної фіксації паливних насосів високого тиску під час виконання операцій розбирання, складання, дефектування, регулювання та контролю технічного

стану. Конструкція пристрою забезпечує зручний доступ до всіх елементів паливного насоса та дозволяє виконувати ремонтні роботи з мінімальними затратами часу.

Загальний вигляд пристрою наведений на рисунку 3.1. Основними елементами конструкції є основа, вертикальна стійка, поворотна платформа, затискні губки, гвинтовий затискний механізм, рукоятка та фіксатор поворотної платформи.

Перед початком роботи паливний насос високого тиску встановлюють між нерухомою та рухомою затискними губками. За допомогою рукоятки обертають затискний гвинт, який переміщує рухому губку та створює необхідне зусилля затискання. Після надійної фіксації агрегату виконуються необхідні ремонтні операції.

Особливістю конструкції є наявність поворотної платформи, яка дозволяє змінювати положення паливного насоса відносно робочого місця. Поворот виконується навколо вертикальної осі, що значно полегшує доступ до окремих вузлів і деталей насоса. Після встановлення необхідного положення платформа фіксується спеціальним механічним фіксатором.

Під час виконання операцій розбирання та складання на затискний механізм діють осьові та крутні навантаження. Для забезпечення надійності роботи конструкції всі силові елементи мають достатній запас міцності та жорсткості.

Принцип роботи пристрою полягає у перетворенні обертального руху рукоятки в поступальний рух рухомої губки. Переміщення здійснюється за допомогою гвинтової передачі, яка забезпечує плавне регулювання величини затискного зусилля.

Схема роботи пристрою наведена на рисунку 3.2.

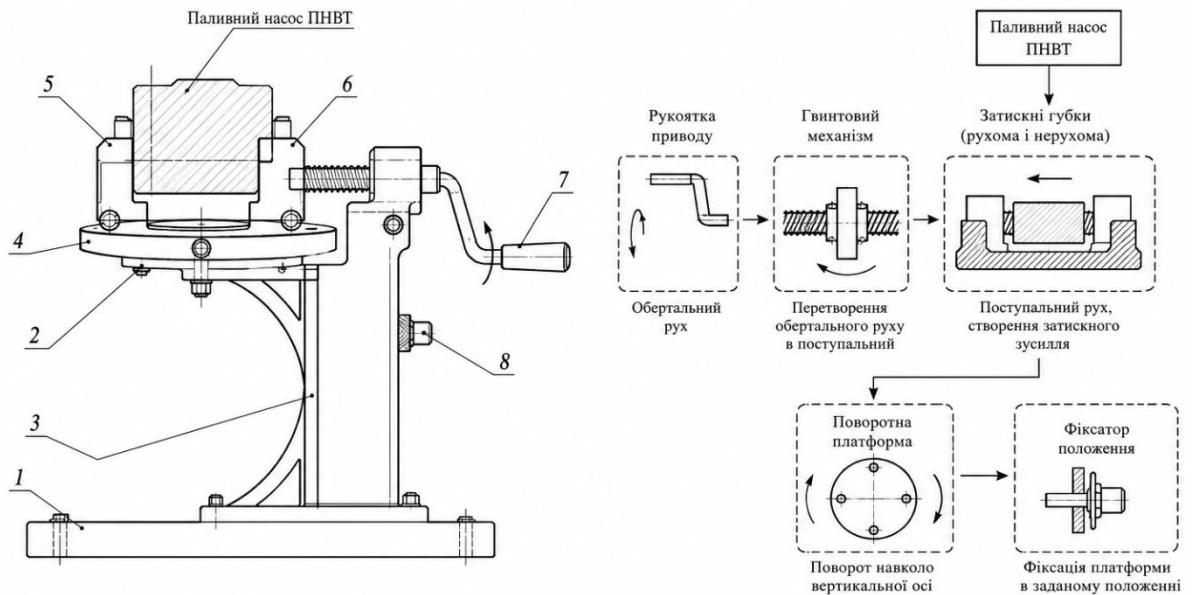


Рисунок 3.2 – Схема роботи пристрою

Під час експлуатації пристрій працює таким чином:

- паливний насос встановлюється між затискними губками;
- обертанням рукоятки створюється необхідне затискне зусилля;
- виконується фіксація поворотної платформи;
- проводяться ремонтні роботи;
- після завершення ремонту фіксатор відпускається і насос може бути повернутий у необхідне положення;
- після завершення робіт затискний механізм послаблюється і агрегат знімається з пристрою.

Запропонована конструкція забезпечує надійну фіксацію паливних насосів різних типорозмірів, скорочує час виконання ремонтних операцій та підвищує зручність роботи персоналу. Використання поворотної платформи дозволяє зменшити кількість допоміжних операцій, пов'язаних із перестановкою агрегату, а також покращує умови праці працівників дільниці ремонту паливної апаратури.

Таким чином, розроблений пристрій забезпечує підвищення продуктивності праці, зменшення трудомісткості ремонтних робіт та покращення якості ремонту паливних насосів високого тиску вантажних автомобілів.

3.3 Вибір матеріалів для основних деталей пристрою

Надійність, довговічність та безпечність експлуатації розробленого пристрою значною мірою залежать від правильного вибору матеріалів його основних деталей. При виборі матеріалів враховувалися умови роботи пристрою, характер навантажень, технологічність виготовлення деталей, вартість матеріалу та його механічні властивості.

Конструкція розробленого універсального поворотного пристрою для фіксації паливних насосів високого тиску наведена на рисунку 3.3.

