

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки технічного обслуговування і ремонту на 150
легкових автомобілів для відновлення кузова з дослідженням процесу
змащування автомобільного двигуна загущеним мастилом при низьких
температурах

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-63
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Микола ТЕПЛЮК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Андрій ГУПКА.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

В.о. зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«11» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

студенту Теплюку Миколі Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки технічного обслуговування і ремонту на 150 легкових автомобілів для відновлення кузова з дослідженням процесу змащування автомобільного двигуна загущеним мастилом при низьких температурах

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «12» листопада 2024 року № 4/7-1080.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технічний процес обслуговування і ремонту на 150 легкових автомобілів

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

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

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

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

Технологічна карта дефекації 1 лист – А1

Технологічна карта відновлення 1 лист – А1

Модернізована мийна установка 1 лист – А1

Систематизація видів відновлення 1 лист – А1

Види наплавлення 1 лист – А1

Навантажувальний пристрій. 1 лист – А1

Гідроциліндр. 1 лист – А1

Ділянка ремонту деталей системи мащення 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2024	
2	Технологічний розділ	22.11.2024	
3	Конструкторський розділ	29.11.2024	
4	Науково-дослідний розділ	6.12.2024	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2024	
6	Оформлення графічної частини	19.12.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2024	

Студент _____
(підпис)

Микола ТЕПЛЮК _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Андрій ГУПКА _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В перелік основних робіт по ремонту та відновленню окремих вузлів та агрегатів і автомобіля в цілому входить комплекс робіт по технічному обслуговуванню та ремонту кузовів. Поява частих та значних пошкоджень елементів кузова автомобіля зумовлені дією різноманітних факторів, геометричними параметрами та формою деталей, параметрами їх жорсткості та міцності. Дані проблеми відмічені в меті магістерської роботи поряд із переліком робіт по вдосконаленню технологічного процесу та ремонту кузова легкового автомобіля.

В загально-технічному розділі приведена інформація про характери пошкоджень кузова автомобіля, методи їх відновлення, використовуване обладнання та робочий інструмент, а також методи контролю якості виконуваних робіт. В технологічному розділі спроектовано дільницю із вибором необхідної кількості робочих постів, їхнє оснащення та послідовність виконуваних робіт для ремонту 150 легкових автомобілів. Приведена детальна інформація про окремі дільниці для виконання, як основних, так і допоміжних робіт. Проведено техніко-економічні розрахунки по ефективному використанні робочих площ даних дільниць, кількості задіяних робітників та використовуваного обладнання.

Конструкторський розділ містить інформацію, щодо вибраного стенда для правки кузова автомобіля. Приведена його схема та загальний вигляд. Описано принцип роботи даного стенда, його технологічні можливості, переваги та недоліки. Здійснено силовий та кінематичний розрахунок основних вузлів та деталей даного стенду.

Науково-дослідні роботи проводилися в плані виявлення характеру впливу параметрів в'язкості використовуваних мастил на інтенсивність зношування робочих поверхонь поршневих кілець в період пуску двигуна. Отримано експериментальні дані залежності величини зносу гільз циліндрів від періоду затримки часу поступлення мастила в зону фрикційного контакту циліндро-погшневої групи.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	1
ЗМІСТ	2
ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Аналіз існуючих аналогів технологічного обладнання (стендів) для правки кузовів автомобілів	6
1.2 Технологічний процес правки кузова легкового автомобіля	12
1.2.1 Опис деталі автомобіля, яка підлягає ремонту	12
1.2.2 Найбільш типові види пошкодження кузова автомобіля	12
1.3 Загальні принципи відновлення геометрії кузова автомобіля на стенді	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Технологічний процес відновлення геометрії кузова автомобіля на стенді	15
2.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних для станцій технічного обслуговування на 150 автомобілів	15
2.3 Розрахунок загального обсягу виконуваних робіт по видах на СТО протягом року	16
2.4 Розподіл загального річного обсягу проведених робіт по технічному обслуговуванню і поточному ремонту автомобілів з конкретних видів виконуваних робіт на СТО	18
2.5 Угруповання робіт по основних виробничих дільницях	22
2.6 Визначення кількості робочих місць для очікування та зберігання автомобілів	24
2.7 Визначення кількості виробничого і допоміжного персоналу СТО	25
2.8 Визначення площ виробничих приміщень СТО	29
2.8.1 Дільниця СТО для збирально-мийних робіт	29
2.8.2 Дільниця СТО для приймання та видачі автомобілів	30
2.8.3 Дільниця СТО для діагностування автомобілів	31

2.8.4 Дільниця СТО для виконання постових робіт при ТО автомобілів	31
2.8.5 Дільниця СТО для виконання постових робіт з ТР автомобілів	32
2.8.6 Дільниця СТО для виконання кузовних робіт автомобіля	32
2.8.7 Дільниця СТО для виконання малярних робіт	32
2.8.8 Розрахунок площ складських і допоміжних приміщень на СТО	34
2.8.9 Проектування виробничих підрозділів СТО	36
2.8.10 Розрахунок і оцінка питомих показників СТО	40
2.8.11 Визначення сумарної площі виробничого корпусу СТО	42
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	43
3.1 Розрахунок стенда для правки кузова легкового автомобіля	43
3.2 Технічні пропозиції щодо проектування та виготовлення стенду для правки кузовів легкових автомобілів	44
3.3 Вибір матеріалу для виготовлення основних деталей силових вузлів стенда.	46
3.4 Попередній проектний розрахунок деталей стенда	47
3.5 Розрахунок основних елементів конструкції стенда	49
3.5.1 Розрахунок на міцність основної рами	49
3.5.2 Вибір гідравлічного циліндра для силової вежі	50
3.5.3 Розрахунок на міцність консолі силової вежі	51
3.5.4 Інструкція по експлуатації стенда	54
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	57
4.1 Дослідження впливу в'язкості мастил на пускові зноси поршневих кілець	57
4.2 Експериментальні дослідження впливу затримки поступлення мастила на зношуваність гільз циліндрів в пусковий період	64
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
5.1 Розрахунок захисного екрану для захисту від електромагнітних випромінювань	69

5.2 Розробка схеми захисно-вимикаючого пристрою від ураження електричним струмом для електроустановки при появі напруги на обладнанні	71
5.3 Дія населення в надзвичайних ситуаціях (при зсуві ґрунтів)	72
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

ВСТУП

Автомобільний транспорт – це багатогранна та взаємопов'язана система, особливе місце в якій займає обслуговування і ремонт автомобілів. Конструкції сучасних автомобілів стають все складнішими, інфраструктура автосервісів постійно розвивається.

Особливе місце в проведенні обслуговуючих та ремонтних робіт автомобілів займають кузовні роботи. Починаючи із спеціального обладнання і оснащення, яке дозволяє відновлювати початкові форми кузовних деталей і геометрію кузова автомобіля. Для реалізації поставлених задач необхідні технічні знання щодо сучасних матеріалів, сплавів, конструкцій кузова автомобіля та особливостей впливу на них різних факторів. Крім того, неякісно виконана робота тягне за собою великі фінансові ризики для власника, що спонукає автовласників звертатися до інших спеціалістів.

Все вищесказане обґрунтовує актуальність розглядуваних питань, які стосуються проектування автосервісних підприємств з ремонту та обслуговування автомобілів і, зокрема, вирішення питань, які стосуються, комплексного підходу до питання кузовного ремонту автомобіля на сучасній станції технічного обслуговування. Важливу роль відіграють вирішення завдань, які пов'язані з плануванням робочих та допоміжних приміщень станції технічного обслуговування в цілому, і кузовної дільниці зокрема. В результаті проведеного аналізу запропоновано оптимальне конструкторське рішення, щодо розробки, вдосконалення конструкції сучасного обладнання та його використання. Розглянуті аналоги кузовних дільниць, які використовуються на автостанціях.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглянута технологія проведення кузовного ремонту з застосуванням розробленого обладнання, опрацьовано питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на кузовній дільниці.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз існуючих аналогів технологічного обладнання (стендів) для правки кузовів автомобілів

Розглянуті аналоги належать до обладнання, призначеного для кузовного ремонту автомобілів, зокрема до стендів для виправлення кузовів легкових автомобілів. Детальніше проаналізовано конструкцію, принцип роботи, основні технічні характеристики, а також переваги та недоліки існуючих аналогів.

Стенд для виправлення кузовів автомобілів «SIVER B. Стенд «SIVER B», який раніше мав назву «ЕКСПЕРТ 2000», широко застосовується для ремонту кузовів легкових автомобілів. Ця модель вирізняється оригінальною конструкцією, що дозволяє зручно встановлювати автомобіль без потреби у додаткових пристроях (рис. 1.1).

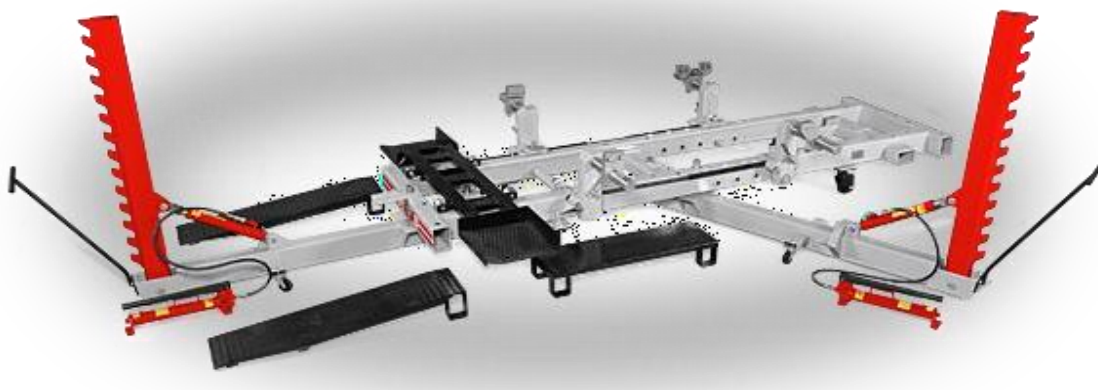


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд стенда для правки кузовів автомобілів «SIVER B»

Рама стенда «SIVER B» має зварну конструкцію та оптимальні габарити для правки кузовів легкових автомобілів. У передній частині рама обладнана двома поворотними колесами та знімними опорними стійками.

Кузовні захоплення стенда регулюються залежно від ширини та довжини автомобіля, що ремонтується. Міжосьова відстань між передніми та задніми

захопленнями варіюється від 860 до 1420 мм (передбачено 5 позицій з кроком 140 мм), а ширина розташування захоплень — від 1060 мм до 1755 мм. Основна зона ремонту розташована нижче лінії вікон автомобіля, що дозволяє зручно працювати, встановивши автомобіль на оптимальній висоті. Пороги транспортного засобу, встановленого на стенд, розташовуються на висоті 700 мм, а лінія вікон приблизно на висоті 1600 мм. Для роботи з верхніми точками автомобіля можна використовувати заїзні трапи як підставку.

Стенд кузовної правки для легкових автомобілів моделі СК-1 (СК-1А). Стенд моделі СК-1 (рис. 1.2) призначений для виправлення пошкоджень кузовів легкових автомобілів будь-яких марок, які мають відборткування порогів.

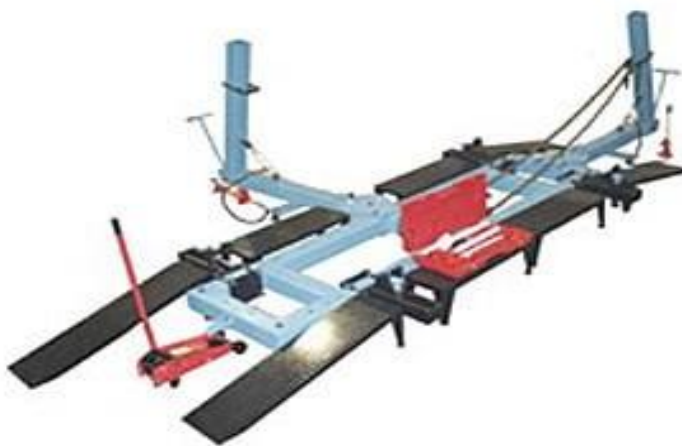


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд стенда СК-1 (СК-1А)

Стенд може бути додатково оснащений пристроями для закріплення кузовів, які не мають відборткування порогів, а також стрілою для виправлення верхніх елементів кузова. Установка кузова на раму є простою і за наявності витягу займає не більше 15 хвилин. Завдяки наявності коліс рама легко переміщується, що дозволяє ефективно організувати робочий простір приміщення.

Силовий механізм стенда представлений стрілою з алюмінієвого сплаву, оснащеною гідроциліндром. Конструкція стріли має три шарніри, що забезпечує можливість виконання правки кузова в будь-якому напрямку.

Стенд для відновлення геометрії кузова AS45L1 двокамерна рама стенда AS45L1 (рис. 1.3) має жорстку конструкцію з підвищеним запасом міцності, що робить її несучим елементом стенда та визначає його функціональні можливості і призначення. Унікальність конструкції рами відрізняє її від аналогів, оскільки вона розроблена з урахуванням досвіду і рекомендацій професійних майстрів кузовного ремонту.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд стенда AS45L1

До комплекту стапеля AS45L1 входять:

- Рама розміром 4050×970×170 мм.
- Підйомний пристрій з електрогідравлічною насосною станцією, гідравлічним рукавом довжиною 4 м, вантажопідйомністю 3,5 т, та максимальною висотою підйому 1,6 м.
- Силовий пристрій з телескопічним подовжувачем, тяговим зусиллям до 10 т.
- Гідравлічний насос.
- Затискачі для відборткування порогів довжиною 240 мм, у кількості 4 шт.
- Тяговий ланцюг довжиною 2,5 м із захопленням і гаком.
- Затискач для витягування.

Вбудований у раму підйомник забезпечує не лише швидке встановлення автомобіля на стенд, але й дозволяє виконувати всі необхідні арматурні та слюсарні роботи. Крім того, він підвищує зручність проведення допоміжних операцій, таких як зачисні та шпаклювальні роботи.

Платформенний стенд для правки геометрії кузова автомобіля ATIS DC-B05. Стенд моделі ATIS DC-B05 (рис. 2.4) є платформою з міцною рамою напівкруглої конструкції, яка здатна витримувати значні навантаження, що виникають під час ремонту автомобіля.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд стенда ATIS DC-B05

Отвори, розташовані по периметру рами, забезпечують можливість закріплення силових пристроїв під будь-яким кутом до автомобіля, що ремонтується. Кожен силовий пристрій оснащений вбудованим гідроциліндром, який працює від гідравлічного насоса і розвиває зусилля до 10 тонн. Силові пристрої можуть пересуватися по всьому периметру рами, фіксуючись притискним важелем, що дозволяє виконувати витяжку навіть у кутових зонах стенда.

Для встановлення автомобіля на стенд задня частина рами опускається за допомогою гідроциліндра підйомного механізму. Стійки та опора забезпечують стабільність рами на робочому місці, а стійки кріплення дозволяють надійно зафіксувати автомобіль для роботи з відборткуванням порогів.

Комплект оснащення дає змогу швидко та якісно виконувати ремонт автомобілів будь-якої складності. Базовим обладнанням прийнято стенд ATIS DC-B05. Основні порівняльні характеристики стендів для виправлення кузовів автомобілів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики стендів для правки кузовів

автомобілів

Показники	SIVER B	СК-1 (СК-1А)	AS45L1	ATIS DC-B05
Вантажопідйомність, кг	2000	2000	3500	2000
Кількість силових пристроїв, шт	2	2	1	2
Максимальна сила тяги вежі, кН	100	100	100	100
Зусилля на гак силового пристрої, т	3,0	3,0	3,5	3,5
Вага, кг	1200	1050	1000	1000
Вартість, тис.грн.	250,00	230,00	240,00	380,0

Для кожного аналога стенда кількісні оцінки показників якості визначаються за формулами залежно від впливу зростання показника на якість обладнання.:

$$Y_i = \frac{P_i}{P_{i0}}$$

Якщо підвищення показника сприяє покращенню якості, рівень цього показника розраховується за формулою:

$$Y_i = \frac{P_{i0}}{P_i}$$

Відносні значення характеристик для аналізованих аналогів наведено в таблиці 1.2. На основі цих даних створено циклограму для вибору оптимального обладнання.

Таблиця 1.2- Відносні значення характеристик показників якості стендів

Показники	SIVER B	CK-1 (CK-1A)	AS45L1
Вантажопідйомність, кг	1	1	1,75
Кількість силових пристроїв, шт	1	1	0,5
Максимальна сила тяги, кН	1	1	1
Зусилля на гак силового пристрої, т	0,86	0,86	1
Вага, кг	0,83	0,95	1
Вартість, тис.грн.	1,52	1,65	1,58

Для кращої оцінки переваг і недоліків аналогів стендів, порівнювальні дані представлені у вигляді циклограми (рис.1.5.)

