

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 2024 р.
Зав. кафедри ____ к.т.н., доцент ____
(науковий ступінь, вчене звання)
____ А.В. Войтік ____
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр
(освітній рівень)

Тема роботи: «Проектування ділянки для діагностики, технічного обслуговування та ремонту автомобілів ГАЗ-5312 з дослідженням роботи двигунів ЗМЗ-53А на різних видах палива.»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми ____ магістр
спеціальності ____ 208
____ «Агроінженерія»
____ Гоменюк Олександр Вікторович
____ (прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор Дідур В.В.
____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма: _____ магістр
Спеціальність: _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **А.В. Войтік**
“ ____ ” _____ **2024 р.**

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Студенту _____ Гоменюку Олександр Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проектування ділянки для діагностики, технічного обслуговування та ремонту автомобілів ГАЗ-5312 з дослідженням роботи двигунів ЗМЗ-53А на різних видах палива»

керівник роботи _____ д.т.н., професор Дідур В.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “14” листопада 2024 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 25.11.2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі. Перелік несправностей. Дані для дослідження.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

- Загально-технічний розділ.
- Теоритична частина.
- Аналітична частина.
- Охорона праці.
- Обґрунтування економічної ефективності.

5. Перелік презентаційних матеріалів: презентація (не більше 20 слайдів).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Дата підпису	
		видали завдання	прийняв завдання
Техніко-економічне обґрунтування	Дідур В.В., професор		
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.04.2024 р.	
2.	Розділ 1.	14.05.2024 р.	
3.	Розділ 2.	28.05.2024 р.	
4.	Розділ 3.	11.06.2024 р.	
5.	Розділ 4.	25.06.2024 р.	
6.	Розділ 5.	24.09.2024 р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	25.11.2024 р.	

Студент _____
(підпис)

Гоменюк О.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дідур В.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Гоменюк О.В. "Проект для діагностики, технічного обслуговування та ремонту автомобілів ГАЗ-5312 з дослідженням роботи двигунів ЗМЗ-53А на різних видах палива" (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 95 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 14 рисунків, 24 таблиць, 32 джерела літератури).

Робота присвячена аналізу та оптимізації роботи двигунів внутрішнього згоряння автомобілів ГАЗ-5312 з акцентом на використання альтернативного палива. Мета дослідження полягає у вивченні характеристик двигуна ЗМЗ-53А на різних видах палива та обґрунтуванні доцільності застосування екологічно безпечних альтернатив.

У першому розділі описано технічні характеристики двигуна ЗМЗ-53А, включаючи аналіз його роботи на традиційному та альтернативному паливі. В другому розділі розглянуто технологічний процес ремонту двигунів ЗМЗ-53А, детально описано необхідне обладнання для діагностики та ремонту.

У третьому розділі проведено дослідження впливу альтернативних видів палива на роботу двигуна, де також проведено порівняння за показниками ефективності та економічної доцільності.

Четвертий розділ присвячений техніко-економічному обґрунтуванню застосування альтернативного палива. Зроблено висновки щодо економічної вигоди та екологічної безпеки.

Останній розділ розглядає питання охорони праці та екологічної безпеки під час виконання ремонтних робіт та використання альтернативного палива.

Ключові слова: автобудування, технологічний процес, двигун, ремонт, альтернативне паливо, технічне обслуговування, економічне обґрунтування.

ЗМІСТ

1.	ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1.	Технічні характеристики двигуна ЗМЗ-53А.....	8
1.2.	Основні несправності двигуна, що виникають в процесі експлуатації.....	12
1.3.	Склад і властивості палив для двигунів внутрішнього згоряння.....	12
1.4.	Альтернативні види палива для двигунів внутрішнього згоряння.....	17
1.5.	Вибір і коректування вихідних нормативів технічного обслуговування і ремонту.....	21
1.6.	Висновки та постановка задачі на дипломну роботу.....	25
2.	ТЕОРИТИЧНА ЧАСТИНА.....	27
2.1.	Регульовальна характеристика двигуна карбюраторного типу по пальному.....	27
2.2.	Розрахунок наявності оксиду вуглецю.....	29
2.3.	Дослідження наявності оксиду вуглецю.....	32
3.	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	36
3.1	Розробка організаційно-аналітичних рішень.....	36
3.1.1.	План обслуговування і виробнича програма з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу.....	36
3.1.2.	Річний об'єм виробництва і штати автотранспортного Підприємства.....	38
3.1.3.	Основні теоретичні параметри, що характеризують роботу ДВЗ.....	41
3.1.4.	Дефектування колінчастих валів.....	45
3.1.5.	Технологічний процес ремонту двигуна ЗМЗ-53А.....	46
3.1.6.	Розрахунок режимів механічної обробки шийок колінчастого валу двигуна ЗМЗ-53А.....	51
3.2	Розробка конструкторських рішень.....	55
3.2.1.	Обґрунтування доцільності розробки пристосування.....	55
3.2.2.	Будова та принцип дії пристосування.....	56

3.2.3. Застосування пристосувань в ремонтному виробництві, критерії вибору номенклатури оснастки.....	57
3.2.4. Аналіз конструкції пристосування для закріплення деталі при фрезеруванні пазів в шатуне і кришці шатуна під вкладиші і його роботи.....	58
3.2.5. Силовий розрахунок пристосування.....	60
3.2.6. Конструювання і розрахунок пневматичного приводу.....	63
3.3 Розробка проектних рішень.....	65
3.3.1. Розрахунок кількості виробничих постів, вибір і обґрунтування методів організації виробництва на постах.....	65
3.3.2. Розрахунок і підбір основного технологічного обладнання.....	70
3.3.3. Склад приміщень підприємства і розрахунок їх площ.....	71
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	83
4.1. Застосування засобів індивідуального захисту на підприємствах машинобудівного профілю різних форм власності.....	83
5. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

ВСТУП

Незважаючи на безперервне вдосконалення двигунів внутрішнього згоряння, проблема економії традиційних нафтових палив на транспорті залишається надзвичайно актуальною не лише для України, а й для всього світу. Зростання споживання рідкого палива супроводжується виснаженням добре освоєних і зручно розташованих нафтових родовищ, унаслідок чого виникає потреба в розробці нових родовищ, розташованих у важкодоступних районах. Це, своєю чергою, призводить до подорожчання як сирової нафти, так і нафтопродуктів.

Вимоги до екологічних показників транспортних засобів стають все більш суворими, що обумовлює необхідність удосконалення традиційних двигунів внутрішнього згоряння з примусовим запалюванням. Сюди відноситься впровадження систем впорскування рідкого палива, використання альтернативних видів палива, а також встановлення додаткових пристроїв для очищення викидів – каталітичних нейтралізаторів.

Техніко-економічні та інші показники роботи двигунів внутрішнього згоряння зазвичай оцінюють за характеристиками, отриманими при стендових випробуваннях. До таких характеристик належать: швидкісна, навантажувальна та регуляторна.

Випробування двигунів є одним із основних способів виявлення дефектів у їх роботі. Окрім того, випробування надають важливі дані для розвитку теорії двигунів і методики розрахунків робочих процесів.

Отже, дослідження роботи бензинового двигуна на різних видах палива є актуальним і важливим завданням.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Технічні характеристики двигуна ЗМЗ-53А

Цей двигун (рис. 1.1.) та його модифікації встановлюються на вантажні автомобілі середньої вантажопідйомності, такі як ГАЗ-53, ГАЗ-66, ГАЗ-3307. Модель ЗМЗ-511 є модернізованою версією ЗМЗ-53А та 53-11 [1]. Використовується ненастроєний одноярусний впускний колектор, що спричиняє пульсації потоку, які негативно впливають на процес сумішоутворення. Застосовуються головки циліндрів із високотурбулентними камерами згоряння та гвинтовими впускними каналами.

Ці головки забезпечують ступінь стиснення 7,6:1, у порівнянні з 6,7:1 у старіших моделей двигунів. Двигун ЗМЗ-513 є модифікацією 511-го, розробленою для експлуатації в більш складних умовах (військова техніка, перевезення вантажів у сільській місцевості та інших важких умовах). Цей двигун має кілька конструктивних відмінностей, таких як піддон спеціальної форми під ведучий міст, екрановане виконання елементів електрообладнання тощо. Потужностні і моментні характеристики залишаються однаковими. Двигун ЗМЗ-513 відрізняється більшою вагою - 275 кг.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики двигуна [2]

Найменування	Характеристика
Завод виробник	ГАЗ
Марка двигуна	ЗМЗ
Модель	53, 511
Об'єм	4,3 літра (4250 см куб.)
Кількість циліндрів	8
Конфігурація	V
Кількість клапанів	16

Охолодження	Рідинне
Потужність	115 к.с.
Блок і головка, виконання	алюміній
Порядок роботи циліндрів	1-5-4-2-6-3-7-8
Паливо	А-76, А-80, Газ
Діаметр стандартного поршня	92 мм
Хід поршня	80 мм
Живлення	Карбюратор К-126, К-126Б, К-126М

Блок циліндрів (табл. 1.1.2.) виготовляється з алюмінієвого сплаву [1]. У двигунах використовуються гільзи з нижньою фіксацією, які зверху притискаються головкою, а знизу ущільнюються мідними кільцями. Для підвищення жорсткості блоку його нижня частина розташована на 75 мм нижче осі колінчастого валу.

Матеріал гільз - спеціальний легований чавун. Висота гільз становить 153 мм, а посадковий діаметр - 100 мм.

Таблиця 1.1.2 – Характеристики складових двигуна [1]

Параметр	Значення
Блок циліндрів	
Матеріал	Алюмінієвий сплав АЛ-4
Діаметр циліндра, мм	92,00
Між циліндрова відстань (відстань між осями з'єднаних циліндрів блока), мм	123,00
Діаметр розточування опор колінчастого вала (під корінні вкладиші), мм	67,0
Вага, кг	44

Колінчастий вал	
Діаметр корінних шийок, мм	70,00 - 69,987
Діаметр шатунних шийок, мм	60,00 - 59,987
Шатун	
Довжина, мм	156,00
Діаметр отвору верхньої головки, мм	25,00
Вага, г	860
Поршень	
Діаметр, мм	92,00-91,988
Компресійна висота, мм	51,0
Вага, г	565

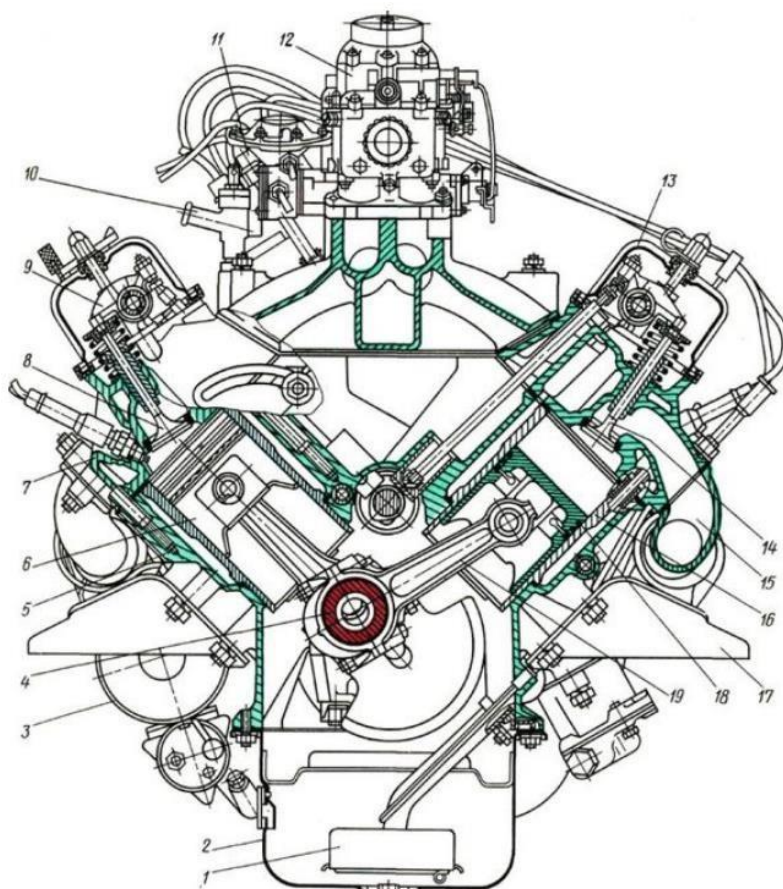


Рисунок 1.1 – Двигун ЗМЗ-53А

1.2. Основні несправності двигуна, що виникають в процесі експлуатації

Двигун ЗМЗ-53А має ресурс із середнім пробігом до капітального ремонту приблизно 200 тисяч км [3]. Однак, якщо автомобіль постійно перевантажувати або експлуатувати на дорогах із затяжними підйомами, термін служби двигуна значно скорочується. Заводський мотор доволі невибагливий і здатний тривалий час працювати у важких умовах, але зрештою потребує ремонту.

Незважаючи на витривалість, двигун має певні недоліки:

- Протікання масла з заднього корінного сальника;
- Викривлення впускного колектора ("павука");
- Підвищена витрата масла через поршневі кільця;
- Низький тиск масла в системі змащення.

Протікання масла із заднього сальника найчастіше відбувається через сальникові набивки, що є конструктивною недоробкою. Для усунення протікань в стики набивають гумові ущільнювачі та використовують масло стійкий герметик. Цей метод ефективний, але не завжди. Якщо поршневі кільця зношені або залягли, у масляному картері створюється надлишковий тиск, що призводить до витікання масла через задній корінний сальник. Вирішити проблему можна лише заміною поршневих кілець або всієї поршневої групи.

Низький тиск у системі змащення також є поширеною проблемою, яка може виникати навіть у нових двигунах:

- На холостому ходу загоряється аварійна лампа тиску масла;
- На середніх оборотах стрілка приладу досягає лише 2 кг/см².

Деформація впускного колектора ("павука") також є частою проблемою. Масивний алюмінієвий колектор при нагріванні деформується, через що прокладки "павука" починають пропускати повітря. У результаті паливна суміш збіднюється, двигун починає "троїти", падають холості оберти, і мотор глухне.

1.3. Склад і властивості палив для двигунів внутрішнього згоряння

У робочому процесі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) відбуваються фізико-хімічні перетворення робочої суміші, що складається з окислювача, палива та залишкових газів. Окислювачем зазвичай виступає кисень з атмосферного повітря. Основні види палива - бензини та дизельне паливо, які отримуються з

нафти і складаються з сумішей різних вуглеводнів. Це можуть бути насичені парафінові вуглеводні або алкани C_nH_{2n+2} ; олефіни або алкени C_nH_{2n} (зазвичай присутні в невеликій кількості); нафтени або циклоалкани, що мають формулу C_nH_{2n} (як і олефіни), але з різними зв'язками між атомами вуглецю; ароматичні вуглеводні (в основному C_nH_{2n-6}) з кільцевою молекулою. Також використовуються стислі і зріджені гази; синтетичні палива, отримані з переробки вугілля, сланців, бітумінозних пісків; спирти; ефіри (ізомери спиртів) та інші [4, 5, 7].

Для ефективного використання в двигунах, тобто з максимальним виділенням тепла та мінімальним утворенням токсичних продуктів згоряння, палива повинні відповідати наступним вимогам [5, 6, 12, 18]:

- мати оптимальні значення щільності, в'язкості, стисливості, прокачуваності при низьких температурах та інші властивості, що забезпечують надійну подачу палива і якісне сумішоутворення на всіх режимах роботи двигуна та в широкому діапазоні зовнішніх умов;
- володіти високими екологічними якість;
- забезпечувати надійний запуск та повноту згоряння; мати мінімальну схильність до утворення нагару і корозійно-агресивних продуктів згоряння; мати високу термічну стабільність та хороші миючі властивості;
- зберігати властивості під час зберігання та транспортування, не містити механічних домішок і води, володіти низькою пожежною та екологічною небезпекою, бути недорогими.

Властивості палив поділяються на фізико-хімічні та експлуатаційні.

Фізико-хімічні властивості включають характеристики, що визначають стан і склад палив, такі як щільність, в'язкість, поверхневий натяг, а також хімічний і фракційний склад. Експлуатаційні властивості відповідають за надійність роботи двигунів та забезпечують необхідні енергетичні, економічні та екологічні показники, включаючи випаровуваність, пускові і низькотемпературні властивості, займистість та антидетонаційні властивості.

Основними видами палива для автомобілів є продукти переробки нафти, зокрема бензини та дизельні палива. Вони складаються з сумішей вуглеводнів і присадок, що покращують їх експлуатаційні характеристики. Бензини містять

вуглеводні, що випаровуються при температурі від 35 до 200 °С, тоді як дизельні палива – вуглеводні, що випаровуються при температурі від 180 до 360 °С.

Бензини використовуються у двигунах із примусовим запалюванням (від іскри). Основні вимоги до автомобільних бензинів включають:

- безперебійну подачу в систему живлення двигуна;
- нормальне (без детонації) та повне згоряння суміші;
- швидкий і надійний запуск двигуна за різних температур навколишнього середовища;
- відсутність корозійних властивостей;
- мінімальне утворення відкладень у камері згоряння;
- збереження якості під час зберігання та транспортування.

На процеси сумішоутворення впливають фізико-хімічні властивості палива, зокрема щільність, яка при +20 °С має становити 690-750 кг/м³. Низька щільність може призвести до того, що поплавков карбюратора потоне, і бензин почне вільно витікати з розпилювача, збагачуючи суміш. Щільність бензину знижується на 1% при кожному зниженні температури на 10 °С.

В'язкість – із її збільшенням плинність палива через жиклери ускладнюється, що призводить до збіднення суміші. В'язкість значною мірою залежить від температури. При зміні температури від +40 до -40 °С витрата бензину через жиклер змінюється на 20-30%.

Випаровуваність – здатність палива переходити з рідкого стану в газоподібний. Автомобільні бензини повинні мати таку випаровуваність, щоб забезпечувати легкий пуск двигуна (особливо взимку), його швидке прогрівання, повне згоряння палива та виключення утворення парових пробок у паливній системі.

Тиск насичених парів – чим вище тиск парів при випаровуванні палива в замкнутому просторі, тим інтенсивніше відбувається процес конденсації. Згідно зі стандартом, верхня межа тиску парів влітку – до 670 ГПа, а взимку – від 670 до 930 ГПа. Бензини з більш високим тиском схильні до утворення парових пробок, що призводить до зниження наповнення циліндрів, втрати потужності двигуна, а також збільшення втрат від випаровування під час зберігання в баках автомобілів та на складах.

Низькотемпературні властивості – характеризують працездатність паливної системи взимку. При низьких температурах утворюються кристали льоду в бензині, що призводить до обмерзання деталей карбюратора. У бензині міститься кілька сотих часток відсотка води в розчиненому стані. При зниженні температури розчинність води в бензині падає, утворюючи кристали льоду, які порушують подачу палива в двигун.

Під "згорянням" у контексті автомобільних двигунів розуміється швидка реакція взаємодії вуглеводнів палива з киснем повітря з виділенням великої кількості тепла. Температура парів при згорянні досягає 1500-2400 °С [7].

Теплота згоряння (теплотворна здатність) – кількість тепла, що виділяється при повному згорянні 1 кг рідкого або твердого та 1 м³ газоподібного палива (табл. 1.1.3) [7] Від теплоти згоряння залежить паливна економічність: чим вища теплота, тим менше палива потрібно для суміші.

Таблиця 1.1.3 – Теплота згоряння різних палив

Паливо	Теплота згоряння, кДж / кг
Бензин	44000
Дизельне паливо	42700
Спирт етиловий	26000

При нормальному згорянні процес протікає рівномірно, з майже повним окисленням палива та швидкістю поширення полум'я 10-40 м/с. Однак, коли швидкість поширення полум'я зростає до 1500-2000 м/с, виникає детонаційне згоряння, що характеризується нерівномірним перебігом, стрибкоподібною зміною швидкості полум'я і утворенням ударної хвилі.

Детонація виникає через самозаймання найбільш віддаленої від свічки частини бензиново-повітряної суміші, перетворюючи її горіння на вибух. Найбільш сприятливі умови для детонації спостерігаються в тих частинах камери згоряння, де температура вища і суміш перебуває довше. Зовнішні ознаки детонації включають дзвінкі металеві стуки, що є результатом багаторазового відбиття ударних хвиль від стінок камери згоряння. Фактори, що сприяють детонації, включають підвищений ступінь стиснення, збільшений кут випередження запалювання, високу температуру навколишнього середовища, низьку вологість повітря та особливості конструкції камери згоряння. Наявність

нагару в камері згоряння та погіршення технічного стану двигуна також збільшують ймовірність детонації. Детонація призводить до зниження економічних показників двигуна, втрати потужності та погіршення екологічних характеристик відпрацьованих газів.

Для уникнення детонації використовуються бензини з відповідною детонаційною стійкістю. Різні вуглеводні в складі бензинів мають різну стійкість до детонації: найменш стійкі – нормальні парафінові вуглеводні, а найбільш стійкі – ароматичні. Інші вуглеводні займають проміжне положення за детонаційною стійкістю. Варіюючи склад вуглеводнів, отримують бензини з різною детонаційною стійкістю, яка характеризується октановим числом (ОЧ). ОЧ – це умовний показник, що відображає детонаційну стійкість бензину, чисельно рівний процентному вмісту (за об'ємом) ізооктану в суміші з нормальним гептаном, еквівалентної випробуваному паливу за детонаційною стійкістю.