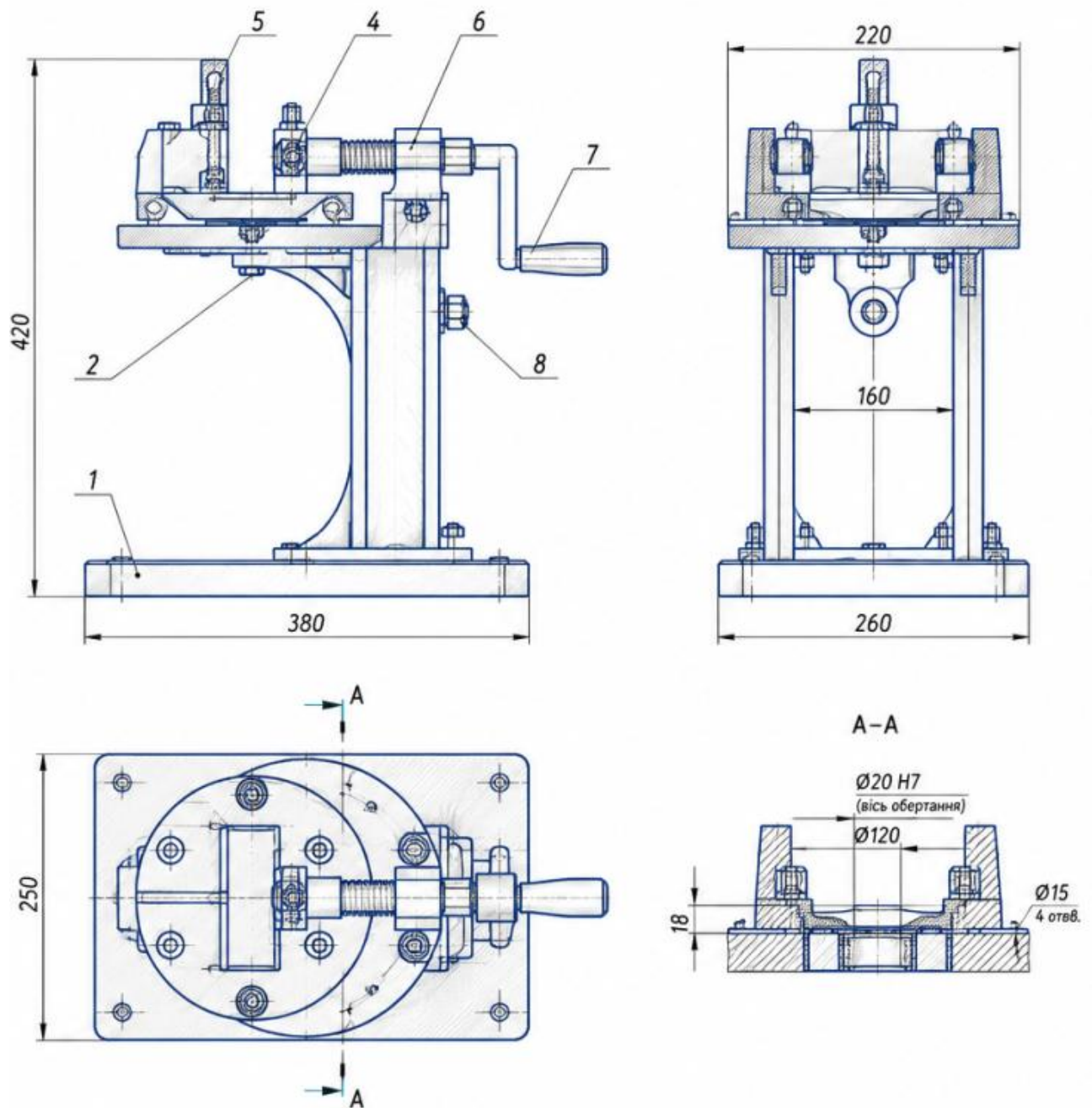


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд універсального поворотного пристрою

для фіксації паливних насосів високого тиску

1 – основа; 2 – вертикальна стійка; 3 – поворотна платформа; 4 – нерухома затискна губка; 5 – рухома затискна губка; 6 – затискний гвинт; 7 – рукоятка приводу; 8 – фіксатор поворотної платформи.

Як видно з рисунка 3.3, найбільш навантаженими елементами конструкції є затискний гвинт, затискні губки, поворотна платформа та вертикальна стійка. Саме ці деталі сприймають основні навантаження, що виникають під час фіксації паливного насоса та виконання ремонтних робіт.

Основа пристрою служить для встановлення всіх елементів конструкції та передачі навантажень на робочий стіл. До матеріалу основи висуваються вимоги щодо достатньої жорсткості, міцності та технологічності виготовлення. Для виготовлення основи приймається сталь Ст3, яка характеризується хорошою зварюваністю, доступністю та достатніми механічними властивостями.

Вертикальна стійка працює на згин та стискання під дією навантаження від затискного механізму. Для її виготовлення також приймається сталь Ст3, що забезпечує необхідний запас міцності при відносно невисокій вартості матеріалу.

Поворотна платформа сприймає навантаження від закріпленого паливного насоса та передає їх на вертикальну стійку. Для забезпечення достатньої міцності та зносостійкості платформа виготовляється зі сталі 45, яка після нормалізації має підвищені механічні характеристики та добре обробляється різанням.

Затискні губки безпосередньо контактують із корпусом паливного насоса та сприймають значні контактні навантаження. Для їх виготовлення обирається сталь 45 з подальшим поліпшенням. Такий матеріал забезпечує високу міцність, зносостійкість та стійкість до пластичних деформацій.

Одним із найбільш відповідальних елементів конструкції є затискний гвинт. Під час роботи він працює на розтяг та кручення, створюючи необхідне затискне зусилля. Для виготовлення гвинта приймається легована

конструкційна сталь 40Х, яка після термічної обробки має високі показники міцності та витривалості.

Рукоятка приводу не зазнає значних навантажень, тому для її виготовлення достатньо використання сталі Ст3. Це дозволяє спростити виготовлення та зменшити собівартість конструкції.

Фіксатор поворотної платформи працює в умовах періодичних навантажень та тертя, тому для його виготовлення доцільно застосувати сталь 45.

Основні характеристики вибраних матеріалів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матеріали основних деталей пристрою

Деталь	Матеріал	Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа
Основа	Ст3	240	370
Вертикальна стійка	Ст3	240	370
Поворотна платформа	Сталь 45	355	600
Нерухома губка	Сталь 45	355	600
Рухома губка	Сталь 45	355	600
Затискний гвинт	Сталь 40Х	785	980
Рукоятка	Ст3	240	370
Фіксатор	Сталь 45	355	600

Проведений вибір матеріалів забезпечує необхідну міцність і довговічність конструкції при мінімальних витратах на виготовлення пристрою. Використання стандартних конструкційних сталей також спрощує технологію виробництва та ремонту окремих елементів пристрою.

Обрані матеріали будуть використані при подальшому виконанні розрахунків на міцність основних елементів конструкції.

3.4 Розрахунок затискного зусилля

Одним із основних параметрів розробленого пристрою є величина затискного зусилля, яка повинна забезпечувати надійну фіксацію паливного насоса високого тиску під час виконання операцій розбирання, складання та регулювання. Недостатнє затискне зусилля може призвести до зміщення агрегату під час роботи, а надмірне — до пошкодження корпусу паливного насоса.

Під час виконання ремонтних робіт на насос діє крутний момент, що виникає при відкручуванні різьбових з'єднань. Для розрахунку приймаємо максимальний момент

$$M = 120 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Надійність утримання агрегату забезпечується силами тертя між корпусом насоса та затискними губками. Умова надійного закріплення має вигляд

$$M \leq F_T \cdot r,$$

де:

M – крутний момент, Н·м;

F_T – сила тертя між губками та насосом, Н;

r – середній радіус прикладання сили тертя, м.

Сила тертя визначається залежністю

$$F_T = \mu \cdot F_z,$$

де:

μ – коефіцієнт тертя між сталевими поверхнями;

F_z – затискне зусилля, Н.

Для сталевих поверхонь приймаємо

$$\mu = 0,2.$$

Середній радіус закріплення паливного насоса приймаємо

$$r = 0,08 \text{ м}.$$

Тоді необхідне затискне зусилля визначається з виразу

$$F_z = M / (\mu \cdot r),$$

Підставляючи значення, отримаємо

$$F_z = 120 / (0,2 \cdot 0,08) = 7500 \text{ Н.}$$

Для забезпечення запасу надійності приймаємо коефіцієнт запасу

$$n = 1,5.$$

Розрахункове затискне зусилля становитиме

$$F_p = F_z \cdot n,$$

$$F_p = 7500 \cdot 1,5 = 11250 \text{ Н.}$$

Приймаємо

$$F_p = 11,3 \text{ кН.}$$

Навантаження на кожну затискну губку визначається за формулою

$$F_{\Gamma} = F_p / 2,$$

$$F_{\Gamma} = 11250 / 2 = 5625 \text{ Н.}$$

Таким чином, кожна затискна губка повинна сприймати навантаження близько 5,6 кН.