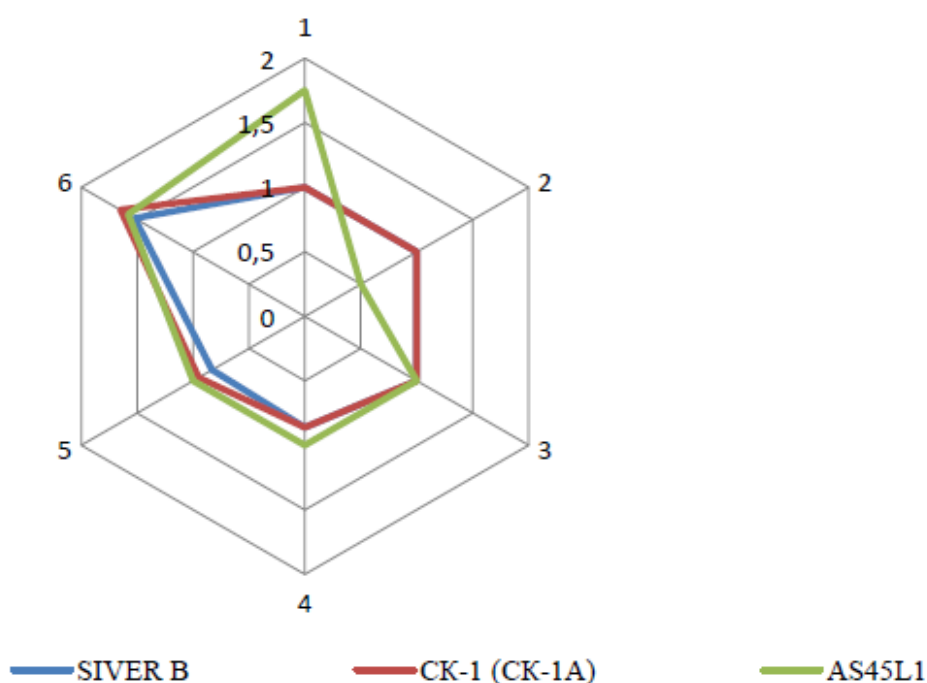


Рисунок 1.5 - Циклограма оцінки експлуатаційних характеристик аналогів стендів

Аналіз циклограми показав, що площа циклограми стенда AS45L1 перевищує площі циклограм інших аналогів, що свідчить про його вищий технічний рівень порівняно з іншими стендами. Базовим обладнанням було обрано стенд ATIS DC-B05.

У роботі проведено всебічний аналіз, який охоплює вибір прототипу стенда, дослідження існуючих аналогів обладнання для виправлення кузовів автомобілів, а також перелік їхніх переваг і недоліків.

1.2 Технологічний процес правки кузова легкового автомобіля

1.2.1 Опис деталі автомобіля, яка підлягає ремонту

Кузов автомобіля є несучою системою, яка слугує основою для встановлення всіх компонентів транспортного засобу та об'єднання їх в єдину, надійну конструкцію. Залежно від характеру навантажень, що передаються від дорожнього покриття, конструктивні схеми кузовів поділяються на три типи: несучі, напівнесучі та розвантажені.

Кузов легкового автомобіля виготовляється із листового металу товщиною 0,7–1,1 мм. Його міцнісні характеристики розраховуються таким чином, щоб при мінімальній масі витримувати максимальні навантаження. У конструктивну схему закладається вибір матеріалів для деталей, визначення оптимальної товщини листового металу та використання профілів коробчастого перерізу, виготовлених методом штампування.

1.2.2 Найбільш типові види пошкодження кузова автомобіля

Зміна технічного стану кузова легкового автомобіля зумовлена природним старінням матеріалів, з яких виготовлена його конструкція, впливом різноманітних зовнішніх і внутрішніх навантажень під час експлуатації, а також деформаціями, спричиненими дорожньо-транспортними пригодами. Часто ці фактори діють у поєднанні. Основним видом пошкодження металевого кузова є зношування (корозійне руйнування). Іншим поширеним видом є деформація деталей кузова, яка характеризується зміною форми та розмірів кузова під впливом сил, без зміни його маси. До простих видів деформацій належать стиснення, розтягування, кручення та вигин.

Розрізняють два основні типи деформацій:

Поверхнева деформація проявляється у вигляді вм'ятин чи опуклостей, об'ємна деформація включає утворення витяжок, зламів ребер жорсткості та складок, крім того, можливі пошкодження, які супроводжуються порушенням

цілісності матеріалу кузова або технологічних з'єднань, наприклад, розриви, тріщини чи фрагментація.

Пошкодження, спричинені дорожньо-транспортними пригодами, такі як розриви, вм'ятини чи перекося, виникають внаслідок зовнішніх фізичних впливів, таких як удари або вигини, і є наслідком руйнування металу.

Перекося кузова автомобіля — це перевищення допустимих значень геометричних розмірів, зсув отворів, капота, вікон, дверей або кришки багажника. Також перекосям вважається зміна положення базових точок кріплення двигуна, вузлів підвіски та агрегатів трансмісії до каркаса несучого кузова. Ознаки перекося можна попередньо виявити під час візуального огляду автомобіля. До непрямих ознак належать, наприклад, нерівномірні зазори між дверима та кузовом або утруднене відкривання чи закривання дверей. За наявності таких ознак обов'язково виконується вимір діагоналей отворів. Результати вимірювань заносяться до акта огляду автомобіля. На спеціальному стенді додатково проводять заміри отворів, а також перевіряють положення базових точок кріплення двигуна, підвіски та трансмісії відносно каркаса кузова.

Класифікація перекося залежить від ступеня деформації кузова:

Для отворів: перекося одного отвору або нескладний перекося окремого отвору, для всієї конструкції автомобіля: перекося кузова середньої складності, складний перекося, або перекося особливої складності.

У разі порушення геометричних розмірів одного чи кількох отворів кузова пошкодження класифікується як перекося отвору.

1.3 Загальні принципи відновлення геометрії кузова автомобіля на стенді

Принцип відновлення геометрії кузова передбачає виконання наступних етапів вимірювання геометрії кузова за контрольними точками. Визначення ступеня деформації кузова шляхом порівняння отриманих результатів із контрольними даними виробника. Розрахунок напрямків прикладення сили до

кузова та її величини, повторне вимірювання геометрії після прикладення силових зусиль.

Для точного визначення параметрів кузова необхідно встановити просторове положення контрольних точок, тобто визначити три координати: довжину, ширину та висоту. У ремонтній практиці використовують різні системи вимірювання, зокрема: комплекти косинців (звичайні або зі змінними наконечниками), зварювальні шаблони, універсальні механічні системи, універсальні оптичні системи, електронні системи вимірювання.

Серед них найбільш сучасною є оптична система вимірювання, яка забезпечує високу точність за умови визначення трьох базових точок у частинах кузова, що не зазнали деформації.

Для забезпечення точності вимірювань кузов має бути чітко позиціонований відносно вимірювальної системи. Цього досягають примусовим закріпленням кузова на рамі стапеля за допомогою затискачів. Такий метод дозволяє розташувати кузов паралельно поверхні рами стенда, навіть якщо конструкція має високі допуски розмірів. Затискачі, які не регулюються по висоті, забезпечують жорстке кріплення без зазорів, залишаючись перпендикулярними до основи. Це запобігає зміщенню кузова під час фіксації. Установка універсальної вимірювальної системи на раму стенда автоматично забезпечує її паралельне положення відносно рами.

Щоб відновити початкову форму кузова, зусилля має бути спрямоване у протилежний бік від сили, яка спричинила деформацію. Це дозволяє відновити геометрію кузова в межах однієї операції та забезпечує максимальну ефективність використання зусиль. У деяких випадках для досягнення оптимального результату доцільно змінювати положення тягового ланцюга за допомогою напрямних роликів.

Для повернення деформованих деталей кузова до початкового стану використовуються розпирні пристрої в поєднанні з тяговим ланцюгом, що дозволяє реалізувати основний принцип відновлення геометрії кузова.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технологічний процес відновлення геометрії кузова автомобіля на стенді

Технологічний процес відновлення геометрії кузова автомобіля можна умовно розділити на такі етапи:

Установлення кузова на стенд: заїзд автомобіля на стенд, попереднє позиціонування кузова, підйом кузова, очищення поверхні кузова, встановлення затискачів, фіксація кузова на затискачах. Вимірювання ступеня деформації: складання та налаштування вимірювальної системи, виконання вимірювань, аналіз отриманих даних, визначення точки прикладання зусилля та його величини. Виправлення геометрії кузова: позиціонування силової вежі під потрібним кутом та на необхідній висоті, виконання операції правки. Контроль: повторне вимірювання геометрії за контрольними точками, аналіз отриманих результатів.

Технологічний процес виправлення кузова на обраному обладнанні складається з чотирьох основних операцій, дві з яких передбачають вимірювання. Це підкреслює, що успішне відновлення кузова після деформації потребує точного початкового позиціонування та постійного контролю положення деталей за контрольними точками.

2.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних для станцій технічного обслуговування на 150 автомобілів

Вихідні дані для проектування станції технічного обслуговування (СТО) на 150 автомобілів:

Тип проекрованої СТО: міська, універсальна.

Кількість автомобілів, які обслуговуються протягом року (N): 150 легкових автомобілів малого та середнього класу.

Робочі дні на рік: 305 днів.

Кількість робочих змін: 2 зміни.

Тривалість робочої зміни (ТЗ): 7 годин.

Кількість заїздів на технічне обслуговування (ТО) і поточний ремонт (ПР) на рік: 2 рази на один автомобіль.

Кількість заїздів для вбирально-мийних робіт на рік: 5 разів на один автомобіль.

Кліматичні умови: помірний клімат.

Середній річний пробіг автомобіля (L_x): 16 000 км.

Габаритні розміри автомобіля ($L \times B \times H$): 4400×1800×1500 мм.

Вихідні дані для проектування СТО узагальнено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для проектування СТО

Параметр для однієї зміни.	Умовне позначення	Значення
Тип станції, аналізований в проекті		універсальна
Середньорічний пробіг обслуговуваних автомобілів, км	L_r	16000
Кількість обслуговуваних автомобілів	$N_{\text{СТО}}$	150
Кількість робочих днів СТО в році, дні.	$D_{\text{роб}}$	305
Число робочих змін	3	2
Тривалість зміни, год	T_c	7
Природно-кліматичний район		помірний

2.3 Розрахунок загального обсягу виконуваних робіт по видах на СТО протягом року

Загальний річний обсяг робіт із технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автомобілів розраховується за формулою:

$$T_r = \frac{N_{\text{СТО}} \cdot L_r \cdot t}{1000}$$

де: $N_{\text{СТО}}$ – кількість автомобілів, що обслуговуються СТО протягом року;

L_r - річний пробіг автомобілів, км;

t - скоригована питома трудомісткість робіт із ТО та ПР на 1000 км пробігу автомобіля

Питома трудомісткість t розраховується за формулою

$$t = t_H \cdot K_{\Pi} \cdot K_{\text{ПР}}$$

де: t_H - нормативна трудомісткість виконання ТО та ПР (для автомобілів малого класу= 2,3 люд/год на 1000 км;

$K_{\text{ПР}}$ - коефіцієнт, що враховує природно-кліматичний район (для помірного клімату) $K_{\text{ПР}} = 1,0$;

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує кількість робочих місць на СТО.

Оскільки кількість робочих місць та персоналу на СТО поки не визначено, цей параметр буде розраховано за відповідною формулою:

$$X_{\text{ПР1}} = \frac{5,5 \cdot N_{\text{СТО}} \cdot L_r \cdot t_H \cdot K_{\text{ПР}}}{10000 \cdot D_{\text{РГ}} \cdot T_{\text{СМ}} \cdot C}$$

Провівши підстановку чисельних значень, згідно таблиці 1.1 отримуємо:

$$X_{\text{ПР1}} = 5,5 \cdot 150 \cdot 1600 \cdot 2,3 \cdot 1,0 / 10000 \cdot 305 \cdot 7 \cdot 2 = 6,19 \text{ постів};$$

Приймаємо $K_{\Pi} = 1,0$, і,

Отже: $t = 2,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,3$ люд/год;

$$T_{\text{ТОіТР}} = 150 \cdot 1600 \cdot 2,3 / 1000 = 5520 \text{ люд/год}$$

Річний обсяг робіт на дільниці універсально-мийних робіт (УМР) та планово-технічних робіт (ПТР) визначається з урахуванням кількості заїздів автомобілів протягом року та трудомісткості виконуваних операцій. - $T_{\text{у.м.}}$ (люд/год) Розрахунок виконується на основі значення параметра d (кількість заїздів автомобілів на СТО протягом року) та середньої трудомісткості виконуваних робіт. $T_{\text{у.м}}$

$$T_{\text{ПТР}} = N_{\text{ПТР}} \cdot d \cdot t_{\text{ПТР}}$$

де $N_{\text{ПТР}}$ – число автомобілів, які підлягають УМР;

d - Загальна кількість заїздів автомобілів на мийку за рік для одного автомобіля, що обслуговується в комплексі. ($d = 5$);

$t_{\text{птр}}$ - параметр питомої трудомісткості збирально-мийних робіт, ($t_{\text{помр}} = 0,2$ люд/год).

Оскільки виконання планово-технічних робіт (ПТР) на комерційній основі для проектованої СТО не заплановано, то $N_{\text{птр}} = N_{\text{сто}}$.

$$T_{\text{птр}} = 150 \cdot 0,2 = 1500 \text{ люд/год}$$

Річний обсяг робіт із приймання та видачі автомобілів ($T_{\text{пв}}$) розраховується за формулою:

$$T_{\text{пв}} = N_{\text{СТО}} \cdot d_{\text{пв}} \cdot t_{\text{пв}}$$

де $d_{\text{пв}}$ – кількість заїздів автомобілів на СТО для технічного обслуговування та поточного ремонту протягом року, розрахована на один автомобіль, що обслуговується комплексно. ($d = 2$);

$t_{\text{пв}}$ - трудомісткість з приймання-видачі автомобіля ($t_{\text{пв}} = 0,2$ люд/год).

$$T_{\text{пв}} = 1500 \cdot 2 \cdot 0,2 = 600 \text{ люд/год}$$

$$T_{\Gamma} = 5520 + 150 + 600 = 5730 \text{ люд/год}$$

2.4 Розподіл загального річного обсягу проведених робіт по технічному обслуговуванню і поточному ремонту автомобілів з конкретних видів виконуваних робіт на СТО

Кількість робочих місць для виконання технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) визначається на основі розподілу обсягу робіт за їх типами та місцем виконання. Цей показник залежить від загальної кількості робочих місць на СТО.

Формула для розрахунку кількості робочих місць на СТО:

$$X_{\text{пр2}} = \frac{0,6 \cdot T}{D_{\text{рт}} \cdot T_{\text{см}} \cdot C}$$

$$X_{\text{пр2}} = 0,7 \cdot 5520 / (305 \cdot 7 \cdot 2) = 7,63 \approx 6 \text{ постів.}$$

Розподіл загального річного обсягу робіт на СТО за видами та місцями виконання наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розподіл річного обсягу робіт, виконуваних на СТО.

Види робіт, передбачені при ТО та ПР	Розподіл виконуваних робіт		Співвідношення постових робіт і робіт на ділянках			
			На робочих місцях		на виробничих ділянках	
	%	люд/год	%	люд/год	%	люд/год
Роботи по контролю і діагностиці	5	2760	100	2760	-	0
Повнооб'ємне ТО	25	13800	100	13800	-	0
Роботи з мастилами	4	2208	100	2208	-	0
Встановлення регульованих параметрів передніх коліс (кути)	5	2760	100	2760	-	0
Ремонт та встановлення регульованих параметрів гальм	5	2760	100	2760	-	0
Електротехнічні	5	2760	80	2208	20	552
Роботи по системі живлення	5	2760	70	1932	30	828
Роботи з ремонту і обслуговування АКБ	2	1104	10	110	90	994
Шиномонтажні роботи	5	2760	30	828	70	1932
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	10	5520	50	2760	50	2760
Кузовні і арматурні	10	5520	75	4140	25	1380
Фарбувальні роботи	10	5520	100	5520	-	0
Шпалерні роботи	1	552	50	276	50	276
Слюсарно-механічні	8	4416	0	0	100	4416
Разом по ТО і ТР	100	55200	-	42062	-	13138

Прибирання, мийка	100	1500	100	1500	-	-
Приймання/видача	100	600	100	600	-	-
Разом по СТО	-	57300	-	44162	-	13138

Кількість виробничих постів для виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР), діагностики, розбирально-складальних та регулювальних робіт, кузовного ремонту, фарбування, а також місць для мийки автомобілів із використанням переносного обладнання визначається за формулою:

$$X_i = \frac{T_{\text{гп}} \cdot K_H}{D_{\text{pz}} \cdot T_{\text{см}} \cdot C \cdot P \cdot K_{\text{исп}}}$$

де $T_{\text{гп}}$ - параметр обсягу виконання певного виду робіт визначає загальний обсяг операцій, виконуваних у межах відповідного напрямку діяльності, люд/год;

$D_{\text{рг}} = 1,15$ - коефіцієнт нерівномірності завантаження постів враховує незапланований характер виникнення технічних потреб і відображає нерівномірність використання робочих місць;

K - коефіцієнт використання робочого часу поста враховується у розрахунках, забезпечуючи точність визначення продуктивності робочих місць: $K = 0,94$ при завантаженні СТО в 2 зміни;

P – кількість персоналу, який одночасно працює на одному робочому місці, визначає ефективність виконання завдань.