Октанове число визначається шляхом підбору суміші з двох еталонних вуглеводнів (нормального гептану з ОЧ = 0 та ізооктану з ОЧ = 100), яка еквівалентна випробуваному бензину. Процентний вміст ізооктану у суміші приймається за октанове число бензину. Визначення ОЧ здійснюється на спеціальних моторних установках, використовуючи два методи: дослідницький (ОЧ – октанове число за дослідницьким методом) і моторний (ОЧМ – октанове число за моторним методом). Моторний метод краще характеризує антидетонаційні властивості бензину при форсованій роботі двигуна та високій тепловій напруженості, тоді як дослідницький метод підходить для умов міської експлуатації, де двигун працює при відносно низьких швидкостях, частих зупинках і меншій тепловій напруженості.

Важливим конструктивним фактором, що визначає вимоги двигуна до октанового числа, є ступінь стиснення. Підвищення ступеня стиснення двигунів покращує їх техніко-економічні та експлуатаційні показники, збільшуючи потужність та знижуючи питому витрату палива. Проте зі збільшенням ступеня стиснення необхідно підвищувати октанове число бензину. Відповідність детонаційної стійкості бензину вимогам двигуна є критично важливою для бездетонаційної роботи. Для палива, що не відповідає вимогам, додаються високооктанові компоненти (бензол, етиловий спирт) або антидетонатори.

1.4. Альтернативні види палива для двигунів внутрішнього згоряння

На сьогоднішній день двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) залишаються основною рушійною силою автомобілів. Тому для вирішення енергетичних проблем автомобільного транспорту необхідно створювати альтернативні види палива. Нові види палива повинні відповідати багатьом вимогам: мати доступні сировинні ресурси, бути недорогими, не погіршувати роботу двигуна, викидати мінімум шкідливих речовин і сумісні з наявною системою постачання палива [8].

Відомо, що 80% механічної енергії, яку використовує людина, виробляється двигунами внутрішнього згоряння. Це змушує вже сьогодні задуматися про альтернативні джерела енергії, не пов'язані з нафтою [8]. Багато зарубіжних науково-дослідних центрів і двигунобудівних фірм проводять дослідження, спрямовані на економію палива та заміну традиційних рідких вуглеводневих палив новими видами [8].

Розглянемо найпоширеніші види альтернативного палива [5, 8-19].

Природний газ є найбільш поширеним видом альтернативного моторного палива в багатьох країнах. Він може використовуватися як у вигляді стисненого до тиску 200 атмосфер газу, так і у вигляді рідкого газу, охолодженого до -160°C . Найбільш перспективним є застосування рідкого газу (пропан-бутан), відомого в Європі як Liquefied Petroleum Gas. Сьогодні в Європі близько 2,8 млн автомобілів працюють на цьому паливі [8].

Газовий конденсат використовується як моторне паливо мінімально через кілька недоліків: шкідливий вплив на центральну нервову систему, іскроутворення під час роботи з паливом, зниження потужності двигуна (на 20%), підвищення питомої витрати палива [6, 8-19].

Шахтний метан, видобутий з вугільних родовищ, також вважається альтернативним паливом. До 1990 року понад 90 тис. автомобілів у США, Італії, Німеччині та Великобританії працювали на шахтному метані. У Великобританії це паливо широко використовується для рейсових автобусів у вугільних регіонах. Прогнозується, що видобуток метану у вугільних басейнах світу найближчим часом складе 96-135 мільярдів кубічних метрів [6, 8-19].

Синтетичний бензин може вироблятися з вугілля, природного газу та інших речовин. Найбільш перспективним є синтезування бензину з природного газу. З 1

кубометра синтез-газу отримують 120-180 г синтетичного бензину. За кордоном виробництво синтетичного палива з природного газу здійснюється в промислових масштабах. Наприклад, у Новій Зеландії щорічно синтезується 570 тис. тонн моторних палив на установці компанії "Мобіл". Однак синтетичні палива з природного газу дорожчі за нафтові в 1,8-3,7 рази, залежно від технології виробництва. В Англії активно ведуться розробки щодо отримання синтетичного бензину з вугілля [6, 8-19].

Серед альтернативних видів палива варто відзначити спирти, зокрема метанол і етанол, які можна використовувати як добавки до бензину або в чистому вигляді. Їхні головні переваги – висока детонаційна стійкість і хороший ККД робочого процесу. Недолік – знижена теплова здатність, що зменшує пробіг між заправками і збільшує витрату палива в 1,5-2 рази порівняно з бензином. Крім того, запуск двигуна ускладнюється через погане випаровування метанолу і етанолу [6, 8-19].

Етанол, який має високу енергетичну цінність, видобувається з відходів деревини та цукрової тростини. Він забезпечує двигуну високий ККД і низький рівень викидів, особливо популярний у теплих країнах. Наприклад, у Бразилії після нафтової кризи 1973 року активно використовують етанол – понад 7 млн автомобілів заправляються етанолом, а ще 9 млн – його сумішшю з бензином. США є другим світовим лідером у виробництві етанолу для потреб автотранспорту. Етанол використовується як чисте паливо в 21 штаті, а етанол-бензинова суміш займає 10% паливного ринку США і застосовується в понад 100 млн двигунів. Вартість етанолу вища за собівартість бензину, але інтерес до нього зумовлений податковими пільгами [6, 8-19].

Використання спиртів як автомобільного палива вимагає незначної переробки двигуна. Наприклад, для роботи на метанолі достатньо відрегулювати карбюратор, встановити пристрій для стабілізації запуску двигуна і замінити деякі матеріали на стійкіші до корозії. Оскільки чистий метанол отруйний, необхідно ретельно герметизувати паливну систему автомобіля. Пари метанолу більш токсичні, ніж пари бензину, і можуть спричинити отруєння, сліпоту або навіть смерть [6, 8-19].

Для роботи на чистому спирті потрібно збільшити місткість паливного бака

і ступінь стиснення до 12-14, щоб повністю використовувати детонаційну стійкість палива. Низький тиск насичених парів і висока теплота випаровування спирту ускладнюють запуск бензинових двигунів при температурах нижче +10 °C [6, 8-19].

Електрична енергія також заслуговує на увагу як енергоносіє для електромобілів, оскільки вирішує проблему токсичності відпрацьованих газів. До недоліків електроенергії можна віднести обмежений запас ходу електромобіля, підвищені експлуатаційні витрати, високу первинну вартість і високу вартість акумуляторних батарей.

Паливні елементи:

Паливні елементи – це пристрої, що генерують електроенергію безпосередньо на борту транспортного засобу. Вони працюють шляхом хімічної реакції між воднем і киснем, що призводить до утворення води і електричного струму. Як паливо використовується водень, який зазвичай зберігається у стисненому вигляді або у формі метанолу. Багато зарубіжних автомобільних компаній активно працюють у цьому напрямку, і якщо їм вдасться знизити вартість автомобілів на паливних елементах до рівня бензинових, це може стати реальною альтернативою традиційним нафтовим паливам для країн, що імпортують нафту. Наразі вартість експериментальних легкових автомобілів на паливних елементах за кордоном становить близько 1 млн доларів США. Основними недоліками таких автомобілів є висока вибухонебезпечність водню та необхідність спеціальних умов його зберігання, а також висока вартість отримання водню.

Біодизельне паливо:

В останні роки в США, Канаді та країнах ЄС зросла комерційна зацікавленість у біодизельному паливі, яке виробляється з рослинної олії. У США планують замінити до 20% звичайного дизельного палива на біодизельне і використовувати його на морських судах, міських автобусах і вантажівках. Використання біодизельного палива пов'язане зі значним зниженням емісії шкідливих речовин у відпрацьованих газах (на 25-50%), покращенням екологічної ситуації у регіонах з інтенсивним використанням дизельних двигунів, адже сірка у біодизельному паливі становить лише 0,02%.

Стиснене повітря:

У Франції розпочато виробництво автомобіля, що використовує стиснене повітря як паливо. Принцип роботи двигуна схожий на принцип роботи двигуна внутрішнього згоряння, але замість бензину і іскри використовується холодне і тепле повітря. Вартість такого автомобіля буде близько 13 тисяч євро, а запас ходу – 200 км.

Біогаз:

Біогаз являє собою суміш метану і вуглекислого газу, що утворюється внаслідок метанового бродіння органічних речовин рослинного і тваринного походження. Це паливо місцевого виробництва, і хоча потенційних джерел для його виробництва багато, на практиці їх використання обмежується через географічні, кліматичні, економічні та інші фактори. Біогаз може слугувати висококалорійним паливом, що покращує технічні, експлуатаційні та екологічні характеристики роботи двигуна внутрішнього згоряння, знижуючи викиди і покращуючи паливну економічність.

Відпрацьоване масло:

На багатьох підприємствах різних країн ефективно працюють установки, що перетворюють відпрацьоване масло (моторне, трансмісійне, гідравлічне, індустріальне, трансформаторне, синтетичне) у паливо, яке можна використовувати як дизельне або пічне. Такі установки змішують очищені масла з відповідним паливом у заданій пропорції, утворюючи стабільну паливну суміш, яка має вищі параметри чистоти, зневоднення і теплотворної здатності порівняно з дизельним паливом до його модифікації.

Водень як альтернативне паливо:

Водень є ефективним акумулятором енергії і може використовуватися як паливо у різних умовах, що зробить значний внесок у світову енергетику, коли ресурси викопного палива будуть близькі до вичерпання. У порівнянні з бензином і дизельним паливом водень більш ефективний і менш забруднює навколишнє середовище. Вибухонебезпечність водню знижується із застосуванням спеціальних присадок.

Більшість автомобільних компаній вже мають концепт-кари, що працюють на водні. Деякі фірми пропонують комбіновані рішення, як, наприклад, «Мазда»,

яка створила автомобіль, здатний використовувати як водень, так і бензин. Інші виробники поєднують ці види палива. У США випускають тягачі з двигунами, що використовують суміш дизельного і водневого палива, що збільшує потужність двигуна, покращує екологічну чистоту і зменшує витрати палива. Система розкладає воду, збирає водень і направляє його до камери згоряння, забезпечуючи вищу ефективність згоряння палива.

Отже, існує багато видів альтернативного палива, що потребують подальших досліджень для їх застосування у двигунах внутрішнього згоряння. Це створює необхідність дослідження роботи бензинового двигуна на різних видах палива.

1.5 Вибір і коректування вихідних нормативів технічного обслуговування і ремонту

Вихідними нормативами для технологічного розрахунку АТП служать: пробіги автомобілів до КР, періодичності ТО, трудомісткості ТО і ПР рухомого складу, тривалості простою рухомого складу в КР, ТО-2 і ПР.

Нормативи періодичностей КР і ТО наведені в таблицях [28, 29, 30, 31]. Там же окремим показником приведена кількість СО протягом року для кожної моделі автомобіля з урахуванням рекомендацій заводів-виробників автомобільної техніки.

Норми трудомісткості ТО і ПР рухомого складу наведені в таблицях [28, 29, 30, 31], де враховано виконання робіт по ЩО за допомогою механізованого устаткування.

Приведені в таблицях [28, 29, 30, 31] нормативи характеризують режими ТО і ПР рухомого складу в найбільш сприятливих умовах його експлуатації. Для визначення режимів ТО і ПР в реальних умовах експлуатації дорожніх транспортних засобів вихідні нормативи періодичностей впливів і трудомісткості коректуються за допомогою коефіцієнтів в залежності від наступних факторів [28, 29, 30, 31]:

- категорій умов експлуатації K1;
- модифікації рухомого складу і організації його роботи K2;
- природно-кліматичних умов K3;
- кількості технологічно сумісного рухомого складу;

способу зберігання рухомого складу К5.

З урахуванням перелічених коефіцієнтів відкоректовані значення пробігів до КР і періодичностей ТО для певної моделі дорожнього транспортного засобу:

$$L'_{KP} = L^H_{KP} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 300000 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 240000 \text{ км.} \quad (1.1)$$

$$L'_{TO-1} = L^H_{TO-1} \cdot K_1 \cdot K_3 = 4000 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 3200 \text{ км.} \quad (1.2)$$

$$L'_{TO-2} = L^H_{TO-2} \cdot K_1 \cdot K_3 = 16000 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 12800 \text{ км.} \quad (1.3)$$

де L^H_{KP} - нормативний пробіг до КР певної моделі автомобіля;

L'_{TO-1} , L'_{TO-2} - нормативи періодичностей ТО-1 і ТО-2 для певної моделі автомобіля.

Для зручності розробки графіків технічного обслуговування рухомого складу і виконання прибирання-мийних робіт перед кожним ТО-1, ТО-2 необхідно забезпечити кратність пробігів до КР і періодичностей ТО середньодобовому пробігу l_{cd} . Для цього визначаємо співвідношення $L'/TO-1/l_{cd}$, яке заокруглюємо до найближчого цілого числа А:

$$L'_{TO-1} / l_{cd} = 3200 / 250 = 12,8 \approx 13 \quad (1.4)$$

Періодичність L_{TO-1} , кратну середньодобовому пробігу, підраховують за залежністю:

$$L_{TO-1} = A \cdot l_{cd} = 13 \cdot 250 = 3250 \text{ км.} \quad (1.5)$$

Визначаємо співвідношення $L'/TO-2/L_{TO-1}$, яке заокруглюємо до найближчого цілого числа В:

$$L'_{TO-2} / L_{TO-1} = 12800 / 3250 = 3,93 \approx 4 \quad (1.6)$$

Періодичність L_{TO-2} , кратну l_{cd} та L_{TO-1} , підраховують за залежністю:

$$L_{TO-2} = B \cdot L_{TO-1} = 4 \cdot 3250 = 13000 \text{ км.}$$

Визначаємо співвідношення $L'/KP/L_{TO-2}$, яке заокруглюємо до найближчого цілого числа С:

$$L'_{KP} / L_{TO-2} = 240000 / 13000 = 18,5 \approx 19 \quad (1.7)$$

Пробіг до капітального ремонту L_{KP} , кратний L_{TO-2} , L_{TO-1} та l_{cd} , підраховують за залежністю:

$$L_{KP} = C \cdot L_{TO-2} = 19 \cdot 13000 = 247000 \text{ км.} \quad (1.8)$$

Відкоректовані значення трудомісткостей технічних обслуговувань і ПР

визначаються за залежностями:

$$T_{\text{ЩО}} = t_{\text{ЩО}}^H \cdot K_2 \cdot K_4 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 0,5 \text{ люд. год.}; \quad (1.9)$$

$$T_{\text{ТО-1}} = t_{\text{ТО-1}}^H \cdot K_2 \cdot K_4 = 2,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,2 \text{ люд. год.} \quad (1.10)$$

$$T_{\text{ТО-2}} = t_{\text{ТО-2}}^H \cdot K_2 \cdot K_4 = 9,1 \cdot 1 \cdot 1 = 9,1 \text{ люд. год.} \quad (1.11)$$

$$T_{\text{ПР}} = t_{\text{ПР}}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 3,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,56 \text{ люд.год/1000км,}$$

де $t_{\text{ЩО}}^H$, $t_{\text{ТО-1}}^H$, $t_{\text{ТО-2}}^H$, $t_{\text{ПР}}^H$ - нормативи трудомісткості відповідно на ЩО, номерні технічні обслуговування від 1 до 2, ПР для вибраної моделі автомобіля;

K5 - коефіцієнт коректування питомої трудомісткості поточного ремонту в залежності від прийнятого в проекті способу зберігання рухомого складу: при відкритому зберіганні K5=1,0.

Таблиця 1.1.4 – Вибір і коректування нормативів ТО і ремонту рухомого складу

Вид впливу	Позначення	Одиниця виміру	Норматив	Коефіцієнт					Відкоректована величина
				K1	K2	K3	K4	K5	
Пробіги									
КР	LKP	км	300000	0,8	1	1,0			247000
ТО-1	LTO-1	км	4000	0,8		1,0			3250
ТО-2	LTO-2	км	16000	0,8		1,0			13000
Трудомісткості									
ЩО	ТЩО	люд.год.	0,5		1		1		0,25
ТО-1	ТТО-1	люд.год.	2,2		1		1		2,90
ТО-2	ТТО-2	люд.год.	9,1		1		1		11,7
СО	ΔТСО	люд.год.	14		1		1		2,3
ПР	ТПР	люд.год 1000км	3,2	1,2	1	1	1	1	3,8
Тривалості простою									
ТО-2 і ПР	Д _{дор}	дні 1000км	0,35						
КР	Д _{дкр}	Дні	14						

При проектуванні АТП можна припустити, що роботи сезонного обслуговування будуть виконуватися разом з черговим ТО-2, тому для подальших розрахунків необхідно визначити тільки додаткові трудомісткості

ΔT_{co} стосовно TO-2 за залежністю: $\Delta T_{co} = (t_{CO}^H - t_{TO-2}^H) \cdot K_2 \cdot K_4 = (14 - 11,7) \cdot 1 \cdot 1 = 2,3$ де t_{CO}^H , t_{TO-2}^H - нормативи трудомісткостей відповідно на CO та TO - 2.

1.6 Висновки та постановка задачі на дипломну роботу

Темою дипломної роботи «Проект ділянки для діагностики, технічного обслуговування та ремонту автомобілів ГАЗ-5312 з дослідженням роботи двигунів ЗМЗ-53А на різних видах палива».

Актуальність дослідження

Техніко-економічні та інші показники роботи двигунів внутрішнього згоряння зазвичай оцінюють за результатами стендових випробувань. До таких характеристик відносяться швидкісна, навантажувальна та регуляторна характеристики. Враховуючи це, дослідження роботи бензинових двигунів на різних видах палива є важливим і актуальним завданням.

Аналіз літературних джерел

На основі аналізу літературних джерел було проведено огляд альтернативних видів палива, розглянуто склад і властивості палив для двигунів внутрішнього згоряння, а також досліджено основні теоретичні параметри, що характеризують роботу ДВЗ.

Мета роботи

Дослідження роботи двигунів ЗМЗ-53А на різних видах палива.

Завдання роботи

1. Детальне вивчення технічних характеристик двигуна ЗМЗ-53А.
2. Знаходження ефективного підходу до впровадження інформаційних технологій у процесі дослідження.
3. Аналіз стану та напрямків розвитку екологічно безпечних двигунів, а також перспектив використання альтернативного палива для автомобільних двигунів.
4. Огляд технологічного процесу ремонту двигунів ЗМЗ-53А.
5. Представлення технологічного обладнання для ремонту ДВЗ ЗМЗ-53А.
6. Проведення дослідження з використання альтернативних видів палива для двигунів внутрішнього згоряння ЗМЗ-53А.

7. Виконання економічної оцінки доцільності використання альтернативних видів палива на двигунах внутрішнього згоряння ЗМЗ-53А.

Таким чином, основною метою дипломної роботи є вивчення можливостей та ефективності використання різних видів палива в двигунах ЗМЗ-53А, а також розробка проекту ділянки для діагностики, технічного обслуговування та ремонту автомобілів ГАЗ-5312.

2.1. Регулювальна характеристика двигуна карбюраторного типу по пальному

Ефективна потужність двигуна N_e і питомаї затрати палива g_e залежить від часової затрати палива $G_T[N_e; g_e = f(G_T)]$ на рис. 2.1.1. відображається графічно регулювальною характеристикою по пальному двигуна карбюраторного типу [21, 22, 25, 27].

Найчастіше для двигунів карбюраторного типу параметром називають регулювальну ознаку за будовою сполуки. А отже, коефіцієнт надлишку повітря $a[N_e; g_e = f(a)]$ визначає характер зміни N_e і g_e [21, 22, 25, 27].

Регулювальна ознака по пальному існує для налаштувань оптимальних показників двигуна та перевірки паливної апаратури.

Теоретичні залежності продуктивної потужності двигуна і питомаї затрати пального від G_T зображені на рис. 2.1.1 і 2.1.2.

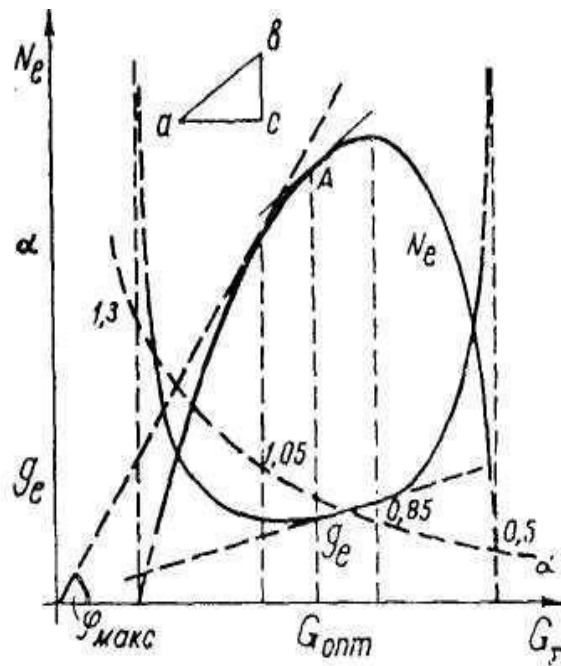


Рисунок 2.1.1 – Діаграма по пальному двигуна карбюраторного типу.