Для оцінки питомого тиску на поверхню затискання визначимо площу контакту губки з корпусом паливного насоса.

Приймаємо розміри контактної поверхні:

довжина $l = 80$ мм;

ширина $b = 25$ мм.

Площа контакту становить

$$A = l \cdot b,$$

$$A = 80 \cdot 25 = 2000 \text{ мм}^2.$$

Питомий тиск визначаємо за формулою

$$p = F_{\Gamma} / A,$$

$$p = 5625 / 2000 = 2,81 \text{ МПа.}$$

Отримане значення є значно меншим за допустимі контактні напруження для корпусів паливних насосів, тому небезпека пошкодження агрегату відсутня.

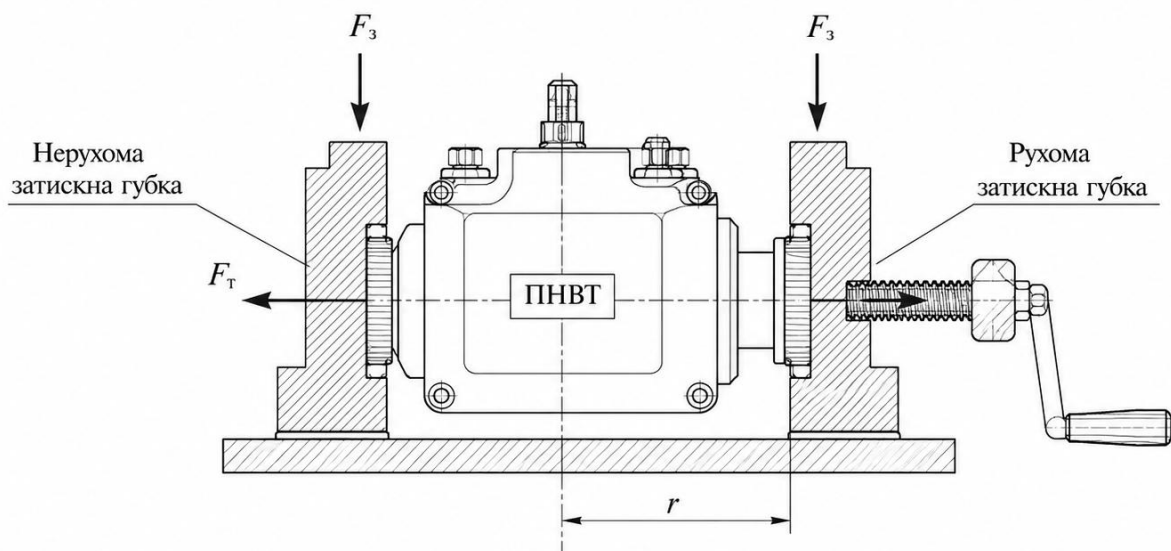
Результати розрахунку наведені в таблиці 3.2.

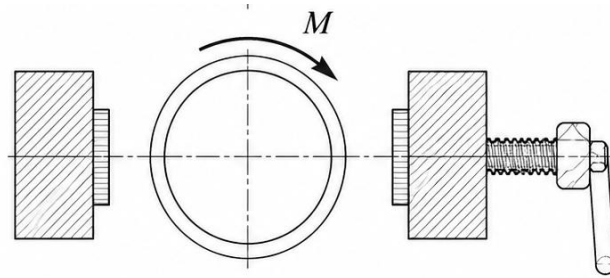
Таблиця 3.2 – Результати розрахунку затискного механізму

Параметр	Значення
Крутний момент, Н·м	120
Коефіцієнт тертя	0,2
Радіус затискання, м	0,08
Необхідне затискне зусилля, Н	7500
Коефіцієнт запасу	1,5
Розрахункове затискне зусилля, Н	11250
Навантаження на одну губку, Н	5625
Питомий тиск, МПа	2,81

Отримане розрахункове затискне зусилля 11,3 кН буде використане в наступних підрозділах для розрахунку затискного гвинта, перевірки міцності губок та інших елементів конструкції розробленого пристрою.

Для визначення необхідного затискного зусилля було прийнято розрахункову схему, наведену на рисунку 3.4. На схемі показано дію сил затискання губок на корпус паливного насоса, сили тертя, що утримують агрегат від провертання, а також крутний момент, який виникає під час виконання ремонтних операцій.





F_z – сила затискання губок; F_t – сила тертя між губками та корпусом паливного насоса; M – крутний момент, що прикладається до паливного насоса під час виконання ремонтних операцій; r – радіус прикладання сили тертя;

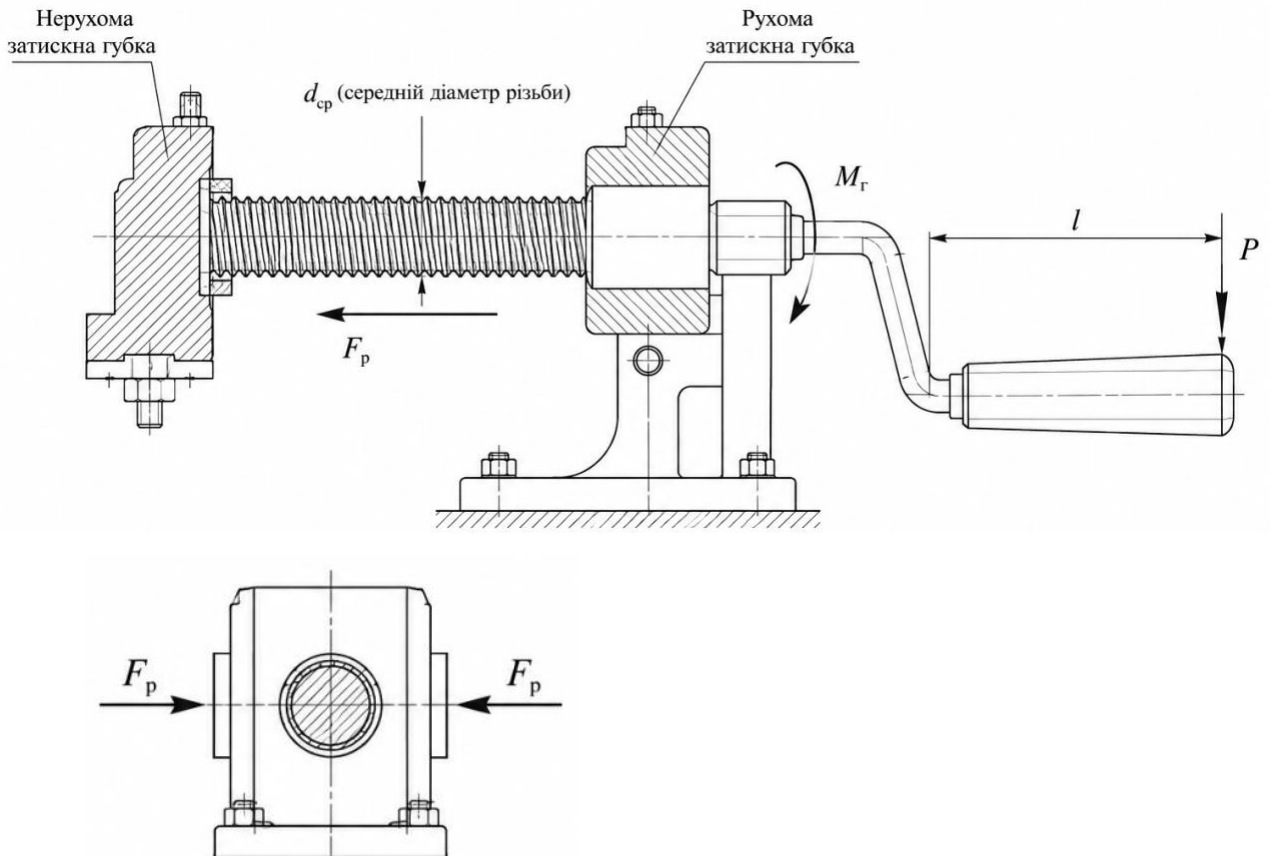
ПНВТ – паливний насос високого тиску.