Кількість місць для миття автомобілів, обладнаних спеціалізованим механізованим обладнанням, розраховується за відповідною формулою:

$$X_{\text{окр}} = \frac{N_{\text{ССМ}} \cdot \varphi_{\text{умф}}}{T_0 \cdot H_0 \cdot \eta_{\text{умф}}}$$

де $N_{\text{ССМ}}$ – Кількість автомобілів, що заїжджають на пост для прибирання та миття,;

T_0 - добова завантаженість мийного обладнання, враховуючи двозмінний графік із тривалістю зміни 7 годин, розраховується в годинах;

H_0 - продуктивність мийного обладнання, розрахована на одну годину

роботи, становить 10 автомобілів/год (значення використовується для подальших розрахунків);

$\phi_{\text{ПТР}}$ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на пости для прибирання та миття для СТО із десятима та більше робочими місцями приймається рівним 1,4;

$\eta_{\text{ПТР}}$ - коефіцієнт використання робочого часу поста на дільниці для прибирання та миття встановлено на рівні 0,9.

$$N_{\text{сстм}} = N_{\text{сто}} \cdot d / D_{\text{Р.Г.}} = 150 \cdot 4 / 305 = 23,7 \approx 25$$

$$X_{\text{окр}} = 24 \cdot 1,7 / (12) \cdot 11 \cdot 0,8) = 0,4$$

Кількість робочих місць на дільниці приймання та видачі автомобілів:

$$X_{\text{ПР}} = \frac{2N_{\text{С}} \cdot K_{\text{н}}}{T_{\text{СМ}} \cdot C \cdot A_{\text{ПР}} \cdot K}$$

де $N_{\text{С}}$ – кількість автомобілів, прийнятих на СТО за добу;

$K_{\text{Н}}$ - коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на пости приймання-видачі (приймаємо $K_{\text{Н}} = 1,5$);

K - коефіцієнт використання робочого часу на посту, (коефіцієнт - 0,94 при роботі в дві зміни);

$A_{\text{ПР}}$ - пропускна здатність поста приймання, (для міських СТО $A_{\text{ПР}} = 3$ авт/год).

$$N_{\text{С}} = \frac{N_{\text{СТО}} \cdot d_{\text{Н}}}{D_{\text{РГ}}}$$

$$N_{\text{С}} = 1500 \cdot 2 / 305 = 9,84 \approx 10$$

$$X_{\text{ПР}} = 2 \cdot 10 \cdot 1,5 / (7 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,94) = 0,8$$

Вихідні дані та результати розрахунків, що визначають кількість робочих місць для кожного виду робіт (у межах від 5 до 10 місць), наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункові значення кількості робочих постів

Найменування видів робіт ТО і ТР	Обсяг постових робіт	До _н	До ісп	Р	Число постів
----------------------------------	----------------------------	-----------------	--------	---	-----------------

Контроль та діагностика автомобілів	2760	1,15	0,94	1	0,8
Повне технічне обслуговування	13800	1,15	0,94	2	2
Роботи з мастильними матеріалами	2208	1,15	0,94	2	0,3
Налаштування параметрів передніх коліс (кути)	2760	1,15	0,94	2	0,4
Ремонт і регулювання параметрів гальмівної системи	2760	1,15	0,94	2	0,4
Електротехнічні роботи	2208	1,15	0,94	2	0,3
Роботи з паливною системою	1932	1,15	0,94	2	0,3
Ремонт та обслуговування акумуляторних батарей	110	1,15	0,94	2	0,02
Шиномонтажні роботи	828	1,15	0,94	2	0,1
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	2760	1,15	0,94	2	0,4
Кузовні та арматурні роботи	4140	1,15	0,94	1,5	0,8
Фарбувальні роботи	5520	1,15	0,94	1,5	1,1
Шпалерні роботи	276	1,15	0,94	2	0
Прибирання та миття автомобілів	1500	-	-	-	0,3
Приймання та видача автомобілів	600	1,5	0,94	-	0,8
Разом	8,02				

2.5 Угрупування робіт по основних виробничих дільницях

Для підвищення ефективності використання обладнання та оснащення пропонується здійснити перепрофілювання і часткове об'єднання технологічно сумісних робіт на постах (згідно з таблицями 2.4 і 2.5).

Таблиця 2.4 - Угрупування виконуваних робіт по дільницях СТО.

Назва дільниці	Роботи одного типу, виконувані на	Примітка
----------------	-----------------------------------	----------

	конкретній дільниці	
Діагностичні роботи	Контрольно-діагностичні роботи, роботи по прийманню та видачі авто	Має окремі в'їзні ворота
Роботи по ТО	Технічне обслуговування в повному обсязі, мастильні роботи, роботи з акумуляторними батареями систем живлення, регулювання гальм, шиномонтажні роботи	Робочі місця універсального типу в одному приміщенні
Роботи з ПР	Ремонт вузлів, систем і агрегатів, регулювання кутів установки керованих коліс	
Кузовні роботи	Кузовні, арматурні і шпалерні роботи	Окреме приміщення
Фарбувальні роботи	Фарбувальні	Окреме приміщення

Таблиця 2.5 - Види виконуваних робіт і кількість постів для їх виконання

Найменування видів робіт ТО і ТР	Кількість постів по номерах робіт					
	ділянка діагностики	ділянка ТО	ділянка ТР	кузова ділянка	фарбувальна ділянка	ділянка УМР
Діагностика	0,8	-	-	-	-	-
Технічне обслуговування в повному обсязі	-	2	-	-	-	-
Роботи з мастильними матеріалами	-	0,3	-	-	-	-
Регулювання та налаштування кутів передніх коліс	-	-	0,4	-	-	-
Ремонт і налаштування гальмівної	-	0,4	-	-	-	-

системи						
Електротехнічні роботи та роботи з АКБ	-	0,32	-	-	-	-
Роботи з паливною системою	-	0,3	-	-	-	-
Шиномонтажні роботи	-	0,1	-	-	-	-
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	-	-	0,4	-	-	-
Кузовні та арматурні роботи	-	-	-	0,8	-	-
Фарбувальні роботи	-	-	-		1,1	-
Шпалерні роботи	-	-	-	0,04	-	-
Прибирально-мийні роботи	-	-	-	-	-	0,3
Приймання та видача автомобілів	0,8	-	-	-	-	-
Разом постів на дільницях	-	-	-	-	-	-
Відповідно до розрахунків	1,6	3,42	0,8	0,84	1,1	0,3
Сумарно	2	3	1	1	1	1

2.6 Визначення кількості робочих місць для очікування та зберігання автомобілів

Загальна кількість робочих місць для очікування на виробничих дільницях міських СТО визначається за формулою:

$$X_o = 0,4 X$$

де X - сумарна кількість постів (табл. 1.5).

$$X_o = 0,4 \cdot 8 = 3,2$$

Кількість місць для зберігання автомобілів (стоянки) розраховується за нормативними значеннями на один робочий пост із використанням відповідної формули:

$$X_x = K_n X$$

де K_n – загальна кількість автомобілемісць для зберігання на одне робоче місце встановлюється відповідно до стандартів для міських СТО, $K_n = 3$;

$$X_x = 3 \cdot 8 = 24$$

Кількість місць для стоянки автомобілів клієнтів та персоналу за межами території СТО приймається з розрахунку два місця на кожен робочий пост.

$$X_{\text{ст}} = 3 \cdot 8 = 24$$

2.7 Визначення кількості виробничого і допоміжного персоналу СТО

Розрахунок загальної кількості виробничих робітників на СТО включає визначення персоналу, який безпосередньо виконує роботи з технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автомобілів. У розрахунках враховуються штатна та явочна кількість робітників. Штатна кількість персоналу — це кількість робітників, необхідних для забезпечення повного виконання річної виробничої програми. Розподіл виробничого персоналу проводиться для кожної зони, ділянки або підрозділу відповідно до видів робіт, що виконуються на СТО. Кількість персоналу визначається за спеціальною формулою:

$$P_{\text{ш}} = \frac{T_i}{\Phi_{\text{эф}}}$$

де T_i - річний обсяг виконуваних робіт в підрозділі, люд/год;

$\Phi_{\text{эф}} = 1780$ год - ефективний річний фонд часу робітників.

Загальна середня штатна кількість робочих СТО:

$$P_{\text{ш}} = 5730 / 1780 = 2,58 \approx 3 \text{ чол.}$$

Явочна кількість персоналу враховує фактичну присутність робітників на робочому місці, з урахуванням відсутності через відпустки, лікарняні тощо, і визначається за формулою.:

$$P_{\text{я}} = \frac{T_i}{\Phi_{\text{н}}}$$

де $\Phi_{\text{н}} = 2160$ год - Номінальний річний фонд робочого часу робітників також враховується в розрахунках.

Загальну середню явочну кількість робітників на СТО розраховують за відповідною формулою:

$$P_{\text{я}} = 5730 / 2160 = 2,18 \approx 2 \text{ люд.}$$

Розподіл персоналу за спеціальностями та кваліфікацією здійснюється на основі видів робіт. Підсумкова кількість робітників виробничого персоналу (ПП), розподілених за спеціальностями, рівнем кваліфікації та робочими змінами, наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Кількість виробничих робітників по підрозділах

Найменування ПП	Трудовісність робіт у підрозділі	Кількість персоналу по штату		Фактичне (явочне) число працівників		
		розраху нкове	прийма те	всього	1 зміна	2 зміна
Діагностична дільниця	3360	1,8	2	2	1	1
Зона постових робіт ТО та ТР	21528	11,8	12	10	5	5
Електротехнічні роботи і по паливній апаратурі	6624	3,6	3,5	3	2	1
Шиномонтажні	2760	1,5	1,5	1	1	0
ТР вузлів і агрегатів, слюсарно-механічні	9936	5,5	5,5	5	3	2
Кузовні	5520	3,0	3	3	2	1
Фарбувальні	5520	3,4	3,5	3	2	1
Шпалерні	552	0,3	0,5	0	2	1
УМР	1500	0,8	0,5	1	1	0
Всього	57300	31,7	32	28	17	11

Результати розрахунку та прийнята кількість робітників з різних спеціальностей із врахуванням можливого поєднання професій приведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Прийнята кількість робітників

Найменування виробничих підрозділів	Усього робітників	Найменування професії	Рівень кваліфікації (розряд робітника)	Розподіл по змінах	
				I	II
Діагностична дільниця	2	слюсар	4	1	1
Зона постових робіт ТО та ПР	10	слюсар	3-4	5	5
Електротехнічні роботи	3	слюсар	4	2	1
Шиномонтажні роботи	1	слюсар-вулканізатор	3	1	0
ТР вузлів і агрегатів, слюсарно-механічні	5	слюсар	4	3	2
Кузовні	3	слюсар-бляхар, зварювальник	4-5	2	1
Фарбувальні	3	маляр	3	2	1
УМР	1	мийник	2	1	0
Всього	28			17	11

Розрахунок чисельності допоміжних робітників здійснюється у відсотковому співвідношенні до облікової чисельності виробничого персоналу:

$$P_{BC} = \frac{P_{шт} \sum \cdot H_{BC}}{100}$$

де $P_{шт}$ - загальна чисельність основних виробничих робітників на СТО, люд.

$$P_{BC} = 31 \cdot 31 / 100 = 11$$

Розподіл допоміжних робітників за видами виконуваних робіт представлено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Розподіл допоміжних робітників по видах виконуваних робіт

Види допоміжних робіт	Співвідношення чисельності допоміжних робітників за видами робіт, %	Чисельність допоміжних робітників, люд
Ремонт і обслуговування технологічного обладнання, оснащення і інструменту	25	2
Ремонт і обслуговування інженерного обладнання, мереж і комунікацій	20	2
Прийом, зберігання і видача матеріальних цінностей	20	2
Перегін автомобілів	10	1
Обслуговування компресорного обладнання	10	1
Прибирання виробничих приміщень	7	1
Прибирання території	8	1
Всього, Р _{нд}	100	10

Чисельність персоналу інженерно-технічних працівників (ІТР), службовців, молодшого обслуговуючого персоналу та пожежно-вартової охорони визначається залежно від технічних можливостей СТО (див. табл. 2.9).

Таблиця 2.9 - Чисельність ІТР - персоналу СТО

Найменування ІТР	Чисельність персоналу, люд
Загальне керівництво	1
Бухгалтерський облік і фінансова діяльність	1
Виробничо-технічна служба	4
Молодший обслуговуючий персонал (МОП)	1

Пожежно-вартова охорона (ПВО)	4
Всього	11

2.8 Визначення площ виробничих приміщень СТО

Площі виробничих приміщень СТО визначаються аналітичним або графічним методом.

Розрахунок площі зон технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) проводиться для кожної робочої зони. Площі зон постових робіт ТО та ПР (м²) визначаються за відповідною формулою:

$$F_z = f_a X_i K_n$$

де: f_a - площа горизонтальної проекції автомобілів, м²;

X_i - число постів в зоні;

K_n - коефіцієнт щільності розміщення постів (для одностороннього розташування постів приймається) $K_n = 6$).

Згідно із загальноприйнятими рекомендаціями, $f_a = 7,9$ для малого класу автомобілів.

$$F_z = 7,9 \cdot 6 = 47,4 \text{ м}^2$$

2.8.1 Дільниця СТО для збирально-мийних робіт

Дільниця збирально-мийних робіт (ЗМР) призначена для усунення забруднень, які виникають під час зберігання, транспортування та експлуатації автомобілів. Основною метою виконання цих робіт є покращення зовнішнього вигляду автомобіля, а також забезпечення відповідності санітарно-гігієнічним та екологічним нормам.

На дільниці виконуються такі роботи та надаються наступні послуги:

Зовнішнє миття кузова автомобіля за допомогою ручного або механізованого обладнання із застосуванням синтетичних мийних засобів.

Мийка двигуна та підкапотного простору перед ремонтом для видалення забруднень і полегшення подальшої роботи.

Мийка коліс автомобіля.

Мийка днища транспортного засобу.

Прибирання та чищення салону.

Витирання та сушіння після миття.

Полірування лакофарбового покриття кузова для відновлення блиску.

Очищення та фільтрація стічних вод для їх повторного використання.

2.8.2 Дільниця СТО для приймання та видачі автомобілів

Цей підрозділ призначений для прийому автомобілів на СТО, проведення початкової оцінки їх технічного стану та перевірки комплектності. На цьому етапі оформлюються необхідні документи та узгоджується із замовником перелік робіт і послуг, необхідних для відновлення працездатності автомобіля, а також передача автомобіля його власнику після завершення робіт.

Під час прийому та видачі автомобілів виконуються такі види робіт і послуг:

Огляд агрегатів і вузлів автомобіля, зазначених власником як несправні.

Зовнішній огляд автомобіля та перевірка вузлів і систем, які впливають на безпеку руху.

Виявлення прихованих несправностей шляхом огляду та додаткової перевірки.

Розрахунок обсягу та вартості робіт, їх узгодження із замовником.

Приймання нових автомобілів на гарантійний ремонт і визначення відповідності несправностей критеріям гарантійного обслуговування.

Оформлення документації на прийом автомобіля.

Перевірка якості виконаних робіт із технічного обслуговування та поточного ремонту під час видачі автомобіля (проводиться інженерами ВТК або майстром-приймачем).

$$F_{\text{пр}} = 7,8 \cdot 5 = 44,3 \text{ м}^2$$

2.8.3 Дільниця СТО для діагностування автомобілів

Дільниця для діагностики призначена для оцінки технічного стану автомобіля, його агрегатів, механізмів і вузлів без необхідності розбирання, з можливістю прогнозування залишкового ресурсу на основі даних про поточний стан і динаміку його змін.

На цій дільниці виконуються такі роботи:

Перевірка неспіввісності мостів автомобіля.

Оцінка стану амортизаторів шляхом аналізу їхніх характеристик.

Діагностика стану гальмівної системи.

Контроль стану передньої підвіски та рульового управління.

Визначення токсичності відпрацьованих газів бензинових двигунів.

Визначення задимлення відпрацьованими газами дизельних двигунів.

Перевірка стану системи освітлення та світлової сигналізації.

Діагностика стану електронної системи управління двигуном (зчитування кодів несправностей).

Перевірка стану електрообладнання та системи запалювання.

Діагностика стану циліндро-поршневої групи та газорозподільного механізму.

Візуальний огляд автомобіля.

Прогнозування залишкового ресурсу окремих вузлів та автомобіля загалом.

2.8.4 Дільниця СТО для виконання постових робіт при ТО автомобілів

На цій дільниці виконуються профілактичні роботи, спрямовані на запобігання поломкам і несправностям, а також їх усунення, щоб підтримувати автомобілі в технічно справному стані, забезпечуючи їхню безвідмовну, безпечну, економічну та екологічну експлуатацію. Дільниця технічного обслуговування автомобілів призначена для виконання регулювальних,

кріпильних і мастильних робіт.

$$F_{\text{то}} = 7,7 \cdot 2 \cdot 8 = 138,2 \text{ м}^2$$

2.8.5 Дільниця СТО для виконання постових робіт з ТР автомобілів

Дільниця поточного ремонту (ТР) призначена для виконання комплексу робіт з агрегатами та вузлами автомобіля, несправності яких неможливо усунути шляхом регулювання, з метою відновлення їх параметрів і працездатності.