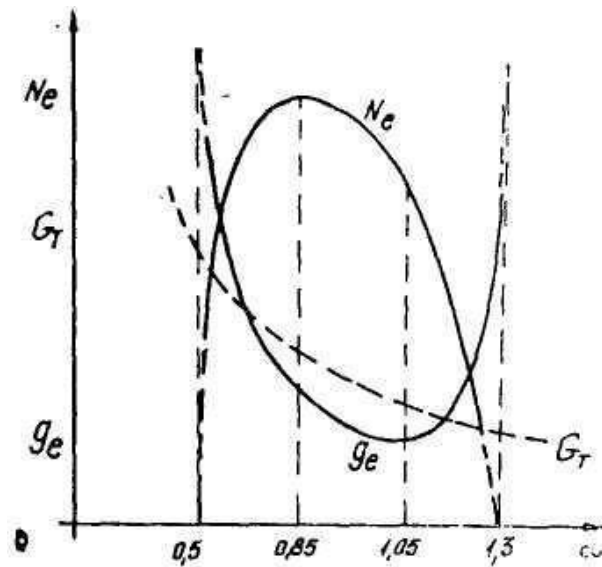


Рисунок 2.1.2 – Діаграма за будовою сполуки двигуна карбюраторного типу.

З визначення коефіцієнта надміру повітря робимо висновок, що теоретичні залежності, зображені на рисунку, описують один параметр, у якому по лінії абсцис розташоване або G_T , або його протилежне значення α :

$$\alpha = \frac{l}{l_o} = \frac{L}{L_o} = \frac{G_{nos}}{l_o \cdot G_T} \quad (2.1)$$

При умові закриття дроселя – кількість обертів двигуна є постійною, тоді кількість затрати повітря на годину буде теж константою. Значення l_o для даного виду пального є незмінним. Отже, ознака зміни α від G_T буде відображати обернену залежність, тобто:

$$\alpha = f \left(\frac{1}{G_T} \right) \quad (5.2)$$

У двигунів карбюраторного типу межа загоряння суміші буде межею зміни N_e і g_e регульовальної ознаки по пальному. Межі загоряння суміші для бензинових двигунів зі звичайним іскровим запалюванням за коефіцієнтом надміру повітря приблизно беруть від 0,5 до 1,3.

З рис. 2.1.2., можна побачити, що максимальне значення $\frac{\eta_i}{\alpha}$ буде при $\alpha = 0,85 \dots 0,90$. При такому параметрі α робочий процес буде активнішим,

оскільки швидкість спалювання сполуки сягає максимуму, а період згоряння – мінімуму.

Проаналізувавши регульовальну ознаку двигуна карбюраторного типу за паливом, тому варто підмітити, що налаштування експлуатації карбюратора повинно бути в межах затрат палива на годину, між $g_{e_{\min}}$ та $N_{e_{\max}}$.

Налаштування карбюратора відбувається при великих загрузках, а будова сполуки – при максимальній інтенсивності роботи. При неповному завантаженні, економічна вигода досягається при відношенні подачі палива до мінімуму питомих витрат.

2.2. Розрахунок наявності оксиду вуглецю

Для визначення вмісту Q у вихлопних газах транспортних засобів використовували пристрій AST-75, зображений на рис. 2.2.1.

Принцип дії аналізатора чадного газу AST-75 базується на таких аспектах. Частоту обертів колінчатого вала двигуна вимірюють за допомогою мотор-тестера КИ-4897 2 (рис. 2.2.2), знімаючи показання з першого циліндра 1.



Рисунок 2.2.1 – Пристрій для вимірювання чадного газу *AST – 75*.

Під час роботи двигуна 4, гази, що вивільняються, потрапляють до відділювача мастила 5, де відбувається їх охолодження і відділення оливи та охолоджуючої рідини, які могли потрапити до них.

Після цього гази за допомогою вітрогону 6, що приводиться в дію двигуном 7, нагнітаються у відсік догоряння 8, де спалюються за допомогою нагрівальної

спіралі 9. В процесі догорання газів виділяється певна кількість тепла Q , що залежить від вмісту CO, яке надходить до камери вимірювання 12.

Опір резисторного містка $R_1 - R_3$ змінює показання камери вимірювання 13, а електричні імпульси передаються на гальванометр 14, шкала якого показує вміст CO у вихлопних газах двигуна.

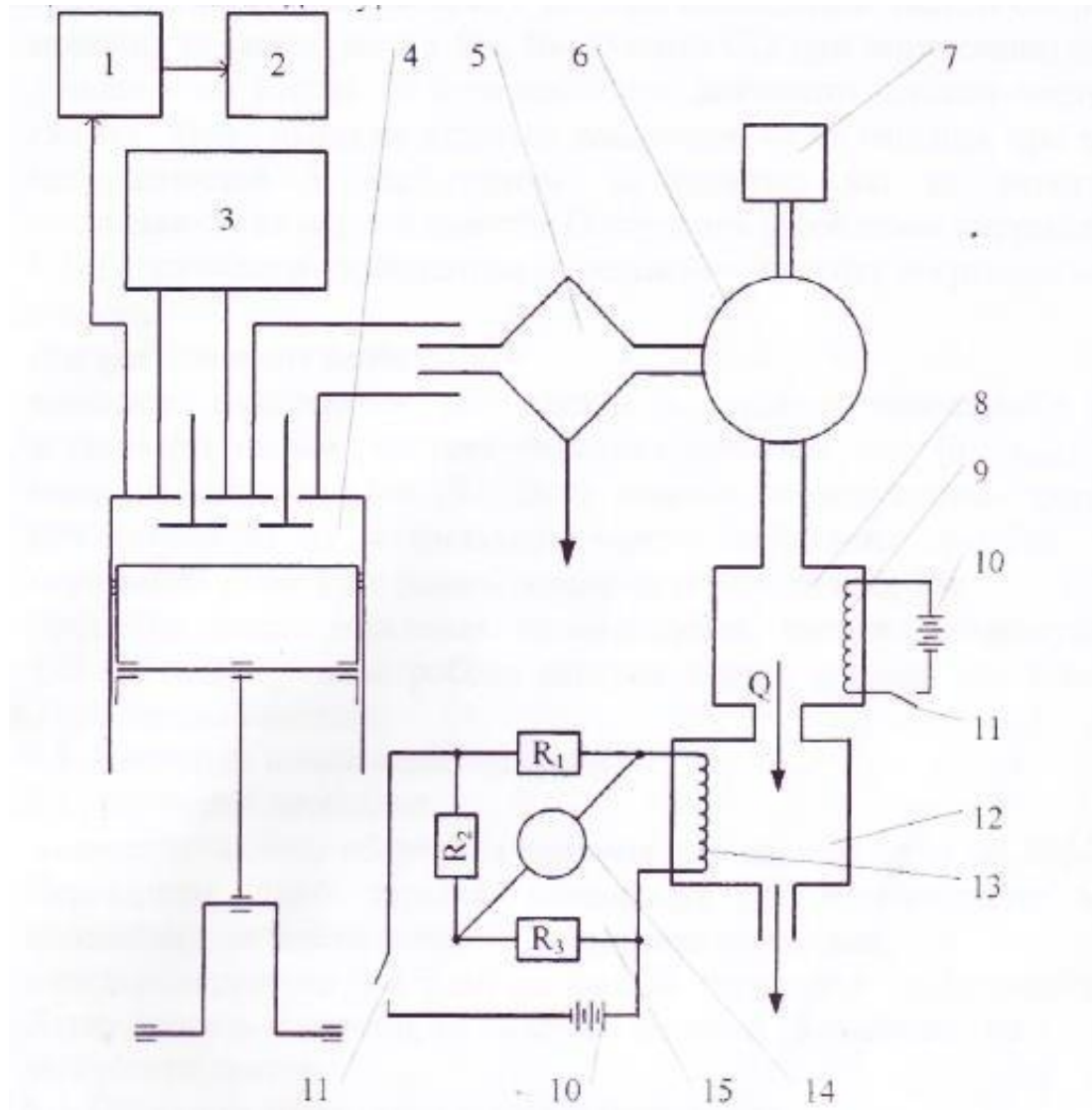


Рисунок 2.2.2 – Схема роботи вимірювача чадного газу *AST – 75*: 1 – показчик першого циліндра; 2 – мотор-тестер КИ-4897; 3 – карбюратор; 4 – ДВЗ; 5 – відділювач мастила; 6 – вітрогін; 7 – Ел. ДВ; 8 – відсік догорання; 9 – спіраль нагрівання; 10 – акумулятор; 11 – рубильник; 12 – відсік вимірювання; 13 – контрольний показчик відсіку; 14 – гальванометр; 15 – пристрій вимірювання тепла; $R_1 - R_3$ – резистори; Q – кількість тепла при спалюванні вихлопів.

Вимірювання рівня CO за допомогою пристрою *AST-75* проводять наступними способами: на холостому ходу; при 0,6n номінальної частоти обертів; на підвищеній частоті обертів холостого ходу двигуна.

Для початку роботи слід:

- Прогріти двигун до нормального робочого стану.
- Знизити частоту обертів колінвала до 450-500 об/хв налаштуванням дросельної заслінки.

- Визначити вміст СО у вихлопних газах за допомогою аналізатора.

Максимально допустиме значення вмісту СО при мінімальній частоті обертів не повинно перевищувати 1,5%.

Перед вимірюваннями слід увімкнути газоаналізатор і залишити його в режимі очікування на 5 хвилин. Після досягнення робочої температури необхідно встановити положення нуля за допомогою регулятора "Установка нуля". Для АСТ-75 нульовою точкою є поділکا "13". Потім перевіряється чутливість вимірювальної схеми пристрою за допомогою клавіш "Проба" та "Контроль". Стрілка повинна зміщуватися вправо до контрольної позначки.

Вимірювання рівня СО у вихлопних газах проводять на холостому ході, під час технічного обслуговування, а також після налаштування систем живлення, запалювання, розподілу газу та кривошипно-шатунного механізму.

Для проведення вимірювань двигун має бути справним і прогрітим, з налаштованими клапанами розподілу газу, правильним кутом випередження запалювання, справною системою вихлопу та повністю відкритою повітряною заслінкою.

Дослідні щупи пристрою для вимірювання вмісту СО встановлюються у вихлопну трубу на відстані 300 мм від вихлопного отвору. Двигун запускається, і повітряна заслінка карбюратора повністю відкривається. Перед вимірюванням рівня СО і СН на холостому ході частоту обертів збільшують до 3000 об/хв і дозволяють двигуну працювати в такому режимі не менше 15 секунд. На підвищеній частоті обертів вимірювання токсичності слід проводити не раніше ніж через 30 секунд при стабільній роботі двигуна на цьому режимі.

2.3. Дослідження наявності оксиду вуглецю

Наявність СО і СН контролюються в режимах холостого руху: при пониженій частоті обертів колінвала n_{min} та підвищеній частоті обертів

$$n_{нов} = 2200 \text{ хв}^{-1} \pm 100 \text{ хв}^{-1}.$$

В табл. 2.3.1 показані підсумки експерименту наявності СО у вихлопах транспортних засобів, які досліджували за допомогою пристрою А TS 75

Таблиця 2.3.1 – Наявності СО у вихлопних газах ТЗ.

Паливо	Параметри роботи	СО, %
Температура 50°C		
А-95	N_{min}	2,18
	$N_{0,6}$	0,68
	N_{max}	3,19
Температура 80°C		
А-95	N_{min}	1,98
	$N_{0,6}$	0,48
	N_{max}	3,47
Температура 100°C		
А-95	N_{min}	1,49
	$N_{0,6}$	0,09
	N_{max}	3,95
Температура 50°C		
Е-95S	N_{min}	1,98
	$N_{0,6}$	0,46
	N_{max}	2,95
Температура 80°C		
Е-95S	N_{min}	1,89
	$N_{0,6}$	0,28
	N_{max}	3,39
Температура 100°C		
Е-95S	N_{min}	1,48
	$N_{0,6}$	0,09
	N_{max}	3,95
Температура 50°C		
ГАЗ	N_{min}	0,09
	$N_{0,6}$	0,28
	N_{max}	1,49

Температура 80°C		
ГАЗ	N_{min}	0,08
	$N_{0,6}$	0,19
	N_{max}	1,49
Температура 100°C		
ГАЗ	N_{min}	0,46
	$N_{0,6}$	0,17
	N_{max}	1,67

За підсумками аналізу наявності СО у викидних газах для різних категорій палива виведено діаграму наявності СО у викидних газах транспортних засобів, які працюють на бензині А-95 , Е-95S та на стиснутому природньому газі.

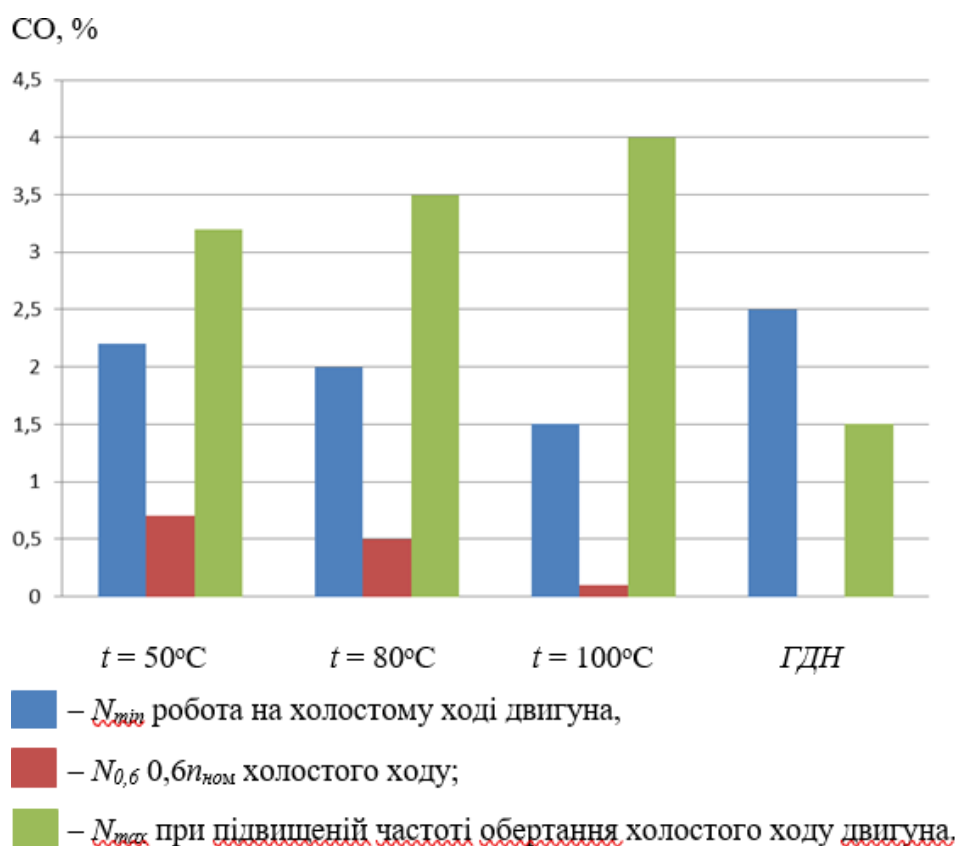


Рисунок 2.3.1 – Діаграма наявності СО у викидах транспортних засобів, які працюють на бензині А-95 .

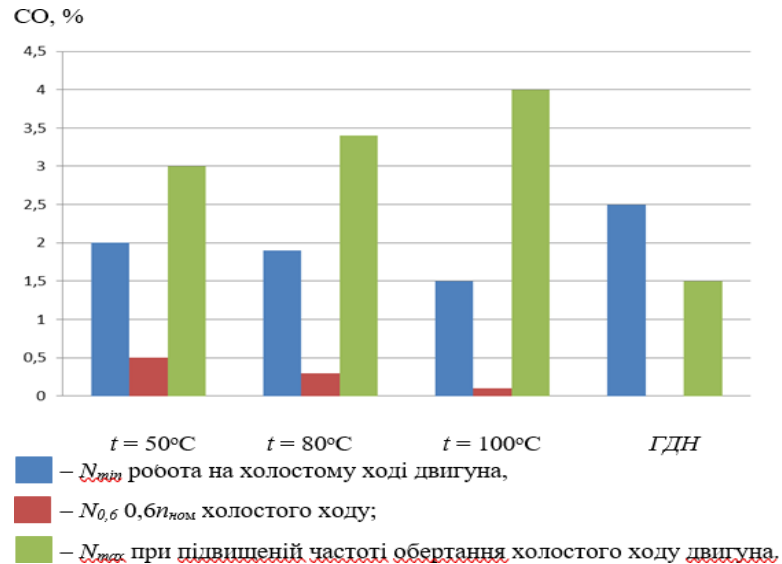


Рисунок 2.3.2 – Рівень CO викидах ТЗ (Е-95S).

З рис. 2.3.2. можна зробити висновок, що авто на бензині в умовах підвищеної кількості холостих обертів двигуна, а саме при прискореному русі перевищує гранично допустиму норму шкідливих викидів CO більше чим на 37 %.

При холостому русі та сталим ходом наявність шкідливих викидів нижча гранично допустимої частки.

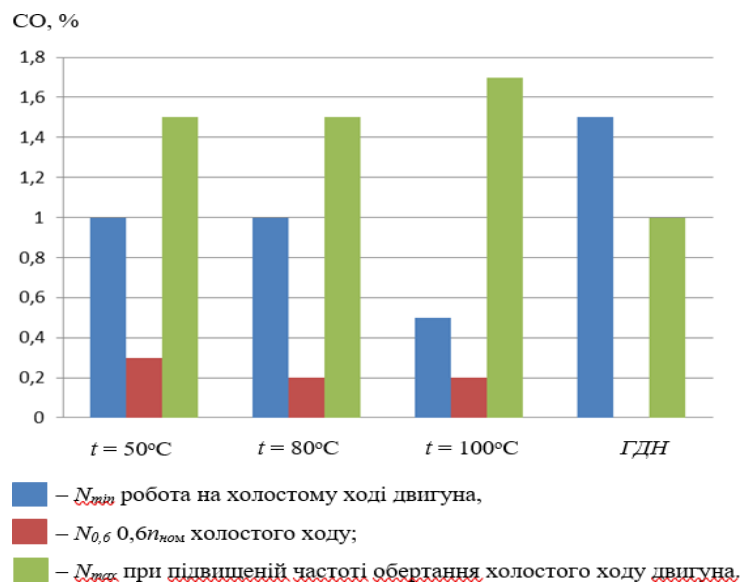


Рисунок 2.3.3 – Рівень CO викидах ТЗ (ГАЗ)

З рисунку 2.3.3. можемо зробити обґрунтований висновок про те, що ТЗ, який містить газову установку, під час всіх режимів руху, викиди негативних сполук не будуть перевищувати гранично допустиму межу.

3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка організаційно-аналітичних рішень

3.1.1. План обслуговування і виробнича програма з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу

План технічного обслуговування рухомого складу визначає кількість та трудомісткість виконуваних робіт протягом року для одного автомобіля конкретної моделі.

Кількість впливів вищого порядку протягом циклу включає:

$$N_{\text{ЦТО-2}} = L_{\text{КР}} / L_{\text{ТО-2}} - 1 = 247000 / 13000 - 1 = 18 \quad (3.1)$$

ТО-1:

$$N_{\text{ЦТО-1}} = L_{\text{КР}} / L_{\text{ТО-1}} - N_{\text{ЦТО-2}} - 1 = 247000 / 3250 - 18 - 1 = 57 \quad (3.2)$$

Кількість ЦО за розрахунковий цикл:

$$N_{\text{ЦЦО}} = L_{\text{КР}} / l_{\text{сд}} = 247000 / 250 = 988 \quad (3.3)$$

Вибір кількості робітників на постах ТО і ПР проводимо за рекомендаціями, наведеними в таблицях [28, 29, 30, 31].