Рисунок 3.4 – Розрахункова схема визначення затискного зусилля

Як видно з рисунка 3.4, надійність фіксації паливного насоса забезпечується силами тертя F_t , що виникають між поверхнями затискних губок та корпусом агрегату. Величина сили тертя залежить від коефіцієнта тертя матеріалів та прикладеного затискного зусилля F_z . Для запобігання провертання паливного насоса під дією крутного моменту M необхідно забезпечити таке значення затискного зусилля, при якому момент сил тертя буде більшим за максимальний робочий момент, що виникає під час ремонту. Саме ця умова покладена в основу подальшого розрахунку затискного механізму пристрою.

3.5 Розрахунок затискного гвинта

Для перевірки працездатності та міцності затискного механізму на рисунку 3.5 наведено розрахункову схему затискного гвинта. Схема відображає дію осьової сили затискання, моменту затягування та сили, що прикладається оператором до рукоятки приводу.



F_p – розрахункове затискне зусилля; $M_г$ – момент затягування гвинта; l – довжина рукоятки; P – сила, прикладена оператором до рукоятки; $d_{ср}$ – середній діаметр різьби затискного гвинта.

Рисунок 3.5 – Розрахункова схема затискного гвинта

Як видно з рисунка 3.5, обертання рукоятки створює момент затягування $M_г$, який через різьбову пару перетворюється на осьову силу F_p . Створене затискне зусилля передається на рухому затискну губку та забезпечує надійну фіксацію паливного насоса високого тиску під час виконання ремонтних операцій. Отримана схема використовується для подальшого розрахунку параметрів різьби та перевірки міцності елементів затискного механізму.

Затискний гвинт є одним із найбільш навантажених елементів розробленого пристрою, оскільки саме він забезпечує створення необхідного затискного зусилля для надійної фіксації паливного насоса високого тиску під час виконання ремонтних операцій.

У попередньому підрозділі було визначено необхідне розрахункове

затискне зусилля

$$F_p = 11250 \text{ Н.}$$

Для затискного механізму приймаємо трапецеїдальну різьбу Tr20×4, яка широко використовується в силових гвинтових передачах та характеризується високою несучою здатністю.

Середній діаметр різьби становить

$$d_{cp} = 18 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр різьби становить

$$d_1 = 16 \text{ мм.}$$

Перевірку міцності гвинта виконуємо за напруженнями розтягу.

Площа небезпечного перерізу гвинта визначається за формулою

$$A = \pi \cdot d_1^2 / 4,$$

$$A = 3,14 \cdot 16^2 / 4 = 201 \text{ мм}^2.$$

Напруження розтягу становить

$$\sigma = F_p / A,$$

$$\sigma = 11250 / 201 = 55,97 \text{ МПа.}$$

Для матеріалу гвинта прийнята сталь 40Х.

Допустиме напруження для сталі 40Х приймаємо

$$[\sigma] = 180 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності визначаємо за формулою

$$n = [\sigma] / \sigma,$$

$$n = 180 / 55,97 = 3,22.$$

Отримане значення коефіцієнта запасу перевищує нормативне значення $n = 2$, тому умова міцності виконується.

Для визначення моменту, необхідного для затягування гвинта, використовуємо залежність

$$M_{\Gamma} = F_p \cdot d_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) / 2,$$

де:

F_p – розрахункове затискне зусилля, Н;

d_{cp} – середній діаметр різьби, м;

α – кут підйому різьби;

φ – кут тертя.

Кут підйому різьби визначаємо за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha = P / (\pi \cdot d_{cp}),$$

де:

P – крок різьби.

Для різьби Tr20×4

$$P = 4 \text{ мм.}$$

Тоді

$$\operatorname{tg} \alpha = 4 / (3,14 \cdot 18) = 0,071.$$

$$\alpha = 4,06^\circ.$$

Для сталеві пари тертя без підшипників приймаємо

$$\varphi = 8^\circ.$$

Тоді

$$M_{\Gamma} = 11250 \cdot 0,018 \cdot \operatorname{tg}(4,06+8) / 2 = 21,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Отриманий момент повинен створюватися оператором за допомогою рукоятки.

Приймаємо довжину рукоятки

$$l = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м.}$$

Необхідне зусилля на рукоятці становить

$$P = M_{\Gamma} / l, P = 21,6 / 0,2 = 108 \text{ Н.}$$

Отримане значення відповідає приблизно 11 кг прикладеної сили, що є допустимим для ручного приводу та не викликає значного фізичного навантаження на працівника.

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку затискного гвинта

Параметр	Значення
Розрахункове затискне зусилля, Н	11250
Тип різьби	Tr20×4
Внутрішній діаметр різьби, мм	16

Площа небезпечного перерізу, мм ²	201
Напруження розтягу, МПа	55,97
Допустиме напруження, МПа	180
Коефіцієнт запасу міцності	3,22
Момент затягування, Н·м	21,6
Зусилля на рукоятці, Н	108

Таким чином, проведений розрахунок показав, що затискний гвинт з трапецеїдальною різьбою Tr20×4 забезпечує створення необхідного затискного зусилля та має достатній запас міцності для безпечної та надійної роботи пристрою.

3.6 Перевірочний розрахунок затискних губок на міцність

Для перевірки міцності затискних губок розробленого пристрою була прийнята розрахункова схема, наведена на рисунку 3.6. Під час розрахунку губка розглядається як консольна балка прямокутного перерізу, жорстко закріплена в основі та навантажена силою затискання від паливного насоса.

