

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного
обслуговування та ремонту систем двигуна автомобіля Lifan Smily/320

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАС-41
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Денис ГАЛАЙКО
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Роман ХОРОШУН

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Олег ЦЬОНЬ

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Микола СТАШКІВ

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«21» січня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Галайку Денису Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту систем двигуна автомобіля Lifan Smily/320

Керівник роботи Левкович Михайло Геннадійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» січня 2026 року 4/9-39

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика автомобіля Lifan Smily/320, типовий ТП обслуговування та ремонту систем двигуна автомобіля Lifan Smily

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Паливна система Lifan Smily 320, засоби та методи діагностики (А1). Характерні несправності систем двигуна пов'язані з датчиками (А1). Розподіл трудомісткості та несправностей систем ДВЗ (А1). Схема підключення мотортестера АМ-1 (А1). Стенд для розбирання двигунів (А1). План ділянки розбирання ДВЗ (А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	01.02.2026	
2	Технологічний розділ	15.02.2026	
3	Конструкторський розділ	05.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	10.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	14.06.2026	
6	Захист дипломної роботи		

Студент

_____ (підпис)

Денис ГАЛАЙКО

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему: «Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту систем двигуна автомобіля Lifan Smily 320», виконаної студентом групи МАс-41 ТНТУ Галайко Д.В. Керівник роботи – к.т.н., доц. Левкович М.Г.

Пояснювальна записка містить 56 аркушів формату А4, додатки та графічну частину.

Ключові слова: двигун, паливна система, система впуску, система керування, діагностика, технічне обслуговування, ремонт, несправності, технологічний процес, стенд.

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес діагностики, технічного обслуговування та ремонту систем двигуна автомобіля Lifan Smily 320. Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення надійної роботи двигуна легкового автомобіля в умовах сучасної експлуатації та підвищення ефективності обслуговування.

У загально-технічному розділі проаналізовано конструкцію двигуна та його основних систем: паливної, впуску, випуску і керування. Розглянуто принцип їх роботи, узагальнено типові несправності та встановлено причини їх виникнення.

У технологічному розділі обґрунтовано перелік робіт з технічного обслуговування і ремонту, виконано розрахунок трудомісткості та річного обсягу робіт, визначено кількість постів і виробничого персоналу. Проведено вибір технологічного обладнання, сформовано ТП виконання основних операцій.

У конструкторському розділі виконано аналіз засобів діагностики та обладнання для ремонту двигунів, обґрунтовано доцільність використання стенда для розбирання двигуна. Проведено розрахунок основних параметрів і міцності елементів конструкції, що підтверджує її надійність і працездатність. Виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

У розділі з безпеки життєдіяльності визначено небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час виконання робіт, а також розроблено заходи з охорони праці, спрямовані на підвищення безпеки та покращення умов праці.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Загальна характеристика автомобіля Lifan Smily 320	8
1.2 Аналіз конструкції двигуна та його основних параметрів	9
1.3 Аналіз конструкції паливної системи двигуна	10
1.4 Аналіз системи впуску та випуску відпрацьованих газів	11
1.5 Аналіз системи керування ДВЗ	12
1.6 Характерні несправності систем двигуна та причини їх виникнення	13
1.7 Огляд методів і засобів діагностики систем	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Вихідні дані та обґрунтування переліку робіт обслуговування Lifan Smily 320	19
2.2 Трудомісткість робіт	20
2.3 Розрахунок річного обсягу робіт	22
2.4 Порівняльний аналіз несправностей систем двигуна та причин їх виникнення	23
2.5 Визначення кількості постів і робочих місць	26
2.6 Розрахунок чисельності виробничого персоналу	27
2.7 Вибір та обґрунтування технологічного обладнання	28
2.8 Дільниця розбирання ДВЗ (діагностування)	29
2.9 ТП діагностики, ТО та ремонту систем ДВЗ	31
2.9.1 Заміна водяного насоса	31
2.9.2 Зняття та встановлення паливного модуля	32
2.9.3 Обслуговування паливного фільтра	34
2.9.4 Зняття, перевірка та встановлення форсунок	35
2.9.5 Зняття та встановлення дросельного вузла	36
2.9.6 Зняття та встановлення адсорбера системи уловлювання парів палива	37
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Аналіз засобів діагностики та обладнання для ТО і ремонту двигунів	38
3.2 Обґрунтування вибору, призначення, будова та принцип роботи стенда для розбирання двигунів	39
3.3 Розрахунок основних параметрів стенда для розбирання ДВЗ	41
3.4 Розрахунок міцності елементів конструкції стенда	43

3.5 Техніко-економічне обґрунтування використання стенда для розбирання ДВЗ	46
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
4.1 Джерела небезпеки, уражаючі, небезпечні та шкідливі фактори	48
4.2 Класифікація небезпек	51
4.3 Гігієнічне нормування умов праці	51
Загальні висновки	54
Бібліографія	55
Додатки	57

ВСТУП

Сучасне авто є складною технічною системою, відповідно ефективність, надійність і показники залежать від працездатності систем двигуна, зокрема паливної системи, системи впуску та випуску, а також систем керування двигуном.

В умовах зростання вимог до ТЗ особливої актуальності набуває питання своєчасної та якісної діагностики, технічного обслуговування і ремонту двигунів автомобілів. Недостатній рівень обслуговування або несвоєчасне виявлення несправностей призводить до витрати палива, пониження потужності, зростання викидів шкідливих речовин і скорочення ресурсу двигуна.

Автомобіль Lifan Smily 320 є представником компактного класу легкових автомобілів, що широко використовуються в умовах міської експлуатації. Конструктивні особливості його двигуна та систем керування потребують застосування сучасних методів діагностики і спеціалізованого обладнання для досягнення якісного ТО.

У роботі виконано аналіз конструкції та принципу роботи систем двигуна автомобіля Lifan Smily 320, розглянуто характерні несправності та причини їх виникнення. Обґрунтовано вибір методів і засобів діагностики, а також розроблено ТП ТО та ремонту.

Результати можна застосовувати на підприємствах автосервісу для підвищення якості обслуговування, зниження витрат на ремонт і продовження ресурсу двигуна. У процесі виконання роботи використано сучасні підходи до діагностики та обслуговування автомобілів, а також нормативно-технічну документацію, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика автомобіля Lifan Smily 320

Автомобіль Lifan Smily 320 належить до класу компактних легкових автомобілів, призначених переважно для експлуатації в міських умовах. Завдяки невеликим габаритним розмірам, маневреності та економічності він є зручним для щоденного використання, зокрема в умовах інтенсивного міського руху.

Конструктивно автомобіль виконаний за класичною схемою з переднім розташуванням двигуна та переднім приводом. Кузов — суцільнометалевий, несучого типу, що забезпечує достатню жорсткість конструкції та безпеку пасажирів. Підвіска передніх коліс незалежна, типу МакФерсон, задніх — напівзалежна, що сприяє забезпеченню прийняттого рівня комфорту та стійкості під час руху.

Автомобіль комплектується бензиновим двигуном невеликого робочого об'єму, який характеризується відносно простою конструкцією, економічністю та достатніми динамічними показниками для міської експлуатації. Система живлення двигуна — інжекторного типу з електронним керуванням, що дозволяє оптимізувати процес згоряння паливно-повітряної суміші та зменшити витрати палива.

Система керування двигуном базується на використанні електронного блоку керування, який отримує сигнали від різних датчиків (температури, положення дросельної заслінки, кисню тощо) та забезпечує точне регулювання параметрів роботи двигуна. Це сприяє підвищенню ефективності роботи, зниженню токсичності відпрацьованих газів і покращенню загальних експлуатаційних характеристик автомобіля.

Гальмівна система автомобіля включає передні дискові та задні барабанні механізми, що забезпечують надійне гальмування. Рульове керування — рейкового типу, що відзначається простотою конструкції та достатньою точністю.

Таким чином, автомобіль Lifan Smily 320 є типовим представником компактних міських автомобілів із простою та надійною конструкцією, що

обумовлює доцільність розроблення ефективних технологічних процесів діагностики, технічного обслуговування та ремонту його систем двигуна.

1.2 Аналіз конструкції двигуна та його основних параметрів

Автомобіль Lifan Smily 320 оснащується бензиновим чотиритактним двигуном з іскровим запалюванням, рядного розташування циліндрів. Двигун має чотири циліндри, що забезпечує рівномірність роботи та прийнятні показники потужності при відносно невеликому робочому об'ємі.

Конструкція двигуна передбачає верхнє розташування розподільного вала (тип ОНС), що сприяє покращенню наповнення циліндрів паливно-повітряною сумішшю та підвищенню ефективності роботи. Газорозподільний механізм приводиться в дію за допомогою зубчастого ременя, що забезпечує синхронізацію обертання колінчастого та розподільного валів.

Блок циліндрів, як правило, виготовлений із чавуну або алюмінієвого сплаву з чавунними гільзами, що забезпечує достатню міцність і зносостійкість. Головка блока циліндрів виконана з алюмінієвого сплаву, що покращує тепловідведення та зменшує масу двигуна.

Система живлення двигуна — розподіленого впорскування палива, яка працює під керуванням електронного блока. Це дозволяє точно дозувати паливо залежно від режимів роботи двигуна, що сприяє зниженню витрати палива та викидів шкідливих речовин.

Основні параметри двигуна визначають його експлуатаційні можливості. До них належать робочий об'єм, потужність, крутний момент, ступінь стиску та частота обертання колінчастого вала. Для двигуна даного автомобіля характерні невеликий робочий об'єм (близько 1,3 л), помірна потужність і економічність, що оптимально відповідає умовам міської експлуатації.

Отже, двигун автомобіля Lifan Smily 320 має досить просту та надійну конструкцію, що забезпечує його ефективну роботу при дотриманні вимог технічного обслуговування. Це створює передумови для розроблення раціональних технологічних процесів діагностики та ремонту його систем.

1.3 Аналіз конструкції паливної системи двигуна

Паливна система двигуна автомобіля Lifan Smily 320 призначена для зберігання, очищення, подачі та точного дозування палива у циліндри відповідно до режимів його роботи. У даному автомобілі застосовано систему розподіленого впорскування палива з електронним керуванням, що забезпечує ефективне формування паливно-повітряної суміші.