Таблиця 3.1.1 – План обслуговування

Показник	Одиниця вимірювання	Умове позначення	Обґрунтування або розрахункова формула	ЦО	ТО-1	ТО-2	ПР	Всього
1.Кількість впливів за цикл		$N_{\text{Ц}}$	Розрахунок	988	57	18		
2.Трудомісткості постових робіт одного впливу	люд. Год.	$T_{\text{П}}$	Розрахунок	0,5	2,2	9,1	3,2	
3.Кількість робітників на посту	осіб	$R_{\text{П}}$	Карта поста	2	2	2	2	
4.Тривалість одного впливу в міжзмінний період	год.	$D_{\text{Н}}$	ЦО,МД, ТО-1: $T_{\text{П}}/R_{\text{П}}$, ПР: $T_{\text{П}}/2R_{\text{П}}$	0,13	1,4 5		0,47	

Таблиця 3.1.2 – Виробнича програма з ТО і ПР рухомого складу

				ЩО	ТО-1	ТО-2	ПР	Всього
1.Спискова кількість автомобілів		A_c	Вихідні дані					264
2.Експлуатаційна кількість автомобілів		A_E	$A_c \cdot \alpha_B$					251
3.Добовий пробіг рухомого складу	тис. км	ΣL_d	$l_{cd} \cdot A_E$					62,75
4.Річний пробіг рухомого складу	тис. км	ΣL_p	$L_p \cdot A_c$					19932
5.Річна кількість впливів всіх автомобілів		ΣN_p	$N_p \cdot A_c$	260832	15048	4752		
6.Річна тривалість робочого періоду	дні	Φ_p	Режим виробництва	302	302	302	302	
7.Добова кількість впливів		ΣN_d	$\Sigma N_p / \Phi_p$	864	50	16		
8.Розподіл впливів змінами	за	I...III	Режим виробництва	III	III	I	I, II	
9.Добова тривалість робочого періоду	год.	Φ_d	Режим виробництва	6,7	6,7	6,7	13,4	
10.Добова тривалість впливів міжзмінний період	в год.	$\Sigma D_{нд}$	ТО: $D_n \cdot \Sigma N_d$ ПР: $D_n \cdot \Sigma L_d$	33,1	16,94		28,65	
11.Добова тривалість впливів експлуатаційний період	в год.	ΣD_d	ТО: $D_d \cdot \Sigma N_d$ ПР: $D_d \cdot \Sigma L_d$			25,92	28,65	
12.Загальний річний об'єм робіт	люд. год.	ΣT_p	ТО: $T_{то} \cdot \Sigma N_p$ ТО-2: $T_{то-2} \cdot \Sigma N_p + m \cdot A_c \cdot \Delta T_{co}$ ПР: $T_{пр} \cdot \Sigma L_p$	24162,2	12365,3	16349,4	85360,1	138237,1

Річний об'єм робіт ТО-2:

$$\Sigma T_{TO-2} = T_{TO-2} \cdot \Sigma N_p + m \cdot A_c \cdot \Delta T_{co} = 1156 \cdot 1342 + 2 \cdot 280 \cdot 2,3 = 16349,4 \text{ люд.год.} \quad (3.4)$$

 ΔT_{co} - додаткова трудомісткість на сезонне обслуговування;

3.1.2. Річний об'єм виробництва і штати автотранспортного підприємства

Розрахунок річного обсягу виробничих робіт представлений у вигляді таблиці 3.1.2.1.

Розподіл річної трудомісткості для кожного виду впливу на основні операції наведено в таблицях нижче.

Таблиця 3.1.2.1– Річний об'єм виробничих робіт

Вид робіт	ЩО		ТО-1		ТО-2		ПР		Всього люд.год
	%	люд.год	%	люд.год	%	люд.год	%	люд.год	
1. Прибиральні	69	16671,9							16671,9
2.Мийні	16	3865,9							3865,9
3.Сушильні і обтиральні	15	3624,4							3624,4
4.Діагностичні			14	1731,	10	1634,9	1	853,6	4219,6
5.Кріпильні			44	5440,8	38	6212,8	1	853,6	12507,2
6.Регулювальні			10	1236,5	10	1634,9	4	3414,4	6285,8
7.Змащувальні			19	2349,3	10	1634,9			3984,2
8.Розбирально-збиральні							30	25608,0	25608,0
9.Агрегатні							15	12804,0	12804,0
10.Електротехнічні			5	618,3	7	1144,5	5	4268,0	6030,8
11.Акумуляторні							1	853,6	853,6
12.ТО і ремонт систем живлення			3	371,0	3	490,5	2	1707,2	2568,7
13.Шиномонтажні			5	618,3	2	327,0	2	1707,2	2652,5
14.Шиноремонтні							1	853,6	853,6
15.Кузовні					20	3269,9			3269,9
16.Арматурні							4	3414,4	3414,4
17.Зварювальні							4	3414,4	3414,4
18.Мідницькі							2	1707,2	1707,2
19.Бляхарські							4	3414,4	3414,4

20.Ковальсько–ресорні							2	1707,2	1707,2
21.Слюсарні							2	1707,2	1707,2
22.Механічні							8	6828,8	6828,8
23.Оббивні							4	3414,4	3414,4
24.Малярні							8	6828,8	6828,8

Розрахунок кількості експлуатаційного персоналу:

$$P_B = A_e \cdot D_p \cdot \frac{T_n}{\Phi_{BP}} = 265 \cdot 365 \cdot \frac{12}{1750} = 663 \quad (3.5)$$

Приймаю $P_B = 663$ водіїв.

Виробничий персонал АТП розраховується за залежністю:

$$P = T_p / \Phi_{PP} \cdot K_{ПН} \quad (3.6)$$

де T_p - об'єм робіт кожного виду;

Φ_{PP} - річний фонд часу робітника;

$K_{ПН}$ - коефіцієнт норм виробки, який дорівнює 1,02...1,05.

Таблиця 3.1.2.2 – Виробничий персонал

Вид робіт	Річний об'єм робіт, люд.год	Річний фонд часу робітника, год.	Штатна кількість робітників, осіб				
			Розрахункова	Прийнята			
				всього	в тому числі за змінами		
					I	II	III
1. Прибиральні	16671,9	1750	10,00	10			10
2.Мийні	3865,9	1750	2,32	2			2
3.Сушильні, обтиральні	3624,4	1750	2,17	2			2
4.Діагностичні	4219,6	1750	2,53	3	1	1	1
5.Кріпильні	12507,2	1750	7,50	8	3	2	3
6.Регулювальні	6285,8	1750	3,77	4	2	1	1
7.Змашувальні	3984,2	1750	2,39	3	1	1	1
8.Розб.-збиральні	25608,0	1750	15,36	15	8	7	
9.Агрегатні	12804,0	1750	7,68	7	4	3	
10.Електротехнічні	6030,8	1750	3,62	4	2	2	

11.Акумуляторні	853,6	1750	0,51	1	1		38
12.ТО і рем. сист. живл.	2568,7	1750	1,54	1	1		
13.Шиномонтажні	2652,5	1750	1,59	1		1	
14.Шиноремонтні	853,6	1750	0,51	1	1		
15.Кузовні	3269,9	1750	1,96	2	1	1	
16.Арматурні	3414,4	1750	2,05	2	1	1	
17.Зварювальні	3414,4	1750	2,05	2	1	1	
18.Мідницькі	1707,2	1750	1,02	1	1		
19.Бляхарські	3414,4	1750	2,05	2	1	1	
20.Ковальські, ресорні	1707,2	1750	1,02	1		1	
21.Слюсарні	1707,2	1750	1,02	1		1	
22.Механічні	6828,8	1750	4,10	4	2	2	
23.Оббивні	3414,4	1750	2,05	2	1	1	
24.Малярні	6828,9	1570	4,57	5	3	2	
Разом			10,00	84			10

Таблиця 3.1.2.3 – Допоміжний персонал АТП

Вид робіт	Норматив допоміжних робітників у відсотках від їх загальної чисельності, %	Кількість допоміжних робітників, осіб			
		Розрахункова	Прийнята		
			всього	в т. ч. за змінами	
				I	II
Електротехнічні	10	2,184	2	1	1
Слюсарні	6	1,3104	1	1	
Механічні	4	0,8736	1	1	
Ковальські	1	0,2184	0		
Зварювальні	2	0,4368	1	1	
Бляхарські	2	0,4368	1	1	
Мідницькі	1	0,2184	0		
Санітарно-технічні	8	1,7472	1	1	
Ремонтно- будівельні	3	0,6552	1	1	
Деревообробні	3	0,6552	1	1	
Транспортні	10	2,184	2	1	1
Зберігання і видача матеріальних цінностей	15	3,276	3	2	1

Переміщення рухомого складу	15	3,276	3	2	39
Прибирання виробничих приміщень	10	2,184	2	1	1
Прибирання території	10	2,184	3	2	1
Всього	100	21,84	22	16	6

Таблиця 3.1.2.4 – Адміністративно-службовий персонал АТП

Функція управління	Чисельність персоналу	Розташування приміщень персоналу
Загальне керівництво	2	Адміністративний корпус
Техніко – економічне планування	3	Адміністративний корпус
Організація праці і заробітної плати	4	Адміністративний корпус
Бухгалтерський облік	6	Адміністративний корпус
Комплектація і підготовка кадрів	4	Адміністративний корпус
Загальне діловодство	2	Адміністративний корпус
Матеріально – технічне постачання	2	Адміністративний корпус
Молодший обслуговуючий персонал	2	Адміністративний корпус
Пожежно-сторожова охорона	4	Контрольно-технічний пункт
Служба експлуатації	3	Адміністративний корпус
Диспетчерська служба	5	Диспетчерська
Гаражна служба	5	Диспетчерська
Служба безпеки руху	1	Диспетчерська
Технічна служба	3	Адміністративний корпус
Служба технічного контролю	2	Виробничий корпус
Служба головного механіка	2	Виробничий корпус
Служба управління виробництвом	2	Виробничий корпус
Виробнича служба	3	Виробничий корпус
Всього	55	

3.1.3. Основні теоретичні параметри, що характеризують роботу ДВЗ

Основними параметрами, що визначають роботоздатність та економічність двигунів, є індикаторні та ефективні показники потужності, а також питома витрата палива [20, 24, 26, 27]. Розглянемо основні характеристики двигунів внутрішнього згоряння і їх зв'язок з параметрами робочого процесу.

Індикаторна потужність двигуна N_i – це потужність, зумовлена роботою

газів у циліндрах двигуна. Вона розраховується за такими відомими величинами: середній індикаторний тиск p_i в Н/м², робочий об'єм циліндра V_h у м³, кількість циліндрів i , частота обертання колінчатого вала n в секунду, і число тактів двигуна $\tau_{дв}$ (кількість ходів поршня за цикл).

Індикаторна потужність двигуна визначається за формулою [20, 24, 26, 27]:

$$N_i = L_{ц} \cdot i \cdot \frac{2 \cdot n}{\tau_{дв}}, \text{ Вт}, \quad (3.7)$$

де $L_{ц} = p_i \cdot V_h$ – робота газів за один цикл в одному циліндрі; $\frac{2 \cdot n}{\tau_{дв}}$ – число циклів за одну секунду,

або

$$N_i = p_i \cdot V_h \cdot i \cdot \frac{2 \cdot n}{\tau_{дв}}, \text{ Вт}, \quad (3.8)$$

При підстановці p_i в Мн/м² (1 Мн/м²=10⁶ н/м²), V_h в л., а n в об/хв, формула для визначення індикаторної потужності в кВт має вигляд:

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau_{дв}}. \quad (3.9)$$

Ефективна потужність двигуна. Ця потужність N_e , що знімається з колінчатого вала двигуна, встановлює взаємозв'язок з індикаторною потужністю із рівняння механічного ККД [25, 30, 34, 39].

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}; \quad N_e = \eta_m \cdot N_i. \quad (3.10)$$

Співвідношення N_i з параметрами циклу можуть бути визначені з ряду рівнянь.

Питома індикаторна витрата палива підраховується, якщо відомо секундну витрату в кг/с G_T :

$$g_i = \frac{G_T}{N_i}, \text{ кг/(Вт} \cdot \text{с) або кг/дж}. \quad (3.11)$$

Індикаторний ККД визначається за формулою:

$$\eta_i = \frac{N_i}{H_u \cdot G_T}, \quad (3.12)$$

де H_u – нижча теплота згоряння палива, дж/кг.

Звідси, вирішуючи відносно N_i , одержуємо:

$$N_i = \eta_i \cdot H_u \cdot G_T. \quad (3.13)$$

Витрату палива G_T замінюємо рівнянням, яке визначається з формули коефіцієнта надлишку повітря:

$$\alpha = \frac{l}{l_0} = \frac{G_{нов}}{l_0 \cdot G_T}, \quad (3.14)$$

де l_0 – кількість повітря, теоретично необхідного для згоряння 1 кг палива, кг;
 $G_{нов.}$ – секундна витрата повітря (кг/с), яка визначається як добуток коефіцієнта наповнення η_V на кількість повітря G_0 , яке могло б заповнити робочий об'єм циліндра при тиску p_0 і температурі навколишнього повітря T_0 , тобто $G_{нов.} = \eta_V \cdot G_0$ або, підставляючи замість G_0 , одержуємо:

$$G_{нов.} = \eta_V \cdot V_h \cdot \rho_0 \cdot i \cdot \frac{2 \cdot n}{\tau_{дв}}, \quad (3.15)$$

де ρ_0 – густина повітря, кг/м³; $\frac{2 \cdot n}{\tau_{дв}}$ – число циклів за одну секунду.

$$G_T = \frac{2 \cdot V_h \cdot i \cdot p_0 \cdot n_V \cdot n}{a \cdot l_0 \cdot \tau_{дв}} \quad (3.16)$$

Підставляємо G_T у формулу (2.28):

$$N_i = \frac{2}{\tau_{дв}} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot V_h \cdot i \cdot p_0 \cdot \frac{n_i}{a} \cdot n_V \cdot n, \text{ Вт} \quad (3.17)$$

Якщо в рівняння (2.20) підставляємо V_h в л., n – в об/хв, H_u в Мдж/кг, то одержуємо:

$$N_i = \frac{1}{30 \cdot \tau_{дв}} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot V_h \cdot i \cdot p_0 \cdot \frac{n_i}{a} \cdot n_V \cdot n, \text{ кВт} \quad (3.18)$$

В остаточному вигляді ефективна потужність двигуна, яка дорівнює $\eta_m \cdot N_i$, визначається за наступним рівнянням:

$$N_e = \frac{1}{30 \cdot \tau_{дв}} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot V_h \cdot i \cdot p_0 \cdot \frac{n_i}{a} \cdot n_V \cdot n, \text{ кВт} \quad (3.19)$$

Для аналізу факторів, що впливають на ефективну потужність двигуна на різних режимах роботи рівняння (3.20) можна спростити. Для цього під значення постійного коефіцієнта K підведемо незмінні величини, рівняння (3.20) матиме вигляд:

$$N_e = K \cdot \frac{n_i}{a} \cdot n_v \cdot n_m \cdot n, \text{ кВт}. \quad (3.20)$$

Ефективна питома витрата палива. Цю витрату палива g_e легко визначити з рівняння для визначення ефективного ККД [20, 24, 26, 27].

$$n_e = \frac{1}{H_u \cdot g_e},$$

підставляючи:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} \text{ кг/(Вт·с) або кг/Дж}, \quad (3.21)$$

отримуємо:

$$n_e = \frac{N_e}{H_u \cdot G_T},$$

звідки:

$$g_e = \frac{1}{H_u \cdot n_e}. \quad (3.22)$$

Знаючи, що $n_e = n_i \cdot n_m$, остаточний вигляд залежності:

$$g_e = \frac{1}{H_u \cdot n_i \cdot n_m}, \text{ кг/Дж} \quad (3.23)$$

Формула для випадку незмінного сорту палива виглядає так:

$$g_e = \frac{C}{n_i \cdot n_m}, \text{ кг/Дж} \quad (3.24)$$

де C – постійний коефіцієнт.

У випробуваннях двигунів зручніше питому витрату палива g_e визначати кг/(кВт·год), маючи годинну витрату палива в кг/год, за формулою:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} \cdot 1000, \text{ г/(кВт·год)}, \quad (3.25)$$

Під час випробувань двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) для порівняння результатів проводять приведення потужності та витрати палива до стандартних умов. Потужність двигуна N_e і годинну витрату палива G_T обчислюють за формулами, наведеними у стандартах [20, 24, 26, 27].

Аналізуючи основні теоретичні параметри, що визначають роботу ДВЗ, можна зробити висновок, що ці залежності дозволяють оцінювати вплив різних умов і режимів роботи на роботоздатність та економічність двигунів.

3.1.4. Дефектування колінчастих валів

Основні дефекти колінчастих валів:

До основних дефектів колінчастих валів належать:

- прогин,
- зношування посадкових місць і канавок для шпонок під шестерню або шків,
- пошкодження або зношування різьблення під храповик,
- зношування отворів або різьблення у фланці для кріплення маховика,
- зношування шийок тощо.

Технічні умови:

- Колінчасті вали повинні бути ретельно очищені від сторонніх домішок.
- Шатунні шийки повинні мати діаметр 60,00-0,013 мм, а корінні — 70,00-0,013 мм.
- Овальність і конусність шийок колінчастого валу не повинні перевищувати 0,01 мм.

- Чистота поверхні шийок повинна відповідати 5-му квалітету Ra 0,2-0,4.
- Довжина передньої корінної шийки повинна бути в межах 30,45-30,90 мм.

Висновок:

Аналізуючи дані [20, 22, 23, 25], можна дійти висновку, що найбільш оптимальним способом відновлення шатунних і корінних шийок є їх шліфування до ремонтного розміру.

Переваги та недоліки шліфування:

Переваги цього способу полягають у його технологічній простоті, для чого потрібна наявність круглошліфувального верстата і типового оснащення до нього. Проте цей метод має і недоліки: втрата взаємозамінності деталей, необхідність у спеціальних деталях (вкладишах) з ремонтними розмірами, а також потреба в додаткових складських площах для їх зберігання. Враховуючи всі ці фактори, цей спосіб підходить для нас.

3.1.5. Технологічний процес ремонту двигуна ЗМЗ-53А

Блок циліндрів. Блок циліндрів, який має вибоїни на стінках циліндрів, порожнинах системи охолодження або картера, або тріщини на верхній площині ребер, що підтримують корінні підшипники, підлягає заміні [20, 22, 23, 25].

Внаслідок зношування циліндри набувають неправильної конічної форми по довжині та овальної по колу. При ремонті циліндрів використовують два ремонтних розміри: 1-й і 2-й, відповідно до яких виготовляються поршні і поршневі кільця. Найбільш схильні до зношування отвори під штовхані. Зношені отвори відновлюють запресуванням ремонтних втулок з матеріалу блоку (АЛ4) або дюралюмінію Д1 (ГОСТ 4784-65). Для цього отвори розточують до діаметру $30^{+0,033}$ мм. Втулки повинні мати зовнішній діаметр $30^{+0,055}_{+0,100}$ мм, і внутрішній 24 мм. Після запресування втулки отвір обробляють до діаметру $25^{+0,022}$ мм. Штовхачі підбирають так, щоб під дією власної ваги вони повільно входили в отвір.

Картер зчеплення обробляється разом з блоком циліндрів, тому від'єднувати його можна лише при ремонті або заміні [20,25]. Після розбирання або заміни картера потрібно перевірити концентричність осі отвору для центруючого бурта

коробки передач із віссю колінчастого валу, а також перпендикулярність заднього торця картера до осі колінчастого валу. Для цього знімають зчеплення і приєднують до фланця колінчастого валу стійку з індикатором. Прокручуючи колінчастий вал, спостерігають за показаннями індикатора. Ніжка індикатора повинна рухатися спочатку по контуру отвору, а потім після перестановки - по торцю картера. Биття кожної поверхні не повинно перевищувати 0,08 мм.

Якщо биття перевищує допустиму величину, картер від'єднують і випресовують встановлювальні штифти. Потім картер прикручують до блоку, визначають величину неспіввісності і коректують положення картеру постукуванням по фланцю. Після досягнення допустимого биття затягують гайки і розвертають отвори під штифти до ремонтних розмірів. Виточують нові штифти, щоб забезпечити належний натяг без руйнування картера.

Биття торця картера усувають шаберуванням. Биття отвору в торці картера неможливо перевірити, якщо зношені корінні підшипники.

Гільзи циліндрів. Для зняття гільз з блоку двигуна використовують спеціальне пристосування. Не можна вдаряти молотком по гільзі, оскільки це призводить до її деформації. Нова гільза повинна вільно входити в гніздо блоку. Гільза, вмонтована із зусиллям, деформується, що призводить до зношування поршневих кілець, підвищення витрати масла і можливо заклинювання поршня [25, 33, 53].

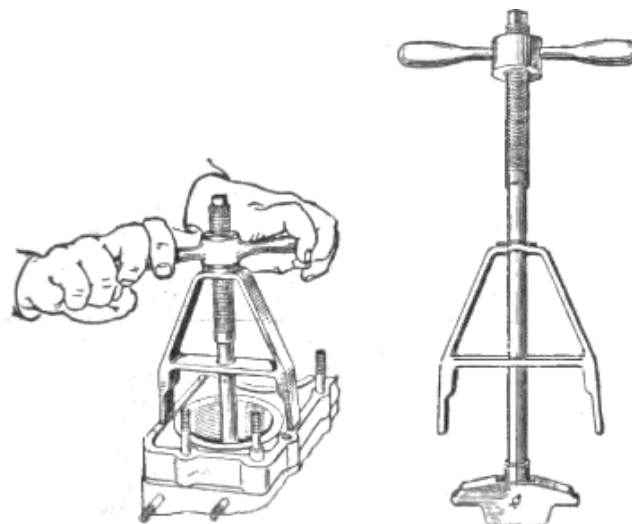


Рисунок 3.1.5.1 – Пристосіблення для витягування гільзи циліндрів

При заміні гільзи необхідно переконатися, що вони правильно підібрані до блоку. Для цього гільзу встановлюють у гніздо і прикладають до торця блоку лекальну лінійку. Використовуючи щуп, вимірюють зазор між гільзою і лінійкою (рис. 3.1.5.2).