Кількість постів ТР = 1

$$F_{\text{тр}} = 7,8 \cdot 1 \cdot 7 = 46,3 \text{ м}^2$$

2.8.6 Дільниця СТО для виконання кузовних робіт автомобіля

Дільниця призначена для усунення дефектів і несправностей кузовів автомобілів з метою відновлення їх початкової геометрії, яка була порушена в процесі експлуатації і після дорожньо-транспортних аварій. На дільниці виконуються наступні види робіт і послуг:

- розбірно-складальні роботи по кузову або рамі автомобіля;
- арматурно-кузовні роботи;
- зварювальні роботи .

Робочий пост оснащений витяжкою і стендом для правки кузова.

$$F_{\text{к}} = 7,8 \cdot 1 \cdot 7 = 46,3 \text{ м}^2$$

2.8.7 Дільниця СТО для виконання малярних робіт

Малярна дільниця призначена для фарбування кузова автомобіля та його деталей, нанесення протишумної і протикорозійної мастики, а також відновлення лакофарбового покриття в пошкоджених зонах.

$$F_{\text{мал}} = 7,8 \cdot 1 \cdot 7 = 46,3 \text{ м}^2$$

Остаточна площа зони малярних робіт уточнюється під час розробки

планувального рішення з урахуванням габаритних розмірів автомобілів, відстаней між ними на постах, розташування елементів будівлі та обладнання, ширини проїзду автомобілів у зонах і способу розміщення постів (прямокутного або косокутного).

Розрахунок площ виробничих ділянок здійснюється на основі питомої площі на кожного робітника під час найбільш завантаженої зміни:

$$F_y = f_1 + f_2 (P_{PT} - 1)$$

де: f_1 - питома площа на першого робітника, м^2 ;

f_2 - питома площа на кожного наступного робітника, м^2 ;

P_T - число технологічно необхідних робітників в найбільш завантаженому зміні, люд.

Подальший розрахунок значень F_y представлено в таблиці 2.10. Значення f_1 та f_2 визначені відповідно до рекомендацій, а кількість робітників P_y встановлена на основі обсягу робіт, виконуваних на виробничих ділянках (таблиця 2.2). При цьому враховано, що під час встановлення кузова автомобіля на зварювальній ділянці до розрахунків включено площу його горизонтальної проекції.

Таблиця 2.10 - Розрахункові значення площ виробничих ділянок

Найменування ділянки	$f_1, \text{м}^2$ /люд.	$f_2, \text{м}^2$ /люд.	P_y , люд.	$F_y, \text{м}^2$
Електротехнічні	13	8	1	13
Шиномонтажні	15	13	1	15
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	19	12	2	31
Шпалерні	15	4	0	11
Кузовні і арматурні	10	5	1	10 8
Слюсарно-механічні	15	10	2	25
Всього				113,

Загальна площа виробничих приміщень

$$F_{\text{пр}} = 127 + 95 = 222 \text{ м}^2$$

2.8.8 Розрахунок площ складських і допоміжних приміщень на СТО

Площі складських приміщень для міських СТО розраховуються на основі нормативних питомих площ, визначених для 100 умовних автомобілів, що обслуговуються комплексно, за спеціальною формулою:

$$F_{\text{ск}} = \frac{N_{\text{СТО}} \cdot f_{\text{yi}}}{1000} \cdot K_{\text{СТ}} \cdot K_{\text{Р}}$$

де : f_{yi} - питоми площі, які припадають на 1000 автомобілів, обслуговуваних комплексно;

$K_{\text{СТ}}$ - Коефіцієнт, що враховує висоту складування та габарити стелажів, які використовуються на СТО;

$K_{\text{Р}}$ - Коефіцієнт, що враховує різноманітність марок та кількість автомобілів, які обслуговуються (для універсальної СТО $K_{\text{Р}} = 1,3$).

Приймаємо висоту складування 4,8 м, $K_{\text{СТ}} = 1,0$. Розрахунки площ складських приміщень, $F_{\text{ск}}$, приведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Площі складських приміщень

Найменування складу	Кількість автомобілів	$K_{\text{Р}}$	$f_{\text{уд}}, \text{м}^2$	$F, \text{м}^2$
Запасні частини та комплектуючі	150	1,3	32	62,4
Двигуни, агрегати та вузли		1,3	12	23,4
Експлуатаційні матеріали		1,3	6	11,7
Склад шин		1,3	8	15,6
Лакофарбові матеріали		1,3	4	7,8

Мастильні матеріали		1,3	6	11,7
Кисень і ацетилен у балонах		1,3	4	7,8
Разом, $F_{ск}$				140,4

Площа складського приміщення для зберігання агрегатів і автоприладів, знятих з автомобілів під час обслуговування, визначається з розрахунку $1,6 \text{ м}^2$ на один робочий пост, призначений для ремонту агрегатів, кузовних та фарбувальних робіт (табл. 2.4)

$$F_{пз} = 1,7 (1 + 1 + 1) = 5,1 \text{ м}^2$$

Площа приміщення для зберігання запасних частин, автоприладів, інструментів і автокосметики, призначених для продажу на СТО, приймається у розмірі 10% від складської площі для запасних частин і деталей..

$$F_{з/ч} = 0,1 \cdot 61,3 = 6,1 \text{ м}^2$$

Загальна площа виробничо-складських приміщень визначається за спеціальною формулою:

$$F_{В/С} = F_{пр} + F_{ск} + F_{пз} + F_{з/ч} = 140 + 138,2 + 5,1 + 6,1 \approx 241 \text{ м}^2$$

Допоміжні приміщення включають зони, де розміщене технологічне, силове або інше обладнання, необхідне для інженерного забезпечення роботи СТО (наприклад, опалювальне обладнання, компресорні та насосні станції, трансформаторне обладнання, вентиляційні камери).

Площа компресорної для однієї встановленої одиниці компресорного обладнання рекомендовано приймати в межах $20\text{--}25 \text{ м}^2$.

Площі котельні та трансформаторної підстанції визначаються залежно від типу встановленого обладнання.

Для попередніх розрахунків площа будь-якого допоміжного приміщення повинна бути не менше 16 м^2 .

Приймаємо загальну площу допоміжних приміщень:

- компресорна - 20 м^2 ;
- котельня - 16 м^2 ;
- трансформаторна підстанція - 16 м^2 .

Допоміжні приміщення розташовані в окремій будівлі, загальна площа

якої становить $F_{\text{всп}} = 20 + 16 + 16 = 52 \text{ м}^2$.

Адміністративно-побутові приміщення включають адміністративні, громадські та побутові зони. До адміністративних приміщень належать кабінети керівного складу, приміщення інженерно-технічних служб та зони для клієнтів. Побутові приміщення включають гардероби, умивальні, душові, туалети та місця для куріння.

До громадських зон відносяться пункти харчування, кімнати відпочинку тощо. На СТО площа адміністративно-побутових приміщень (або окремого адміністративного корпусу) приймається рівною. $F_{\text{АП}} = 36 \text{ м}^2$.

2.8.9 Проектування виробничих підрозділів СТО

Кузовна дільниця призначена для усунення дефектів та несправностей кузовів автомобілів, що виникли внаслідок експлуатації або дорожньо-транспортних пригод. Залежно від типу та потужності СТО, на цій дільниці виконуються такі роботи та послуги:

Розбирально-складальні роботи з кузовом або рамою автомобіля.

Арматурно-кузовні роботи, включаючи зняття та встановлення дверей, окремих панелей, механізмів, скла та інших деталей.

Відновлення геометрії кузова та рихтування панелей, що передбачає виправлення геометричних спотворень та усунення деформацій поверхонь.

Зварювальні роботи, зокрема видалення пошкоджених ділянок, встановлення ремонтних деталей, заварювання тріщин, розривів і пробоїн.

Технологічний процес капітального ремонту кузова визначається конструктивними особливостями автомобіля. Через підвищений рівень шуму та шкідливість робіт кузовну та фарбувальну дільниці доцільно розташовувати в окремому блоці приміщень.

У приміщенні кузовної дільниці виділяють такі спеціалізовані робочі пости:

- Пости для правильно-рихтувальних робіт.
- Пости для зварювальних робіт.

- Пости для шпалерно-арматурних робіт.

Спеціалізований пост для розбирання та складання автомобіля.

Приймання кузовів у ремонт здійснюється на посту, обладнаному пристроями для відновлення геометрії кузова та контрольно-вимірювальними інструментами для визначення його технічного стану. За потреби використовується обладнання для контролю геометрії основи кузова.

Розбирання кузова здійснюється за чітко визначеною технологічною послідовністю, щоб уникнути пошкодження деталей. Процес розбирання суворо регламентується технологічними вимогами.

Кузовна дільниця та інші виробничі підрозділи СТО, працюють протягом 305 днів в році по 7 годин. Для розрахунку основних параметрів дільниці приймаємо вихідні дані, подані таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 - Вихідні дані для розрахунків кузовної дільниці

Найменування характеристики підрозділів	Умовне позначення	Числове значення
Річний обсяг робіт, втому числі:	T	5520
постові	T _п	4140
дільничні	T _у	1380
Час роботи підрозділів		
змін	З	2
годин	T _{см}	7
Середнє число технологічно необхідних робітників	P	1
Коефіцієнт щільності розміщення постів	Д _{о_п}	4

Для даної дільниці число робочих постів визначається за формулою:

$$X = \frac{4140 \cdot 1,15}{305 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,94} = 1,18 \approx 1$$

Для попереднього уточнення площі кузовної дільниці на основі табелів та

каталогів обладнання складається відомість, яка містить перелік обладнання, та визначається його сумарна площа (f_0).

Підбір технологічного обладнання та організаційного оснащення для дільниці здійснюється з урахуванням рекомендацій типових проектів робочих місць і табелів технологічного обладнання. Перелік рекомендованого обладнання наведено в таблицях 2.13 і 2.14.

Таблиця 2.13 - Основне технологічне обладнання кузовної дільниці

Найменування	Тип або модель	Кількість	Розміри в плані, мм	Загальна площа, м ²	Споживана потужність, кВт
Компресорна станція	Genesis 22/500	1	1900×1000	1,9	2,8
Моніторна мийна машина	M-68K	1	переносна	-	1,7
Підйомник 2-х стійковий	KM-5	1	2630×1350	3,6	2,4
Зварювальний апарат	BIMAX 152	1	750×400	0,3	1,6
Аргонодугове зварювання	Telwin Supertig-241 DC	1	1450x500	0,7	1,8
Стапель для правки кузовів	JO CBU	1	3000x3000	9	-
Кран гаражний	-	1	1200x650	0,8	-
Верстак.	-	2	1500x500	1,5	-
Стелаж для інструментів.	-	2	1500x1200	7,2	-
Ящик для відходів.	-	2	500x500	0,5	-
Всього				26,8	10,3

Таблиця 2.14 - Основне технологічне оснащення кузовної дільниці

Найменування	Модель, тип, марка	Кількість
Набір гідравлічного інструменту	НГІД-750	1
Комплект пневмо інструменту	ПО-5	1
Набір слюсарного інструменту	—	1
Спеціальні пристосування, інструмент для кузовного ремонту	—	1
Набір інструменту бляхаря	—	1

Розрахунок виробничої площі кузовної дільниці при проектуванні здійснюється за наступною формулою:

$$F_y = (f_a \cdot n f_o) \cdot K_n$$

де: f_a - площа горизонтальної проекції автомобіля, 7,9 м²;

n – кількість постів, 1;

f_o - загальна площа обладнання;

K_n - коефіцієнт щільності розміщення для кузовної дільниці, 4,0.

Враховуючи, що площа підйомника перекривається площею автомобіля, отримуємо:

$$F_y = (7,9 + 22,3) \cdot 4 = 118 \text{ м}^2$$

Для зберігання деталей кузова, знятих з автомобіля, на дільниці слід передбачити окремий майданчик або складське приміщення. Площа цього майданчика або приміщення встановлюється в розмірі 20% від загальної розрахункової площі кузовної дільниці.

$$F_{к.з} = 118 \cdot 0,2 = 23,6 \approx 24 \text{ м}^2$$

Розрахунок штатної та явочної кількості робітників для об'єкта проектування здійснюється за відповідними формулами і становить:

$$P_{я} = 5520 / 2160 = 2,67 \approx 3 \text{ люд}$$

$$P_{ш} = 5520 / 1780 = 3,03 \approx 3 \text{ люд.}$$

2.8.10 Розрахунок і оцінка питомих показників СТО

Для оцінки технічного рівня розробленої СТО використовуються такі питомі показники:

- Кількість основних виробничих робітників - p_{oc} ;
- Площа виробничо-складських приміщень – f_{BC}, m^2 ;
- Площа адміністративно-побутових приміщень - $f_{АП}$;
- Кількість комплексно обслуговуваних автомобілів за рік - n_A ;
- Кількість заїздів автомобілів на антикорозійну обробку - $n_{ЗА}$;
- Кількість заїздів автомобілів для збирально-мийних робіт - $n_{ЗАМ}$.

Нормативні питомі значення цих показників визначаються для еталонних умов відповідно до рекомендацій. Для умов, що відрізняються від еталонних, показники для міських СТО коригуються за відповідними формулами:

$$p_{уд} = p_{уд}^3 \cdot K_p$$

$$f_{BC} = f_{BC}^3 \cdot K_p$$

$$f_{АП} = f_{АП}^3 \cdot K_p$$

$$n_{ЗА} = n_{ЗА}^3 \cdot K_p \cdot K_{кл} \cdot K_{пр} \cdot K_{кр}$$

$$n_A = n_A^3 \cdot K_p \cdot K_{кл} \cdot K_{пр} \cdot K_{кр}$$

де $f_{АП}$ – еталонне питоме значення відповідних показників;

n^3 – еталонне питоме значення кількості заїздів автомобілів для передпродажної підготовки, антикорозійної обробки та комерційного миття;

$K_{кл}$ - коефіцієнт, що враховує клас легкових автомобілів (для автомобілів малого класу приймається рівним 1,0);

$K_{пр}$ - коефіцієнт, що враховує середньорічний пробіг автомобілів;

$K_{кр}$ - коефіцієнт, що враховує кліматичний район експлуатації автомобілів.

Порівняння розрахованих питомих показників із нормативними значеннями наведено в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Основні питомі показники спроектованої СТО

Найменування показника, умовне позначення	Нормативні значення	Скориговані значення	Розрахункові значення	Відхилення від нормативу, %
Число виробничих робітників, $p_{уд}$	5	4,65	32	588
Площа виробничо-складських приміщень $f_{пс}$	197	236,40	691	192
Площа адміністративно-побутових приміщень $f_{аб}$	81	81,00	216	167
Кількість заїздів на комерційну мийку, $n_{ЗУМР}$	43680	27518,40	0	-100
Кількість заїздів автомобілів на антикорозійну обробку, $n_{ЗА}$	1820	1146,60	0	-100
Питома кількість комплексно обслуговуваних автомобілів, n_A	390	245,70	150,00	511

Для проектованої СТО техніко-економічні показники знаходяться в межах допустимих відхилень і відповідають рівню показників типових проектів міських СТО. Це підтверджує, що під час розробки проекту дотримано правильну послідовність розрахунків.

2.8.11 Визначення сумарної площі виробничого корпусу СТО

Для визначення попередніх розмірів виробничого корпусу використовується нормативна виробнича площа, яка становить 70 м² на один робочий пост. На основі цього площа виробничого корпусу розраховується за формулою:

$$F_{\text{пр}} = 120 \times 9 = 1080 \text{ м}^2$$

Довжина та ширина будівлі визначаються з урахуванням прийнятої сітки колон. У процесі розробки об'ємно-планувального рішення загальна площа може бути скоригована відповідно до вимог організації технологічного процесу та врахування резервів для подальшого розвитку.

У підсумку цього розділу виконано технологічний розрахунок для СТО, розрахованої на обслуговування та ремонт 150 легкових автомобілів. Здійснено розподіл річного обсягу робіт із технічного обслуговування та поточного ремонту за конкретними видами робіт, визначено кількість виробничих постів, розроблено об'ємно-планувальне рішення виробничого корпусу та кузовної дільниці, а також розміщено технологічне обладнання.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок станда для правки кузова легкового автомобіля

Стенди для правки кузовів легкових автомобілів, які використовуються на СТО як універсального, так і спеціалізованого типу, призначені для надання послуг з технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Розроблений стенд для виправлення кузовів легкових автомобілів призначений для відновлення пошкоджених кузовів автомобілів усіх марок під час виконання ремонтних робіт.

Стенд функціонує в режимі відновлення рами та геометрії кузова автомобіля до нормативних параметрів шляхом прикладання різноспрямованих зусиль. У процесі проектування в якості аналогів були розглянуті такі моделі стендів: SIVER B, СК-1 (СК-1А), AS45L1, ATIS DC-B05.

На основі аналізу технічних характеристик, переваг і недоліків стендів-аналогів, а також вимог до проектного станда, були визначені його техніко-експлуатаційні параметри:

Передача зусилля на кузов автомобіля не менше 2500 кг для забезпечення необхідної деформації кузова, можливість прикладання зусилля під будь-яким кутом у межах 360 градусів, розміри настановного майданчика повинні забезпечувати фіксацію кузова сучасних марок і моделей легкових автомобілів.