До складу паливної системи входять паливний бак, електричний паливний насос, фільтр паливний, паливопроводи, паливна рампа та форсунки. Паливний насос, як правило, розташований у баку та створює необхідний тиск для подачі палива до форсунок. Паливний фільтр забезпечує очищення палива від механічних домішок, що запобігає зносу елементів системи.

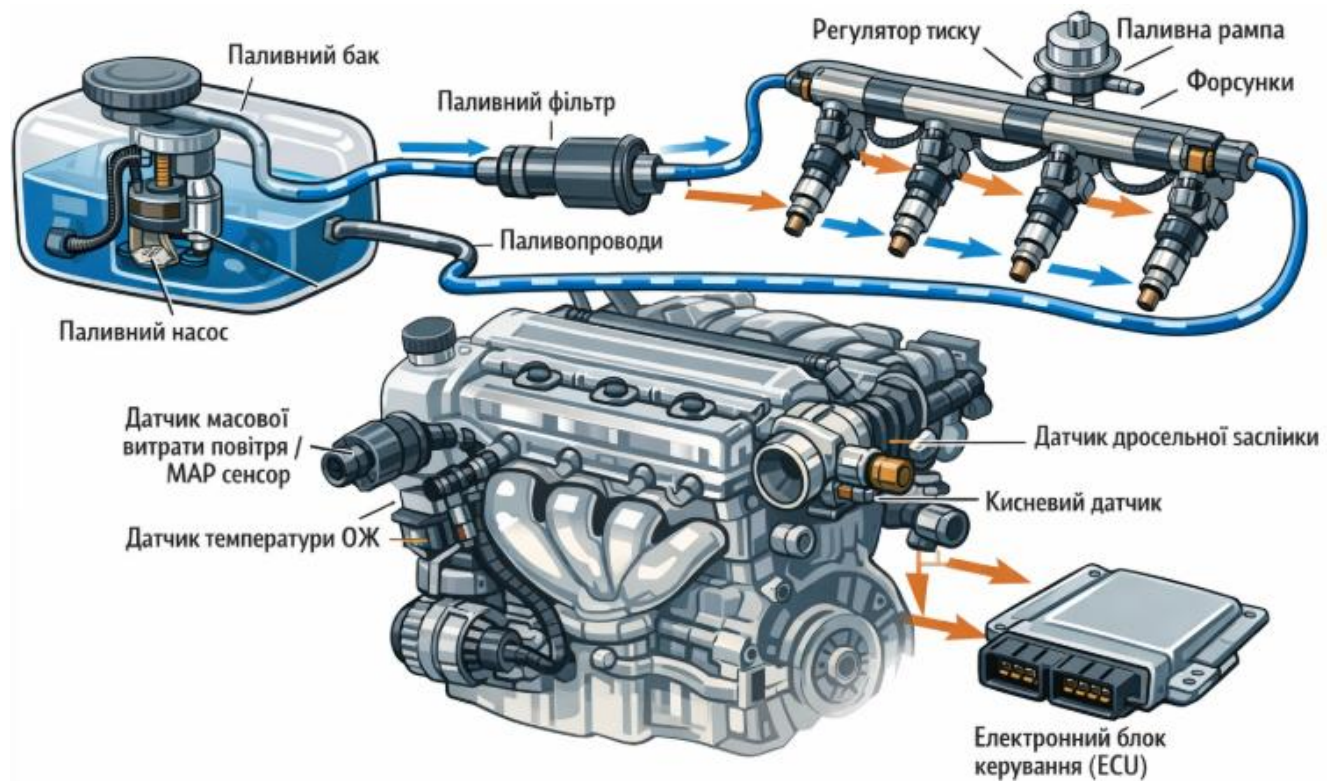


Рисунок 1.1 – Паливна система Lifan Smily 320

Паливна рампа служить для рівномірного розподілу палива між форсунками, які здійснюють його розпилення у впускний колектор перед впускними клапанами. Форсунки працюють під керуванням електронного блоку керування двигуном, який визначає тривалість і момент впорскування залежно від сигналів датчиків.

Важливу роль у роботі паливної системи відіграють датчики, зокрема датчик масової витрати повітря або абсолютного тиску, датчик температури охолоджувальної рідини, датчик положення дросельної заслінки та кисневий датчик. На основі їх сигналів ЕБК забезпечує оптимальне співвідношення палива і повітря.

Перевагами інжекторної системи є точність дозування палива, покращення паливної економічності, зниження токсичності відпрацьованих газів і підвищення стабільності роботи двигуна. Водночас така система є чутливою до якості палива та потребує періодичної діагностики і обслуговування.

Отже, паливна система двигуна Lifan Smily 320 має сучасну конструкцію з електронним керуванням, що забезпечує ефективну роботу двигуна, але вимагає належного технічного обслуговування для підтримання її працездатності.

1.4 Аналіз системи впуску та випуску відпрацьованих газів

Система впуску та випуску двигуна автомобіля Lifan Smily 320 забезпечує подачу зазубованої кількості повітря у циліндри та своєчасне відведення відпрацьованих газів, що є важливою умовою ефективної роботи двигуна внутрішнього згорання.

Система впуску призначена для очищення, дозування та подачі повітря у впускний колектор. Основними елементами є повітряний фільтр, впускний патрубок, дросельний вузол та впускний колектор. Повітряний фільтр затримує пил і механічні домішки, запобігаючи зносу циліндро-поршневої групи. Дросельна заслінка регулює кількість повітря, що надходить у двигун, відповідно до навантаження та режиму роботи.

Впускний колектор забезпечує рівномірний розподіл повітря між циліндрами, що сприяє стабільній роботі двигуна та зменшенню вібрацій.

Система випуску відпрацьованих газів призначена для відведення газів із циліндрів, зниження їх токсичності та шуму. До її складу входять впускний колектор, приймальна труба, каталітичний нейтралізатор, резонатор та глушник.

Таблиця 1.1 – Основні елементи системи впуску та випуску

Система	Елемент	Призначення
Впуску	Повітряний фільтр	Очищення повітря
Впуску	Дросельний вузол	Регулювання подачі повітря
Впуску	Впускний колектор	Розподіл повітря по циліндрах
Випуску	Випускний колектор	Збір відпрацьованих газів
Випуску	Каталітичний нейтралізатор	Зниження токсичності
Випуску	Глушник	Зменшення шуму

Каталітичний нейтралізатор знижує вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах за рахунок хімічних реакцій окиснення та відновлення. Глушник зменшує шум вихлопу, забезпечуючи комфортні умови експлуатації автомобіля.

1.5 Аналіз системи керування ДВЗ

Система керування Lifan Smily 320 є електронною та призначена для забезпечення оптимальних режимів роботи ДВЗ в різних умовах експлуатації.

Основним елементом системи є електронний блок керування (ЕБК), який обробляє сигнали від датчиків і формує керуючі імпульси для виконавчих механізмів. ЕБК працює за заданими алгоритмами та картами (програмами), що враховують різні режими роботи двигуна: пуск, холостий хід, навантаження, розгін тощо.

До основних датчиків системи належать:

- датчик положення колінчастого вала;
- датчик положення дросельної заслінки;
- датчик температури охолоджувальної рідини;
- датчик абсолютного тиску або витрати повітря;
- кисневий датчик (лямбда-зонд).

На основі сигналів цих датчиків ЕБК визначає кількість палива, необхідну для формування оптимальної суміші, та момент її запалювання. Це дозволяє

досягти ефективного згоряння, зменшити витрату палива та знизити викиди шкідливих речовин.

До виконавчих елементів системи належать паливні форсунки, котушки запалювання, регулятор холостого ходу, а також приводи дросельної заслінки (у разі електронного керування). Вони безпосередньо реалізують команди, що надходять від ЕБК.

Важливою особливістю системи є наявність функції самодіагностики. У разі виникнення несправностей ЕБК фіксує помилки у пам'яті та може сигналізувати про них за допомогою контрольки на панелі. Це значно полегшує процес виявлення несправностей і скорочує час ремонту.

Таким чином, система керування ДВЗ Lifan Smily 320 забезпечує узгоджену роботу всіх його систем, підвищує ефективність, економічність і екологічність автомобіля, а також створює умови для ефективної діагностики технічного стану двигуна.

1.6 Характерні несправності систем двигуна та причини їх виникнення

У процесі експлуатації Lifan Smily 320 можливе виникнення різноманітних несправностей систем, що призводять до погіршення його роботи, зниження потужності та підвищення витрати палива. Найбільш поширені несправності пов'язані із системою пуску, паливною системою, системою впорскування, запалюванням та електронним керуванням.

Несправності системи пуску. Порушення роботи системи пуску зазвичай проявляється у відмовах або нестабільній роботі стартера:

- стартер не вмикається – причиною можуть бути порушення контактів, обриви або короткі замикання в електр. колах, несправність тягового реле;
- чути часті клацання при запуску – розряджена акумуляторна батарея, ослаблені контакти або несправність обмотки реле;
- стартер працює, але вал не обертається або обертається повільно – недостатній заряд АКБ, зношені щітки, забруднений колектор або пошкодження обмоток;

- стартер обертається, але двигун не запускається – знос або пошкодження приводу, муфти вільного ходу чи зубчастого вінця маховика;
- стартер не вимикається після запуску – несправність реле або залипання контактів.

Несправності системи впорскування палива. Система впорскування є чутливою до стану датчиків і електричних з'єднань. Найбільш поширені причини несправностей:

- порушення контакту з «масою»;
- несправність паливного насоса або засмічення фільтра;
- відмова реле або запобіжників;
- пошкодження електропроводки;
- вихід з ладу датчиків.