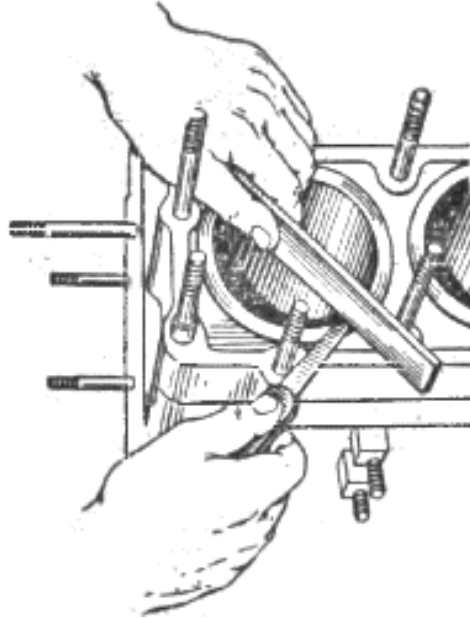


Рисунок 3.1.5.2 – Визначення зазорів між гільзою та блоком циліндрів

У випадку значного зміщення гільзи, вона може деформуватися після притискування головкою. Щоб запобігти випадінню гільз з гнізд під час складання, їх можна закріпити за допомогою шайби та втулки, які монтують на шпильки і затягують гайкою. Під час роботи гільза зношується в зоні дії поршневих кілець, залишаючи неспрацьований поясок у верхній частині. Після заміни поршневих кілець цей поясок може спричинити поломку верхнього компресійного кільця. При заміні кілець цей поясок слід видалити шабером або іншим способом, що не викликає деформації гільзи.

Поршні та поршневі пальці

Поршні підбираються до гільз відповідно до їх групової розбивки. Допускається підбір із сусідніх груп. Правильність підбору перевіряють за допомогою пружинного динамометра, який протягує стрічку-щуп між поршнем і гільзою. Поршень вставляють у гільзу без поршневих кілець, і зусилля на динамометрі при температурі 20°C має становити 3,5-4,5 кгс, при товщині стрічки 0,05 мм та ширині 13 мм. Поршневі кільця повинні мати зазор у замку перед встановленням на поршень. При заміні кілець, якщо гільза не змінюється і не шліфується, верхнє кільце слід ставити лужне, а не хромоване, оскільки хромовані

кільця гірше прилягають до зношеної гільзи. Поршневий палець підбирають до поршня за груповою розбивкою.

Перед збиранням поршень нагрівають у гарячій воді до 60°C , щоб палець вільно заходив у бобики поршня. Палець до шатуна підбирають за кольоровим маркуванням, яке має бути однаковим. Під тиском великого пальця палець повинен щільно входити в отвір шатуна. При встановленні поршня в блок необхідно керуватися написами на боковій поверхні поршня "Назад". Стопорні кільця поршневого пальця мають вусяки для захоплення їх щипцями.

Колінчастий вал і вкладиші

При діаметрі шатунних шийок $60_{-0,013}$ мм і корінних $70_{-0,013}$ мм радіальний зазор між шийками і підшипниками становить відповідно 0,030-0,069 мм і 0,036-0,081 мм. Підгонка вкладок недопустима. Осьовий зазор колінчастого валу вимірюють індикатором, встановленим на торці блоку. Переміщуючи вал важелем, за показаннями індикатора вимірюють зазор, який має бути в межах 0,075-0,175 мм. Зазор регулюють підбором товщини передньої сталєбабітової опорної шайби. Сталєбабітові шайби випускаються наступних товщин: 2,35-2,375 мм, 2,375-2,40 мм, 2,40-2,425 мм, 2,425-2,450 мм.

Моменти затягування гайок шатунних болтів і шпильок кришок корінних підшипників повинні становити відповідно 6,8-75 кгс·м та 10-11 кгс·м. Передній сальник колінчастого валу, запресований у кришку розподільних шестерень, потрібно правильно встановити й відцентрувати по шийці валу. Це виконують за допомогою оправки, яка встановлюється на кінець колінчастого валу при монтажі кришки розподільних шестерень (рис. 3.1.5.3).

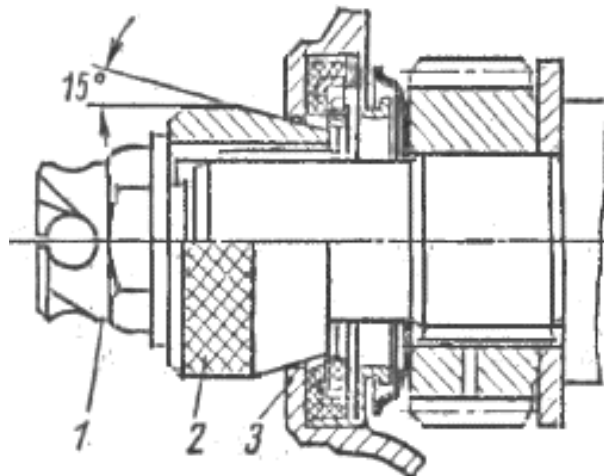


Рисунок 3.1.5.3 – Встановлення кришки розподільних

шестерень: 1 – храповик; 2 – оправка; 3 – кришка

Після встановлення кришки затягують гайки і виймають оправку. Торці кришки переднього корінного підшипника обробляють одночасно з блоком.

При встановленні кришки необхідно прослідкувати, щоб на місці контакту блоку і кришки не було нагару. Якщо бокові ущільнюючі гумки, що заходять в бокові пази сальникотримача ущільнення заднього кінця колінчастого валу, після встановлення виступають над рівнем нижньої площини блоку, то їх необхідно акуратно підрізати. Гумки повинні виступати над нижньою поверхнею блоку не більше ніж на 1,5-2,0 мм .

При кожній заміні вкладок, а також при інших роботах необхідно чистити порожнини шатунних шийок колінвалу. Для цього необхідно викрутити пробки уловлювачів бруду і видалити із порожнин відкладення скребками і щітками.

Корінні вкладки двигунів рекомендовано замінити через 60,0 тис. км пробігу автомобіля. Цей термін – орієнтувальний і залежить від умов експлуатації використанні моторної оливи, запиленості повітря та ін.

Шатунні шийки працюють в кращих умовах, тому що змащуються чистішою оливою. Профілактична заміна шатунних вкладок не рекомендується. Одночасно з профілактичною заміною вкладок, заміняємо поршневі кільця, очищуємо головку блоку і днища поршнів від нагару, притерти клапани. Такий профілактичний ремонт підвищує термін служби двигуна до капітального ремонту. Не потрібно розкомплектовувати колінчастий вал з маховиком і зчепленням, тому що цей вузол проходить на заводі балансування в зборі. Не рекомендується розкомплектовувати розподільні шестерні, тому що їх підбирають за шупами.

Головка блоків циліндрів

Направляючі втулки клапанів при необхідності можна висвердлити, а сидла вирізати на свердлильному верстаті зенкером із твердого сплаву.

Після видалення сидел гнізда в головці розточити (або розвернути) під ремонтний розмір: гнізда впускних клапанів до діаметру 38,75 ^{+0,027}. При

запресуванні сідел і втулок необхідно нагріти головку до 170°C , а сідел і втулки охолодити в сухому льоді. При цьому сідла і втулки встановлюються на місце майже без зусилля, або легким ударом ручки молотка по оправці. Якщо немає можливості нагріти головку до 170°C допустимо нагріти до $100\text{--}110^{\circ}\text{C}$. Запресування в холодну головку приведе до випадання сідла.

3.1.6. Розрахунок режимів механічної обробки шийок колінчастого валу двигуна ЗМЗ-53А

Розрахунок шліфувальної операції

Механічна обробка покриття, що наноситься на зношенні поверхні, є завершальною операцією в технології відновлення деталей. Шліфування застосовують, якщо твердість оброблюваної поверхні більше HRC 35-40 або потрібно отримати високу точність обробки і малу шорсткість.

Розрахунок шліфувальної операції проведемо на прикладі чорнового шліфування корінних шийок. При чорновому шліфуванні проводиться велике знімання металу, що неминуче проводить до появи внутрішньої напруги. Щоб уникнути деформації валу обробку шийок колінчастих валів необхідно проводити в наступній послідовності:

1. Чорнове шліфування шатунних шийок.
2. Чорнове шліфування корінних шийок.
3. Чистове шліфування шатунних шийок.
4. Чистове шліфування корінних шийок.
5. Полірування шийок.

У будь-якому іншому порядку шліфування вал деформується і співвісність корінних шийок порушується, у зв'язку з цим доводиться вводити додаткову правку чавунного колінчастого валу. Шліфування корінних шийок слід починати з найбільш зношеної шийки. Якщо зношення їх приблизно однакове, обробку слід вести в наступному порядку: 3, 2, 1, 4, 5.

Вихідні дані:

6. Необхідний діаметр корінної шийки, D_x - 69,0 мм;
7. Діаметр корінної шийки до шліфування, D - 69,2 мм;
8. Вибираємо круглошліфувальний верстат ЗБ161;
9. Довжина оброблюваної шийки, $L_{ш}$ - 30 мм;
10. Кількість шийок, $N_{ш}$ - 5;

11. Вибраний шліфувальний круг – 1А50СТ1К5;

12. Діаметр круга, D_k – 600 мм;

Ширина круга, B_k – 20 мм.

Визначаємо розрахункову швидкість обертання деталі:

$$V_{\partial} = \frac{C_v \cdot D_{\partial}}{T \cdot t \cdot \beta} \text{ (м/хв)}, \quad (3.22)$$

де C_v – коефіцієнт нерівномірності, приймаємо $C_v = 0,35$; [12]

T – стійкість шліфувального круга, приймаємо $T = 40$ (хв);

t – глибина шліфування, приймаємо $t = 0,05$;

β – розрахунковий коефіцієнт шліфування, приймаємо $\beta = 0,35$; [12]

$$V_{\partial} = \frac{0,35 \cdot 69,2}{40 \cdot 0,05 \cdot 0,35} = 11,4 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання деталі:

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot V_{\partial}}{\pi \cdot D_{\partial}} \text{ (об/хв)}, \quad (3.23)$$

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot 11,4}{3,14 \cdot 69,2} = 50 \text{ (об/хв)}.$$

Швидкість обертання шліфувального круга для чорнового шліфування приймаємо рівню $V_k = 28$ (м/сек).

Подовжню подачу каменю для чорнового шліфування приймаємо $S_k = 0,7$ (м/хв).

Визначаємо швидкість переміщення столу за формулою:

$$V_c = \frac{S_{\text{пр}} \cdot n_{\partial}}{1000} \text{ (мм/хв)}, \quad (3.24)$$

де $S_{\text{пр}}$ – переміщення оброблюваної деталі уздовж її осі за один оборот;

$$S_{\text{пр}} = B_k \cdot \beta \text{ (мм/об)}, \quad (3.25)$$

де B_k – ширина шліфувального круга (мм);

$$S_{\text{пр}} = 20 \cdot 0,35 = 7 \text{ (мм/об)},$$

$$V_c = \frac{7 \cdot 50}{1000} = 0,35 \text{ (мм/хв)}.$$

Значення $V_c = 0,35$ (мм/хв) знаходиться в межах швидкостей переміщення столу, вказаних в паспортних даних вибраного верстата.

Основне навантаження при шліфуванні доводиться на чорнове шліфування.

Визначаємо ефективну потужність для обертання шліфувального

круга за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_k}{1020 \cdot 60} \text{ (кВт)}, \quad (3.26)$$

де P_z – тангенціальна сила різання;

C_p – коефіцієнт нерівномірності, приймаємо $C_p = 2,7$; [12]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot V_d \cdot S_{\text{пр}} \cdot t \text{ (Н)}, \quad (3.27)$$

$$P_z = 10 \cdot 2,7 \cdot 11,4 \cdot 7 \cdot 0,05 = 59,7 \text{ (Н)}.$$

$$N_{\text{еф}} = \frac{59,7 \cdot 2261}{1020 \cdot 60} = 2,2 \text{ (кВт)}.$$

Визначаю необхідну потужність за формулою:

$$N_{\text{пм}} = \frac{N_{\text{еф}}}{3} \text{ (кВт)}, \quad (3.28)$$

де 3 - ККД шліфувального верстата, приймаємо $3 = 0,75$; [12]

$$N_{\text{пм}} = \frac{2,2}{0,75} = 2,93 \text{ (кВт)},$$

Потужність вибраного верстата достатня для чорнового шліфування корінних шийок на вибраних режимах.

Норми часу на механічну обробку (штучний час) визначаються за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{ф}} \text{ (хв)}, \quad (3.29)$$

де $T_{\text{шт}}$ – штучний час (хв);

$T_{\text{о}}$ - основний (технологічний) час (хв);

$T_{\text{в}}$ – допоміжний час;

Приймаємо $T_{\text{в}} = 1,5$ (хв); [12].

$T_{\text{обс}}$ – час на обслуговування робочого місця і устаткування (хв).

Приймаємо 5% від $(T_{\text{осн}} + T_{\text{в}})$; [12].

$T_{\text{ф}}$ - час на фізичні потреби і відпочинок (хв).

Приймаємо 5% від $(T_{\text{осн}} + T_{\text{в}})$; [12].

Визначаю основний технологічний час за формулою:

$$T_{\text{осн}} = \frac{2 \cdot L \cdot h}{n_d \cdot S_{\text{пр}} \cdot t} \cdot K \text{ (хв)}, \quad (3.30)$$

де L - довжина повздовжнього ходу деталі (мм);

h – припуск на обробку (мм), приймаємо $h = 1,3$ (мм); [12]

K – коефіцієнт, що враховує точність шліфування і зношуваність

круга, приймаємо $K = 1,3$ при чорновому шліфування, $K = 1,5$ при чистовому шліфуванні. [12]

Визначаємо довжину повздовжнього ходу деталі за формулою:

$$L = L_{\text{ш}} - B_k (\text{хв}), \quad (3.31)$$

де $L_{\text{ш}}$ - довжина оброблюваної корінної шийки колінвалу (мм);

B_k - ширина круга (мм);

$$L = 30 - 20 = 10 (\text{хв}).$$

$$T_o = \frac{2 \cdot 10 \cdot 1,3}{50 \cdot 7 \cdot 0,05} \cdot 1,3 = 2 (\text{хв}).$$

Час витрачений на шліфування п'яти корінних шийок складає:

$$T_o^5 = 2 \cdot 5 = 10 (\text{хв}),$$

$$T_o^5 = 10 + 1,5 + 0,58 = 12,7 (\text{хв}).$$

Розрахунок шатунних шийок виконується аналогічно. Отримані результати зведені в таблиці 3.1.6.1.

Таблиця 3.1.6.1 Режими механічної обробки колінчастих валів

Найменування операції	V_d , м/хв.	v_a , об/хв.	V_k , м/сек.	V_c , мм/хв.	S_{np} , мм/об	Повздовжня подача каменя, S_k , м/хв.	Глибина шліфування каменя S_k , хв.	T_o , хв
Чорнове шліфування корінних шийок	11,4	50	28	0,35	7	0,7	0,05	10
Чистове шліфування корінних шийок	19	85	32	0,6	7	0,4	0,01	6

3.2 Розробка конструкторських рішень

3.2.1. Обґрунтування доцільності розробки пристосування

Прогорання прокладок головок циліндрів двигунів – один з

найпоширеніших дефектів, який може виникати у двигунах з різними пробігами і термінами експлуатації. Цей дефект має два основних види: прогорання прокладок і головок по перемичках між сусідніми камерами згорання та точкове руйнування нижньої площини головки в зоні біля впускних клапанів і циліндра.

Прогорання прокладок і головок по перемичках між камерами згорання відбувається через порушення щільності стику між головкою та блоком циліндрів. Причинами цього є недостатньо затягнуті болти кріплення головки циліндрів, перегрівання двигуна або недостатній рівень охолоджуючої рідини. Точкове руйнування нижньої площини головки та прогорання прокладок виникають внаслідок детонаційного згорання горючої суміші в циліндрах. Механізм руйнування полягає у точковому перегріванні циліндрично-поршневої групи, що може призвести до руйнування та прогорання прокладок головок блоків циліндрів, перемичок між камерами згорання, головки блоку біля впускного клапана та температурного деформування головки блоку.

Перевірити площину прилягання головки до блоку циліндрів можна на контрольній плиті, використовуючи щуп для визначення непрямолінійності. Непрямолінійність площини головки допускається не більше 0,03 мм.

Якщо значення короблення перевищує цю норму, головку потрібно шліфувати. Контроль якості площини головки блоку під час ремонту двигунів є надзвичайно важливим, оскільки від цього залежить якість ремонтних робіт і надійність відремонтованого двигуна.

Для якісної діагностики стану площини головки блоку пропонується спеціальне пристосування. Це пристосування, оснащене вмонтованим індикатором, точно визначає ступінь і місце короблення головки блоку. Використання такого пристосування дозволяє прискорити діагностику, підвищити точність вимірювань та запобігти браку в роботі (рис. 3.2.1.1).

3.2.2. Будова та принцип дії пристосування

Для двигунів ЗМЗ-53А теплові зазори для впускних і випускних клапанів повинні становити 0,25-0,30 мм на холодному двигуні.

Для регулювання зазору необхідно встановити поршень першого циліндра у ВМТ кінця такту стиску (рис. 3.2.1.1) і за допомогою щупа перевірити зазор між коромислами й стрижнями клапанів першого циліндра. Відвернути контргайку

регулювального гвинта й, повертаючи гвинт викруткою, установити необхідний зазор, загвинтити гайку й знову перевірити зазор. Повертаючи колінчатий вал рукояткою кожного разу на 90° , відрегулювати зазори в клапанах інших циліндрів у послідовності, що відповідає порядку роботи двигуна. На рис. 3.2.1.1 мітки для регулювання клапанів на двигунах ЗМЗ-53А: 1 - показчик запалювання; 2 - мітка (ризика) на шківі колінчатого вала.

Для перевірки якості робіт необхідно встановити на місце зняті деталі й прилади, запустити й прогріти двигун, прослухати його роботу. При правильно відрегульованих зазорах стукотів у клапанному механізмі не повинно бути. Оскільки в процесі виконання контрольних робіт не прикладаються значні зусилля до деталей пристосування, немає потреби розраховувати деталі на міцність.

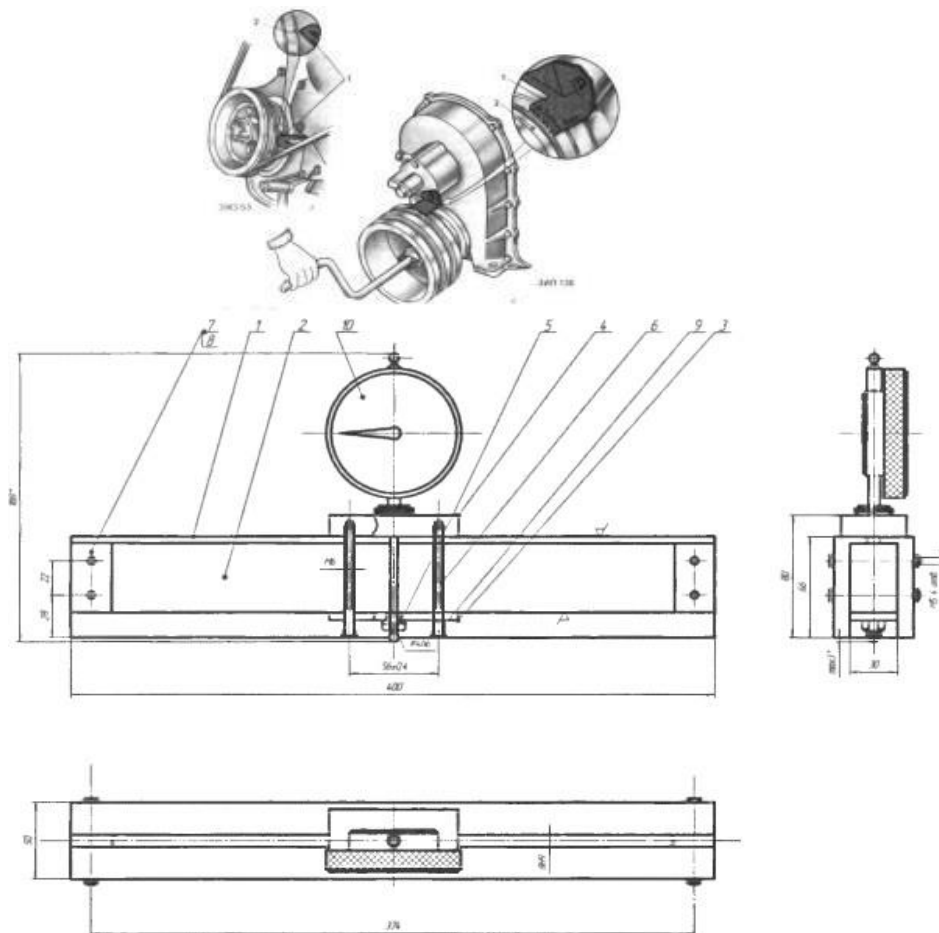


Рисунок 3.2.1.1– Пристосування для контролю площини головки блоку
циліндрів двигуна ЗМЗ-53А

3.2.3. Застосування пристосувань в ремонтному виробництві, критерії вибору номенклатури оснастки

На автопідприємствах, ремонтних заводах та станціях технічного обслуговування приймаються технічні рішення для вдосконалення конструкцій пристосувань, виконуються розрахунки на міцність елементів пристосувань і їх приводів, з урахуванням умов закріплення і режимів механічної обробки заготовок деталей відповідно до розроблених нових технологічних процесів.

Витрати на виготовлення, придбання та експлуатацію різноманітної технологічної оснастки становлять до 20% від вартості обладнання. Останнім часом значно підвищився рівень механізації та автоматизації пристосувань, проведена велика робота по стандартизації їх деталей, вузлів і окремих конструкцій.