Наявність високих силових консолей, які дозволяють виконувати ремонтні роботи на висоті до 2500 мм від настановного майданчика, що забезпечує ремонт сучасних автомобілів.

Основні технічні характеристики проектного станда наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні вимоги до проектного станда для ремонту автомобілів

Параметри	Значення
Вантажопідйомність максимальна, кг	2500

Спосіб кріплення	за відбортуння порогів
Довжина рами, мм.	5580
Ширина рами з силовими пристроями, мм	3250
Висота консолі від настановного майданчика, мм.	2500
Зусилля деформації, не менше, кг	2500
Кут прикладання зусилля	360°

Під час проектування стенда необхідно враховувати, що рама і корпус мають бути зварними, із застосуванням стандартних профілів, щоб забезпечити необхідну жорсткість конструкції.

Основні етапи конструювання дослідного стенда для ремонту автомобілів включають: розрахунок міцності рами стенда, вибір типу гідроциліндра для підйомника, вибір типу гідроциліндра для силової вежі, розрахунок міцності силової вежі. Реалізація цих етапів дозволить визначити основні геометричні параметри стенда, обрати відповідне обладнання та оснащення, а також оцінити його технологічні можливості й основні сфери застосування.

3.2 Технічні пропозиції щодо проектування та виготовлення стенду для правки кузовів легкових автомобілів

Вибір геометричних параметрів та технічних характеристик проектованого стенда визначається його призначенням для використання в універсальних СТО. Для розглянутої кузовної дільниці стенд є необхідним для виконання технологічних операцій, зокрема виправлення пошкоджених кузовів автомобілів усіх марок у межах розробленого технологічного процесу. Таким чином, використання цього стенда дозволяє виконувати ключові операції з відновлення геометрії кузовів автомобілів. Розробка конструкції стенда базується на проведеному порівняльному аналізі стендів-аналогів і обраному технічному рішенні. Як прототип для розроблюваного стенда було обрано модель ATIS DC-B05.

На основі аналізу конструкторських особливостей і технологічних

можливостей стендів-аналогів були систематизовані їхні основні переваги та недоліки:

Вбудований витяжний механізм (стенд AS45L1) дозволяє швидко встановлювати автомобіль на стенд, полегшує виконання слюсарних, монтажних, шпаклювальних та інших робіт, а також дає змогу використовувати стенд як підйомник для виконання інших завдань, підвищуючи уніфікацію робочого місця. Конструкція рами, яка забезпечує можливість закріплення силової консолі в будь-якому місці під будь-яким кутом, включаючи кути рами (стенд ATIS DC-B05), дозволяє змінювати геометрію кузова під різними кутами. Пересувна рама (стенд SIVER B) забезпечує раціональне використання робочого простору, спрощує монтаж автомобіля під час ремонту і покращує зручність експлуатації. Під час проектування стенда слід враховувати, що наявність вбудованого підйомного пристрою ускладнює виготовлення пересувної рами. Проте використання консолі під будь-яким кутом можливе в обох варіантах конструкції. У зв'язку з цим передбачено два варіанти конструкції стенда:

Перший варіант:

Переваги: пересувна рама, відсутність вбудованого підйомного пристрою, можливість використання консолі під будь-яким кутом. Переваги в експлуатації: раціональне використання простору робочого приміщення та спрощений монтаж автомобіля.

Недоліки: відсутність вбудованого підйомного пристрою, який здатен піднімати автомобіль (приблизно 2500 кг) на висоту, необхідну для виконання більшості технологічних робіт у зручному положенні для працівника (1600 мм).

Другий варіант:

Переваги: рама з підлоговим кріпленням, наявність вбудованого підйомного пристрою, можливість використання консолі під будь-яким кутом.

Додаткові переваги: можливість окремого використання підйомного пристрою для виконання суміжних технологічних операцій.

Недоліки: збільшення маси конструкції, вища собівартість виготовлення, більші габаритні розміри.

Обидва варіанти мають свої особливості, які необхідно враховувати під час вибору конструкції залежно від вимог експлуатації та доступного бюджету.

На основі аналізу властивостей другий варіант конструкції стенда визнано оптимальним і рекомендовано для ескізного проекту та подальшого проектування. Конструкторське рішення спрямоване на об'єднання переваг розглянутих моделей у рамках однієї конструкції, створюючи стенд, який перевершує аналоги за універсальністю та зручністю використання.

Додатково розглянуто варіанти конструкції основного елемента — силової консолі вежі. За результатами аналізу виділено два основні типи консолей за способом виготовлення:

Монолітна конструкція з виконанням засічок для кріплення ланцюга (стенд AS45L1).

Переваги: зручність у використанні, невелика вага.

Недоліки: недостатня міцність при однаковій довжині.

Конструкція з труб стандартного діаметра з кріпленням ланцюга за допомогою роликів (стенд ATIS DC-B05). Переваги: простота виготовлення зі стандартного прокату, можливість об'єднання кількох труб у загальний блок для підвищення міцності. Недоліки: більша вага, менша зручність у використанні. Враховуючи загальну концепцію проектування стенда та збільшену довжину консолі через використання витягу, що вимагає застосування високоякісних матеріалів, було обрано другий варіант конструкції стенда. З урахуванням конструктивних особливостей стендів-аналогів і сучасних тенденцій у розвитку даної техніки, до конструкції стенда внесено зміни: Об'єднання ножного підйомника з рамою, що дозволяє обертати кузов автомобіля на 360°. Нова конструкція забезпечує можливість виконання ряду суміжних технологічних операцій, підвищуючи функціональність стенда.

3.3 Вибір матеріалу для виготовлення основних деталей силових вузлів стенда.

Під час вибору матеріалів для виготовлення деталей стенда цієї конструкції

слід насамперед враховувати показники міцності. Серед матеріалів, які часто використовуються для подібних конструкцій, можна виділити:

Сталь 40Х – конструкційна легрована сталь, призначена для виготовлення деталей із підвищеними вимогами до міцності.

Характеристики: важкозварювальна, потребує попереднього підігріву та подальшої термообробки. Методи зварювання: ручне дугове (РДС) і електрошлакове (ЕШС).

Сталь 3 – конструкційна, легкозварювальна сталь, що використовується для несучих елементів, зварних конструкцій та деталей.

Зважаючи на кращі показники міцності та зварюваності сталі 3, але нижчу твердість порівняно зі сталлю 40Х, для виготовлення основних конструкційних елементів стенда, які зазнають навантажень і монтуються переважно зварюванням, обрано сталь 3.

Для виготовлення рухомих монолітних частин, де важлива підвищена твердість і міцність, використовується сталь 40Х.

3.4 Попередній проектний розрахунок деталей стенда

Основні елементи конструкції запропонованого стенда для ремонту кузова автомобіля:

Рама підйомника – слугує для встановлення автомобіля на підйомник.

Опори підйомника – забезпечують підйом автомобіля на висоту не менше 1600 мм, що дозволяє виконувати більшість видів ремонтних робіт.

Силовa вежа – повинна мати висоту не менше 1800 мм від рівня рами, враховуючи максимальну висоту легкового автомобіля 1800 мм.

Гідравлічний циліндр силової вежі – забезпечує прикладання необхідних зусиль.

Базова рама використовується для початкового позиціонування автомобіля та монтажу силової вежі. Вона повинна мати габарити не менше 5000×2000 мм, враховуючи типові розміри легкових автомобілів, а також вузькі сторони у вигляді півкола радіусом 1000 мм для позиціонування силової консолі під

різними кутами до кузова. Рама має передбачати можливість встановлення підйомника габаритами не менше 1400×970 мм, виходячи з розташування опорних точок більшості автомобілів.

Для визначення основних геометричних параметрів станда в процесі розробки конструкції необхідно:

Вибрати гідравлічний циліндр для силової вежі.

Провести розрахунок зварних з'єднань.

Виконати розрахунок міцності рами станда.

Провести розрахунок міцності консолі силової вежі.

Кінематична схема станда з позначенням усіх основних сил і моментів наведена на рис. 3.1.

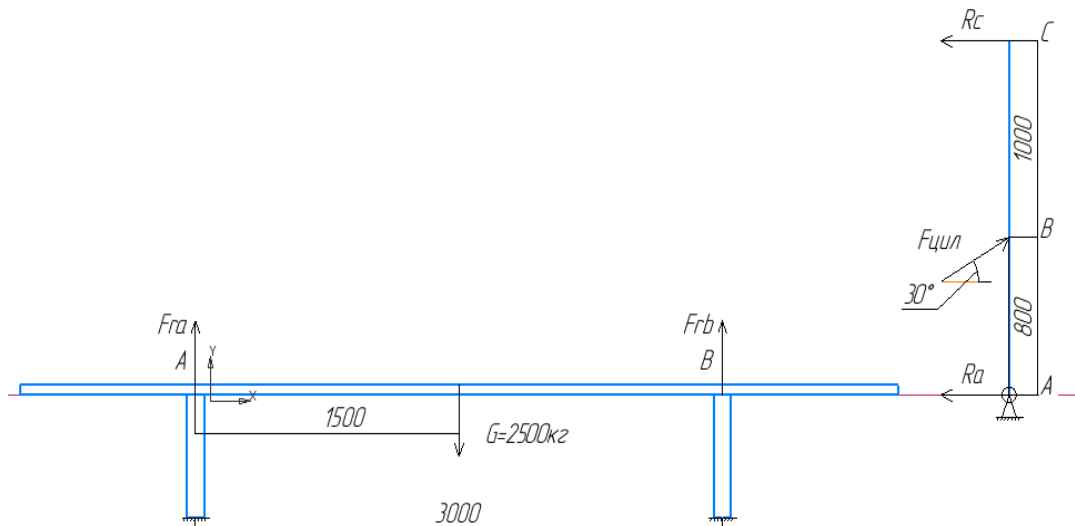


Рисунок 3.1 - Схема дії сил на конструктивні елементи станда

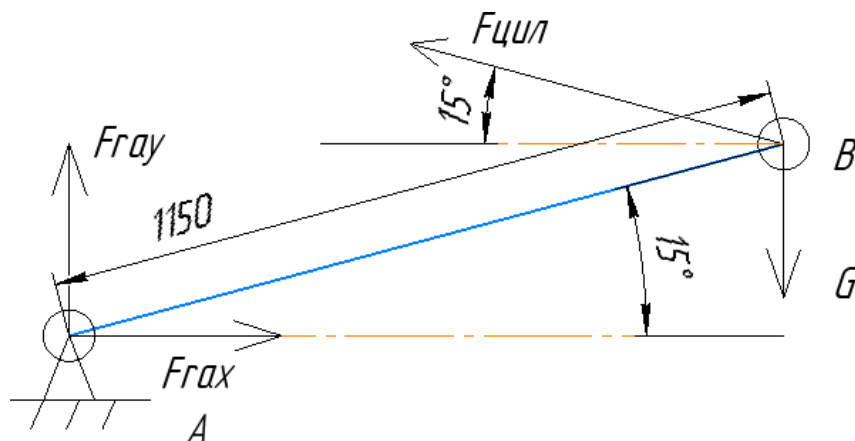


Рисунок 3.2 - Наведена схема дії сил на підйомник

3.5 Розрахунок основних елементів конструкції стенда

3.5.1 Розрахунок на міцність основної рами

Рама є зварною конструкцією, виготовленою зі сталевих труб квадратного перерізу. Основні силові навантаження на раму зумовлені вагою автомобіля, що ремонтується. Найбільше навантаження припадає на поздовжню частину рами.

Максимальна вага легкового автомобіля приймається рівною 2500 кг, що створює загальну силу тиску на раму в 2500 кг. Для розрахунків сила, яка діє в двох точках, приводиться до результуючої. На основі цього складено розрахункову схему (рис. 3.3).

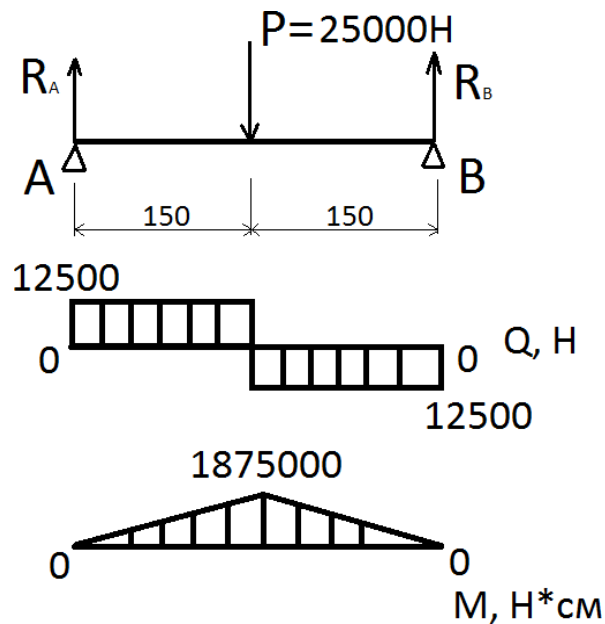


Рисунок 3.3 – Епюри дії внутрішніх силових факторів

Знаходимо значення реакції в опорах.

$$\sum F_y = 0,$$

$$R_A - P + R_B = 0$$

$$R_A = P - R_B = 25000 - 12500 = 12500 H$$

$$\sum M_A = 0,$$

$$R_B = \frac{P \cdot 150}{150 \cdot 2} = 12500 H$$

На основі розрахованих реакцій будуються епюри внутрішніх силових факторів. У конструкції стенда використовуються чотири сталеві труби (по дві з кожного боку) квадратного перерізу розміром 80×60 мм із площею перерізу 38,46 см².

, $[\sigma] = 1250 \text{ кгс/см}^2$, матеріал – сталь 3.

Тоді одержуємо:

$$\sigma_{\max} = \frac{187500}{4 \cdot 38,46} = 1218,8 < [1250]$$

Отже, умова міцності виконується.

Запас міцності є достатнім, що дозволяє уникнути використання труби з більшим перерізом, оскільки це призведе до збільшення вартості конструкції.

3.5.2 Вибір гідравлічного циліндра для силової вежі

Вибір гідравлічного циліндра базується на розрахунку необхідного зусилля, яке має прикладатися до гака силового пристрою. Аналіз аналогічних конструкцій показує, що зусилля в 2,5 т (25 000 Н) є достатнім для виконання робіт стендом запропонованої конструкції.

Варто враховувати, що циліндр розташовується під кутом до силової вежі, тому лише частина його зусилля (визначена проекцією сил на горизонтальну площину) буде корисною. Крім того, силова вежа функціонує як важіль, де плече сили, прикладеної циліндром до вежі, відрізняється від плеча сили, що передається вежею на кузов автомобіля.

Оскільки конструкція стенда не обмежує вибір кута встановлення циліндра, для спрощення розрахунків приймаємо кут між штоком циліндра та вертикаллю вежі рівним 60°. У такому випадку, сила, яка бере участь у корисній роботі, визначається як:

$$F_x = F_{\text{общ}} \cdot \cos \alpha = F_{\text{общ}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$F_{\text{заг}} = F_x \cdot 1,16 = 35000 \cdot 1,16 = 40600 \text{ Н}$$

Оскільки різниця моментів залежить від висоти пошкодження кузова, у

розрахунках приймаємо співвідношення висоти закріплення циліндра до висоти закріплення гака рівним 1:3. Таким чином, для забезпечення зусилля в 25 000 Н, яке діє на кузов автомобіля, сила виштовхування штока циліндра має становити:

$$F_{\text{цил}} = F_{\text{заг}} \cdot 3 = 40600 \cdot 3 = 121800 \text{ Н}$$

Параметри гідравлічного циліндра безпосередньо залежать від потужності насоса, який приводить у рух поршень. Для розрахунків приймаємо насос із максимальною потужністю до 70 МПа.

Обчислимо діаметр гідравлічного циліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{цил}}}{\pi p \eta}}$$

де: $F_{\text{цил}}$ - зусилля виштовхування штока циліндра;

p – номінальний тиск;

η - ККД, рівний 0,95.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12180}{3,14 \cdot 70 \cdot 0,95}} = 15,27 \text{ мм}$$

Отже, гідравлічний циліндр повинен мати діаметр поршня не менше 15,27 мм і бути здатним працювати при робочому тиску 70 МПа. Як прототип обрано гідравлічний циліндр RC-59 із наступними характеристиками: діаметр поршня 28 мм, хід штока 232 мм, робочий тиск 70 МПа.

3.5.3 Розрахунок на міцність консолі силової вежі

Відповідно до поставленої мети проектування, максимальне навантаження на кузов автомобіля становить 35 000 Н. Це призводить до появи рівної за величиною, але протилежно спрямованої сили реакції, яка діє на консоль силової вежі, створюючи зусилля на вигин.

Для аналізу будуємо схему навантаження та визначаємо плечі сил.

Загальна довжина балки при максимальних габаритах автомобіля 2500 мм і висоті рами 500 мм (прийнята на даному етапі проектування) не повинна перевищувати 3000 мм.

Згідно з раніше прийнятим у проекті місцем закріплення циліндра, довжина відрізка ВС приймається рівною 1000 мм.