Найчастіше несправності пов'язані з такими датчиками:

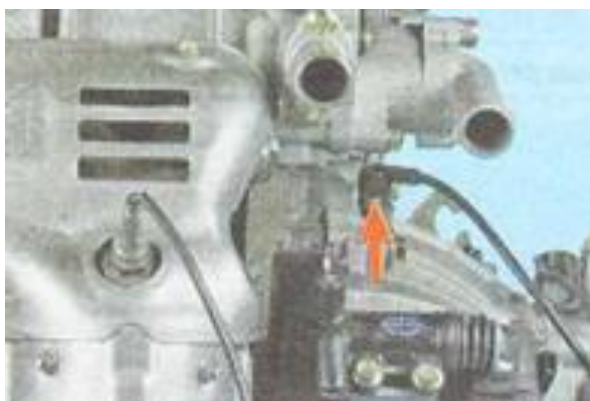


Рисунок 1.2 – Датчик положення колінчастого вала



Рисунок 1.3 – Датчик положення дросельної заслінки



Рисунок 1.4 – Датчик температури охолоджувальної рідини



Рисунок 1.5 – Датчик абсолютного тиску у впускному колекторі



Рисунок 1.6 – Датчик детонації



Рисунок 1.7 – Лямбда-зонд



Рисунок 1.7 – Діагностичний
кисневий датчик



Рисунок 1.9 – Датчик швидкості

Несправності паливної системи. Одним із ключових показників справності паливної системи є тиск у паливній рампі. Його зниження може бути викликане такими причинами:

- несправність паливного насоса;
- засмічення паливного фільтра;
- порушення роботи регулятора тиску палива;
- негерметичність паливопроводів.

Також важливим фактором є стан повітряного фільтра та надійність електричних з'єднань системи впорскування.

Порушення роботи на холостому ході. Нестабільна робота двигуна на холостому ході або його зупинка можуть бути викликані:

- несправністю регулятора холостого ходу;
- підсосом повітря через негерметичні з'єднання;
- забрудненням дросельного вузла.

Перебої в роботі ДВЗ. Перебої проявляються у нерівномірній роботі двигуна, зниженні потужності та підвищеній витраті палива. Основні причини:

- несправність свічок запалювання;
- вихід з ладу катушок запалювання;
- забруднення або несправність форсунок;
- зниження компресії в циліндрах;
- несправність паливного насоса.

Ознакою може бути нерівномірний звук вихлопу або характерні «хлопки».

Ривки під час руху. Ривки можуть виникати в різних режимах роботи двигуна:

- на початку руху – недостатній тиск палива або затримка реакції системи керування;
- під час розгону – нестача палива через знижений тиск у системі;
- при рівномірному русі – несправності системи запалювання або датчика положення дросельної заслінки.

Додатковими ознаками можуть бути нестабільна робота двигуна та зниження його потужності.

Таким чином, більшість несправностей систем двигуна пов'язані з порушенням роботи паливної системи, електронного керування та системи запалювання. Їх своєчасна діагностика дозволяє запобігти серйозним поломкам і забезпечити надійну роботу ДВЗ.

1.7 Огляд методів і засобів діагностики систем

Ефективна експлуатація Lifan Smily 320 значною мірою залежить від своєчасної та точної діагностики ТС систем ЗВЗ. Діагностика дозволяє виявити несправності на ранніх стадіях, зменшити витрати на ремонт і запобігти серйозним відмовам.

Сучасні методи діагностики умовно поділяють на органолептичні, інструментальні та комп'ютерні.

Органолептичні методи базуються на оцінці роботи двигуна за зовнішніми ознаками: шум, вібрація, колір вихлопних газів, запах палива тощо. Вони є найпростішими, але мають обмежену точність і використовуються переважно для попередньої оцінки стану двигуна.

Інструментальні методи передбачають використання спеціальних приладів для вимірювання параметрів роботи ДВЗ. До них належать вимірювання компресії, тиску палива, температури, частоти обертання колінчастого вала та інших показів. Ці методи забезпечують більш точні результати та дозволяють локалізувати несправності.

Комп'ютерна діагностика є найбільш сучасним і ефективним методом. Вона здійснюється за допомогою діагностичного обладнання, яке підключається до електронного блока керування двигуном. Це дозволяє зчитувати коди несправностей, аналізувати параметри роботи в реальному часі та перевіряти функціонування датчиків і виконавчих механізмів.

Таблиця 1.2 – Порівняння методів діагностики систем ДВЗ

Метод	Сутність методу	Переваги	Недоліки
Органолептичний	Візуальна та слухова оцінка роботи двигуна	Простота, швидкість, не потребує обладнання	Низька точність, суб'єктивність
Інструментальний	Вимірювання фізичних параметрів (тиск, температура, компресія)	Достатня точність, можливість локалізації несправності	Потребує приладів і часу
Комп'ютерний	Зчитування даних з ЕБУ та аналіз параметрів	Висока точність, швидке виявлення несправностей	Потребує спеціального обладнання

До основних засобів діагностики систем двигуна належать:

- діагностичні сканери – для зчитування кодів помилок та параметрів роботи двигуна;
- компресометри – для визначення стану циліндро-поршневої групи;
- манометри – для вимірювання тиску палива;
- газоаналізатори – для оцінки складу відпрацьованих газів;

- мультиметри – для перевірки електричних параметрів;
- осцилографи – для аналізу сигналів датчиків і систем запалювання.

Таблиця 1.3 – Основні засоби діагностики та їх призначення

Засіб діагностики	Призначення
Діагностичний сканер	Зчитування кодів несправностей, контроль параметрів
Компресометр	Вимірювання компресії в циліндрах
Манометр	Контроль тиску палива
Газоаналізатор	Визначення складу вихлопних газів
Мультиметр	Вимірювання напруги, струму, опору
Осцилограф	Аналіз електричних сигналів

Найбільш ефективним є поєднання інструментальних і комп'ютерних методів, що дає можливість швидко та точно виявляти несправності і підвищувати надійність роботи ДВЗ.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вихідні дані та обґрунтування переліку робіт обслуговування Lifan Smily 320

Для розроблення технологічного процесу приймаємо типові умови функціонування станції технічного обслуговування легкових автомобілів у місті. Вихідні дані сформовано з урахуванням особливостей експлуатації автомобілів Lifan Smily 320 у міських умовах.

До розрахунку приймається умовний парк обслуговування – 120 автомобілів. Середній річний пробіг одного автомобіля становить 15000 км. Автомобілі експлуатуються переважно в міському режимі, що характеризується частими пусками двигуна, роботою на холостому ході та змінними навантаженнями.

ТО та ремонт систем двигуна включає комплекс діагностичних, регламентних та відновлювальних робіт. Перелік робіт сформовано з урахуванням конструктивних особливостей двигуна та найбільш поширених несправностей.

Таблиця 2.1 – Перелік робіт з обслуговування та ремонту систем ДВЗ

Найменування робіт	Періодичність	Характер робіт
Комп'ютерна діагностика двигуна	1 раз на рік	Діагностика
Перевірка тиску палива	1 раз на рік	Діагностика
Очищення або заміна форсунок	1 раз на 2 роки	ТО/ремонт
Перевірка та очищення дросельного вузла	1 раз на рік	ТО
Заміна повітряного фільтра	1-2 рази на рік	ТО
Перевірка датчиків системи керування	1 раз на рік	Діагностика
Перевірка системи запалювання	1 раз на рік	ТО
Заміна свічок запалювання	1 раз на 2 роки	ТО
Перевірка герметичності впускної системи	1 раз на рік	Діагностика
Ремонт паливної системи	за потреби	Ремонт

Таблиця 2.2 – Орієнтовна трудомісткість робіт

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год
Діагностика двигуна	1,2
Обслуговування паливної системи	2,0
Обслуговування системи впуску	1,0
Обслуговування системи запалювання	1,5
Поточний ремонт	2,5

Сумарна середня трудомісткість обслуговування одного автомобіля за рік визначається як сума трудомісткостей окремих операцій:

$$T_{\text{ср}} = 1,2 + 2,0 + 1,0 + 1,5 + 2,5 = 8,2 \text{ люд.-год.}$$

2.2 Трудомісткість робіт

Трудомісткість робіт є одним із ключових показників, що визначає обсяг виробничої діяльності станції ТО. Вона характеризує сумарні витрати часу на виконання комплексу робіт з діагностики, технічного обслуговування та ремонту систем двигуна.

Річна трудомісткість визначається за формулою:

$$T_p = N \cdot T_{\text{ср}} \quad (2.1)$$

З підстановкою даних:

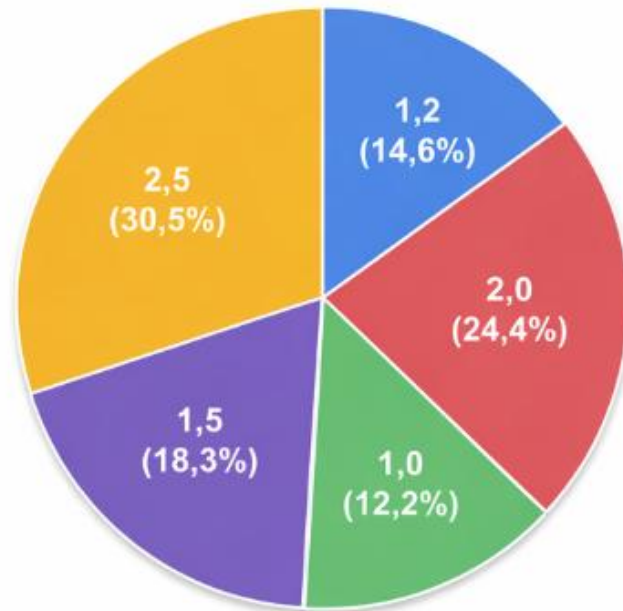
$$T_p = 120 \cdot 8,2 = 984 \text{ люд.-год.}$$

Таблиця 2.3 – Розподіл трудомісткості за видами робіт

Вид робіт	Трудомісткість на 1 авто, люд.-год	Річна трудомісткість, люд.-год
Діагностика	1,2	144
Паливна система	2,0	240
Система впуску	1,0	120
Система запалювання	1,5	180

Поточний ремонт	2,5	300
Разом	8,2	984

Трудомісткість на 1 авто, люд.-год



Разом: 8,2 люд.-год

- Діагностика – 1,2 люд.-год (14,6%)
- Паливна система – 2,0 люд.-год (24,4%)
- Система впуску – 1,0 люд.-год (12,2%)
- Система запалювання – 1,5 люд.-год (18,3%)
- Поточний ремонт – 2,5 люд.-год (30,5%)

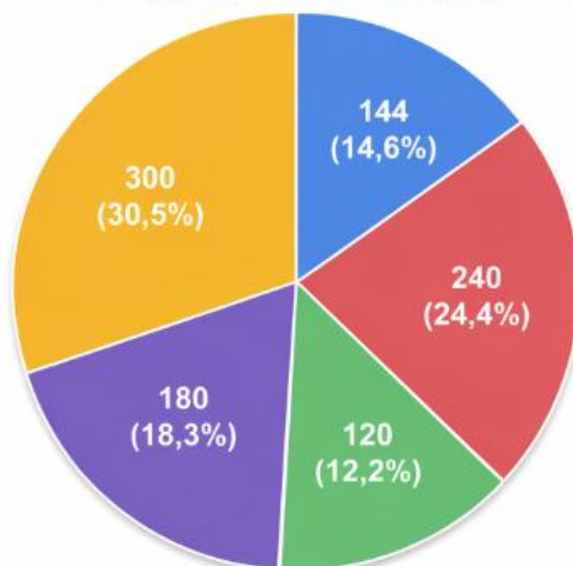
Рисунок 2.1 – Розподіл трудомісткості за видами робіт

Отримане значення відображає загальну трудомісткість робіт із обслуговування систем двигуна для заданого парку автомобілів.