У сучасному машинобудуванні все більшого поширення набуває оснащення, скомпоноване зі стандартних деталей і вузлів, а також стандартні конструкції пристроїв, що виготовляються на спеціалізованих заводах. Проте, в ряді випадків для оригінальних і складних у виготовленні деталей, а також при зміні об'єкта виробництва, машинобудівним заводам доводиться своїми силами проектувати і виготовляти технологічне оснащення для забезпечення заданої точності і високопродуктивної обробки.

3.2.4. Аналіз конструкції пристосування для закріплення деталі при фрезеруванні пазів в шатуні і кришці шатуна під вкладиші і його роботи

Пристосування (рис. 3.2.4.1) використовується для фіксації деталі під час фрезерування пазів у шатунах і кришках шатунів під вкладиші, базуючи заготовку на торцевій поверхні шатуна. Воно обладнане пневматичним приводом, що включає гальмівну камеру 1, штуцер 2, трубопровід 3 та ніпель 4.

При ввімкненні пневморозподільника 7 подачі повітря, в пневмокамеру подається повітря, і шток пневмокамери 13 через важіль 12 переміщує затискачі 15 вниз, фіксуючи деталь у пристосуванні. Підйом затискачів здійснюється під дією пружин 14.

Використання пневмопривода при фіксації деталі в пристосуванні значно знижує розсіювання зусиль затиснення. Це дозволяє уникнути можливих деформацій деталей та неточностей після обробки, що можуть виникати при

ручному закріпленні деталі через перезатягування.

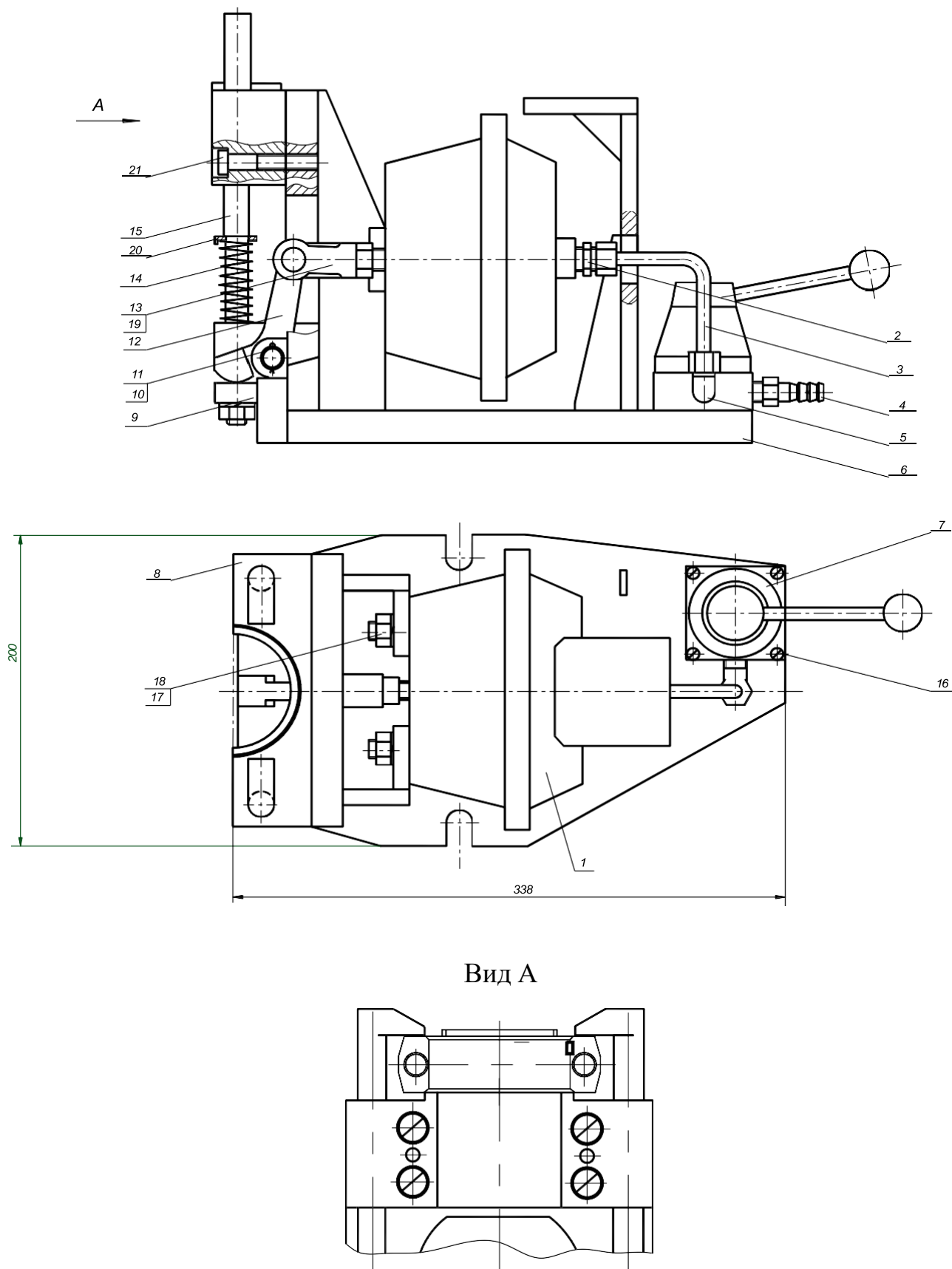


Рисунок 3.2.4.1– Пристосування для закріплення деталі при
фрезеруванні пазів в шатуне і кришці шатуна під вкладиш

3.2.5. Силевий розрахунок пристосування

Для визначення сили закріплення потрібно враховувати величини і напрямки дій сил обробки, а також моменти, що діють на об'єкт під час обробки. Схеми розміщення настановних і затискних елементів також є важливими.

При розрахунку сили закріплення, враховуючи схему базування та прийняту схему передачі зусилля від приводу до затискних елементів, визначають величини реакцій в точках контакту об'єкта з установочними і затискними елементами. Значення реакцій визначаються з умови статистичної рівноваги.

Під час механічної обробки на заготовлю діють вертикальна і горизонтальна сили, а також крутний момент M . Вертикальна сила сприймається опорними площинами пристосування, а момент M намагається повернути заготовлю в пристосуванні. Для недопущення зносу опорних поверхонь сила W повинна перевищувати сили, що намагаються повернути заготовлю. Для цього необхідно використовувати привід, який забезпечить необхідну силу закріплення.

Визначення необхідної сили затиску заготовки в пристосуванні ґрунтується на умовах рівноваги, які записуються шістьма рівнями статички з використанням коефіцієнта запасу сили затиску. У загальному випадку можна використовувати два основних вираження через зусилля.

$$k \cdot \sum_{i=1}^n P_{акт_i} = \sum_{j=1}^m P_{прот_j} ; \quad (3.32)$$

через моменти

$$k \cdot \sum_{i=1}^n M_{акт_i} = \sum_{j=1}^m M_{прот_j} , \quad (3.33)$$

де k – коефіцієнт запасу сили затиску;

$P_{акт_i}, M_{акт_i}$ – зусилля і момент, що виникають під час механічної обробки.

Значення коефіцієнта запасу сили затискання знаходяться з урахуванням табличних даних і рекомендацій:

$$k = k_0 \cdot \sum_{i=1}^6 k_i, \quad (3.34)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт сили затиску;

k_1 – коефіцієнт, що залежить від якості базової поверхні заготовки урахуванням нерівномірності припуску на механічну обробку

($k_1 = 1,0$ для чистової обробки і $k_1 = 1,2$ для чорнової обробки);

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту ($k_2 = 1,0 - 1,7$);

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час обробки не суцільне поверхонь заготовки ($k_3 = 1,0$ – обробка цілих поверхонь, $k_3 = 1,2$ – обробка не цільних поверхонь);

k_4 – коефіцієнт, що враховує безперервну дію сили затиску, яка створює силовим приводом пристосування ($k_4 = 1,2$ – для пневматичних, гідравлічних, приводів з використанням важелів);

$k_5 = 1,5$ – точки контакту розміщені невизначено;

k_6 – коефіцієнт, що враховує тип приводу пристосування ($k_6 = 1$ – для приводів тип 1; $k_6 = 1,2$ – для приводів тип 2).

За вихідними даними умови застосовуються коефіцієнти.

Тоді

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 3,978.$$

Коефіцієнт запасу повинен бути не менше 2,5. Умова виконується. Приймаємо $k = 3,978$.

Умовою заощадження рівноваги є усунення провороту зміщення відносно осі симетрії (рис.3.2.5.1).

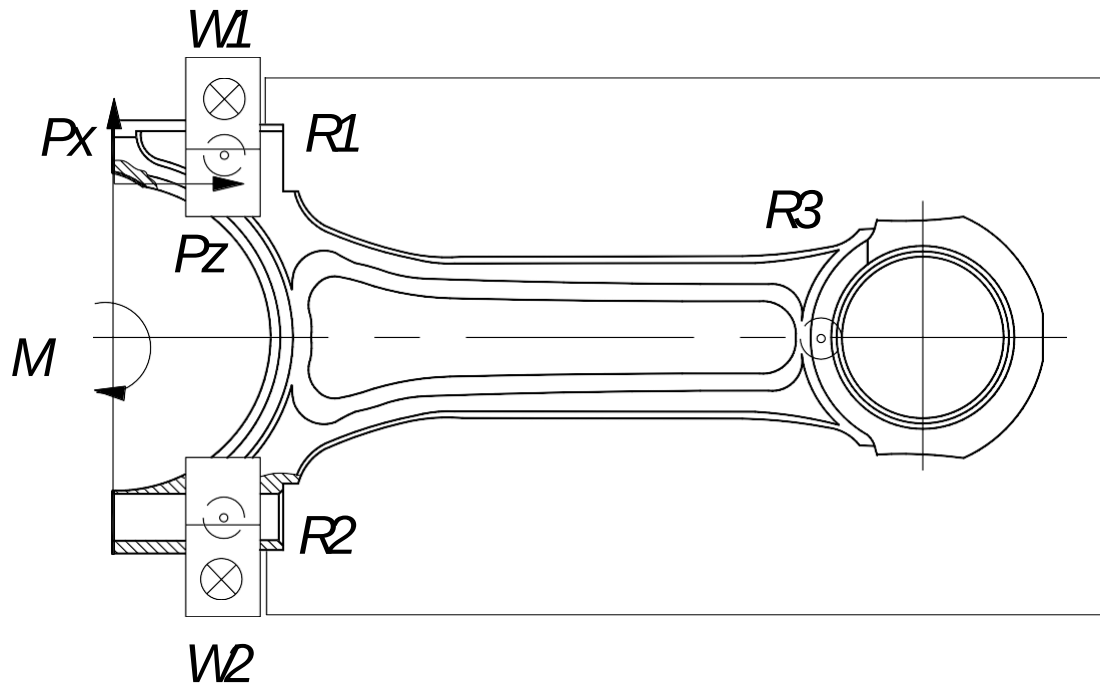


Рисунок 3.2.5.1 – Схема сил, що діють на шатун при фрезеруванні паза

$$KM = W \cdot r_1 \cdot f, \quad (3.35)$$

де W – зажимна сила,

M – момент різання;

r_1 – радіус закріплення заготовки;

f – коефіцієнт тертя ($f = 0,16$);

$$M = P_z \cdot l \quad (3.36)$$

де l – плече, $l = 42,5$ мм..

Після підстановки в (3.4) значень отримаємо

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot l}{f \cdot (r_1)} = \frac{3,978 \cdot 642 \cdot 0,0425}{0,16 \cdot (0,0425)} = 15961 \text{ Н}; \quad (3.37)$$

$$W_1 = W_2 = W / 2 = 15961 / 2 = 7980 \text{ Н}. \quad (3.38)$$

Для подальших розрахунків приймаємо отримане значення сили закріплення, що визначається на підставі умови рівноваги.

3.2.6. Конструювання і розрахунок пневматичного приводу

Розрахунок пневмоциліндра зводиться до визначення діаметра D циліндра по відомим необхідним зусиллям приводу Q , часу t_c спрацювання пневмо-циліндра, товщини d стінки пневмоциліндра і визначення необхідних геометричних параметрів елементів пневмоциліндра, які сприймають навантаження.

Визначення діаметра циліндру:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot p_p \cdot \eta}}, \quad (3.39)$$

де $\eta = 0,85 - 0,9$ – коефіцієнт корисної дії;

p_n – номінальний тиск повітря в циліндрі ($p = 0,63$ МПа).

Отримали в результаті розрахунків $D = 50$ мм.

Час спрацювання:

$$t_c = 22,8 \cdot 10^{-8} \frac{\varepsilon \cdot s}{\beta^2 \sqrt{\varepsilon^{1,43} - \varepsilon^{1,715}}}, \quad (3.40)$$

$$t_c = 84,4 \cdot 10^{-8} \frac{\varepsilon \cdot s}{\beta^2}, \quad (3.41)$$

де $\beta = \frac{d_0}{D}$ – відношення діаметра пневмотрубопроводу до діаметру циліндра,

$\varepsilon = \frac{p_0}{p_n}$ – відношення тиску повітря до номінального (магістрального),

s – хід поршня.

Формулу (3.6) слід використовувати, якщо $\varepsilon \geq 0,528$, а (3.41) – якщо $\varepsilon \leq 0,528$.

Для серійного і масового виробництва час спрацювання пневмоциліндрів знаходиться в межах 0,5-1,2 с.

Відношення приведеної сили опору F_r переміщення поршня до його скоригованої площі є тиском повітря при початковому моменті руху поршня:

$$p_0 = \frac{F_r}{S_n \cdot f}, \quad (3.42)$$

де S_n – площа перерізу поршня (циліндра);

$f = 0,36 - 0,52$ – показник тертя між кільцями ущільнювачів (манжетами) і дзеркалом циліндра.

Сила опору переміщення поршня F_r визначається як

$$F_r = \frac{\pi \cdot N \cdot b \cdot u \cdot f}{\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}}, \quad (3.43)$$

де N – радіальна деформація кільця ущільнювача;

b – ширина канавки ущільнювача кільця (ГОСТ 9833-73), манжети (ГОСТ 6969-54);

u – кількість кілець ущільнювачів, встановлених на поршні;

E_1, E_2 – модулі пружності кілець (манжет), і циліндра відповідно ($E_1=1,5-5,0$ МПа – для гуми; $E_2 = 2,1 \cdot 10^{-5}$ МПа – для сталі; $E_2=1,2 \cdot 10^{-5}$ МПа – для чавуну; $E_2=1,0 \cdot 10^{-5}$ МПа – для алюмінію);

C_1, C_2 – коефіцієнти, які визначаються за формулами

$$C_1 = \frac{D^2 + d}{D^2 - d^2} - \mu_1, \quad (3.44)$$

$$C_2 = \frac{d + D^2}{d^2 - D^2} - \mu_2, \quad (3.45)$$

де d_1 – внутрішній діаметр канавки на поршні;

d_2 – зовнішній діаметр кільця ущільнювача,

μ_1, μ_2 – коефіцієнти Пуассона (для гуми $\mu_1 = 0,46 - 0,49$; для сталі $\mu_2 = 0,25 - 0,3$; для чавуна $\mu_2 = 0,23 - 0,27$ для алюмінію $\mu_2 = 0,31 - 0,34$).

Для пневмоциліндрів з круглим перетином повітрянопрохідних каналів діаметр трубопроводу визначається як

$$d_0 = \sqrt{\frac{D^2 \cdot s}{t_c \cdot V_n}}, \quad (3.46)$$

де V – швидкість переміщення повітря.

За даними уточнюється умовний прохід du трубопроводу, який приймається далі як розрахунковий.

Підставляючи значення в формули (3.39) – (3.46) отримаємо $t_c = 0,5$ с.

Стінка циліндра:

$$\delta \geq \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{[G_p] + 1,2P_{max}}{[G_p] - 1,2P_{max}}}, \quad (3.47)$$

де $[G_p]$ – допустима напружка матеріалу циліндра на розтягнення ;

p_{max} – максимальний тиск в пневмосистемі.

За розрахунком значення δ уточнюється, $\delta = 1,5$ мм.

3.3 Розробка проектних рішень

3.3.1. Розрахунок кількості виробничих постів, вибір і обґрунтування методів організації виробництва на постах

Кількість робочих постів розраховується окремо для кожного виду технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР).

Щоденне обслуговування (ЩО) передбачає перевірку технічного стану рухомого складу для забезпечення безпеки, підтримку належного зовнішнього вигляду, заправку паливом, маслами та охолоджувальною рідиною. Для деяких видів транспорту включає санітарну обробку кузова.

ЩО виконується переважно після робочого дня транспортного засобу на лінії. Перевірка технічного стану проводиться також перед виїздом на лінію і при зміні водіїв. Виробничі зони ЩО відповідають за підтримку зовнішнього вигляду транспортних засобів. Інші роботи ЩО виконуються водіями у підготовчо-заклучний час і механіками контрольно-технічних пунктів (КТП).

Зважаючи на ці особливості, кількість постів для зони ЩО в автотранспортному підприємстві (АТП) визначається за формулою:

$$П_{\text{ЩО}} = \varphi \cdot \sum D_{\text{ндщО}} / \eta_v \cdot \Phi_{\text{дщО}} = 1,15 \cdot 33,1 / 0,95 \cdot 6,7 = 5,98 \quad (3.48)$$

Іє φ - коефіцієнт нерівномірності завантаження робочих постів [28, 29, 30, 31];

$\Sigma D_{ндщО}$ - добова тривалість впливів ЩО;

η_B - коефіцієнт використання робочого часу постів ЩО;

$\Phi_{дщО}$ - добова тривалість робочого періоду зони ЩО, кількісне значення якої підраховано в графі "ЩО" 8-го рядка таблиці 1.1.3

Приймаємо $P_{щО} = 6$

Якщо розрахункова кількість постів ЩО перевищує два, рекомендується виконувати роботи щоденного обслуговування на потокових лініях з трьома або чотирма постами на кожній лінії. У такому випадку загальна кількість робочих постів ЩО повинна бути кратною трьом або чотирьом. Ми організуємо потокову лінію ЩО з чотирма постами на кожній лінії. Для своєчасного забезпечення потокових ліній ЩО необхідною кількістю рухомого складу передбачається один пост очікування на кожну потокову лінію.

Обслуговування ТО-1 включає виконання контрольнo-діагностичних, регулювальних та кріпильних робіт по системам і механізмам дорожніх транспортних засобів для забезпечення безпеки руху, а також робіт з мащення автомобіля. ТО-1 виконують після повернення автомобіля з лінії в міжзмінний період. Роботи ТО-1 можна виконувати разом із Д-1 (суміщене ТО-1), або окремо від нього (самостійне ТО-1).

Загальна розрахункова кількість постів ТО-1 разом із Д-1 визначається за відповідною формулою:

$$P_{ТО-1+Д-1} = \Phi \cdot \Sigma D_{ндТО-1} / \eta_B \cdot \Phi_{дТО-1} = 1,09 \cdot 16,94 / 0,93 \cdot 6,7 = 2,96 \quad (3.49)$$

де $\Sigma D_{ндТО-1}$ - добова тривалість впливів ТО - 1 і Д - 1, кількісне значення якої підраховано в графі "ТО - 1" десятого рядка таблиці 1.1.3;

$\Phi_{дТО-1}$ - добова тривалість робочого періоду зон ТО - 1 і Д - 1.

Відокремлене значення розрахункової кількості постів Д - 1 в загальному вигляді визначається за залежністю:

$$P_{Д-1} = \Phi \cdot \Sigma T_{рдТО-1} / \eta_B \cdot \Phi_{рТО-1} \cdot \Phi_{дТО-1} \cdot P_{пд-1} = 1,09 \cdot 1731,1 / 0,92 \cdot 365 \cdot 6,7 \cdot 1 = 0,84. \quad (3.50)$$

де $\Sigma T_{рдТО-1}$ - загально річна трудомісткість діагностики в складі трудовитрат на ТО- 1;

$\Phi_{рТО-1}$ - річна тривалість робочого періоду ТО - 1;

$P_{пд-1}$ - кількість працюючих на постах Д-1, ($P_{пд-1} = 1...2$).

Розрахункова кількість постів ТО-1 буде визначатись як різниця виразів тобто:

$$П_{ТО-1} = П_{ТО-1+Д-1} - П_{Д-1} = 2,96 - 0,84 = 2,12 \quad (3.51)$$

Приймаємо $П_{ТО-1} = 3$

Обов'язкові роботи з ТО-2 включають поглиблену перевірку технічного стану всіх основних механізмів і систем дорожніх транспортних засобів. Вони містять виконання кріпильних, регулювальних, змащувальних та інших робіт, спрямованих на попередження несправностей, зниження інтенсивності погіршення технічного стану рухомого складу та зменшення його негативного впливу на довкілля. Ці роботи виконуються під час експлуатаційного періоду в першу зміну. У загальному вигляді розрахункова кількість постів ТО - 2 разом із Д - 2:

$$П_{ТО-2+Д-2} = \varphi \cdot \sum D_{ДТО-2} / \eta_B \cdot \Phi_{ДТО-2} = 1,09 \cdot 25,92 / 0,98 \cdot 6,7 = 4,3 \quad (3.52)$$

де $\sum D_{ДТО-2}$ - добова тривалість впливів ТО - 2 і Д - 2, кількісне значення якої підраховано для даного типу рухомого складу в графі "ТО - 2" одинадцятого рядка таблиці 1.1.3;

$\Phi_{ДТО-2}$ - добова тривалість робочого періоду зон ТО - 2 і Д - 2;

Відокремлене значення розрахункової кількості постів Д - 2 в загальному вигляді визначається за залежністю:

$$П_{Д-2} = \varphi \cdot \sum T_{РДТО-2} / \eta_B \cdot \Phi_{РТО-2} \cdot \Phi_{ДТО-2} \cdot P_{ПД-2} = 1,09 \cdot 1634,9 / 0,92 \cdot 303 \cdot 6,7 \cdot 1 = 0,95 \quad (3.53)$$

де $\sum T_{РДТО-2}$ - загально річна трудомісткість діагностики в складі трудовитрат ТО-2;

$\Phi_{РТО-2}$ - річна тривалість робочого періоду ТО - 2;

$P_{ПД-2}$ - кількість працюючих на постах Д - 2, ($P_{ПД-2} = 1...2$).