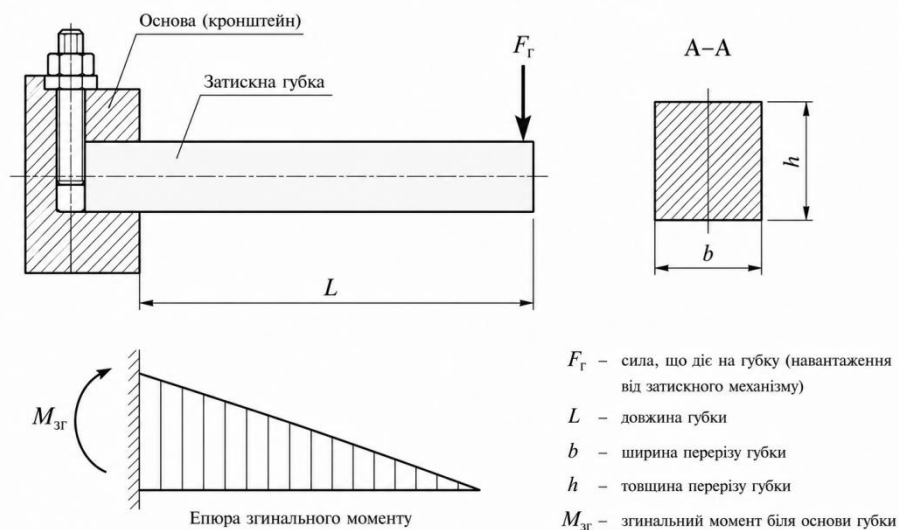


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема затискної губки

Рисунок 3.6 – Розрахункова схема затискної губки

F_g – навантаження, що діє на затискну губку від затискного механізму; L – довжина затискної губки; b – ширина поперечного перерізу губки; h – висота (товщина) поперечного перерізу губки; M_{zg} – максимальний згинальний

момент, що виникає біля основи губки.

Як видно з рисунка 3.6, найбільш небезпечним перерізом є зона закріплення губки в корпусі пристрою, де виникає максимальний згинальний момент $M_{зг}$. Саме в цьому перерізі виконуються подальші перевірочні розрахунки на міцність. Прийнята розрахункова схема дозволяє визначити напруження згину в матеріалі губки та оцінити достатність її поперечного перерізу для забезпечення надійної та безпечної роботи пристрою.

Затискні губки є відповідальними елементами конструкції розробленого пристрою, оскільки безпосередньо сприймають навантаження від затискного механізму та передають його на корпус паливного насоса високого тиску. Тому необхідно перевірити їх на міцність та визначити запас надійності конструкції.

Розрахунок виконуємо для найбільш навантаженої рухомої губки, на яку діє половина загального затискного зусилля.

З попереднього розрахунку отримано

$$F_p = 11250 \text{ Н.}$$

Навантаження на одну губку становить

$$F_{г} = F_p / 2,$$

$$F_{г} = 11250 / 2 = 5625 \text{ Н.}$$

Розрахункову схему губки приймаємо у вигляді консольної балки прямокутного перерізу, навантаженої силою $F_{г}$.

Конструктивно приймаємо:

довжина губки

$$L = 80 \text{ мм;}$$

ширина губки

$$b = 25 \text{ мм;}$$

товщина губки

$$h = 20 \text{ мм.}$$

Максимальний згинальний момент біля основи губки становить

$$M_{зг} = F_{г} \cdot L,$$

$$M_{зг} = 5625 \cdot 80 = 450000 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Момент опору прямокутного перерізу визначається за формулою

$$W = b \cdot h^2 / 6,$$

$$W = 25 \cdot 20^2 / 6 = 1667 \text{ мм}^3.$$

Максимальні напруження згину визначаємо за формулою

$$\sigma_{зг} = M_{зг} / W,$$

$$\sigma_{зг} = 450000 / 1667 = 270 \text{ МПа}.$$

Для виготовлення губок у підрозділі 3.3 було прийнято сталь 45.

Допустиме напруження для сталі 45 після нормалізації становить

$$[\sigma] = 355 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу міцності визначаємо за формулою

$$n = [\sigma] / \sigma_{зг},$$

$$n = 355 / 270 = 1,31.$$

Отримане значення коефіцієнта запасу міцності відповідає умовам роботи пристрою та забезпечує надійну експлуатацію затискних губок.

Додатково перевіримо контактний тиск між губками та корпусом паливного насоса.

Площа контакту становить

$$A = b \cdot L,$$

$$A = 25 \cdot 80 = 2000 \text{ мм}^2.$$

Контактний тиск визначаємо за формулою

$$p = F_{г} / A,$$

$$p = 5625 / 2000 = 2,81 \text{ МПа}.$$

Отримане значення є значно меншим за допустимі контактні напруження для сталевих деталей, тому небезпека пошкодження корпусу паливного насоса відсутня.

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати перевірного розрахунку затискних губок

Параметр	Значення
Загальне затискне зусилля, Н	11250
Навантаження на одну губку, Н	5625

Довжина губки, мм	80
Ширина губки, мм	25
Товщина губки, мм	20
Згинальний момент, Н·мм	450000
Напруження згину, МПа	270
Допустиме напруження, МПа	355
Коефіцієнт запасу міцності	1,31
Контактний тиск, МПа	2,81

Таким чином, проведений перевірочний розрахунок показав, що затискні губки зі сталі 45 забезпечують необхідну міцність та жорсткість при роботі пристрою. Отримані напруження не перевищують допустимих значень, а коефіцієнт запасу міцності підтверджує надійність конструкції в умовах експлуатації.

3.7 Переваги використання розробленого пристрою

Запропонований універсальний поворотний пристрій для фіксації паливних насосів високого тиску призначений для підвищення ефективності роботи дільниці ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів. Використання даного пристрою дозволяє усунути ряд недоліків, характерних для застосування універсальних слюсарних лещат та інших неспеціалізованих засобів закріплення агрегатів.

Однією з головних переваг розробленого пристрою є забезпечення надійної фіксації паливних насосів різних типорозмірів. Завдяки регульованому затискному механізму створюється необхідне зусилля затискання, яке виключає можливість зміщення або провертання агрегату під час виконання ремонтних операцій.

Важливою конструктивною особливістю є наявність поворотної платформи, яка дозволяє змінювати просторове положення паливного насоса без його демонтажу із затискного пристрою. Це значно полегшує доступ до

окремих вузлів та деталей насоса, зменшує кількість допоміжних операцій і покращує умови праці ремонтного персоналу.

Застосування пристрою дозволяє скоротити трудомісткість ремонтних робіт. За рахунок зменшення часу на встановлення та переустановлення паливного насоса економія часу на один ремонт становить близько 15–20 %. Особливо це помітно під час виконання операцій розбирання, дефектування та складання насосів складної конструкції.

Підвищення продуктивності праці можна оцінити за формулою

$$\Pi = ((t_1 - t_2) / t_1) \cdot 100 \%,$$

де:

t_1 – тривалість виконання операції до впровадження пристрою, хв;

t_2 – тривалість виконання операції після впровадження пристрою, хв.

Приймаємо:

$$t_1 = 40 \text{ хв};$$

$$t_2 = 32 \text{ хв}.$$

Тоді

$$\Pi = ((40 - 32) / 40) \cdot 100 = 20 \%.)$$

Отже, використання пристрою забезпечує підвищення продуктивності праці приблизно на 20 %.