Для більш детального аналізу доцільно розподілити трудомісткість за видами робіт.

Аналіз отриманих результатів показує, що найбільша частка трудомісткості припадає на поточний ремонт і обслуговування паливної системи. Це пояснюється складністю виконання робіт і частотою виникнення відповідних несправностей.

Річна трудомісткість, люд.-год



Разом: 984 люд.-год

- Діагностика – 144 люд.-год (14,6%)
- Паливна система – 240 люд.-год (24,4%)
- Система впуску – 120 люд.-год (12,2%)
- Система запалювання – 180 люд.-год (18,3%)
- Поточний ремонт – 300 люд.-год (30,5%)

Рисунок 2.2 – Розподіл трудомісткості за видами робіт

2.3 Розрахунок річного обсягу робіт

Річний обсяг робіт характеризує загальну кількість робіт, що виконуються на станції ТО на протязі року, і визначається на основі трудомісткості обслуговування одного автомобіля та кількості автомобілів у зоні обслуговування.

Розрахунок виконується за формулою:

$$Q_p = N \cdot T_{cp} \quad (2.2)$$

Підставляємо значення:

$$Q_p = 120 \cdot 8,2 = 984 \text{ люд.-год.}$$

Таким чином, загальний річний обсяг становить 984 люд.-год.

Для більш детального планування виробничого процесу доцільно визначити середньомісячний та середньодобовий обсяг робіт.

Середньомісячний обсяг:

$$Q_{\text{міс}} = \frac{984}{12} = 82 \text{ люд.-год.}$$

Середньодобовий обсяг (при 250 робочих днях на рік):

$$Q_{\text{д}} = \frac{984}{250} \approx 3,94 \text{ люд.-год.}$$

Таблиця 2.4 – Розподіл обсягу робіт у часі

Показник	Значення
Річний обсяг робіт	984 люд.-год
Місячний обсяг робіт	82 люд.-год
Добовий обсяг робіт	3,94 люд.-год

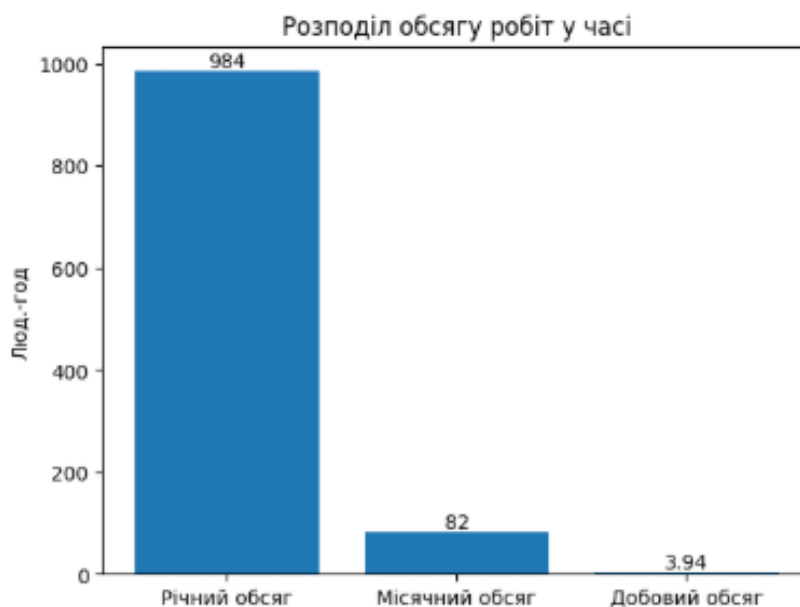


Рисунок 2.3 – Розподіл обсягу робіт у часі

Отримані результати показують, що навантаження на виробничі потужності є відносно рівномірним і незначним, що дозволяє ефективно організувати роботу навіть при невеликій кількості робочих постів.

2.4 Порівняльний аналіз несправностей систем двигуна та причин їх виникнення

Надійність роботи ДВЗ значною мірою залежить від ТС його основних систем: паливної, запалювання, впуску та керування. Для підвищення

ефективності діагностики доцільно виконати порівняльний аналіз найбільш типових несправностей, їх причин та наслідків.

Такий підхід дозволяє визначити найбільш проблемні елементи та оптимізувати технологічний процес обслуговування.

Таблиця 2.5 – Порівняння несправностей систем двигуна

Система	Характерні несправності	Основні причини	Наслідки
Паливна	Падіння тиску, засмічення форсунок	Забруднення палива, знос насоса	Зниження потужності
Запалювання	Пропуски запалювання	Зношені свічки, несправність котушки	Нерівномірна робота
Впуску	Підсос повітря	Порушення герметичності	Порушення сумішоутворення
Керування	Відмова датчиків	Знос, обрив проводки	Нестабільна робота двигуна

Аналіз частоти виникнення несправностей

На основі експлуатаційних даних можна умовно розподілити частоту виникнення несправностей:

- паливна система – 35%
- система запалювання – 30%
- система керування – 20%
- система впуску – 15%

Таблиця 2.6 – Частка несправностей за системами

Система	Частка, %	Система	Частка, %
Паливна	35	Керування	20
Запалювання	30	Впуску	15



Рисунок 2.3 – Діаграма розподілу несправностей систем ДВЗ

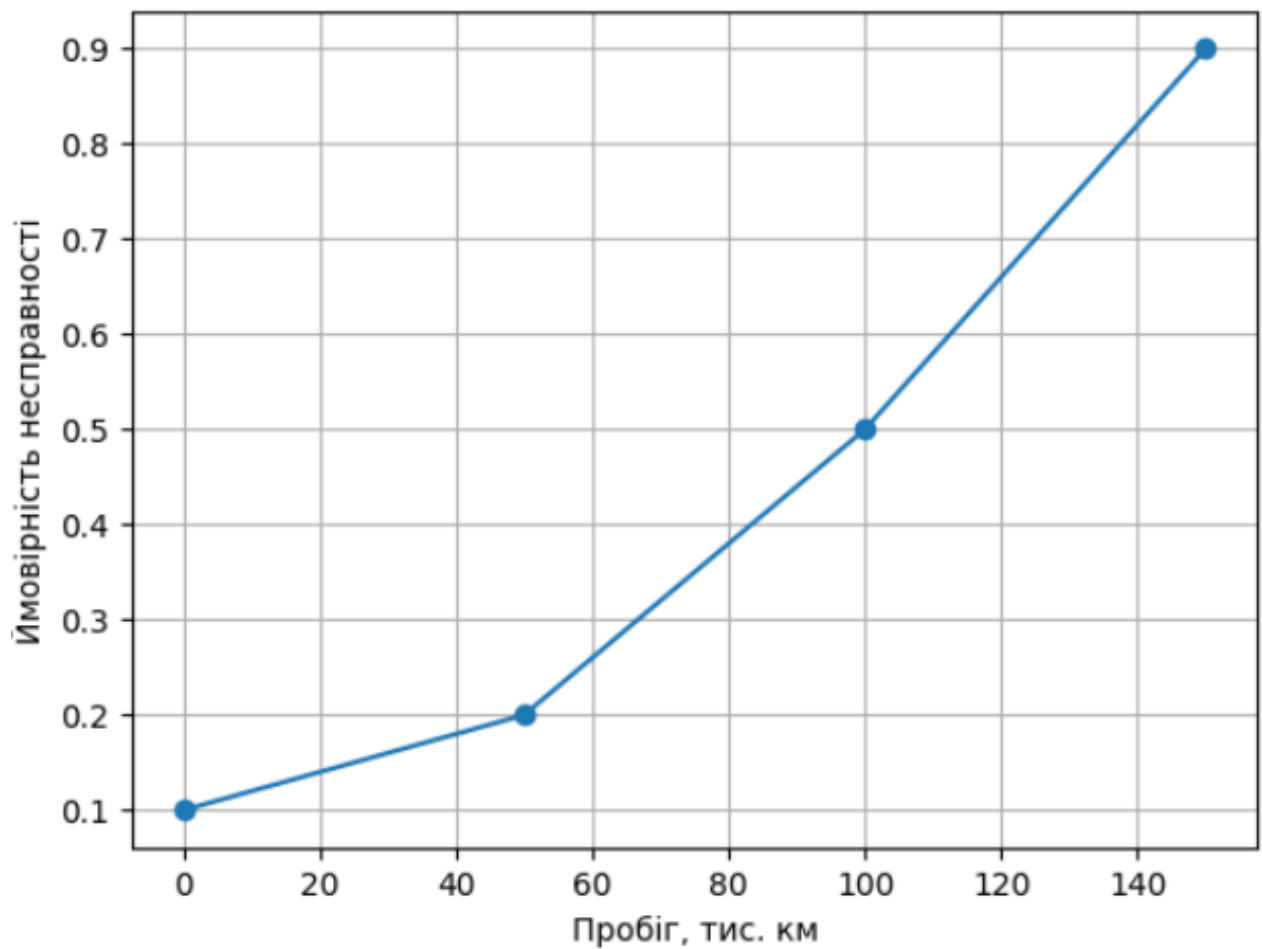


Рисунок 2.4 – Графік залежності «пробіг – ймовірність несправності»

Таблиця 2.7 – Порівняння за складністю усунення

Система	Складність ремонту	Трудомісткість
Паливна	Висока	2,0–2,5 люд.-год
Запалювання	Низька	1,0–1,5 люд.-год
Впуску	Середня	1,0–2,0 люд.-год
Керування	Висока	2,0–3,0 люд.-год

Проведений аналіз показує, що найбільш вразливою є паливна система, яка має найбільшу частку несправностей і значну трудомісткість ремонту. Система запалювання характеризується частими, але менш складними відмовами. Несправності системи керування є складними для діагностики, що потребує застосування спеціалізованого обладнання.