Розрахункова кількість постів ТО - 2 визначається аналогічно:

$$П_{ТО-2} = П_{ТО-2+Д-2} - П_{Д-2} = 4,3 - 0,95 = 3,35 \approx 4$$

Кількість постів для ТО-2 і Д-2 визначається шляхом округлення розрахункових значень. Діагностика Д-2 виконується на окремих постах у спеціальній виробничій зоні, тоді як роботи з ТО-2 проводяться на

спеціалізованих тупикових постах. Перед постами ТО-2 облаштовуються пости очікування у співвідношенні 20% від кількості робочих постів.

Поточний ремонт призначений для усунення несправностей, пошкоджень та відмов, які виникають під час експлуатації рухомого складу. Роботи поточного ремонту зазвичай виконуються в першу і другу зміни. Розрахункова кількість постів ПР в загальному вигляді за залежністю:

$$P_{\text{ПР}} = 2 \cdot \varphi \cdot \sum D_{\text{НДПР}} / \eta_{\text{В}} \cdot \Phi_{\text{ДПР}} = 2 \cdot 1,12 \cdot 28,65 / 0,95 \cdot 13,4 = 5,04 \approx 5 \quad (3.54)$$

де $\sum D_{\text{НДПР}}$ - добова тривалість впливу ПР; $\Phi_{\text{ДПР}}$ - добова тривалість робочого періоду зони ПР.

Роботи ПР рекомендується виконувати на спеціалізованих тупикових або проїзних постах. Нормативи із спеціалізації постів ПР наведені в таблицях [28, 29, 30, 31].

Крім розрахунку кількості робочих постів виробничих зон ТО і ПР рухомого складу визначають кількість постів контрольно-технічного пункту (КТП) з перевірки технічного стану дорожніх транспортних засобів при їх поверненні в АТП після роботи на лінії. Кількість постів КТП за залежністю:

$$P_{\text{КТП}} = A_E \cdot t_{\text{КО}} / 60 \cdot t_{\text{ПОВ}} \cdot P_{\text{П}} \cdot K_B = 265 \cdot 2 / 60 \cdot 2,5 \cdot 2 \cdot 0,7 = 2,8 \approx 3 \quad (3.55)$$

де A_E - експлуатаційна кількість автомобілів, яка визначена в тринадцятому рядку таблиці 1.1.3;

$t_{\text{КО}}$ - тривалість одного контрольного огляду транспортних засобів;

$t_{\text{ПОВ}}$ - тривалість повернення автомобілів в АТП після роботи на лінії;

$P_{\text{П}}$ - кількість працюючих на посту, приймається рівною двом (механік і водій);

K_B - коефіцієнт використання робочого часу постів КТП, який визначається за залежністю:

$$K_B = t_{\text{КО}} / (t_{\text{КО}} + t_{\text{П}}) = 2 / (2 + 1) = 0,7 \quad (3.56)$$

де $t_{\text{П}}$ - час на постановку і виїзд автомобіля з поста ($t_{\text{П}} = 1 \dots 3$ хв).

Таблиця 3.3.1 – Робочі пости виробничих зон

Вид впливу	Кількість робочих постів				
	Розрахунок ва	Прийнята			
		всього	в тому числі за змінами		
			I	II	III
ЩО	5,98	6			6
ТО – 1	2,12	3			3
ТО – 2	3,35	4	4		
Д – 1	0,84	1		1	
Д – 2	0,95	1	1		
ПР	5,04	5	5	5	

3.3.2. Розрахунок і підбір основного технологічного обладнання

До технологічного обладнання належать стаціонарні та переносні стенди, верстати, прилади, пристрої та виробничий реманент (стелажі, столи, шафи) і інше обладнання для виконання виробничого процесу.

Загальна кількість металообробних верстатів за залежністю:

$$B = \Sigma T_{PM} \cdot \varphi_d / \Phi_{РПР} \Phi_{ДПР} \cdot \eta_B = 6828,8 \cdot 1,2 / 303 \cdot 13,4 \cdot 0,7 = 2,88 \approx 3 \quad (3.57)$$

де ΣT_{PM} - загально річна трудомісткість механічних робіт АТП;

φ_d - коефіцієнт врахування трудовитрат допоміжних робіт з самообслуговування підприємства, які належать до ВГМ ($\varphi_d = 1,2 \dots 1,3$);

$\Phi_{РПР}$ - річна тривалість робочого періоду верстатів;

$\Phi_{ДПР}$ - добова тривалість робочого періоду верстатів;

η_B - коефіцієнт використання робочого часу верстата ($\eta_B = 0,7 \dots 0,8$).

Загальна кількість металообробних верстатів розподіляється між видами робіт у відсотковому співвідношенні: токарні - 60%, фрезерні - 12%, шліфувальні - 10%, заточні - 8%, стругальні - 5%, свердлильні - 5%.

Приймаємо $B = 3$:

Кількість установок для миття автомобілів дорівнює кількості потокових ліній ЩО рухомого складу, тобто двом. Для вибору конкретного типу мийної установки, яка забезпечить виконання виробничої програми з ЩО рухомого складу, необхідно попередньо визначити її пропускну здатність:

$$W = \varphi \cdot A_E / \Phi_{\text{ДЩО}} \cdot M_y \cdot \eta_B = 1,15 \cdot 265 / 6,7 \cdot 1 \cdot 0,95 = 47,88 \text{ авто/год},$$

де M_y - кількість мийних установок, яка дорівнює кількості потокових ліній ЩО.

За визначеною пропускну здатністю мийної установки вибирається її конкретна модель із довідникової літератури.

Кількість паливозаправних колонок для потреб АТП:

$$P_K = A_E \cdot D_3 / 60 \cdot \Phi_K = 265 \cdot 3 / 60 \cdot 3 = 4,41 \approx 5 \quad (3.58)$$

де $D_3 = t_{\text{пз}} + t_3 = 2 + 1 = 3$ - тривалість заправки одного автомобіля, хв;

$\Phi_K = 3$ год. - добовий робочий період паливозаправної колонки;

$t_{\text{пз}} = 1 \dots 3$ хв - підготовчо-заключний час па одну заправку;

$t_3 = V_{\text{дп}} / W_K = 62,5 / 30 = 2$ - тривалість заправки одного автомобіля, хв.;

$V_{\text{дп}} = 0,01 \cdot l_{\text{сд}} \cdot H_{\text{л}} = 0,01 \cdot 250 \cdot 25 = 62,5$ - середньодобові витрати палива одним автомобілем ГАЗ-5312.

де $H_{\text{л}} = 25$ л – лінійна витрата палива.

3.3.3. Склад приміщень підприємства і розрахунок їх площ

До складу приміщень автотранспортного підприємства входять:

- виробничі зони для щоденного обслуговування (ЩО), технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2), діагностики (Д-1, Д-2) та поточного ремонту (ПР);
- виробничі відділення;
- складські приміщення;
- зони зберігання, які включають відкриту стоянку автомобілів, намет або закриту стоянку автомобілів;
- обслуговуючі приміщення, такі як адміністративні, побутові, контрольно-пропускний пункт (КПП), диспетчерська, медичне обслуговування, громадське харчування, культурне обслуговування та приміщення для

громадських організацій.

Крім того, на території АТП розташовані технічні приміщення, такі як трансформаторна підстанція, компресорна, насосні станції, вентиляційна система, котельня та інші.

Площі зон зберігання, технічного обслуговування і поточного ремонту рухомого складу визначаються за залежністю:

Таблиця 3.3.1 – Площі зони зберігання рухомого складу і виробничих зон АТП

Зона	Габарити автомобіля, м	Площа автомобіля, м ²	Кількість постів П	Коефіцієнт щільності К _з	Площа зони, м ²	
					Розрахун-кова	Прийнята
Зберігання автомобілів	4,92x1,82	8,954	280	2,5	6268,1	6600
ЩО			6	4	214,9	216
ТО-1			3	4	107,5	216
ТО-2 і ПР			9	5	402,9	420
Д-1, Д-2			1	4	35,8	42
Всього					7029,2	7494

Площі зон зберігання, технічного обслуговування і поточного ремонту рухомого складу визначаються за залежністю:

$$F_z = F_a \cdot P_z \cdot K_z \quad (3.59)$$

де F_a - площа автомобіля в плані за габаритними розмірами;

P_z - число постів (автомобіле-місць) в даній зоні;

K_z - коефіцієнт щільності розміщення постів в зоні; $K_z = 6...7$ - при односторонньому розташуванні постів в зонах ТО і ПР, $K_z = 4...5$ - при двосторонньому розташуванні постів в зонах ТО і ПР і на потокових лініях ЩО і ТО- 1; $K_z = 2,5...3,0$ - для зон зберігання рухомого складу.

Остаточна визначена площа виробничих зон уточнюється під час планування виробничих корпусів та генерального плану автотранспортного підприємства (АТП). На кресленнях виробничих зон у масштабі позначаються пости і потокові лінії з дотриманням ширини проїздів, нормативних відстаней між автомобілями, обладнанням та елементами будівель.

Габарити рухомого складу при маневруванні, а також відстані до елементів будівельних конструкцій і стаціонарного обладнання в закритих приміщеннях зон зберігання та робочих постів технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) наводяться в таблицях [28, 29, 30, 31]. Норми відстаней між рухомим складом, а також між рухомим складом і елементами будівельних конструкцій у виробничих зонах ТО і ПР також зазначені в таблицях [28, 29, 30, 31].

На робочих постах використовується підйомно-оглядове обладнання для забезпечення доступу до нижніх елементів конструкції рухомого складу. Для підйому транспортних засобів на оглядових канавах використовуються пересувні або стаціонарні канавні підйомники.

Для оснащення виробничих зон підйомно-транспортним обладнанням для знімання та переміщення агрегатів у межах виробничих корпусів використовуються кран-балки.

Результати розрахунку площ зони зберігання і виробничих зон у таблиці 3.3.1

$$F_B = f_1 - f_2(P_E - 1) \quad (3.60)$$

де f_1, f_2 - питома площа, що припадає відповідно на першого і кожною наступного робітника (див. таблицю 3.3.2);

P_E - кількість робітників у найбільш завантажену зміну;

Для організації спеціалізованих постів у зварювальному, столярно-кузовному, арматурно-кузовному і малярному відділеннях необхідно забезпечити заїзди в ці відділення автомобілів, що відповідно призведе до необхідності збільшення площ. Додаткова площа спеціалізованих постів розраховується наступним чином:

$$F_d = F_A \cdot n \cdot k_d = 8,954 \cdot 1 \cdot 3 = 26,86 \quad (3.61)$$

де n - кількість спеціалізованих постів у відділенні; для зварювального, кузовного відділень у всіх АТП, а також малярного відділення у вантажних

АТП значення $p=1$; для малярних відділень пасажирських АТП $p=2$;

$k_d = 2,5 \dots 3,0$ - коефіцієнт щільності.

Для механізації робіт спеціалізованих постів у зварювальному і арматурно-кузовному відділеннях необхідно оснастити їх підйомно-оглядовим обладнанням, підйомником, перекидачем або оглядовою канавою.

Попередній розрахунок площ виробничих відділень у таблиці 3.3.2.

Для заповнення першої графі цієї таблиці використовуються дані, що містяться в попередніх таблицях (розділ 2).

Остаточна площа виробничих відділень визначається при плануванні виробничих корпусів АТП. Допустиме відхилення прийнятих при плануванні площ приміщень від розрахункових не перевищує 20%.

При плануванні акумуляторного відділення передбачається його розташування в трьох поєднаних між собою приміщеннях, що ізольовані від інших виробництв: одне - для ремонту, друге - для зарядки батарей, третє - для зберігання кислоти і приготування електроліту.

Входи у приміщення виконання акумуляторних робіт і ремонту паливної апаратури відокремлені від інших приміщень і коридорів тамбур -шлюзами.

Ширина виробничих приміщень має бути шириною не менше 3м.

Площі складських приміщень АТП визначаються виходячи із питомих нормативів на 1 млн. км пробігу рухомого складу залежно від його типу і коректуючих коефіцієнтів за залежністю:

$$F_C = \Sigma L_p \cdot F_n \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot k_9 = 22,229 \cdot F_n \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 24,5 \cdot F_n \quad (3.62)$$

де ΣL_p - загальний річний пробіг автомобілів певного типу, млн. км;

F_n - питома площа складських приміщень на 1 млн. км пробігу певного типу рухомого складу;

Таблиця 3.3.2 – Площі виробничих відділень

Назва виробничого відділення	Кількість працюючих у найбільшу зміну	Питомі площі на працівників, м ²		Додаткова площа для заїзду автомобілів, м ²	Площа виробничого відділення, м ²	
		f ₁	f ₂		Розрахункова	Прийнята при плануванні
Агрегатне	4	15	12		51	72
Електротехнічне	3	8	5		18	18
Акумуляторне	1	15	10		15	18
ТО і ремонт систем живлення	1	8	5		8	18
Шиномонтажне	1	15	10		15	18
Шиноремонтне	1	15	10		15	18
Арматурно–кузовне	1	15	10	26,86	41,86	48
Столярно–кузовне		15	10			
Арматурне	1	15	10		15	18
Зварювальне	2	15	10	26,86	51,86	72
Мідницьке	1	10	8		10	18
Бляхарське	2	12	10		22	24
Ковальсько–ресорне	1	15	10		15	18
Слюсарно–механічне	4	12	10		42	48
Оббивне	1	15	10		15	18
Малярне	3	15	10	53,73	88,73	120
Ремонтно–будівельне і санітарно–технічне ВГМ	2	12	10		22	24
Деревообробне ВГМ	1	12	10		12	18
Всього					457,45	588

$\kappa_6=1,0$ - коефіцієнт коректування площ залежно від чисельності технологічно сумісного рухомого складу;

$\kappa_7=1,4$ - коефіцієнт коректування площ залежно від типу рухомого складу;

$\kappa_8=0,9$ - коефіцієнт коректування площ залежно від висоти складування;

$\kappa_9=1,05$ - коефіцієнт коректування площ залежно від категорій умов експлуатації.

Результати розрахунку площ складських приміщень заносяться у таблицю 3.3.3.

Площі технічних приміщень визначають за нормативами, які наведені в таблицях [28, 29, 30, 31] Розміщуються технічні приміщення в основному у виробничих корпусах (компресорна і трансформаторна) і на території АТП (котельня, склад палива для котельні).

Таблиця 3.3.3 – Площі складських приміщень

Назва складу	Питома площа складського приміщення, м ² на 1 млн. км пробігу	Розрахункова площа складського приміщення, м ²	Прийнята площа складського приміщення, м ²	Розташування складів
Запасні частини	1,55	37,9	42	Виробничий корпус
Агрегати	2,3	56,2	66	Виробничий корпус
Експлуатаційні матеріали	1,4	34,2	36	Блок складів
Змащувальні матеріали	2,1	51,3	54	Виробничий корпус
Інструмент	0,15	3,7	12	Виробничий корпус
Кисень та ацетилен в балонах	0,2	4,9	12	Блок складів
Пиломатеріали		0		Блок складів
Метал, металобрухт, цінний утиль	0,3	7,3	12	Блок складів
Автомобільні шини	1,6	39,1	42	Виробничий корпус
Запчастини і матеріали ВГМ	0,5	12,2	18	Блок складів
Списані автомобілі і агрегати	6	146,7	156	Відкритий майданчик

Лакофарбові матеріали	0,5	12,2	18	Блок складів
Всього		405,7	468	

Площі технічних приміщень визначають за нормативами, які наведені в таблицях [28, 29, 30, 31]. Розміщуються технічні приміщення в основному у виробничих корпусах (компресорна і трансформаторна) і на території АТП (котельня, склад палива для котельні).

Таблиця 3.3.4 – Площі приміщень побутового корпусу

Приміщення	Користувачі	Кількість користувачів, осіб	Відсоток приміщень δ , %	Пропускна здатність площі ρ	Питома норма площі F_p , м ²	Площа, м ²	
						Розрахункова	Прийнята
Гардероб чоловічий закритий	Ремонтні робітники	51	100	1	0,1	5,1	12
Гардероб відкритий	Водії, службовці і кондуктори	718	100	1	0,25	179,4	180
Умивальники чоловічі	Ремонтні робітники і службовці	106	100	15	0,8	5,7	12
Умивальники жіночі	Службовці	14,00	100	15	0,8	0,7	12
Умивальники чоловічі	Водії і кондуктори	497	30	7	0,8	17,0	24
Умивальники жіночі	Водії і кондуктори	166	30	7	0,8	5,7	12
Душові чоловічі	Ремонтні робітники	51	100	3	2	34,0	36
Душові чоловічі	Водії і кондуктори	497	30	5	2	59,6	54
Душові жіночі	Водії і кондуктори	166	30	5	2	19,9	24
Туалети чоловічі	Усі категорії	588,95	100	30	2,5	49,1	54
Туалети жіночі	Усі категорії	180	100	15	2,5	30,0	36
Кімната для куріння чоловіча	Усі категорії	588,95	100	1	0,03	17,7	24
Кімната для куріння жіноча	Усі категорії	180	100	1	0,01	1,8	12

Буфет	Усі категорії	51	100	5	1	10,2	12
Їдальня	Усі категорії	718	100	3	1	239,2	240
Кімната психологічного розвантаження	Усі категорії	769	30	1	1,5	345,9	348
Всього						1021,1	1092

Розрахунок площ санітарно-побутових, адміністративно-громадських і допоміжних приміщень в загальному вигляді ведеться за залежністю:

$$F_{cn} = \sum P \cdot \delta \cdot F_p / 100 \cdot \rho, \quad (3.16)$$

де $\sum P$ - кількість працюючих, які користуються певним приміщенням;

δ - відсоток приміщень, що одночасно використовуються, або відсоток користувачів певної категорії працюючих;

F_p - питома норма площі на одного користувача ;

ρ - пропускна здатність площі або одиниці устаткування.

Кількість жінок службовців повинна складати 25% від загальної кількості адміністративно-службового персоналу.

Розрахунки площ побутових, адміністративних, технічних та допоміжних приміщень проводимо окремо по корпусах, в яких вони розташовані, а результати цих розрахунків зведено в таблицях 3.3.4 та 3.3.5.

При розрахунках площ побутових приміщень розподіл службовців за статтю враховується за співвідношенням: чоловіків - 75%, жінок - 25%.

Орієнтуючись на вихідні нормативи чисельності адміністративного персоналу певної функції управління, виконаний попередній розрахунок площ адміністративного корпусу у вигляді таблиці 3.3.3.

Таблиця 3.3.5 – Площі побутових, технічних, допоміжних і адміністративних приміщень головного виробничого корпусу

Приміщення	Користувачі	Кількість користувачів, осіб	Відсоток приміщеньδ, %	Пропускна здатність площі ρ,	Питома норма площі F _p м ²	Площа, м ²	
						Розрахункова	Прийнята
Умивальники чоловічі	Ремонтні робітники найбільшої зміни	51	100	15	0,8	2,72	6
Туалети чоловічі	Те саме	51	100	30	2,5	4,25	6
Кімната для куріння чоловіча	Те саме	51	100	1	0,03	1,53	6
Кабінет начальника виробництва	Начальник	1	100	1	12	12,00	18
Кімната майстрів	Майстри змін	3	100	1	4	12,00	18
Центр управління виробництвом	Служба управління виробництвом (див табл. 2.6)	2	100	1	4	8,00	18
Відділ технічного контролю	Служба технічного контролю (див табл. 2.6)	2	100	1	4	8,00	18
Відділ головного механіка	Служба головного механіка (див табл. 2.6)	2	100	1	4	8,00	18
Клас навчання з охорони праці	Група 20...25 осіб.	20	100	1	1,5	30,00	36
Компресорна						15	18
Насосна						10	12
Вентиляційна						25	36
Трансформаторна						15	18
Всього						151,5	228

Для об'ємно-планувального рішення адміністративного корпусу АТП попередньо необхідно визначити його загальну площу, а потім приймати рішення відносно кількості поверхів та архітектурної виразності будівлі автотранспортного підприємства.

Орієнтуючись на вихідні нормативи чисельності адміністративного персоналу певної функції управління, виконаний попередній розрахунок площ адміністративного корпусу у вигляді таблиці 3.3.6.