Крім цього, застосування розробленого пристрою сприяє покращенню якості виконання ремонтних робіт. Надійна фіксація паливного насоса дозволяє точніше виконувати операції складання, регулювання та контролю технічного стану агрегату.

Суттєвою перевагою є також підвищення безпеки праці. Під час роботи виключається ризик випадкового зміщення агрегату, що знижує ймовірність травмування працівників та пошкодження деталей паливної апаратури.

До основних переваг розробленого пристрою належать:

- універсальність застосування для паливних насосів різних типів;
- надійна фіксація агрегату під час ремонту;
- можливість повороту насоса у зручне положення;

- зменшення трудомісткості ремонтних робіт;
- підвищення продуктивності праці;
- покращення якості ремонту;
- підвищення безпеки праці;
- простота конструкції та виготовлення;
- невисока собівартість виготовлення;
- можливість впровадження в умовах станцій технічного обслуговування та ремонтних підприємств.

Таким чином, розроблений пристрій є ефективним технічним рішенням для вдосконалення роботи дільниці ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів. Його використання забезпечує підвищення продуктивності праці, покращення якості ремонту та створення більш безпечних умов праці для виробничого персоналу.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розрахунок вентиляції у приміщенні

Схема витяжної сітки показана на рис. 4.1.

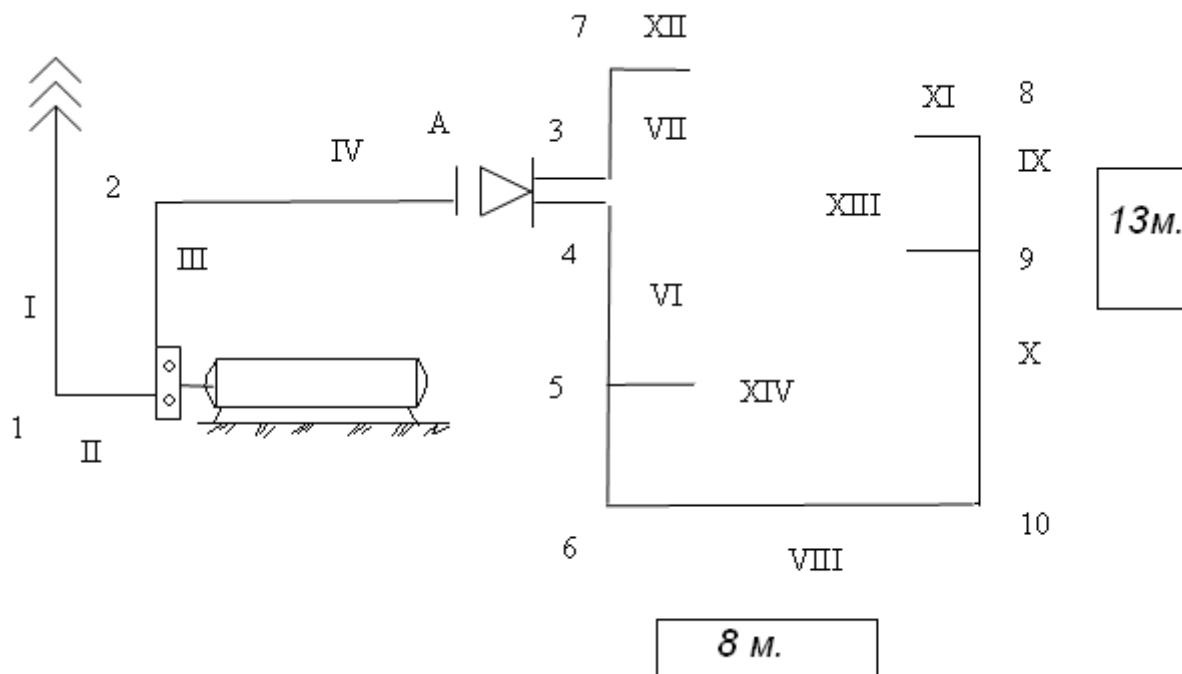


Рис. 4.1. Схема витяжної сітки

I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X – ділянки сітки

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – згини повітропроводів

A – перехід

$$l_I = 1,5 \text{ м}$$

$$l_{VI} = 7 \text{ м}$$

$$l_{II} = 1,0 \text{ м}$$

$$l_{VII} = 2 \text{ м}$$

$$l_{III} = 0,5 \text{ м}$$

$$l_{VIII} = 7 \text{ м}$$

$$l_{IV} = 1 \text{ м}$$

$$l_{IX} = 3 \text{ м}$$

$$l_V = 3 \text{ м}$$

$$l_X = 9 \text{ м}$$

Визначаємо продуктивність вентилятора :

$$W_B = K_3 \cdot W$$

де K_3 – коефіцієнт запасу;

$$K_3 = 1,3 \dots 2.$$

Приймаємо $K_3 = 1,5$

Для приміщень з нормальним мікрокліматом і при вмісті шкідливих речовин в межах норми повітрообмін визначаємо за формулою:

$$W = n \cdot W_0, (\text{м}^3/\text{год})$$

У зв'язку з тим, що на одного працюючого припадає більше 20 м³ об'єму приміщення та на посту діагностики на підприємстві працює 4 робітника приймаємо:

$$W_0 = 45 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже

$$W = 4 \cdot 45 = 180 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right)$$

$$W_B = 1,5 \cdot 180 = 270 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right)$$

Враховуючи кратність повітрообміну згідно завдання $m = 5$, тоді:

$$W = m \cdot W_B$$

$$W = 5 \cdot 270 = 1350 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right)$$

Визначаємо втрати тиску на прямих ділянках труб:

$$H_{\text{ВП}} = \frac{\varphi_T \cdot l_T \cdot \rho_B \cdot v_{\text{cp}}^2}{2d_T},$$

де φ_T – коефіцієнт, який враховує опір сталевих труб (для сталевих труб – 0,02);

v_{cp} - середня швидкість повітря на ділянці повітряної сітки, яка розраховується для ділянок, які розташовані біля вентилятора $v_{\text{cp}} = 8 \dots 12$ м/с, а для віддалених від вентилятора ділянок $v_{\text{cp}} = 1 \dots 4$ м/с;

l_T – довжина ділянки труби;

d_T – діаметр труби;

$$d_1 = 0,6 \text{ м}$$

$$d_2 = 0,25 \text{ м}$$

ρ_B - густина повітря, для даних кліматичних умов $1,2$ кг/м³.

$$H_{\text{ВП I}} = \frac{0,02 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 0,6} = 3 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП II}} = \frac{0,02 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,6} = 3,5 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП III}} = \frac{0,02 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 11^2}{2 \cdot 0,6} = 1,25 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП IV}} = \frac{0,02 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 0,6} = 2 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП V}} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,6} = 3,84 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП VI}} = \frac{0,02 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,6} = 8,96 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП VII}} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4^2}{2 \cdot 0,6} = 0,64 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП VIII}} = \frac{0,02 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 2^2}{2 \cdot 0,6} = 0,56 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП IX}} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,6} = 0,06 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП X}} = \frac{0,02 \cdot 9 \cdot 1,2 \cdot 1,21^2}{2 \cdot 0,6} = 0,26 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП XI}} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4^2}{2 \cdot 0,25} = 0,64 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП XII}} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 2^2}{2 \cdot 0,25} = 0,16 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП XIII}} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,25} = 0,04 \text{ (Па)}$$

$$H_{\text{ВП XIV}} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,25} = 0,04 \text{ (Па)}$$