2.5 Визначення кількості постів і робочих місць

Кількість постів ТО визначається на основі річного обсягу робіт та ефективного фонду робочого часу одного поста. Правильний розрахунок дозволяє забезпечити раціональне завантаження обладнання і персоналу.

Кількість постів визначається за формулою:

$$m = \frac{Q_p}{F_{\Pi} \cdot \eta} \quad (2.3)$$

Річний фонд часу одного поста визначається як:

$$F_{\Pi} = D \cdot t_{зм} \quad (2.4)$$

$$F_{\Pi} = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання робочого часу приймаємо $\eta = 0,85$, що враховує втрати часу на підготовчо-заклучні операції, простої та організаційні перерви.

Підставляємо значення:

$$m = \frac{984}{2000 \cdot 0,85} = \frac{984}{1700} \approx 0,58.$$

Отримане значення округлюємо до більшого цілого:

$$m = 1.$$

Отже, для виконання запланованого обсягу робіт достатньо одного робочого поста.

Кількість робочих місць на посту визначається залежно від характеру робіт. Оскільки обслуговування систем двигуна не потребує одночасної роботи великої кількості працівників, приймаємо:

- кількість робочих місць на посту – 1;
- кількість постів – 1.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку

Показник	Значення
Річний обсяг робіт	984 люд.-год
Фонд часу поста	2000 год
Коефіцієнт використання	0,85
Кількість постів	1
Робочих місць на посту	1

Таким чином, для забезпечення виконання робіт систем ДВЗ достатньо одного універсального поста, що дозволяє ефективно організувати виробничий процес при заданому обсязі робіт.

2.6 Розрахунок чисельності виробничого персоналу

Чисельність виробничого персоналу визначається на основі загального річного обсягу робіт та ефективного фонду робочого часу одного працівника. Цей показник дозволяє встановити необхідну кількість працівників для виконання запланованого обсягу робіт.

Розрахунок виконується за формулою:

$$P = \frac{Q_p}{F_{\text{еф}}} \quad (2.5)$$

Ефективний фонд робочого часу визначається з урахуванням втрат часу (відпустки, лікарняні, святкові дні) і становить:

$$F_{\text{еф}} = 1800 \text{ год.}$$

Підставляємо значення:

$$P = \frac{984}{1800} \approx 0,55.$$

Отримане значення округлюємо до більшого цілого:

$$P = 1.$$

Отже, для виконання запланованого обсягу робіт необхідний один виробничий працівник.

З урахуванням характеру робіт доцільно передбачити універсального спеціаліста, який виконує функції:

- діагностики систем двигуна;
- технічного обслуговування;
- виконання нескладних ремонтних робіт.

Таблиця 2.9 – Розрахунок чисельності персоналу

Показник	Значення
Річний обсяг робіт	984 люд.-год
Ефективний фонд часу	1800 год
Розрахункова чисельність	0,55
Прийнята чисельність	1 особа

2.7 Вибір та обґрунтування технологічного обладнання

Для забезпечення виконання робіт з діагностики, ТО та ремонту систем двигуна автомобіля Lifan Smily 320 необхідно підібрати раціональний комплект технологічного обладнання. Вибір обладнання здійснюється з урахуванням обсягу робіт, їх характеру та економічної доцільності.

Оскільки річний обсяг робіт є відносно невеликим, доцільно застосовувати універсальне обладнання, яке забезпечує виконання максимальної кількості операцій.

Основа діагностичного обладнання становить мототестер АМ-1, який призначений для комплексної перевірки систем двигуна. Він дозволяє здійснювати аналіз параметрів системи запалювання, впорскування палива, а також перевірку роботи датчиків і електричних кіл. Використання даного приладу забезпечує швидке виявлення несправностей без розбирання двигуна.

Для виконання ремонтних робіт, пов'язаних із розбиранням двигуна, застосовується спеціалізований стенд. Він забезпечує надійне закріплення двигуна, зручний доступ до вузлів і агрегатів та підвищує безпеку виконання робіт.

Крім основного обладнання, для повноцінного виконання технологічного процесу необхідний допоміжний інструмент і прилади.

Таблиця 2.10 – Технологічне обладнання

Найменування обладнання	Призначення	Кількість
Мототестер АМ-1	Діагностика систем двигуна	1
Стенд для розбирання двигуна	Виконання ремонтних робіт	1
Набір слюсарного інструменту	Розбирання/складання вузлів	1 комплект
Компресометр	Вимірювання компресії	1
Манометр паливної системи	Контроль тиску палива	1
Мультиметр	Вимірювання електр. параметрів	1
Підйомне обладнання	Демонтаж двигуна	1

Вибране обладнання дозволяє виконувати повний цикл робіт – від первинної діагностики до складного ремонту двигуна. Використання мототестера значно скорочує час пошуку несправностей, а застосування стенда підвищує якість і безпечність ремонтних операцій.

2.8 Дільниця розбирання ДВЗ (діагностування)

Раціональне планування дільниці розбирання та діагностування двигунів є важливою умовою ефективної організації виробничого процесу. При розробленні плану враховано обсяг робіт, кількість робочих місць, габарити обладнання та вимоги безпеки праці.

Дільниця призначена для виконання діагностичних операцій, розбирання двигуна, дефектації деталей та підготовки до ремонту. Основу технологічного оснащення становлять мототестер АМ-1 та стенд для розбирання двигунів, що забезпечують повний цикл робіт.

Площа ділянки визначається за формулою:

$$F = F_{об} \cdot k \quad (2.6)$$

Орієнтовно визначимо площу обладнання:

стенд для розбирання двигуна – 2,5 м²;

мототестер з робочим місцем – 2,0 м²;

верстак – 2,0 м²;

допоміжне обладнання – 3,0 м².

$$F_{об} = 2,5 + 2,0 + 2,0 + 3,0 = 9,5 \text{ м}^2.$$

Приймаємо коефіцієнт $k = 4$:

$$F = 9,5 \cdot 4 = 38 \text{ м}^2.$$

Отже, площа ділянки становить приблизно 38 м².

Розрахунок виробничої площі на одного працівника.

$$F_1 = \frac{F}{P} \quad (2.7)$$

$$F_1 = \frac{38}{1} = 38 \text{ м}^2.$$

Це відповідає нормативним вимогам (не менше 20 м² на одного працівника).

Таблиця 2.11 – Основні параметри ділянки

Показник	Значення
Площа ділянки	38 м ²
Кількість постів	1
Кількість працівників	1
Площа на одного працівника	38 м ²

Організація робочих зон.

На ділянці виділено такі функціональні зони:

зона діагностики (мототестер);

зона розбирання двигуна (стенд);

зона слюсарних робіт (верстак);

зона зберігання інструменту та деталей.

Обладнання розташоване з урахуванням послідовності виконання операцій, що мінімізує переміщення працівника та скорочує час обслуговування.

Аналіз планування.

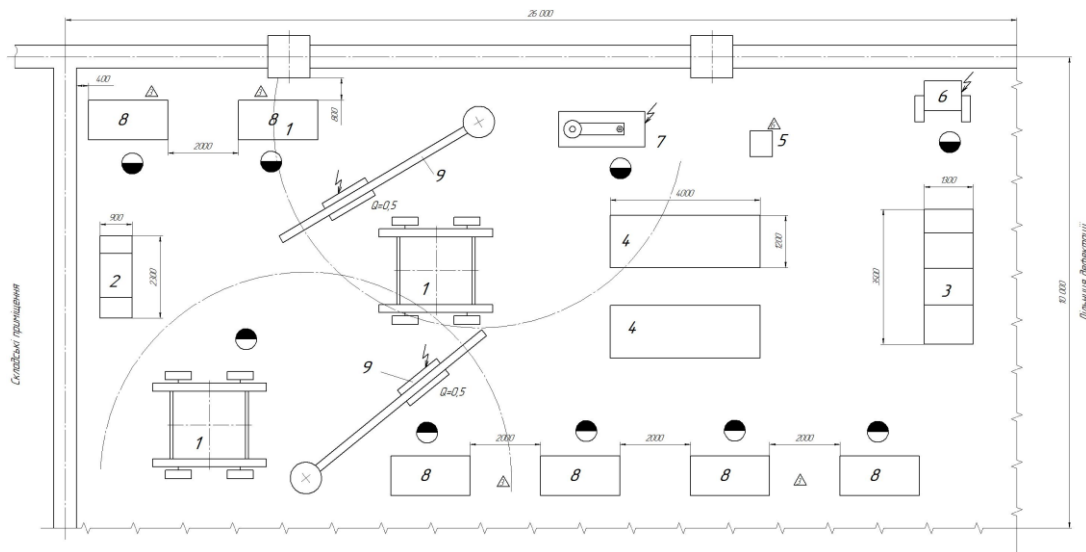


Рисунок 2.5 – План дільниці розбирання та діагностування ДВЗ

З аналізу плану видно, що обладнання розміщене раціонально: забезпечено зручний доступ до всіх вузлів двигуна, дотримано необхідні проходи та безпечні відстані. Використання стенда дозволяє виконувати роботи з мінімальними фізичними зусиллями, а застосування мототестера – скоротити час діагностики.

Таким чином, запропоноване планування дільниці забезпечує ефективне виконання робіт, відповідає вимогам ергономіки та охорони праці, а також дозволяє оптимізувати виробничий процес.

2.9 ТП діагностики, ТО та ремонту систем ДВЗ

2.9.1 Заміна водяного насоса

Спочатку від'єднують провід від мінусової клеми акумуляторної батареї, щоб уникнути короткого замикання під час виконання робіт. Після цього зливають охолоджувальну рідину із системи охолодження двигуна, підготувавши відповідну ємність. Далі знімають ремені приводу допоміжних агрегатів, щоб забезпечити доступ до водяного насоса. Потім,



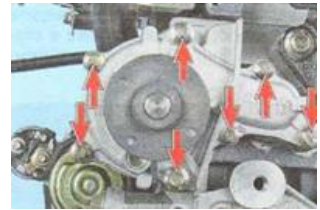
утримуючи шків водяного насоса від провертання, відкручують чотири болти його кріплення і знімають шків.