Таблиця 3.3.6 – Площі приміщень адміністративного корпусу

Приміщення	Користувачі	Кількість користувачів, осіб.	Відсоток приміщень δ , %	Пропускна здатність площі ρ	Питома норма площі F_p , м ²	Площа, м ²	
						Розрахункова	Прийнята
Кабінети керівників	Загальне керівництво АТП	2	100	1	15	30	36
Кабінети начальників відділів	Начальники відділів і служб	2	100	1	12	24	36
Приміщення відділів	Відділи за функціями управління	2	100	1	4	8	12
Приміщення загального діловодства	Працівники загального діловодства	2	100	1	4	8	12
Приміщення молод. обслуг. персоналу	Працівники даної служби	2	100	1	4	8	12
Приміщення громадських організацій	Працівники цих організацій (таблиця А.48)	501...1000				72	72
Спеціальні приміщення	Таблиця А.48	більше 600				51	54
Медичний пункт	Робітники і службовці (таблиця А.48)	до 300				20	24
Актовий зал	Усі категорії	824	30	1	0,9	222,4	228
Вестибюль	Службовці	55	100	1	0,27	14,9	18
Гардероб відкритий	Службовці	55	100	1	0,1	5,5	6
Кімната для куріння чоловіча	Службовці	41,00	100	1	0,03	1,2	6
Кімната для куріння жіноча	Службовці	14,00	100	1	0,01	0,1	6
Умивальники чоловічі	Службовці	41,00	100	30	2,5	3,4	6
Умивальники жіночі	Службовці	14,00	100	15	2,5	2,3	6

Туалети чоловічі	Службовці	41,00	100	30	2,5	3,4	6
Туалети жіночі	Службовці	14,00	100	15	2,5	2,3	6
Всього						476,6	546

Таблиця 3.3.7 – Площі приміщень контрольно-технічного пункту

Приміщення	Користувачі	Площа, м ²	
		Розрахункова	Прийнята
Пости перевірки технічного стану рухомого складу	Рухомий склад АТП	107,45	108
Бокс для чергуючого автомобіля	Автомобіль	20	24
Приміщення чергуючого механіка і водія	2...3 особи	8	12
Приміщення пожежно – сторожової охорони	Службовий персонал (див. таблицю 2.6)	16	18
Умивальник	Службовий персонал КТП	0,144	6
Туалет	Службовий персонал КТП	3,214	6
Всього		154,81	174

При планувальних рішеннях цих корпусів і визначенні їх розмірів слід враховувати такі особливості їх компоновки:

- габарити корпусів повинні бути кратні шести метрам;
- кількість поверхів адміністративного корпусу – два – чотири.

Крім постів перевірки технічного стану на КТП необхідно передбачити криту стоянку для автомобіля, що чергує в між змінний час, службові та побутові приміщення для персоналу.

Розрахунок площ диспетчерської оформляється у вигляді таблиці 3.9.

Крім постів перевірки технічного стану необхідно передбачити криту стоянку для автомобіля.

Остаточні прийняті габарити КТП мають бути кратні шести метрам.

Остаточна площа диспетчерської приймається збільшеною в 1,5...2,0 рази стосовно розрахункової площі. Габарити диспетчерської мають бути кратні шести метрам.

Таблиця 3.3.8 – Площі приміщень диспетчерської

Приміщення	Користувачі	Кількість користувачів, осіб.	Відсоток приміщень δ , %	Пропускна здатність	Питома норма площі F_p , m^2	Площа, m^2	
						Розрахункова	Прийнята
Кабінет старшого диспетчера	Старший диспетчер	1	100	1	12	12	18
Приміщення диспетчерської служби	Диспетчерська служба	5	100	1	4	20	24
Приміщення гаражної служби		5	100	1	4	20	24
Приміщення служби безпеки руху		1	100	1	4	4	6
Кабінет безпеки руху		до 1000				25	36
Медичний пункт	Водії, кондуктори	більше 300				48	48
Кімната відпочинку	Водії, кондуктори	663	30	1	1,5	298	312
Кімната для куріння чоловіча	Службовці диспет., водії, кондуктори	508	100	1	0,03	15	18
Кімната для куріння жіноча	Службовці диспет., водії, кондуктори	166	100	1	0,01	2	6
Умивальники чоловічі	-/-	508	30	15	0,8	8	12
Умивальники жіночі	-/-	166	30	15	0,8	3	6
Туалети чоловічі	-/-	508	100	30	2,5	42	48
Туалети жіночі	-/-	166	100	15	2,5	28	36
Всього						525	594

4.ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Застосування засобів індивідуального захисту на підприємствах машинобудівного профілю різних форм власності

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) використовуються тоді, коли безпеку робіт неможливо забезпечити через конструкцію та розміщення обладнання, організацію виробничих процесів, архітектурно-планувальні рішення або засоби колективного захисту. Відповідно до статті 10 Закону України "Про охорону праці", на роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, в особливих температурних умовах та в забрудненому середовищі працівникам безкоштовно надаються спецодяг, спецвзуття та інші ЗІЗ. Адміністрація підприємства складає перелік робіт і професій, що дають право на отримання ЗІЗ, на основі галузевих норм та погоджує його з місцевими органами держнагляду за охороною праці. Порядок видачі, зберігання та використання ЗІЗ регулюється "Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту" (наказ Держнаглядохоронпраці № 170 від 29.10.96).

Постанова Кабінету Міністрів України № 535 від 20.07.95 затвердила програму розвитку виробництва ЗІЗ та створення структур для їх сертифікації.

ЗІЗ поділяються на кілька категорій: засоби захисту органів дихання, спецодяг, спецвзуття, захист рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, шкіри, а також засоби захисту від падіння з висоти.

Захист органів дихання забезпечується протигазами та респіраторами. Протигази поділяються на фільтруючі та ізолюючі. Фільтруючі протигази очищують повітря від токсичних речовин через фільтруючу коробку. Ізолюючі протигази (шлангові та автономні) використовуються в умовах наявності невідомих речовин у повітрі, високої концентрації шкідливих речовин або недостатнього вмісту кисню. Респіратори – це легкі засоби захисту органів дихання від шкідливих газів, парів та аерозолей. Вони складаються з півмаски та фільтруючої частини. Респіратори можуть бути протигазовими, протипиловими або універсальними. Найпоширенішими є протипиловий респіратор ШБ-1 "Лепесток", протигазовий РПГ-67 та універсальний РУ-60МУ.

Спецодяг включає куртки, штани, комбінезони, халати, плащі тощо.

Відповідно до ГОСТ 12.4.103-80, спецодяг поділяється на групи залежно від захисних властивостей, позначених як: М – захист від механічних пошкоджень, З – від загальних виробничих забруднень, Т – від високих або низьких температур, Р – від радіоактивних речовин, И – від рентгенівського випромінювання, Э – від електричних полів, П – від нетоксичних речовин (пилу), Я – від токсичних речовин, В – від води, К – від кислот, Щ – від лугів, О – від органічних розчинників, Н – від нафти, нафтопродуктів, мастил і жирів, Б – від шкідливих біологічних факторів. Матеріали для виготовлення спецодягу обираються залежно від необхідних захисних властивостей.

Спецвзуття класифікується за аналогічними критеріями і включає чоботи, півчоботи, черевики, півчеревики, валянки та бахіли.

Засоби захисту голови запобігають травмам під час виконання монтажних, будівельних, навантажувально-розвантажувальних робіт та видобутку корисних копалин. Найбільш поширені каски, які можуть бути загального призначення (будівельні склопластикові, текстолітові), шахтарські або спеціального призначення (для електрозварників).

Захист рук забезпечують різні види рукавиць, рукавичок, напальчників та дерматологічних засобів (мазі, пасти, креми). Вони виготовляються з бавовни, льону, шкіри, шкірзамінника, гуми, азбесту, полімерів та інших матеріалів. Засоби захисту рук класифікуються за захисними властивостями відповідно до єдиної класифікації (ГОСТ 12.4.103-80).

Захист очей забезпечується окулярами, які захищають від твердих частинок, бризок кислот, лугів та інших хімічних речовин, а також випромінювань. Тип окулярів обирається за ГОСТ 12.4.013-85 залежно від виду роботи.

Засоби захисту обличчя включають ручні, наголовні та універсальні щитки. Найчастіше використовуються щиток електрозварювальника універсальний ЩЕУ-1, щиток захисний ЩЗ, захисна маска С-40 та захисна сітчаста маска С-39.

5.ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Одним із ключових етапів розробки та впровадження нової техніки або вдосконалення існуючої є обґрунтування її економічної ефективності порівняно з базовою моделлю. Основними критеріями оцінки доцільності застосування техніки є річна економія прямих і зведених витрат, капіталовкладень, зменшення затрат праці та річний економічний ефект [32]. Економічна ефективність визначалася як різниця між показниками використання базової моделі автомобіля ГАЗ-5312 та модифікованого автомобіля ГАЗ-5312, переобладнаного для роботи на газу.

Застосування автомобіля ГАЗ-5312, переобладнаного для використання газу, дозволяє зменшити витрати на паливо та скоротити викиди шкідливих речовин у атмосферу. Розрахунок економічних показників був проведений на основі стандартизованих вимог та методик оцінки економічної ефективності спеціалізованої техніки, а також нормативних даних [32].

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності автомобіля

Показник	Одиниці вимірювання	Автомобіль ГАЗ-5312	
		Базовий	Удосконалений
1	2	3	4
Шлях автомобіля пройдений за годину	км	30	30
Балансова вартість автомобіля	грн.	162500	189000
Річне завантаження автомобіля	год.	1400	1400
Чисельність персоналу	чол.	1	1
Годинні тарифні ставки	грн/люд.год	20	20
Коефіцієнт, що враховує доплати до заробітної плати	—	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію	—	0,142	0,142
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування		0,13	0,13

1	2	3	4
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт		0,027	0,027
Витрата палива на одиницю роботи	кг/км	7,5	7,5
Вартість 1 кг палива	грн	21	12
Коефіцієнт затрати на зберігання від вартості технічного обслуговування		0,065	0,065
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень		0,15	

Розрахунок здійснюється згідно із запропонованою методикою [32] у наступній послідовності.

Прямі затрати визначаються за формулою:

$$P_z = Z_{зпл} + Z_{ПММ} + Z_{рен} + Z_{ТО\text{ рем}}, \text{ грн/км}, \quad (5.1)$$

де $Z_{зпл}$ – витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, грн/га; $Z_{ПММ}$ – витрати палива, грн/га; $Z_{рен}$ – витрати на реновацію, грн/га; $Z_{ТО\text{ рем}}$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування, грн/га.

Витрати на заробітну плату становлять:

$$Z_{зпл} = \frac{n \cdot \tau_{год} \cdot k_{допл}}{S_{год}}, \text{ грн/км}, \quad (5.2)$$

де n – чисельність виробничого персоналу, чол; $\tau_{год}$ – годинна тарифна ставка працівників, грн/км.; $k_{допл}$ – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань; $S_{год}$ – відстань автомобіля за годину, км.

Витрати на використання ПММ визначаються з виразу:

$$Z_{ел.ен} = \frac{Q_{км} \cdot C_{ПММ}}{S_{год}}, \text{ грн/га}, \quad (5.3)$$

де $Q_{км}$ – витрата палива, кг/км; $C_{ПММ}$ – вартість 1 кг палива, грн.;

Витрати на реновацію машини (машин):

$$Z_{рен} = \frac{B_m \cdot k_p}{S_{год} \cdot T_p}, \text{ грн/кг}, \quad (5.4)$$

де B_m – балансова вартість автомобіля, грн; k_p – коефіцієнт відрахувань на реновацію, %; T_p – нормативне річне завантаження автомобіля, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування становлять:

$$Z_{ТОрем} = \frac{B_M \cdot (k_{н.р} + k_{к.р})}{S_{год} \cdot T_p}, \text{ грн/кг}, \quad (5.5)$$

де $k_{н.р}$ – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, ($k_{н.р} = 0,13\%$); $k_{к.р}$ – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт, ($k_{к.р} = 0,027\%$).

Капітальні вкладення $K_{кап.вкл}$ дорівнюють:

$$K_{кап.вкл} = \frac{B_M}{S_{год} \cdot T_p}, \text{ грн/кг}. \quad (5.6)$$

Зведені затрати Z_z становлять:

$$Z_z = \Pi_z + K_{кап.вкл} \cdot k_{эф.кап.вкл}, \text{ грн}, \quad (5.7)$$

де $k_{эф.кап.вкл}$ – коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Економія експлуатаційних затрат $E_{екс.витр}$ за рік визначається з виразу:

$$E_{екс.витр} = (Z_z^{\bar{}} - Z_z^H) \cdot T_p, \text{ грн}, \quad (5.8)$$

де $Z_z^{\bar{}}$, Z_z^H – відповідно зведені затрати базової та модернізованого автомобіля, грн; T_p – нормативне річне завантаження автомобіля, год.

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = (Z_z^{\bar{}} - Z_z^H) \cdot P_n, \text{ грн.}, \quad (5.9)$$

де P_n – річне завантаження автомобіля, год.

Результати розрахунків за формулами (5.1) – (5.9), виконані за допомогою програми Microsoft Excel, представлені в таблиці 5.2. Використання автомобіля ГАЗ-5312, переобладнаного для роботи на газу, дозволяє зменшити витрати на паливо та знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Аналіз таблиць 5.1 та 5.2 показує, що переобладнання автомобіля ГАЗ-5312 для використання газу є економічно вигідним та ефективним у порівнянні з базовою моделлю.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку економічної ефективності переобладнаного автомобіля ГАЗ-5312 на живлення газом

Показник	Одиниці вимірювання	Варіант	
		Базовий	Удосконалений
Річний пробіг	тис. км	300	300
Прямі затрати на:	грн/км		
– оплату праці		0,7	0,7
– ПММ		5,25	3,0
– ТО, поточний і капітальний ремонти		195,0	226,8
– реновацію		146,25	170,1
Всього прямих затрат	грн/км	347,20	400,6
Капітальні вкладення	грн/км	541,67	630,0
Зведені затрати, грн.	грн/км	428,45	495,1
Річний економічний ефект, грн.		—	19995,0
Економія експлуатаційних витрат за рік	грн	—	666,5
Ступінь зменшення затрат	%		
– праці		—	0,0
– прямих затрат		—	13,3
– зведених затрат		—	14,02
– капіталовкладень		—	13,46
Термін окупності капіталовкладень	роки	—	1,33

Внаслідок використання автомобіля переобладнаного на живлення газом спостерігається зменшення порівняно з базовим варіантом прямих затрат на 13,3 %; зведених затрат – 14,02 %, капіталовкладень – 13,46 %. Річний економічний ефект становить 19995,0 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Даний дипломний проект розроблений на тему: «Проект діляниці для діагностики, технічного обслуговування та ремонту автомобілів ГАЗ-5312 з дослідженням роботи двигунів ЗМЗ-53А на різних видах палива». У магістерській дипломній роботі висвітлено наступні аспекти:

1. Описано технічні характеристики двигуна ЗМЗ-53А та регламент технічного обслуговування.
2. Представлено основні несправності двигуна ЗМЗ-53А, що виникають під час експлуатації.
3. Проаналізовано склад, властивості та види альтернативних палив для ДВЗ, а також основні теоретичні параметри, що характеризують його роботу.
4. Підібрано технологічне оснащення для ремонту двигунів ЗМЗ-53А.
5. Виконано розрахунок запропонованого оснащення.
6. Розглянуто загальні відомості про системи автоматизованого проектування.
7. Проведено дослідження з визначення вмісту СО у відпрацьованих газах.
8. Визначено річну програму, проведено розрахунки трудомісткості робіт на ділянцях, кількості працюючих, виробничих та допоміжних площ головного корпусу заводу.
9. Виконано розрахунок економічної ефективності переобладнання автомобіля ГАЗ-5312 на живлення газом.
10. Розглянуто питання охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
2. Карницький В.В., Вахошин Л.І., Мінкін І.М., Разумнов А.С. Автомобільна енергетика: сучасні напрями та перспективи розвитку. Журнал "Автомобільна промисловість", 2006 год, № 6.
3. Грицук І.В. До питання вибору і обґрунтування типу випробувального їздового циклу для дослідження показників токсичності відпрацьованих газів двигунів дорожніх транспортних засобів / І.В. Грицук, А.В. Кривопусков, Д.О. Гриценко : зб. наук. пр. ДонІЗТ. – 2009. – № 17. – С. 106-119.
4. Бровдій В.М., Гаца О.О. Екологічні проблеми України. – К.: НПУ 2000. – 172 с.
5. <http://ukrbukva.net/page,5,66208-Harakteristiki-avtomobil-nyh-dvigateliy.html>
6. Гутаревич Ю.Ф. Ефективність використання добавок водневмісного газу до повітряного заряду бензинових двигунів. / Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, С.В. Карев, О.Д. Філоненко, Є.В. Шуба // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №1(3). С. 59-63.
7. Введення екологічних норм Євро-3 – Євро-6 в Україні, аналіз структури парку автомобілів за екологічними ознаками / А. М. Редзюк., В. С.Устименко., О. А. Клименко [та ін.] //Автошляховик України. –2011.–№ 4. – С. 2-7.
8. Первинний ринок автотранспорту з пробігом зріс у 3,5 рази [Електронний ресурс] / Асоціація автопроизводителей Украины «Укравтопром» // – Режим доступу до статті: <http://ukrautoprom.com.ua/pervichnyj-rynok-avtotransporta-s-probegomvyros-v-35-gaza>. - Дата звертання 25 вересня 2024.
9. Гунько А.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників в умовах експлуатації: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 „Експлуатація та ремонт засобів транспорту” / А. В.

Гулько. – К., 2006. – 185 с.

10. Сачков М. Роздільна харчування / М. Сачков, А. Чуйкін // «За кермом». – 2001. – № 7. – С. 36-38.

11. Мішин С. Євро шість / С. Мішин // «За кермом». – 2003. – №10. – С.100 – 102.

12. Кульбако В.П. Вибір середньостатистичного автомобіля при проведенні досліджень по визначенню ефективності заходів, направлених на покращення екологічної обстановки в містах // Вісник Національного транспортного університету. - К. НТУ, 2008. Випуск 17. – с. 103-108.

13. Гутаревич Ю.Ф. Поліпшення показників легкових автомобілів з карбюраторними двигунами в умовах експлуатації / Ю. Ф. Гутаревич, В. В. Славін // «Вісник СевНТУ». – 2013. – № 142. – С. 36 – 40.

14. Єрохов В.І. Економічна експлуатація автомобіля / В. І. Єрохов – М.: ДОСААФ, 1996. – 128 с.

15. Рєзнік Л.Г. Ефективність використання автомобілів у різних умовах експлуатації / Рєзнік Л.Г., Ромаліс Г.М., Чарков С.Т. - М.: Транспорт. – 1999. – 128 с.

16. Говорущенко Н.Я. Автомобільне паливо. Як його заощаджувати / Говорущенко Н.Я. – Харків: Вища школа, 1979. – 143 с.

17. Гутаревич Ю.Ф. Зниження шкідливих викидів та витрати палива двигунами автомобілів шляхом оптимізації експлуатаційних факторів: Дис. ... доктора техн. наук: 05.22.10, 05.04.02 / Гутаревич Юрій Федосійович. – К., 1995. – 538 с.

18. Славін В.В. Дослідження показників бензинового двигуна з різними системами живлення в режимі примусового холостого ходу / В.В. Славін // «Автошляховик України». – 2013. – № 2 (232), С. 6-10.

19. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників: у 6 т. – ДВЗ / За ред. проф. А.П. Марченка та проф. А.Ф. Шеховцева. – Харків: Прапор, 2004. – Т. 5: Екологізація. – 360 с.

20. Гурєєв, А.А. Автомобільний бензин. Властивості та застосування / А.А. Гурєєв.

21. Двигуни внутрішнього згорання / Хачіян О.З., Морозов К.А.,

Луканін В. М. и др. – М.: Вища школа, 1995. – 311 с.

22. Розрахунок автомобільних та тракторних двигунів: Навч. посібник для вузів. / А.І. Колчин, У П. Демидов - 3-тє вид. перероб. та дод. - К.: Вищ. шк., 2002. – 496 с.

23. Аксютін П.В. Методика та техніка виконання лабораторних робіт з тракторних та автомобільних двигунів. – К.: 2003 р.

24. Васирина Я.А., Дацюк Р.Ю. Випробовування дизельних двигунів. Методичні вказівки. – Львів: ЛСГІ, 1990. - 27 с.

25. Стефановський Б.С. Випробування двигунів внутрішнього згоряння. / Б.С. Стефановський, Є.А. Скобцев, Є.А. Корсі. / К: Машинобудування, 1982. – 368 с.

26. Гришкевич А.І. Авто: теорія. Підручник для вишів. / А.І. Гришкевич/ К: Вища школа, 1996. – 208 с.

27. Розрахунок автомобільних та тракторних двигунів: Навч. посібник для вузів. / А.І. Колчин, У П. Демидов - 3-тє вид. перероб. та дод. - М.: Вищ. шк., 2002. – 496 с.

28. ДСТУ 4276:2004 Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями.

29. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. – К.: Урожай, 1993.–270 с.

30. Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. – Львів: «Тріада плюс», 2009. – 320 с.

31. Пістун І.П., Хом'як В.В., Хом'як Й.В. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. – Суми: «Університетська книга», 2005. – 374 с.

32. Шевчук Р.С. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки: Методичні рекомендації. / Р. С. Шевчук, О. М. Крупич. – Львів, 1994. – 27 с.