Далі складаємо рівняння рівноваги конструкції стенда для аналізу силових факторів.

$$R_A - P + R_c = 0$$

Друге рівняння:

$$\sum M_A = 0$$

З другого рівняння

$$R_A = \frac{P \cdot 1000}{3000} = 35166 \text{ Н}$$

З першого рівняння

$$R_c = P - R_A = 121800 - 35166 = 86634 \text{ Н}$$

На підставі обчислених реакцій будуюмо епюри внутрішніх силових факторів (рис.3.4).

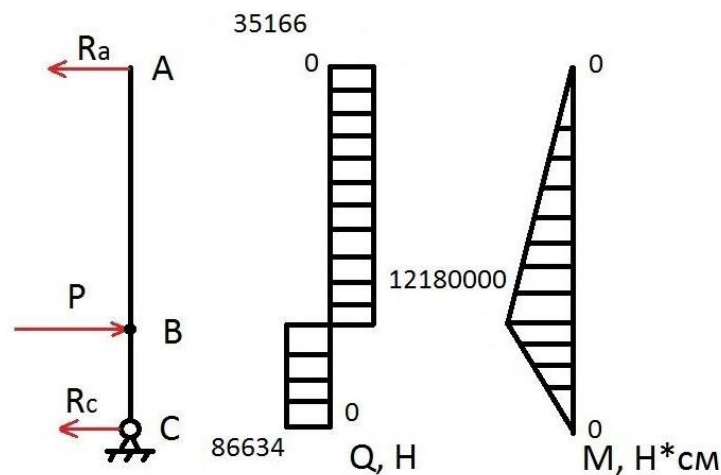


Рисунок 3.4 - Епюри внутрішніх силових факторів

Використовуємо в конструкції стенда дві сталеві труби квадратного перерізу $180 \times 100 = 350,44 \text{ см}^3$, сталь 3, $[\sigma] = 1250 \text{ кгс/см}^2$.

Тоді:

$$\sigma_{\max} = \frac{866340}{2 * 350,44} = 1236,07 < [1250]$$

Отже, умова міцності виконується.

Окрім розрахунку балки на вигин, необхідно виконати розрахунок осі кріплення ролика для натяжки ланцюга та осі кріплення консолі до рами силової вежі на зріз, використовуючи відповідну формулу:

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi * i * z * \tau_{\text{ср}}}}$$

де: d-діаметр осі, мм;

S – навантаження на зріз, МПа;

i – число площин зрізу;

z - кількість осей;

$\tau_{\text{ср}}$ – допустиме середнє значення напруження на зріз, МПа.

Для осі кріплення ролика, при умові її виготовлення із сталі 40Х

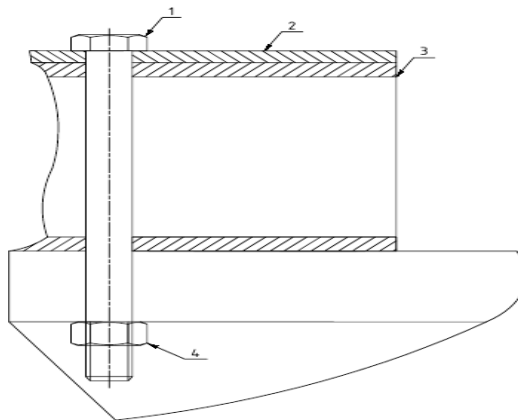
$$d = \sqrt{\frac{4 * 25133}{3,14 * 1 * 1 * 330}} = 17,98 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр осі 20 мм з урахуванням необхідного запасу міцності.

Для осі кріплення консолі, за умови виготовлення її зі сталі 40Х, проводимо відповідні розрахунки.

$$d = \sqrt{\frac{4 * 50267}{3,14 * 1 * 1 * 330}} = 25,43 \text{ мм}$$

Прийmemo діаметр осі 28 мм, враховуючи запас міцності.



Силовa вежа кріпиться до рами стенда за схемою, представленою на рисунку 3.5.

Рисунок 3.5 - Схема кріплення силової вежі

1 - болт, 2 - настановний лист, 3 – труба, 4 - гайка

3.5.4 Інструкція по експлуатації стенда

Стенд призначений для відновлення пошкоджених кузовів легкових автомобілів малого та середнього класу з відборткуванням порогів. Для фіксації кузовів автомобілів без відборткування порогів слід використовувати спеціальні адаптери. Комплектація стенда представлена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Комплектність стенда для правки кузовів автомобілів

Найменування	Кількість
Платформа - підстава з підйомним механізмом	1
Силовa вежа з пневмогiдрaвлiчним цилiндром	2
В'їзні трапи	2
Універсальні затискачі	4
Перека́тні візки	2
Підставка для кріплення коліс	2
Ручна лебідка	1
Шланг масляний	2
Пневмогiдрaвлiчний насос	2
Штуцер	2
Швидкий роз'єм	2
Штуцер	2
З'єднувач	2
Манометр	2
Щит для аксесуарів та пристроїв	1
Набір захоплень і затисків (к-т)	1

У таблиці 3.3 наведено основні технічні характеристики і параметри стенда для правки кузовів автомобілів.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики стенда для правки кузовів автомобілів

Параметри	Значення
Тип	підлоговий
Привід підйомного і силового пристроїв	гідравлічний
Кількість силових веж, шт.	1
Вантажопідйомність максимальна, кг	2500
Спосіб кріплення	за відбортуння порогів
Довжина рами, мм.	5580
Ширина рами з силовими пристроями, мм	3250
Робоча висота рами, мм.	700
Тиск в гідравлічній системі, МПа	70
Кут докладання зусилля	360°
Хід штока не більше, мм	232

Гідравлічна схема стенда представлена на рисунку 3.6.

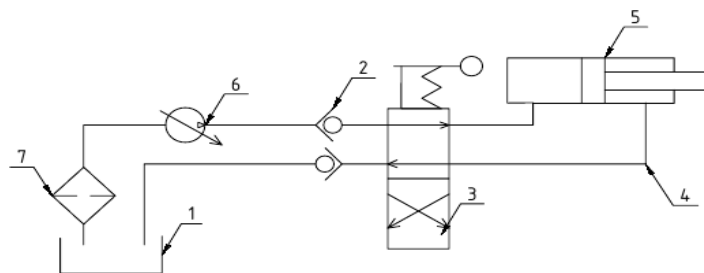


Рисунок 3.6 - Гідравлічна схема стенда

1 - бак, 2 – зворотний клапан, 3 – кран, 4 - рукави, 5 - циліндр, 6 - насос, 7 - фільтр

Стенд оснащений чотирма кузовними затискачами, які можна встановлювати з будь-якої з чотирьох сторін центральної зони. Унікальні

затискачі мають можливість автоматичного налаштування. Система кузовних затискачів забезпечує орієнтацію, фіксацію та утримання автомобіля під час ремонту, а також може бути адаптована до різних типів легкових автомобілів.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження впливу в'язкості мастил на пускові зноси поршневих кілець

Зношування деталей циліндро-поршневої групи автомобільного двигуна в експлуатації в значній мірі визначається умовами його пуску та режимами експлуатації в період прогріву та завантаження. У пусковий період циліндри та поршневі кільця піддаються переважно механічному та корозійному видам зношування, сумарна величина яких у кінцевому рахунку залежить від швидкості надходження мастила до поверхонь тертя.

Початок надходження мастила до поверхонь тертя в пусковий період у значній мірі визначає перехід від граничного тертя до гідродинамічного, а отже, визначає і режим зношування; одночасно з мастилом надходять присадки, які обмежують корозійні процеси. З точки зору подачі мастила у пусковий період змащування циліндро-поршневої групи розбризкуванням є недосконалим. Протяжність затримки надходження мастила при змащуванні розбризкуванням залежить в основному від його в'язкості при заданій температурі пуску, в'язкісно-температурної характеристики, режиму роботи двигуна після пуску і конструктивних особливостей системи змащення. Найбільший вплив на затримку надходження мастила надає його в'язкість.

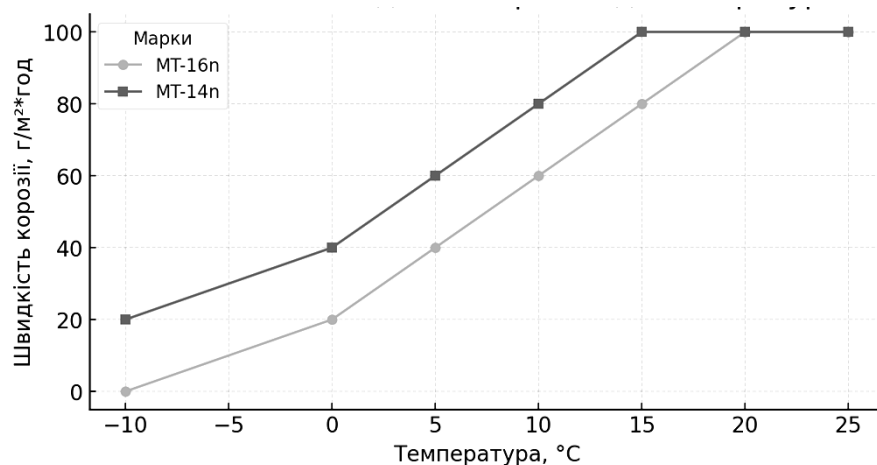


Рисунок 4.1. Вплив виду мастила на швидкість зношування поршневих кілець при пуску двигуна за різної температури мастила

Дослідженнями впливу в'язкості мастил на пускові зноси встановлено, що загущені моторні мастила через їх швидке надходження до поверхонь тертя, кращої охолоджуючої здатності і головне - здатності знижувати свою в'язкість при великих напруженнях зсуву в порівнянні зі звичайними мастилами забезпечують: зниження пускових зносів в 4...5 разів (рис. 4.1), зменшення припрацьовуючих зносів під час прогріву двигуна в 1,5...2 рази і швидку підготовку поверхонь тертя до прийняття навантаження.

У наведених на рис. 4.1 даних тривалість періоду пускового зносу розглядалася від моменту пуску до надходження мастила до верхніх поршневих кілець, через що ці закономірності побічно характеризують залежність затримки надходження мастила від температури.

У практиці експлуатації пуски автомобільних двигунів при великій початковій в'язкості мастила зустрічаються досить часто (пуски на товарних мастилах у зимовий час при частковому розігріву двигуна, холодні пуски на товарних і загущених мастилах та ін.). Потреба розширення температурної межі пуску двигунів при одночасному зменшенні пускових зносів визначає практичну важливість вивчення закономірностей надходження різних мастил до поверхонь тертя циліндро-поршневої групи та вплив цього фактора на пускові зноси.

Досліджувалася затримка надходження мастил різних товарних марок: зимове товарне мастило та загуще мастило та їх прокачування через циліндрові гільзи двигуна на режимах пуску та прогріву. Одночасно перевірявся вплив тривалості затримки подачі мастила до циліндрів на знос їх у пусковий період.

Достовірних даних про закономірності витрати мастил різної в'язкості через шатунні підшипники і надходження їх до циліндрових гільз при низькотемпературному пуску немає. Реєстрація моменту надходження та кількості мастила, яке подається до циліндрів двигуна в пусковий період зустрічає значні труднощі, оскільки різні пристрої у вигляді «лотків» або «пасток», які використовуються для збирання мастила при нормальних температурах, не виключають перекриття нижнього входу в циліндр. При пуску

двигуна це може суттєво вплинути на доступ мастила до робочих поверхонь циліндрів та спотворити результати вимірів.

Зроблено спробу встановити момент надходження та витрату мастила через циліндри за допомогою маслознімного пристрою, конструкція якого не спотворює реальні процеси надходження мастила до поверхонь тертя, його розрідження дизельним паливом та розігрів гарячими газами в процесі прогріву двигуна.

Пристрій виготовлено виходячи з припущення, що в пусковий період мастило починає надходити на робочі поверхні циліндрів після достатнього розігріву в двигуні. При цьому з огляду на високу в'язкість і гідродинамічний тиск у зазорі між поршнем і поверхнею циліндра основна кількість мастила повинна зніматися з робочої поверхні циліндра торцем поршня. При невеликій швидкості поршня у нижній мертвій точці мастило, зняте з поверхні циліндра, продавлюється нижнім торцем поршня в кільцевий об'єм між маслознімною кромкою пристрою і нижнім торцем циліндрової гільзи (рис. 4. 2), звідки відводиться трубою через стінку блоку циліндрів на замір. Передбачено усунення попадання мастила в кільцеву збірку від барботажу. Цей пристрій забезпечує реєстрацію моменту початку надходження мастила до циліндрів та його витрата при пуску та прогріві двигуна.

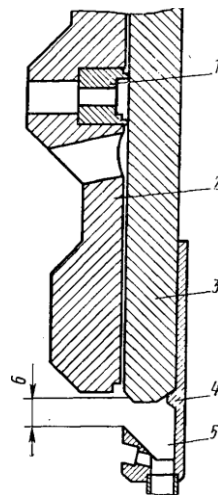


Рисунок 4. 2. Маслознімний пристрій для вимірювання витрат мастила циліндрової гільзи двигуна:

1 - маслоснімне поршневе кільце; 2 - поршень; 3 – гільза циліндра; 4 - пристрій для знімання мастила з поверхні гільзи; 5 - кільцевий об'єм маслоснімного пристрою; 6 - кільцева щілина маслоснімного пристрою

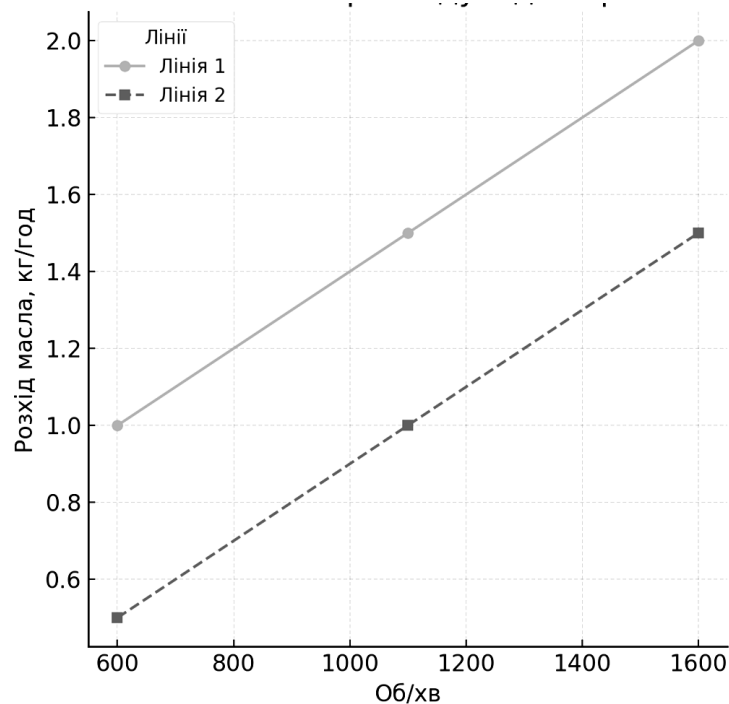


Рисунок 4. 3. Характер зміни витрати мастила, заміряного маслоснімним пристроєм, в залежності від температури мастила та оборотів двигуна
1 – витрати мастила при постійних оборотах двигуна (1000 об/хв і змінної температури мастила: 2 — витрати мастила при його постійній температурі (90 °C) і змінних оборотах двигуна.

На рис. 4.3 показані результати випробування при застосуванні масло - знімного пристрою в нормальних умовах роботи двигуна на мастилі. Витрата мастила через шатунні підшипники показано в залежності від температури мастила та кількості обертів двигуна. Слід враховувати, що деяка кількість мастила буде зніматися маслоснімними кільцями і надходити в піддон блоку циліндрів повз маслоснімний пристрій.

Частина мастила, яке знімається пристроєм, від загального його потоку, яке змащує циліндри, визначалася з його розрідження дизельним паливом. При цьому приймалося, що вміст дизельного палива в мастилі, яке знімається з циліндрів двигуна маслоснімним пристроєм і поршневими кільцями

маслознімними, однакові.

Обробкою дослідних даних за вказаною методикою встановлено, що пристроєм реєструється в середньому 40...50% мастила, яке надходить до циліндрів на режимах пуску та прогріву.

На рис. 4.4 показані результати експериментального визначення за допомогою маслознімного пристрою часу затримки надходження та витрат через циліндрові гільзи мастил при різних температурах пуску. Підтверджено, що затримка надходження зазначених мастил до циліндрів у широкому інтервалі низьких температур змінюється згідно із законом прямої. При заданій температурі пуску зимове мастило надходить до циліндрів у 2 рази повільніше, ніж загущене. З урахуванням зміни тривалості затримки подачі мастила від температури порівнювальні мастила відрізняються температурним діапазоном в 30 °С, при цьому, момент надходження мастила при температурі -30 °С такий же, як мастила при 0 °С.