Після цього демонтують середній кожух ременя приводу газорозподільного механізму. Далі відкручують болт кріплення направляючої щупа для вимірювання рівня масла і знімають саму направляючу.



Наступним етапом відкручують сім болтів, якими водяний насос закріплений до блока циліндрів. Після цього насос разом з ущільнювальною прокладкою знімають.



Далі послаблюють хомут кріплення патрубку, від'єднують патрубок і знімають задню кришку водяного насоса. Після цього піддягають ущільнювальне кільце задньої кришки і знімають його з блока циліндрів.

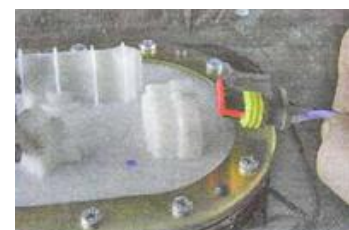


Перед встановленням нового насоса очищають посадкові поверхні від залишків старої прокладки та забруднень. Установлення виконують у зворотній послідовності, при цьому використовують нові ущільнювальні елементи та дотримуються необхідного моменту затягування кріплень. Після завершення робіт у систему заливають охолоджувальну рідину і перевіряють герметичність з'єднань та роботу насоса.



2.9.2 Зняття та встановлення паливного модуля

Якщо спостерігається зниження потужності двигуна, з'являється підвищений шум або сторонні звуки з боку паливного насоса, це може свідчити про його несправність. Перед демонтажем бажано перевірити тиск у паливній системі. Якщо він нижчий приблизно $3,8 \text{ кгс/см}^2$, причиною можуть бути несправний



електронасос, регулятор тиску або забруднення фільтрів.

Для виконання робіт використовують викрутки з плоским і хрестоподібним жалом, а також ємність для зливу палива. Спочатку від'єднують провід від мінусової клеми акумулятора. Потім паливний бак знімають і обережно опускають вниз, не від'єднуючи наливний та вентиляційний шланги.

Далі натискають на фіксатор і від'єднують колодку джгута проводів від паливного модуля. Після цього стискають пластикові засувки наконечника напірного паливопроводу та знімають його зі штуцера модуля. Аналогічно від'єднують паливопровід зворотної магістралі.

Потім відкручують кріпильні гвинти і знімають фланець кріплення паливного модуля. Після цього обережно витягують сам модуль із паливного бака, намагаючись не пошкодити поплавки і датчики. За потреби виймають направляючі виступи ущільнювальної прокладки з отворів у кришці та знімають саму прокладку.

З паливного модуля зливають залишки палива у підготовлену ємність. Далі віджимають фіксатори з обох боків, виймають штанги з направляючих піддона, повертають його і відводять убік.

Після цього піддягають фільтр грубого очищення, від'єднують його від штуцера електробензонасоса та знімають. Зношений або забруднений фільтр замінюють новим.

Збирання та встановлення паливного модуля виконують у зворотній послідовності. При цьому

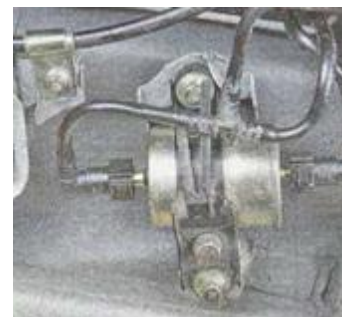


необхідно стежити за правильністю встановлення ущільнень, надійністю під'єднання паливопроводів і електричних роз'ємів, щоб уникнути витоків палива та забезпечити нормальну роботу системи живлення двигуна.



2.9.3 Обслуговування паливного фільтра

Паливний фільтр розташований на кузові автомобіля з лівого боку біля паливного бака. Для виконання робіт знадобиться ключ на 10. Перед початком обов'язково знижують тиск у системі живлення, щоб уникнути витікання палива. Після цього відкручують два болти кріплення кронштейна паливного фільтра. Далі фільтр виводять із місця встановлення, щоб отримати доступ до паливопроводів. Натискають на фіксатор наконечника та від'єднують паливопровід від вихідного штуцера фільтра. Аналогічно від'єднують паливопровід від вхідного штуцера і знімають паливний фільтр разом із кронштейном.



Потім сам фільтр витягують із кронштейна. Перед установкою нового фільтра перевіряють його орієнтацію. Новий паливний фільтр встановлюють у зворотній послідовності, звертаючи увагу на напрямок потоку палива. Стрілка на корпусі фільтра повинна збігатися з напрямком руху палива в системі.



Під час під'єднання паливопроводів наконечники надягають на штуцери до характерного клацання, що свідчить про надійну фіксацію. Після завершення робіт перевіряють герметичність з'єднань і відсутність витоків палива.



2.9.4 Зняття, перевірка та встановлення форсунок

Несправності паливних форсунок можуть проявлятися по-різному. Двигун може важко запускатися, працювати нестабільно або глухнути на холостому ходу. Іноді спостерігається підвищена частота обертання колінчастого вала без навантаження. Також можливе зниження потужності двигуна, погіршення розгону, ривки під час руху автомобіля та збільшення витрати палива. Окрім цього, зростає вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах, а через порушення герметичності форсунок може виникати калильне запалювання. Для демонтажу форсунок спочатку знімають паливну рампу. Потім за допомогою викрутки обережно піддягають фіксатор кріплення форсунки, знімають його і витягують форсунку з рампи. Таким самим способом демонтують усі інші форсунки. Після зняття перевіряють електричну частину форсунки, зокрема опір її обмотки. Для справної форсунки цей показник має становити приблизно 0,013 ... 0,016 кОм. Якщо значення виходить за ці межі, форсунку необхідно замінити, оскільки вона не підлягає ремонту. Перевірку якості розпилення палива та герметичності рекомендується проводити лише на спеціалізованих станціях технічного обслуговування, оскільки виконання таких операцій безпосередньо на автомобілі є небезпечним. Далі знімають ущільнювальні кільця з форсунок. Незалежно від їхнього стану, їх обов'язково замінюють новими. Не допускається очищення форсунок шляхом занурення у мийні рідини, оскільки це може пошкодити їх електричні елементи. Після підготовки форсунки встановлюють у зворотній



послідовності. Далі монтують паливну рампу, під'єднують усі паливопроводи, запускають двигун і перевіряють систему на герметичність, щоб переконатися у відсутності витоків палива.



2.9.5 Зняття та встановлення дросельного вузла

Якщо дросельна заслінка не закривається повністю, це зазвичай проявляється підвищеними обертами двигуна на холостому ходу та збільшеною витратою палива. У випадку, коли заслінка відкривається не повністю, двигун втрачає потужність, погіршується розгін, а під час руху можуть виникати ривки та провали. Такі проблеми часто пов'язані із забрудненням внутрішніх каналів вузла або пошкодженням ущільнень. Спочатку доцільно очистити дросельний вузол, і лише якщо це не допоможе — виконати його заміну.



Для демонтажу спочатку стискають вушка хомути і зсувають його зі свого місця, після чого від'єднують шланг вентиляції картера від повітропроводу. Далі послаблюють хомути кріплення і від'єднують повітропровід від корпусу повітряного фільтра, а потім від'єднують його від дросельного вузла і повністю знімають.



Після цього від'єднують електричні роз'єми від датчика положення дросельної заслінки та регулятора холостого ходу. Далі від'єднують наконечник троса приводу дросельної заслінки від її сектора.



Наступним кроком відкручують чотири болти кріплення дросельного вузла до кришки впускного колектора і знімають сам вузол. Після цього знімають ущільнювальну прокладку.



Перед встановленням очищають поверхні від забруднень і залишків старої прокладки. Монтаж дросельного вузла та всіх знятих елементів виконують у зворотній послідовності. Після складання перевіряють роботу двигуна, звертаючи увагу на стабільність холостого ходу та відсутність підсосів повітря.



2.9.6 Зняття та встановлення адсорбера системи уловлювання парів палива

Адсорбер знімають у разі появи стійкого запаху бензину, що зазвичай свідчить про порушення його герметичності. Також несправність адсорбера або клапана продувки може призводити до нестабільної роботи двигуна на холостому ходу, аж до його зупинки. Для виконання робіт використовують викрутку з хрестоподібним жалом. Спочатку послаблюють хомути кріплення шлангів, після чого від'єднують від патрубків адсорбера як відвідний, так і підвідний шланги. Далі адсорбер піднімають вгору і знімають з місця встановлення.



Перед установленням перевіряють стан шлангів і хомутів, а також герметичність з'єднань. Встановлення адсорбера виконують у зворотній послідовності, забезпечуючи надійне кріплення і щільне під'єднання шлангів. Після завершення робіт перевіряють відсутність запаху палива та стабільність роботи двигуна.



3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз засобів діагностики та обладнання для ТО і ремонту двигунів

Ефективність виконання робіт з діагностики, ТО ДВЗ значною мірою залежить від правильного вибору обладнання. У сучасних умовах автосервісу застосовується широкий спектр засобів, які умовно поділяються на діагностичні та ремонтно-обслуговувальні.

До засобів діагностики належать прилади, що дозволяють визначити технічний стан двигуна без його розбирання. Серед них особливе місце займає мототестер АМ-1, який використовується для аналізу параметрів систем запалювання, живлення та електронного керування. Також застосовуються сканери, мультиметри та осцилографи.

Однак, незважаючи на високу ефективність діагностичних приладів, вони не дозволяють повністю оцінити технічний стан механічних елементів двигуна, таких як поршнева група, клапанний механізм чи підшипники. У таких випадках необхідне часткове або повне розбирання ДВЗ.

Для виконання ремонтних робіт застосовується різноманітне обладнання: підйомники, верстаки, інструмент, а також спеціалізовані стенди для розбирання двигунів. Саме стенди забезпечують надійну фіксацію двигуна, можливість його обертання та зручний доступ до всіх вузлів.

Таблиця 3.1 – Порівняння засобів діагностики та ремонту ДВЗ

Група обладнання	Приклад	Переваги	Недоліки
Діагностичне	Мототестер АМ-1	Швидкість перевірки, без розбирання	Не визначає механічний знос
Діагностичне	Сканер	Зчитування помилок ЕБУ	Обмежена інформація
Діагностичне	Осцилограф	Детальний аналіз сигналів	Складність використання

Діагностичне	Верстак та інструмент	Універсальність	Незручність роботи з двигуном
Діагностичне	Підйомник	Полегшує демонтаж	Не придатний для розбирання
Діагностичне	Стенд для двигуна	Зручність, безпечність, доступність	Потребує місця

Діагностичні засоби є ефективними на початковому етапі виявлення несправностей, однак вони не забезпечують повного уявлення про стан ДВЗ. У свою чергу, обладнання для ремонту дозволяє виконати глибоке обстеження та відновлення працездатності агрегату.