Розраховуємо місцеві втрати тиску в переходах та жалюзі:

$$H_M = 0,5 \cdot \psi_M \cdot V_{CP}^2 \cdot \rho_B,$$

$$H_{M1} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 11^2 \cdot 1,2 = 79,9 \text{ (Па)}$$

$$H_{M2} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 10^2 \cdot 1,2 = 66 \text{ (Па)}$$

$$H_{M3} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 9^2 \cdot 1,2 = 53,5 \text{ (Па)}$$

$$H_{M4} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 9^2 \cdot 1,2 = 53,46 \text{ (Па)}$$

$$H_{M5} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 8^2 \cdot 1,2 = 42,2 \text{ (Па)}$$

$$H_{M6} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 8^2 \cdot 1,2 = 42,24 \text{ (Па)}$$

$$H_{M7} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 4^2 \cdot 1,2 = 10,56 \text{ (Па)}$$

$$H_{M8} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 2^2 \cdot 1,2 = 2,64 \text{ (Па)}$$

$$H_{M9} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 2^2 \cdot 1,2 = 2,64 \text{ (Па)}$$

$$H_{M10} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1^2 \cdot 1,2 = 0,66 \text{ (Па)}$$

Визначаємо втрати в переході:

$$H_{MA} = 0,5 \cdot \psi_M \cdot V_{CP}^2 \cdot \rho_B$$

$$H_{MA} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 11^2 \cdot 1,2 = 79,86 \text{ (Па)}$$

Визначаємо втрати в жалюзі:

$$H_{M_{XI}} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 5^2 \cdot 1,2 = 16,5 \text{ (Па)}$$

$$H_{M_{XII}} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1^2 \cdot 1,2 = 0,66 \text{ (Па)}$$

$$H_{M_{XIII}} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 6^2 \cdot 1,2 = 23,76 \text{ (Па)}$$

$$H_{M_{XIV}} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 7^2 \cdot 1,2 = 32,34 \text{ (Па)}$$

Визначаємо сумарні втрати тиску:

$$H_{ВП} = H_{ВП I} + H_{ВП II} + H_{ВП III} + \dots + H_{ВП XIV},$$

$$H_{ВП} = 3 + 3,5 + 1,25 + 2 + 3,84 + 8,96 + 0,64 + 0,56 + 0,06 + 0,26 + 0,64 + 0,16 + 0,04 + 0,04 = 24,96 \text{ (Па)}$$

$$H_{ВМ} = H_{ВМ 1} + H_{ВМ 2} + H_{ВМ 3} + \dots + H_{ВМ 10} + H_{МА} + H_{M_{XI}} + H_{M_{XII}},$$

$$H_{ВМ} = 79,9 + 66 + 53,5 + 53,46 + 42,2 + 42,24 + 10,56 + 2,64 + 2,64 + 0,66 + 79,86 + 16,5 + 0,66 = 456,4 \text{ (Па)}$$

Визначаємо загальні втрати:

$$H = H_{ВП} + H_{ВМ},$$

$$H = 24,96 + 456,4 = 481,36 \text{ (Па)}.$$

Визначаємо потужність електродвигуна для вентилятора

$$P_{дв} = \frac{H_B \cdot W}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_B \cdot \eta_A}, \text{ кВт}$$

де H_B – повний тиск вентилятора;

W – продуктивність вентилятора;

η_B – коефіцієнт ККД (0,9...0,95).

$$P_{\text{дв}} = \frac{481,36 \cdot 1350}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,45} = 0,45 \text{ (кВт)}$$

Отже, приймаємо вентилятор № 3,2, з електродвигуном 4А80А4, частотою обертання $n = 1420 \text{ хв}^{-1}$, $N = 1 \text{ кВт}$, вентилятор серії В-ц14-46.

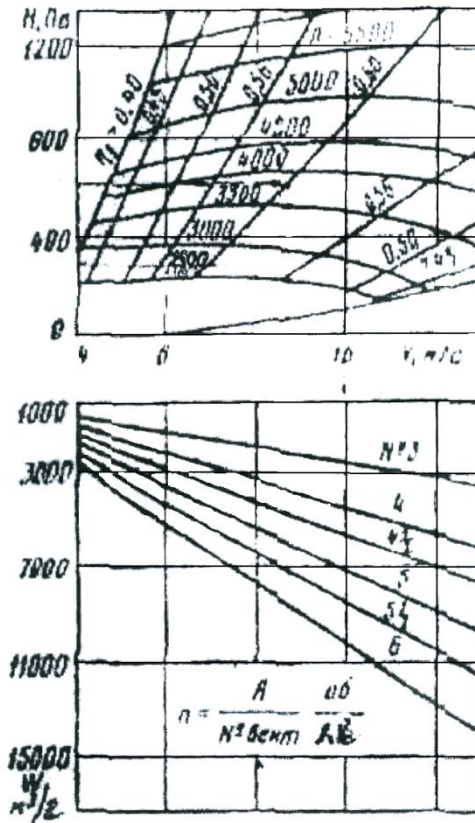


Рис. 4.2. Номограма для вибору центробіжних вентиляторів

4.2 Забезпечення безпеки життєдіяльності

Загальна модель забезпечення безпеки життєдіяльності на виробництві та в побут. і Забезпечення БЖД – це створення таких умов ЖД людини (соціальної групи, суспільства), коли ризик проявлення будь-якої небезпеки не перевищує відповідного встановленого рівня. Забезпечення безпеки у всіх випадках проявленої небезпеки має підкорятись чітко впорядкованим закономірностям, які становлять методологічні основи моделі забезпечення БЖД. Сутність її

полягає у вирішенні завдань, поданих на рис. 1.7. Назва, вид, категорія небезпеки. Визначення суті небезпеки (механічна, фізична, енергетична, біологічна, хімічна). Характер вражаючих факторів, параметрів, властивостей, характеристик. Характеристика причин проявлення небезпеки в різних сферах
 Вплив негативних наслідків проявленої небезпеки на людину та середовище
 Засоби попередження проявлення небезпеки та зменшення збитків
 Засоби локалізації негативних наслідків проявлення небезпек та забезпечення безпеки людей та навколишнього середовища