Перш ніж оцінювати витрати мастила через циліндри при пуску двигуна, розглянемо процеси, які визначають момент надходження мастила до циліндрів. Встановлено, що при низькотемпературному пуску двигуна основним моментом, який визначає надходження мастила до поверхонь тертя циліндрів, є утворення початкового обмеженого об'єму мастила, яке циркулює в системі змащення двигуна з «мокрим картером». Цей обсяг мастила утворюється після пуску двигуна за рахунок нагрівання спочатку невеликої кількості мастила в редуційних і зливних клапанах системи змащення, в підшипниках та інших вузлах тертя. Нагріте мастило через кращу плинність у порівнянні з рештою мастил піддону блоку циліндрів надходить на лінію всмоктування мастильного насоса, а потім у двигун, де повторно піддається нагріву. Розігрів мастила в системі з «мокрим картером» виявляється подібним до дії циркуляційного бачка в системі мастила з «сухим картером».

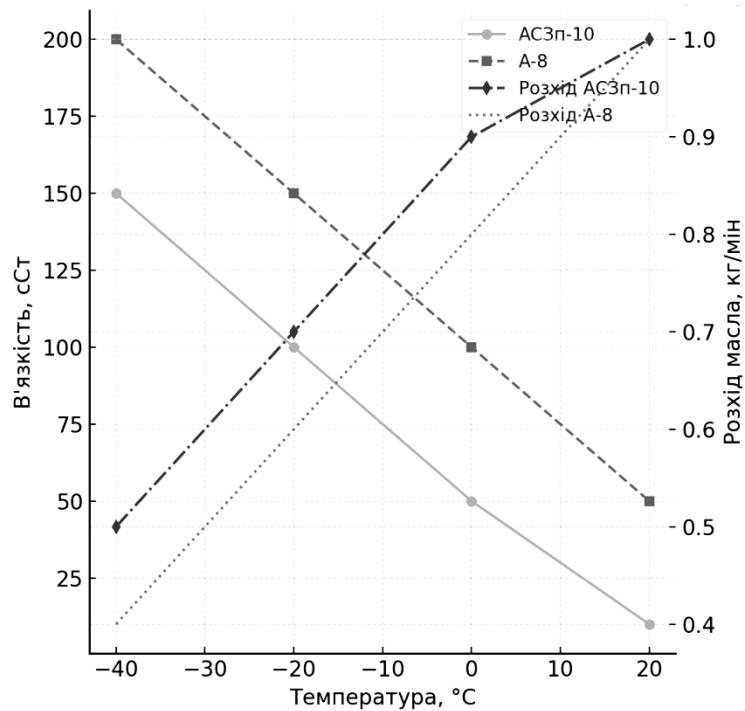


Рисунок 4.4 - Зміна часу затримки надходження та витрати мастил через гільзи циліндрів в залежності від температури пуску двигуна

На рис. 4.5 показані результати експериментального вимірювання температури внутрішньої поверхні циліндрів і мастила в піддоні блоку циліндрів (по всьому об'єму) і у всмоктувальній трубці мастильного насоса при температурах пуску +15 і -35 °C. Як видно з наведених даних, значна швидкість розігріву обмеженого обсягу мастила, зареєстрована у всмоктувальній трубці мастильного насоса, в процесі прогріву двигуна зумовлює початок подачі мастила до циліндрів у той час, коли основна кількість мастила в системі змащення залишається нерозігрітим. З початком надходження мастила встановлюється витрата його через циліндри, який для загущеного мастила залишається практично постійним протягом 5...6 хв прогріву (рис. 4.4).

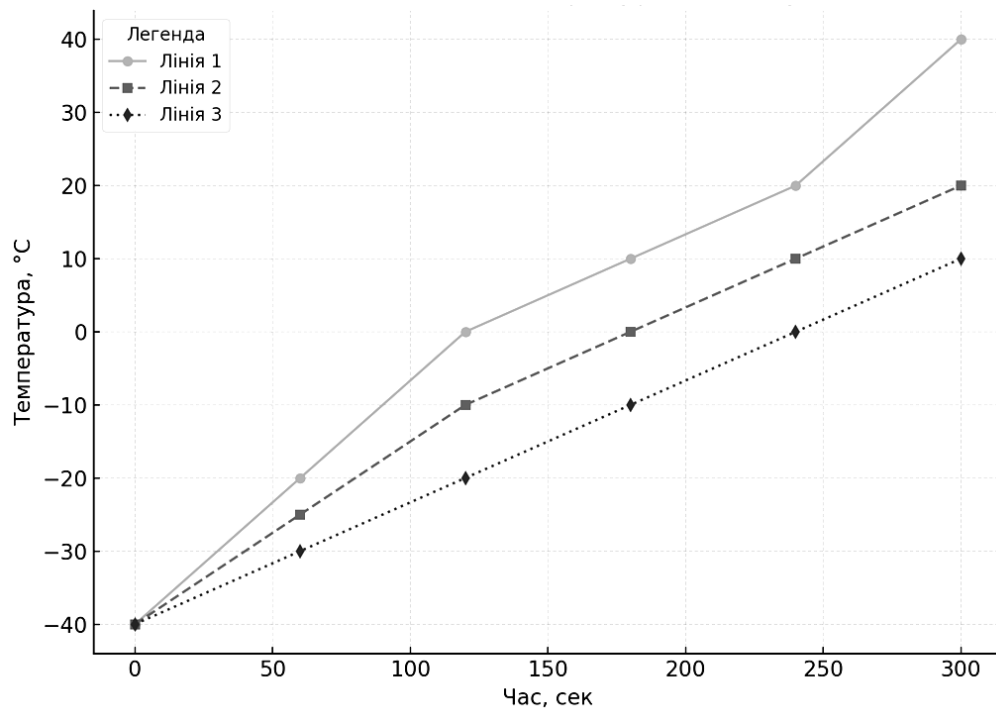


Рисунок 4.5 - Характер зміни температури мастила та робочої поверхні гільз циліндрів двигуна в залежності від часу прогріву при нормальному (- - -) та холодному (- - - -) пусках двигуна:

1 – внутрішня поверхня гільзи циліндра; 2 – мастило у всмоктувальній трубці мастильного насоса; 3 – мастило в піддоні блоку циліндрів.

Як і для моменту надходження мастила до гільз циліндрів, витрати загущеного мастила через циліндри при температурі -30°C виявилися рівноцінними витратам товарного зимового мастила при температурі 0°C . Таким чином, якщо за рівнозначною в'язкістю зимові товарні та загущені дизельні мастила відрізняються температурним інтервалом 15°C , то по моменту надходження до поверхонь тертя і витрат через циліндри цей інтервал опинився в границях 30°C .

У ході дослідів, розглянутих вище, реєструвалося надходження мастила в нижню частину циліндра. Для оцінки моменту надходження мастила у верхню частину циліндра - до поршневих кілець були виконані стробоскопічні спостереження. У температурних умовах циліндрів, які відповідають режимам пуску та прогріву двигуна на мастилі при температурі $+15^{\circ}\text{C}$, безпосередньо спостерігалася поява мастила на головці поршня та у верхній частині циліндра. При середньому значенні часу надходження мастила у мірний пристрій 69 сек

(за 50 пусків при температурі $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$) поява мастила у верхній частині циліндра спостерігається на режимі 1000 об/хв через 75-90 сек.

У разі пуску двигуна при температурі $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ мастило надходить у мірний пристрій в середньому через 170 сек. При цьому через розігрів мастила в обмеженому колі циркуляції, розрідження його на поверхнях циліндрів дизельним паливом на 25...30% і розігрів поверхонь тертя до моменту надходження мастила в мірний пристрій до температури $-5...0\text{ }^{\circ}\text{C}$. З умови надходження мастила у верхню частину циліндра виявляються подібними до нормального запуску.

Таким чином достатнє змащування всієї робочої поверхні циліндрів настає в середньому через 1,5 хв після появи мастила в нижній частині циліндра, тобто мінімальний час прогріву двигуна на холостому ході після холодного пуску має бути не менше 3...6 хв.

4.2 Експериментальні дослідження впливу затримки поступлення мастила на зношуваність гільз циліндрів в пусковий період

Відповідно до викладених вище результатів експериментальних досліджень про переважаючий вплив затримки надходження мастила на зноси циліндрів у пусковий період досліджувався знос циліндрів двигуна при роботі на загущеному мастилі при температурі $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ в умовах холодильної камери і на товарному мастилі а температури $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Умови випробувань були обрані, виходячи з наступних міркувань:

1. Звичайні пуски на стандартному мастилі при температурі $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ добре вивчені з точки зору впливу їх на витрату моторесурсу двигуна в експлуатації.
2. Холодний пуск двигуна повинен значно відрізнятися часом затримки надходження загущеного мастила до циліндрів від звичайного пуску на товарному мастилі
3. Температура робочої поверхні циліндрів, яка обумовлює корозійні процеси при низькотемпературних пусках і прогрівах, повинна бути на $35...50\text{ }^{\circ}\text{C}$ нижче відповідних температур при звичайному пуску.

4. Час впливу корозійних процесів в обох випадках пусків має бути однаковим. Була прийнята тривалість перерв між пусками 6 год та прогрівання двигуна після пуску 5...6 хв (при 1000 об/хв).

Якщо при низькотемпературних пусках-прогрівах пускові зноси будуть визначатися часом затримки надходження мастила до поверхонь тертя, то при застосуванні різних мастил в одному двигуні відношення часу затримки надходження випробуваних мастил до циліндрів і відношення величин відповідних зносів повинні бути одного порядку.

Розв'язання поставленої задачі залежить в основному від можливостей точного виміру зносу циліндрів. Аналіз різних способів таких вимірювань показав, що це можливе лише за допомогою методу вирізаних лунок. Визначення таким методом місцевого зносу поверхонь тертя та оцінка розподілу зносу по довжині та колу гільзи циліндра дають кількісну та якісну картину переважного виду зношування поверхонь тертя на досліджуваних режимах роботи двигуна.

Крім пускових випробувань на знос, необхідно виконати наступні випробування. Для оцінки переваг загущених моторних мастил перед товарними щодо зменшення пускових зносів необхідним є умова рівноцінності обох мастил за протизносними властивостями на режимах роботи циліндро-поршневої групи при максимальних силових та теплових навантаженнях для даної модифікації двигуна. Відповідно до цього визначалися також зношування циліндрів на мастилах при режимній роботі по зовнішній характеристиці.

Додатковими дослідженнями щодо визначення характеру корозійного зношування за наявності мастила на поверхнях тертя циліндрів досліджувалися зноси на режимах низькотемпературного завантаження двигуна. За початкову була прийнята температура 5...10 °С, яка відповідає температурі робочої поверхні циліндрів до кінця п'ятихвилинного прогріву після пуску двигуна при температурі -35 °С (рис. 4.3).

Цикл завантаження тривалістю 5 хв включав наступні режими:

Завантаження двигуна від холостого ходу до $M_{к макс}$ – 30 сек.

Збільшення числа оборотів при повній подачі від $M_{к макс}$ до $N_{е макс}$ – 60.

Зняття навантаження від $N_{e \text{ макс}}$ до холостого ходу $n_{x \text{ min}} - 30$.

Холостий хід при $n_{x \text{ min}} - 180$

Постійними на режимах завантаження підтримувалися: температура охолоджуючої рідини та мастила — безперервно; витрата мастила через циліндри і температура робочих поверхонь гільз перед початком кожного циклу завантаження. При цьому витрата мастила по циліндрах до початку завантаження підбирався (за кількістю оборотів холостого ходу) рівнозначних витрат в кінці п'ятихвилинного прогріву при пуску двигуна при температурі -35°C . Зношування гільз циліндрів при зазначених вище видах випробовувань визначалися за 56 лунками, розташованими на 8 циліндрах у семи поясах по висоті та восьми напрямках у кожному поясі.

Отримано наступні співвідношення зносів: знос при одному холодному пуску, включаючи п'ятихвилинний прогрів, відповідає зносам при двох нормальних пусках, 3 год роботи двигуна за зовнішньою характеристикою та 1 год (12 циклів по 5 хв) роботи на режимі низькотемпературного завантаження.

Порівнюючи відношення зносів (мкм) циліндрів при низькотемпературному і нормальному пусках $3,83/1,54 = 2,48$ з відношенням часу (сек) затримки надходження випробовуваних мастил до поверхонь тертя $170/169 = 2,47$, приходимо до висновку про вирішальний вплив затримки надходження мастила до поверхонь на зношування циліндрів при низькотемпературному пуску двигуна.

Відносно невелика роль корозійних процесів у пускових зносах видно також з порівняння відповідних даних: п'ятихвилинний режим низькотемпературного (від $+10^\circ\text{C}$) завантаження двигуна по зносу циліндрів становить всього 20% від пускового зносу при температурі $+15^\circ\text{C}$.

Наведені дані підтверджуються епіюрами зношування гільз циліндрів при холодному пуску та низькотемпературному завантаженні (рис. 4. 6). З рисунку видно, що зношування робочої поверхні гільз циліндрів при холодному пуску відбувається практично на всій довжині ходу поршня, у той час, як при низькотемпературному завантаженні знос концентрується у верхній частині циліндра, що характерно для корозійного зносу.

Досвід експлуатації двигунів ЯМЗ-238 (пробіг автомобілями 170...190 тис. км). підтверджує незначний вплив зниженого теплового режиму на зниження моторесурсу гільз циліндрів.

Звідси видно значні переваги загущених моторних мастил у зниженні пускових зносів гільз циліндрів у звичайних умовах експлуатації та можливості розширення меж низькотемпературного пуску та завантаження автомобільних двигунів без суттєвого зменшення їхнього моторесурсу. При відповідному підборі в'язкісно-температурної характеристики загущених мастил та присадок до них експлуатаційні зношування циліндрів в умовах низьких і дуже низьких температур можуть не перевищувати зношування при звичайній експлуатації двигуна на товарних мастилах.

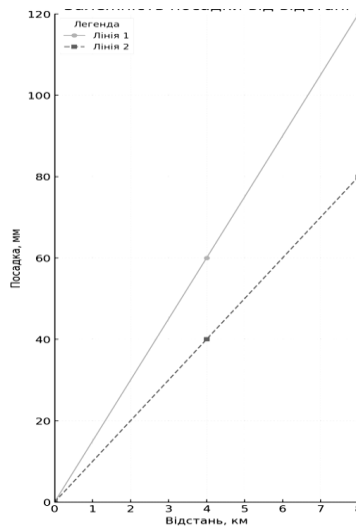


Рисунок 4. 6. Епюри зносу гільз циліндрів двигуна при холодних пусках і низькотемпературному завантаженні двигуна: 1 - «холодні» пуски при температурі - 35 °С з п'ятихвилинним прогріванням (50 пусків); 2 - низькотемпературне завантажене на протязі 5 хв. (50 пусків)

Слід відмітити, що зменшення моторесурсу гільз циліндрів при заміні нормальних пусків двигуна (температура + 15 °С) холодними (температура - 35 °С) невелика. Абсолютне збільшення радіального зношування гільз циліндрів від заміни кожного нормального пуску двигуна холодним складе 0,055 мкм. По відношенню до експлуатаційного (радіального) зносу циліндрів в 1 мкм за 1000 км пробігу автомобіля втрати моторесурсу через холодні пуски складе 5,5%.

Аналогічним слід вважати вплив на знос низькотемпературного завантаження двигуна, оскільки знос циліндрів за цикл завантаження становить незначну частку від пускового зношування.

Зношування циліндрів двигунів у пусковий період визначаються головним чином тривалістю затримки надходження мастил до поверхонь тертя.

Переваги загущеного мастила у зниженні пускових зносів за рахунок скорочення часу роботи циліндро-поршневої групи в умовах граничного мастила забезпечують можливість холодного пуску двигуна до температури -30-35 °С.

При рівнозначному часі затримки надходження загущеного та товарного мастила до поверхонь тертя зноси циліндрів, обумовлені низькотемпературними корозійними процесами, не визначають температурну межу холодного пуску.

Надходження загущеного мастила до поверхонь тертя циліндрів у кількості, достатньому для низькотемпературного завантаження, забезпечується через 5-6 хв прогріву двигуна після пуску при температурі -30-35 °С.

Зноси циліндрів при роботі двигуна за загальною характеристикою на загущеному мастилi і товарному мастилi рівноцінні.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Розрахунок захисного екрану для захисту від електромагнітних випромінювань

Застосування нових автоматичних приладів та процесів висунули ряд проблем, пов'язаних із захистом робітників від електромагнітних випромінювань, які створюються устаткуванням високої частоти. Вплив високочастотного поля на людину залежить від напруженості електричного і магнітного полів, потоку енергії, частоти коливань, розміру поверхні тіла, що опромінюється. Найбільше вразливими до високочастотного опромінення є тканини людини, що не містять кровоносних судин. До них відносяться шлунково-кишечний тракт і очі. Через відсутність кровообігу ці органи найбільше піддаються дії теплового ефекту опромінення.

Вплив електромагнітних полів викликає ряд гальмівних процесів центральної нервової системи (головні болі, в'ялість, сонливість, швидке втомлення), порушення роботи серцево-судинної системи.

В якості технічних засобів захисту від електромагнітних випромінень широко використовують екрани і поглинаючі потужності. Для екранування джерела випромінювання застосовують огорожувальні і поглинаючі екрани. Перші виготовляються із струмопровідних металів (мідь, латунь, алюміній, сталь). Захисна дія зумовлена тим, що екрановане поле створює в екрані струми Фуко, які наводять в ньому вторинне поле, що по амплітуді майже рівне, а по фазі протилежне полю, яке екранується. Внаслідок цього, результуюче поле швидко зникає в екрані, проникаючи в матеріал екрану на незначну глибину.