Таблиця 3.2 – Порівняння можливостей діагностики та ремонту

Критерій	Діагностика	Ремонт (розбирання)
Виявлення несправності	Часткове	Повне
Час виконання	Малий	Значний
Точність оцінки	Середня	Висока
Необхідність розбирання	Ні	Так

Таким чином, для забезпечення повного циклу обслуговування двигуна необхідне поєднання діагностичних засобів та спеціалізованого обладнання для ремонту. Найбільш доцільним рішенням для виконання робіт з розбирання двигуна є використання спеціального стенда, що забезпечує підвищення якості, зручності та безпеки виконання робіт.

3.2 Обґрунтування вибору, призначення, будова та принцип роботи стенда для розбирання двигунів

Проведений аналіз показав, що для якісного виконання робіт недостатньо лише діагностичних приладів. Після виявлення несправностей виникає необхідність у розбиранні двигуна, дефектації його елементів та виконанні ремонтних операцій. Виконання цих робіт без спеціалізованого обладнання є

трудомістким, небезпечним і малоефективним, тому доцільно використання стенда для розбирання двигунів, який забезпечує надійну фіксацію агрегату, можливість його обертання та зручний доступ до всіх вузлів.

Призначення стенда.

Стенд призначений для:

- встановлення та закріплення двигуна;
- забезпечення зручного доступу до всіх його частин;
- обертання двигуна під час розбирання і складання;
- підвищення безпеки та зменшення фізичних навантажень на працівника.

Обґрунтування вибору стенда.

Використання стенда має ряд переваг у порівнянні з традиційними способами ремонту (на підлозі або верстаку):

- підвищення зручності виконання робіт;
- зменшення часу розбирання та складання;
- покращення якості ремонту;
- зниження ризику травматизму;
- можливість обслуговування двигуна однією особою.

Таблиця 3.3 – Порівняння способів розбирання двигуна

Показник	Без стенда	Із застосуванням стенда
Зручність роботи	Низька	Висока
Трудомісткість	Висока	Зменшена
Безпека	Низька	Висока
Доступ до вузлів	Обмежений	Повний
Якість виконання робіт	Середня	Висока

Конструкція стенда для розбирання двигуна включає такі основні елементи:

- раму (основу), що забезпечує стійкість конструкції;
- стійку (вертикальну опору);
- поворотний механізм;

- кронштейн для кріплення двигуна;
- фіксуючі елементи;
- колеса (за наявності) для переміщення.

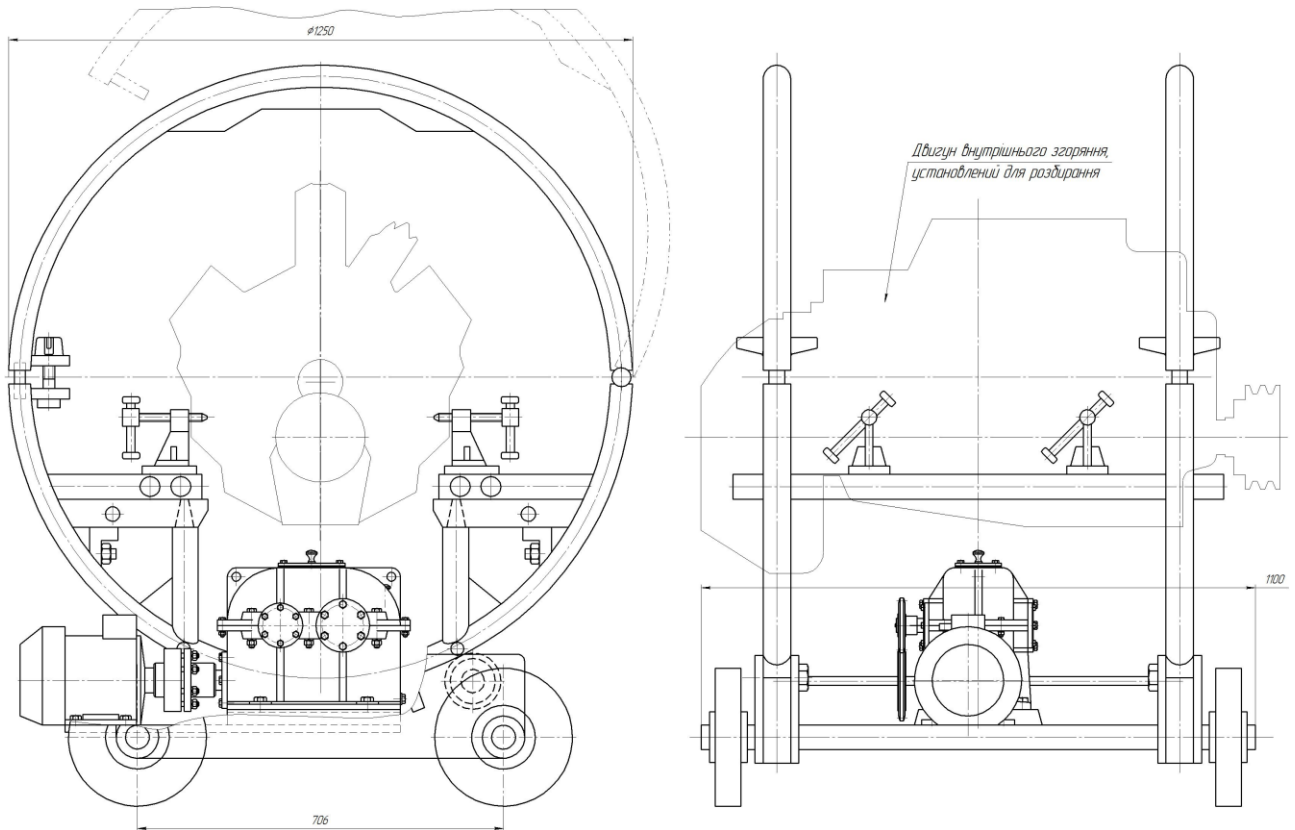


Рисунок 3.1 – Стенд для розбирання двигуна

Принцип роботи станда.

Робота станда полягає у встановленні двигуна на кронштейн з подальшою його фіксацією. Після закріплення двигун може обертатися навколо своєї осі за допомогою поворотного механізму. Це дозволяє встановлювати його у зручне положення для виконання різних операцій.

Фіксація здійснюється за допомогою стопорного механізму, який утримує двигун у заданому положенні під час роботи. Завдяки цьому забезпечується безпека та точність виконання технологічних операцій.

3.3 Розрахунок основних параметрів станда для розбирання ДВЗ

Проектування станда для розбирання двигуна передбачає визначення його основних параметрів, що забезпечують надійність, стійкість та зручність

експлуатації. До таких параметрів належать: вантажопідйомність, геометричні розміри, навантаження на елементи конструкції, а також параметри поворотного механізму.

1. Визначення розрахункової маси ДВЗ.

Для Lifan Smily 320 маса ДВЗ :

$$m_{\text{дв}} = 120 \text{ кг.}$$

З урахуванням запасу міцності (коефіцієнт запасу $k = 1,5$):

$$m_{\text{р}} = m_{\text{дв}} \cdot k = 120 \cdot 1,5 = 180 \text{ кг.} \quad (3.1)$$

2. Визначення навантаження на стенд

Сила, що діє на конструкцію:

$$F = m \cdot g.$$

$$F = 180 \cdot 9,81 \approx 1766 \text{ Н.}$$

3. Розрахунок моменту навантаження

Двигун закріплюється на відстані від осі обертання. Приймаємо плече:

$$l = 0,3 \text{ м.}$$

Тоді згинальний момент:

$$M = F \cdot l. \quad (3.2)$$

$$M = 1766 \cdot 0,3 \approx 530 \text{ Н м.}$$

4. Визначення габаритних розмірів стенда.

Для забезпечення стійкості та зручності роботи приймаємо: довжина основи: $L = 1,0$ м; ширина: $B = 0,8$ м; висота: $H = 1,2$ м.

5. Перевірка стійкості стенда.

Умова стійкості:

$$M_{\text{утр}} > M_{\text{перекидання}}$$

де $M_{\text{утр}}$ – утримуючий момент;

$M_{\text{перекидання}}$ – момент від ваги двигуна.

Утримуючий момент визначається:

$$M_{\text{утр}} = G_{\text{ст}} \cdot \frac{B}{2}. \quad (3.3)$$

де $G_{\text{ст}}$ – вага стенда (приймаємо 60 кг, 588 Н).

$$M_{\text{утр}} = 588 \cdot 0,4 = 235 \text{ Н м.}$$

Оскільки: $235 < 530$ необхідно збільшити масу або ширину стенда, шляхом приймання: ширина $B = 1,0$ м; маса стенда 100 кг, 981 Н.

$$M_{\text{утр}} = 981 \cdot 0,5 = 490 \text{ Н м.}$$

6. Розрахунок діаметра осі повороту.

Для круглого вала:

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3} \quad (3.4)$$

Приймаємо допустиме напруження:

$$\tau_{\text{доп}} = 40 \text{ МПа.}$$

Звідси:

$$d \approx 25 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне значення:

$$d = 30 \text{ мм.}$$

7. Розрахунок необхідного зусилля для обертання двигуна.

$$P = \frac{M}{R}. \quad (3.5)$$

Приймаємо $R = 0,2$ м.

$$P = \frac{530}{0,2} = 2650 \text{ Н.}$$

3.4 Розрахунок міцності елементів конструкції стенда

Метою даного підпункту є перевірка міцності основних елементів стенда для розбирання двигуна: рами, стійки та осі повороту. Розрахунки виконуються на основі визначених у попередньому підпункті навантажень.

1. Розрахунок міцності осі повороту.

Ось працює на кручення під дією моменту $M = 530$ Н м.