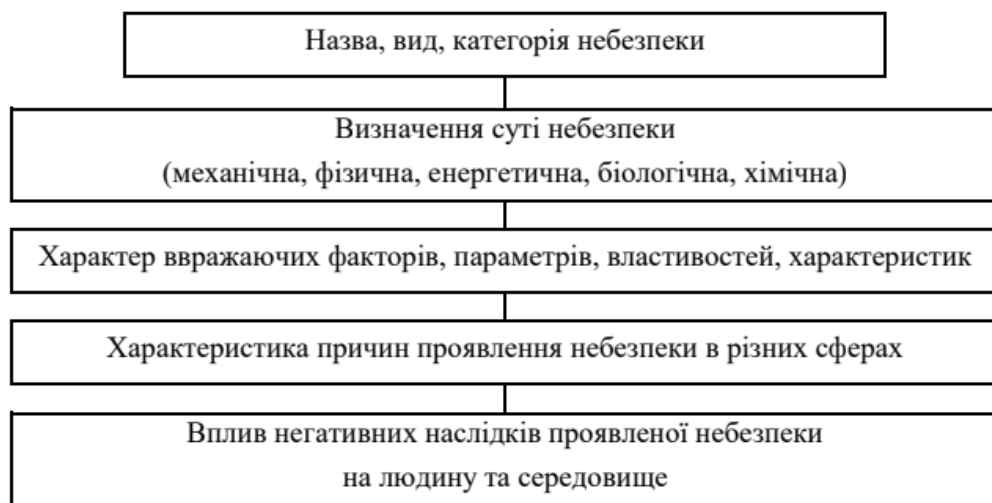


Рис. 4.3. Завдання забезпечення БЖД

Для забезпечення виконання цих завдань використовують відповідні засоби та заходи захисту: Засіб – пристосування, знаряддя для здійснення будь-якої діяльності. Захід – метод, дія, використовуваний під час виконання будь-якої роботи чи здійснення будь-якої діяльності. Засоби та заходи тісно пов’язані між собою та реалізуються один через одного. Засобів та заходів забезпечення безпеки у виробничій та побутовій сферах дуже багато. Вони, як принципи та методи, є логічними етапами забезпечення безпеки, і їх вибір залежить від конкретних умов діяльності й побуту, рівня безпеки, стійкості та інших критеріїв. У зв’язку з великою кількістю засобів та заходів на сьогодні чіткої класифікації опорних понять немає. Однак наявні захисні структури (наприклад, цивільного захисту) мають реальні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) та засоби колективного захисту (ЗКЗ), які, у свою чергу, поділяються на

підгрупи залежно від характеру небезпеки, конструктивного виконання, призначення та ін. Великого значення в забезпеченні безпеки людини набувають бар'єри попередження та захисту – це заходи і засоби, спрямовані на захист системи життєдіяльності людини від зовнішніх та внутрішніх небезпек. Умовно бар'єри можна поділити на три великі категорії: – фізіологічні бар'єри організму людини; – природні бар'єри захисту біосфери; – штучні бар'єри захисту середовища проживання та людини. Докладніше подано у дод. 1.35, 1.36, 1.37.

4.3 Основні напрями забезпечення безпеки життєдіяльності

Якщо відомо, які саме небезпеки загрожують, можна розробити основні напрями забезпечення безпеки життєдіяльності. 1. Забезпечення природної безпеки вимагає: – розробляти природоохоронні закони та суворо наглядати за їх виконанням;

- постійно проводити моніторинг природних небезпек;
- провадити природоохоронне землекористування та видобуток корисних копалин;
- достатньо фінансувати вживання заходів, спрямованих на захист природного середовища;
- вчасно вживати профілактичних заходів для запобігання виникненню та розвитку епідемій, епізоотій, епіфітотій;
- не допускати промислових та інших викидів у водойми та атмосферу без використання очисних споруд;
- своєчасно та в належній кількості застосовувати у сільському господарстві мінеральні добрива й отрутохімікати;
- зберігати зелені насадження від нерозумного вирубування та робити нові зелені насадження (зокрема лісозахисні смуги).

Забезпечення техногенної безпеки можливе, якщо:

– готують (готувати) і реалізують комплекс заходів (правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних), спрямованих на оцінювання рівнів ризику, своєчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації;

– проводять моніторинг можливого перебігу подій для недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків;

– постійно проводять ідентифікацію та облік об'єктів підвищеної небезпеки;

– складають декларації безпеки потенційно небезпечних об'єктів;

– контролюють матеріали, речовини, які використовують у виробничому та побутовому середовищі й можуть бути небезпечними для життя і здоров'я людей;

– суворо дотримуються умови технологічного процесу та правила експлуатації, особливо під час роботи з небезпечними речовинами і матеріалами;

– з використання постійно вилучають недосконалі та недостатньо надійні побутові прилади і техніка, транспортні засоби та ін.;

– постійно перевіряють технічний стан споруд, будинків, конструкцій, доріг, транспортних засобів тощо.

– проводять моніторинг безпеки лікарських препаратів, обладнання та засобів обстеження;

– перевіряють безпечність і відповідність стандартам продуктів харчування та напоїв.

Забезпечення соціально-політичної безпеки передбачає:

– наявність відповідної законодавчо-правової бази з питань забезпечення безпеки людини; – урегулювання збройних конфліктів за допомогою мирних переговорів; – міжнародну боротьбу з будь-якими проявами тероризму та екстремізму; – обов'язкову відповідальність за вчинки кримінального характеру;

– профілактику в суспільстві соціальних небезпек;

- достатнє фінансування захисних соціальних програм;
- економічну та політичну стабільність у державі.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання вдосконалення роботи станції технічного обслуговування по ремонту паливної апаратури вантажних автомобілів.

Проведено аналіз організації технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів, досліджено особливості роботи дільниці ремонту паливної апаратури та визначено основні несправності паливних насосів високого тиску і форсунок, що виникають у процесі експлуатації. Виконано розрахунок виробничої програми дільниці ремонту паливної апаратури, визначено річний обсяг робіт, чисельність виробничого персоналу, кількість робочих постів та склад необхідного технологічного обладнання. Розроблено заходи щодо вдосконалення організації робіт дільниці та виконано техніко-технологічне обґрунтування запропонованих рішень.

У конструкторському розділі розроблено універсальний поворотний пристрій для фіксації паливних насосів високого тиску під час виконання операцій розбирання, складання та ремонту. Виконані розрахунки підтвердили працездатність і достатню міцність основних елементів конструкції. Використання пристрою забезпечує надійну фіксацію агрегату, покращує умови праці персоналу та підвищує продуктивність ремонтних робіт.

У результаті впровадження запропонованих заходів очікується скорочення трудомісткості ремонту, підвищення якості виконання робіт, покращення організації виробничого процесу та ефективніше використання технологічного обладнання дільниці.

Розглянуті в роботі заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності забезпечують створення безпечних умов праці для персоналу та відповідають вимогам чинних нормативних документів. Таким чином, поставлена мета роботи досягнута, а розроблені технічні та організаційні рішення можуть бути рекомендовані для впровадження на станціях технічного обслуговування та ремонтних підприємствах автомобільного транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей»](#) для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.
2. [Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту](#) / О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, А.Б. Гупка, Л.М. Слободян, Б.Р. Гевко, Р.В. Хорошун // ЛНТУ, [Том 2 № 21 \(2023\): сучасні технології в машинобудуванні та транспорті](#). Луцьк, - 2023. с. 135-144.
3. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид- во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCP T 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.
7. O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hrynkiv, A.Gupka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft

bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

8. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с

9. Параметрична модель фрикційного контакту / Р.Я. Лещук, І.Т. Ярема, А.Б. Гупка // 16-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові (м. Львів, 18 травня – 19 травня 2023 р.) : Матеріали симпозіуму. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2023. с. 58.

10. Навчальний посібник «Техноекоекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.