Зменшення амплітуди падаючої хвилі по мірі її проникнення в провідну сферу характеризує поняття глибини проникнення (Z). Під нею розуміють відстань вздовж поширення хвилі, на якій амплітуда падаючої хвилі E_a (або H_a) зменшується в ($e = 2,718$) разів. Величину Z визначають із формули :

$$E = H \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu}{\nu}} \cdot e^{-KZ},$$

де: E, H відповідно електрична і магнітна складові;

ω - кутова частота коливань;

μ - магнітне проникнення екрану;

ν - питома електропровідність екрану;

$$K = \sqrt{\frac{\mu \cdot \nu \cdot \omega}{2}};$$

K - коефіцієнт затухання

Z - глибина проникнення магнітного поля в екран.

При поширенні в повітрі $E=377H_0$, фази коливань векторів E і H відбуваються у взаємно перпендикулярних площинах.

Глибину проникнення для будь-якого наперед заданого послаблення M електромагнітного поля можна визначити за формулою:

$$e^{-KZ} = M,$$

Звідки

$$Z = \frac{\ln M}{K} = - \frac{\ln M}{\sqrt{\frac{\mu \cdot \nu \cdot \omega}{2}}},$$

де: M - степінь послаблення електромагнітного поля.

Задаємо величину степені послаблення $M=10$. Вибираємо матеріал екрану сталь, для якої $\nu=10$ (Ом·м)⁻¹, $\mu=10^3 \mu_{04\pi} 10^7$ $\mu=10^3 \mu_0=10^3 \cdot 4\pi \cdot 10^7$ ($\mu_0=4\pi \cdot 10^7$ А/і - магнітна стала)

Частота електромагнітного поля, що створюється приладом

$$f = 2,5_{\text{МГц}},$$

Тоді кутова частота коливань $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 10^6 = 1,57 \cdot 10^7$ с⁻¹, звідси підставивши ці дані в формулу 8.3 отримаємо:

$$Z = - \frac{\ln 10}{\sqrt{\frac{10^3 \cdot 4\pi \cdot 10^7 \cdot 10^5 \cdot 1,57 \cdot 10^7}{2}}} = \frac{2,3}{31400} = 7,3 \cdot 10^{-5}$$

м.

Отже, глибина проникнення $Z = 73 \text{ мкм} = 0,073 \text{ мм}$.

Звичайно, з міркувань міцності екрани виготовляють товщиною не менше 0.5 мм із сталевого листа. Тому приймаємо товщину екрану 0,5 мм. Екран заземлюємо, шви на екрані виконуємо пайкою.

5.2 Розробка схеми захисно-вимикаючого пристрою від ураження електричним струмом для електроустановки при появі напруги на обладнанні

В процесі експлуатації електроустановок інколи виникають умови, при яких навіть саме досконале їх виконання не забезпечує безпеку працівника й вимагає обладнання спеціальними захисними засобами. Така небезпека може виникнути при замиканні фази на корпус електрообладнання напівавтомата, при зниженні опору ізоляції фаз відносно зміни нижче визначеної межі, при дотику людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

В якості захисного пристрою в схемі використано захисно-вивмикаюче реле типу ІЄ98ВУ2. Захисно-вимикаючий пристрій призначений для захисту працівника, що працює з електроустановками, які живляться від мережі трифазної напруги 380 В, з глухозаземленою нейтраллю від ураження електричним струмом при появі трифазних несиметричних, двофазних й однофазних пробойів на землю, шляхом відключення електроустановки від мережі.

Будова та принцип роботи реле. Пристрій складається з наступних функціональних частин:

- схеми контролю струмів утікання фаз мережі на землю, де входять трансформатор нульової послідовності ТІ, потенціометр R4, резистори R5,R6,R7,R9,R10, конденсатори C3,C5,C6, стабілітрон U4, тиристор U5, кнопка S1 «Контроль», лампочка НІ та резистори R2,R3;

- схеми керування, куди входять кнопки S4 «Пуск», S2 «Стоп», котушка КГ1 з герконом Г1, а також перемикач S3; - виконавчого комутуючого елемента, в якості якого використовується пристрій для запуску К1; - схеми

живлення, куди входять конденсатори C1,C2,C4, резистори R1,R8, діодний місток U1, стабілітрон U6.

Конструктивно захисно-вимикаючий пристрій представляє собою малогабаритний переносний апарат з двома кабелями «Мережа» та «Споживач». На верхній частині пристрою розміщені кнопки S4 «Пуск», S2 «Стоп», S1 «Контроль» й сигнальна лампа НІ. Малогабаритні елементи схеми контролю утікання струму й живлення розміщені на печатній платі.

Використання захисно-вимикаючого пристрою в проектованому напівавтоматі підвищить безпечність електроексплуатації установки. Це приведе до зменшення кількості уражень працівника струмом у випадку появи пробіїв напруги шляхом відключення напівавтомату від мережі.

5.3 Дія населення в надзвичайних ситуаціях при зсуві ґрунтів

Зсуви – це зміщення мас гірських порід вниз по схилу під дією сили земного тяжіння без втрати контакту з нерухомою основою на більш низький гіпсометричний рівень. Найчастіше зсуви бувають у зонах тектонічних порушень, на терасах озер, водосховищ, морів, на схилах гір і річок.

Причини зсувів є природні – збільшення крутизни схилів, підмив їх основи морською чи річковою водою, сейсмічні поштовхи та ін. та штучні (антропогенні) – руйнування схилів дорожніми канавами, вирубування лісів, неправильний вибір агротехніки для сільськогосподарських угідь на схилах, надмірний винос ґрунту та ін. Зсуви формуються у зволжених місцях, коли сила тяжіння накопичених на схилах продуктів руйнування гірських порід перевищує силу зчеплення ґрунтів.

Зсуви виникають в основному в літній час при великих опадах, у горах або на схилах, на берегах річок і ярів, там, де під верхнім водопроникним шаром знаходиться водотривкий, частіше всього глина. Причина цьому – інфільтрація шарів, з яких складається схил, їх перезволоження, підвищення пластичності водотривкого шару, збільшення крутості схилу. Часто зсуви з'являються внаслідок необережного або бездумного, без урахування

геологічних умов місцевості, ведення господарства. Так, у Карпатах, на узбережжі Чорного моря і Дніпра, де порушена екологічна рівновага і гідрологічний режим, внаслідок безсистемної вирубки дерев, розорювання схилів гір, розробки надр відбуваються часті зсуви. При будівництві різних споруд збільшується маса верхнього шару ґрунту, при копанні котлованів і ям руйнується схил, якщо вода з водопроводу і каналізації потрапляє у шар землі або закупорюються місця виходу підземних вод.

Ознакою зсуву може бути: переміщення ґрунту разом з насадженнями, будовами, заклинювання дверей та вікон будівель, просочування води на зсувонебезпечних схилах.

Зсув починається раптово. Спочатку з'являються тріщини у ґрунті, розриви доріг і берегових укріплень, зміщуються будівлі, споруди, дерева, телефонні і електричні стовпи, руйнуються підземні комунікації. При зсувах зі схилів ґрунт захоплює і несе з собою все, що знаходиться на його поверхні.

Зсуви поділяються:

- за потужністю – на малі (до 10 тис. м³), великі (до 1 млн. м³), дуже великі (понад 1 млн. м³);
- за глибиною залягання – на поверхневі (1 м), мілкі (5 м), глибокі (до 20 м), дуже глибокі (понад 20 м);
- за типом матеріалу – на кам'яні (граніт, гнейс) і ґрунтові (пісок, глина, гравій).

Зсуви виникають при крутизні схилу 10° і більше, а при надмірному зволоженні на глиняних ґрунтах можуть виникати і при крутизні 5-7°.

Важливо своєчасно помітити перші ознаки зсуву, скласти правильний прогноз його подальшого розвитку. Потрібно врахувати, що зсуви рухаються з максимальною швидкістю в основному в початковий період, надалі вона поступово знижується.

Зменшити масштаби біди або й запобігти зсуву можуть своєчасно організований контроль за станом схилів і дотримання протизсувного режиму.

Якщо зсув розпочався, то, як показує досвід, потрібно, по-перше, зупинити його, для чого терміново звести тимчасові споруди, по-друге,

провести комплекс капітальних інженерних робіт, які б і надалі не допускали розвитку подібних явищ.

На схилах, де можливий розвиток зсуву, влаштовують рови, дренажні системи, постійно діючі водозливи. Перед початком можливого інтенсивного танення снігу, при можливості, його необхідно прибрати з небезпечних схилів і прилеглих до них ділянок й організувати проходження талої і дощової води. Якщо причиною зсуву є підземні води, потрібно зробити загороджувальний дренаж, щоб повністю перекрити воду.

Небезпеку зсуву зменшить планування відкосів, схилів, зменшення їх крутизни, вирівнювання бугрів, загортання тріщин, озеленення схилів, посадка лісових насаджень для зміни водного балансу.

Необхідно організувати постійний контроль особливо у весняно-осінній період на небезпечних схилах за рівнем води в колодязях, дренажних спорудах, бурових свердловинах, річках, водосховищах, озерах, ставках, за випаданням і стоком талої і дощової води, за переміщенням ґрунту.

Навіть при незначних відхиленнях потрібно терміново провести запобіжні роботи, відвести воду, спорудити підпірні стінки різних конструкцій за використання наявного місцевого будівельного матеріалу. В ґрунт забити дерев'яні, залізобетонні палі або залізні труби, а потім заповнити бетонним розчином чи глиною (рис. 5.1-5.3).

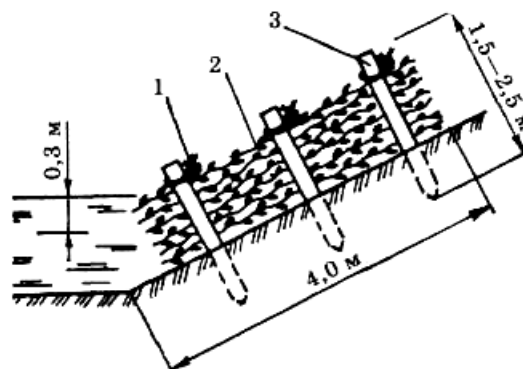


Рисунок 5.1 – Хворостяне покриття схилу:

- 1 – жердини діаметром 5 см; 2 – хворостяне покриття товщиною 20-30 см;
- 3 – кілки діаметром 8 см.

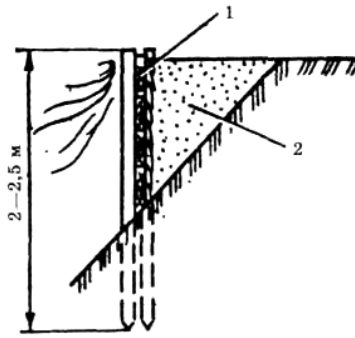


Рисунок 5.2 – Дощова стінка:

1 – солома; 2 – ґрунт (щебінь).

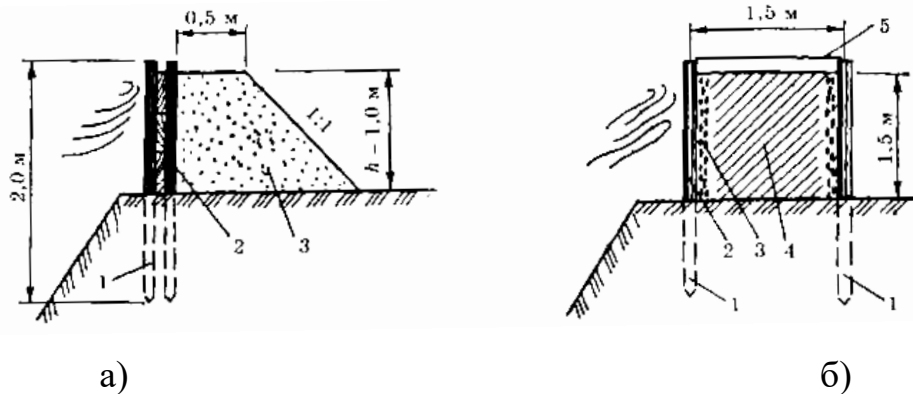


Рисунок 5.3 – Перемички:

а) однорядна: 1 – швайки; 2 – закладні щити; 3 – ґрунт;

б) дворядна: 1 – швайки; 2 – хворостяний пліт; 3 – солом'яні мати; 4 – глина (або інший зв'язуючий ґрунт); 5 – стяжка із дроту діаметром 6 мм.

Місцеві органи влади, цивільного захисту, керівники і спеціалісти сільського і лісового господарства, а також підприємств і установ інших галузей, у власності, в оренді або підпорядкуванні яких перебувають землі з небезпечними схилами, повинні контролювати вивезення зі схилів сповзаючих порід, ремонт відвідних ровів, каналів, посадку дерев і кущів, будівництво підпірних споруд та інші роботи.

Під час зсувів потрібно зберігати спокій, уникати паніки. Пам'ятати, якщо почнуться зсуви ґрунту, небезпечними є предмети й уламки, що будуть падати.

Якщо ви знаходитися у висотній споруді, не слід кидатися до сходів або ліфтів вибігати з будинку треба швидко, але обережно, остерігатись уламків,

електричних дротів, інших джерел небезпеки. Не можна триматися з високі стовпи і масивні паркани, ховатися в будівлях і підвалах.

Якщо зсув застав у будинку і не залишилося часу вийти з нього, потрібно стати у дверному або балконному отворі – ці місця найміцніші.

Якщо можливо, після припинення зсувів потрібно терміново вийти на вулицю і, якщо є потерпілі, надати їм першу допомогу.

На підприємствах і установах при зсуві всі роботи слід припинити, технологічне і виробниче обладнання зупинити, відключити електроенергію, понизити тиск газу, пари, повітря, кисню, води. Там, де за умовами технологічного процесу виробництва зупинити технологічну лінію, агрегат, піч та ін. за короткий час неможливо, здійснюють перехід на ощадливий режим роботи. Робітники і службовці, які входять до складу рятувальних загонів, мають прибути до місця збору, а решта – у безпечні місця.

При зсувах організовується і здійснюється термінове оповіщення населення і об'єктів, евакуюють населення і матеріальні цінності, приводять у готовність формування. В район зсуву викликається розвідка та оперативна група на чолі із ведучим спеціалістом по зсувах.

На підставі даних розвідки і особистого спостереження начальник оперативної групи уточняє завдання формувачем. В першу чергу проводять розшук уражених людей і витягують їх із-під завалів і зруйнованих будинків, надають першу медичну допомогу. Влаштовуються проїзди в завалах, локалізують та гасять пожежі, ліквідовують наслідки зсуву. Після чого відновлюються дороги, дорожні споруди, комунально-енергетичні мережі.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі представлено результати технологічного розрахунку станції технічного обслуговування і ремонту на 150 легкових автомобілів. Проведено розподіл загального річного обсягу проведення робіт по технічному обслуговуванню і поточному ремонту легкових автомобілів з конкретних видів виконуваних робіт. Виконано розрахунок з визначення числа виробничих постів, робітничого та допоміжного персоналу.

Створено об'ємно-планувальне рішення виробничих корпусів, яке включає в себе всі необхідні зони, відділення і підрозділи для кузовної дільниці, розміщення технологічного обладнання та оснащення.

Проведено аналіз аналогів технологічного обладнання стендів для правки кузовів автомобілів. Розглянуто комплекс питань, які включають в себе вибір прототипу, враховані переваги і недоліки існуючого обладнання.

Конструкторська частина включає технічне завдання, опис конструкції розроблюваного стенда для правки кузова легкового автомобіля і технічні вимоги до виробу. Розроблена технологія проведення кузовного ремонту з використанням розробленого обладнання та складено технологічну карту правки кузова легкового автомобіля.

У науково-дослідному розділі представлені результати дослідження впливу в'язкості загущених мастил на пускові зноси деталей циліндро-поршневої групи двигуна автомобіля. Виявлено, що інтенсивність зношування гільз циліндрів залежить в основному від часу затримки поступлення мастила в зону тертя.

Розроблено заходи підвищення протипожежної безпеки і охорони праці в технологічному об'єкті, заходи щодо зниження негативного антропогенного впливу технічного об'єкта на навколишнє середовище. Визначено способи та засоби зниження дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. 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.
3. 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.
- 4 Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с
5. 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.
6. Gypka, A., et al. The patterns of changes in the degree of lubrication of the crankshaft bearings of car engines depending on the parameters of the load-speed modes of operation. Problems of Tribology, 2024, 29.3/113: 72-78.
7. Aulin, Victor, et al. Tribodiagnosis of the surface damage of tribo-coupling parts materials during machine operation. Procedia Structural Integrity, 2024, 59: 428-435.
8. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
9. Gypka, A., Aulin, V., Mironov, D., Leshchuk, R., Yarema, I., Bukhovets,

V., & Teslia, V. (2024). Structural and energetic self-organization of antifriction composite materials of car parts during friction and wear. *Problems of Tribology*, 29(2/112), 67-73.

10. Ляшук, О., Гевко, І., Гупка, А., Слободян, Л., Гевко, Б., & Хорошун, Р. (2023). Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. *сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 2(21), 135-144.

11. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.