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3} \quad (3.5)$$

Підставляємо значення:

$$\tau = \frac{16 \cdot 530}{3,14 \cdot 0,03^3} \approx 10,0 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для сталі:

$$\tau_{\text{доп}} = 40 \text{ МПа.}$$

Оскільки: $10 < 40$, умова міцності виконується, запас міцності достатній.

2. Розрахунок стійки (вертикальної опори).

Стійка працює на згин під дією сили $F = 1766 \text{ Н}$.

Максимальний згинальний момент:

$$M = 530 \text{ Н м.}$$

Напруження згину визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{M}{W}. \quad (3.6)$$

де W – момент опору перерізу.

Приймаємо профіль труби $60 \times 40 \times 3 \text{ мм}$:

$$W \approx 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

$$\sigma = \frac{530}{5,5 \cdot 10^{-6}} \approx 96 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження:

$$\sigma_{\text{доп}} = 160 \text{ МПа.}$$

$$96 < 160.$$

Отже, міцність стійки забезпечена.

3. Розрахунок рами стенда.

Рама сприймає навантаження від маси двигуна і конструкції.

Максимальне навантаження:

$$F = 1766 \text{ Н.}$$

При рівномірному розподілі на дві опори:

$$F_1 = \frac{1766}{2} = 883 \text{ Н.}$$

Згинальний момент для балки довжиною 1 м:

$$M = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{1766 \cdot 1}{4} = 441,5 \text{ Н м.}$$

Напруження:

$$\sigma = \frac{441,5}{5,5 \cdot 10^{-6}} \approx 80 \text{ МПа.}$$

$$80 < 160.$$

Рама витримує навантаження.

4. Перевірка зварних з'єднань.

Напруження у швах визначається:

$$\tau = \frac{F}{A}. \quad (3.7)$$

Приймаємо площу шва:

$$A = 200 \text{ мм}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\tau = \frac{1766}{2 \cdot 10^{-4}} \approx 8,8 \text{ МПа.}$$

Допустиме значення:

$$\tau_{\text{доп}} = 80 \text{ МПа.}$$

$$8,8 < 80.$$

Міцність зварних з'єднань забезпечена.

5. Коефіцієнт запасу міцності.

$$n = \frac{\sigma_{\text{доп}}}{\sigma}. \quad (3.8)$$

навантаженого елемента (стійка):

$$n = \frac{160}{96} \approx 1,67.$$

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку міцності

Елемент	Напруження, МПа	Допустиме, МПа	Запас
Вісь	10	40	4,0
Стійка	96	160	1,67
Рама	80	160	2,0
Зварні шви	8,8	80	9,1

Проведені розрахунки показали, що всі основні елементи конструкції стенда мають достатній запас міцності. Найбільш навантаженим елементом є стійка, однак навіть у цьому випадку коефіцієнт запасу перевищує допустиме значення. Це свідчить про надійність конструкції та можливість її безпечної експлуатації при заданих навантаженнях.

3.5 Техніко-економічне обґрунтування використання стенда для розбирання ДВЗ

Впровадження стенда для розбирання двигунів повинно бути не лише технічно доцільним, але й економічно обґрунтованим. Основний ефект від використання стенда полягає у зменшенні трудомісткості робіт, скороченні часу обслуговування та підвищенні якості виконання операцій.

1. Визначення економії трудомісткості.

Без використання стенда трудомісткість розбирання двигуна становить:

$$T_1 = 6,0 \text{ люд.-год.}$$

Із застосуванням стенда:

$$T_2 = 4,5 \text{ люд.-год.}$$

Економія трудомісткості:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 6,0 - 4,5 = 1,5 \text{ люд.-год.}$$

2. Розрахунок річної економії часу.

Кількість обслуговуваних двигунів за рік (приймаємо):

$$N = 120.$$

Річна економія часу:

$$T_{\text{ек}} = \Delta T \cdot N = 1,5 \cdot 120 = 180 \text{ люд.-год.}$$

3. Розрахунок економічного ефекту.

Вартість однієї нормо-години:

$$C = 800 \text{ грн.}$$

Річна економія коштів:

$$E = T_{\text{ек}} \cdot C. \tag{3.9}$$

$$E = 180 \cdot 800 = 144000 \text{ грн.}$$

4. Визначення вартості стенда.

Орієнтовна вартість виготовлення стенда:

$$C_{\text{ст}} = 25000 \text{ грн.}$$

5. Розрахунок терміну окупності.

$$t = \frac{C_{\text{ст}}}{E}. \tag{3.10}$$

$$t = \frac{25000}{144000} \approx 0,17 \text{ року.}$$

Таблиця 3.5 – Основні економічні показники

Показник	Значення
Економія часу на один двигун	1,5 люд.-год.
Річна економія часу	180 люд.-год.
Вартість нормо-години	800 грн.
Річний економічний ефект	144000 грн.
Вартість стенда	25000 грн.
Термін окупності	0,17 року.

Окрім прямого економічного ефекту, використання стенда забезпечує:

- підвищення якості ремонтних робіт;
- зменшення фізичного навантаження на працівника;
- зниження ризику травматизму;
- можливість обслуговування двигуна одним спеціалістом;
- скорочення простоїв автомобілів.

Результати свідчать про високу ефективність використання стенда для розбирання двигунів. Значна економія часу та швидкий термін окупності (менше одного року) підтверджують доцільність його впровадження. Використання стенда дозволяє не лише понизити витрати, але й покращити якість і безпечність виконання робіт.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Джерела небезпеки, уражаючі, небезпечні та шкідливі фактори

У процесі виконання робіт з діагностики, технічного обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння працівники піддаються впливу різноманітних небезпек. Для їх ефективного контролю необхідно здійснювати систематизацію та аналіз можливих загроз.

Таксономія небезпек являє собою впорядковану класифікацію явищ, процесів і факторів, які можуть спричинити шкоду людині, обладнанню або навколишньому середовищу. Вона дозволяє структурувати небезпечні фактори та визначити підходи до їх попередження. Доцільно виділити такі основні класифікаційні ознаки небезпек:

- за походженням: природні (кліматичні умови, температура), техногенні (робота обладнання, електроустановки), соціальні та комбіновані;
- за місцем виникнення: атмосферні, виробничі, пов'язані з робочим середовищем;
- за наслідками: травматизм, професійні захворювання, пожежі, аварії, екологічні порушення;
- за характером шкоди: технічні (поломки обладнання), соціальні (вплив на працівників), екологічні;
- за сферою прояву: виробничі (основні для даної ділянки), побутові та інші;
- за тривалістю впливу: короткочасні (імпульсні) та тривалі (накопичувальні);
- за характером дії: активні (рухомі механізми, електричний струм) та пасивні (гострі кромки, нерівності поверхні, слизькі підлоги).

Важливим етапом забезпечення безпеки є ідентифікація небезпек, яка полягає у виявленні потенційно небезпечних факторів та визначенні їх характеристик. Це дає змогу розробити ефективні заходи щодо їх усунення або мінімізації впливу.

Для оцінювання рівня небезпеки застосовують класифікацію за ступенем тяжкості можливих наслідків:

- I – катастрофічна (загибель людей, значні матеріальні збитки);
- II – критична (серйозні травми, значні пошкодження);
- III – гранична (легкі травми, незначні пошкодження);
- IV – незначна (мінімальні наслідки).
- Імовірність виникнення небезпеки також поділяють на рівні:
- A – часта;
- B – імовірна;
- C – випадкова;
- D – малоімовірна;
- E – практично неможлива.

Для більш точного аналізу використовується квантифікація небезпек — кількісна оцінка рівня ризику. Основним показником при цьому є ризик, який враховує як ймовірність виникнення небезпечної події, так і тяжкість її наслідків.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі фактори на дільниці

Група факторів	Приклади	Можливі наслідки
Механічні	Рухомі частини двигуна, інструмент	Травми, порізи
Електричні	Електрообладнання, проводка	Ураження струмом
Теплові	Гарячі поверхні двигуна	Опіки
Хімічні	Паливо, мастила, вихлопні гази	Отруєння, подразнення
Фізичні	Шум, вібрація	Погіршення здоров'я
Організаційні	Порушення технології робіт	Аварійні ситуації

З метою зменшення негативного впливу небезпечних факторів застосовуються принципи нормування, які передбачають:

- повне усунення небезпечного фактору, якщо це технічно можливо;
- обмеження рівня впливу до допустимих значень;
- зменшення тривалості впливу при неможливості зниження інтенсивності.

Таким чином, системний підхід до аналізу небезпек, їх класифікація та кількісна оцінка дозволяють ефективно організувати заходи з охорони праці на ділянці, забезпечуючи безпечні умови виконання робіт.

Таблиця 4.2 – Ознаки і регламентація небезпек залежно від їх виду

Вид небезпеки	Ознаки
Бактеріологічна	Наявність небезпечних мікроорганізмів (бактерії, віруси, рикетсії, грибки, найпростіші).
Біологічна	Наявність небезпечних макроорганізмів (рослини, тварини, інші переносники інфекційних захворювань), а також накопичувачі й полігони біологічних відходів, очисні споруди господарсько- побутової каналізації.
Вибухопожежна	Наявність газоподібних, рідких та твердих речовин, матеріалів або їх сумішей, а також окисників, здатних вибухати і горіти за певних умов.
Пожежна	Наявність газоподібних, рідких та твердих речовин, матеріалів або сумішей, здатних підтримувати горіння.
Радіаційна	Наявність радіоактивних речовин і матеріалів, інших джерел іонізуючого випромінювання.
Г ідродинамічна	Наявність гідротехнічних споруд (дамби, греблі, шлюзи) для накопичення і зберігання значних об'ємів води й рідких
Фізична	Наявність джерел електромагнітних, іонізуючих, світлових, акустичних чи інших полів несприятливого діапазону або потужності. Динамічна небезпека, зумовлена наявністю джерел високих швидкостей руху, зокрема змінних (вібрацій).
Хімічна	Наявність токсичних, шкідливих, сильно дійних отруйних речовин, отрутохімікатів, хімічних засобів захисту рослин та мінеральних добрив.

Екологічна	Можливість несприятливого впливу на довкілля техногенних і природних факторів, у результаті чого порушується пристосування живих систем до звичних умов існування.
------------	--

4.2 Класифікація небезпек

Найбільш вдалою є класифікація небезпек за джерелами походження, згідно з якою всі небезпеки поділяють на чотири групи: природні, техногенні, соціально-політичні та комбіновані (рис. 4.1).

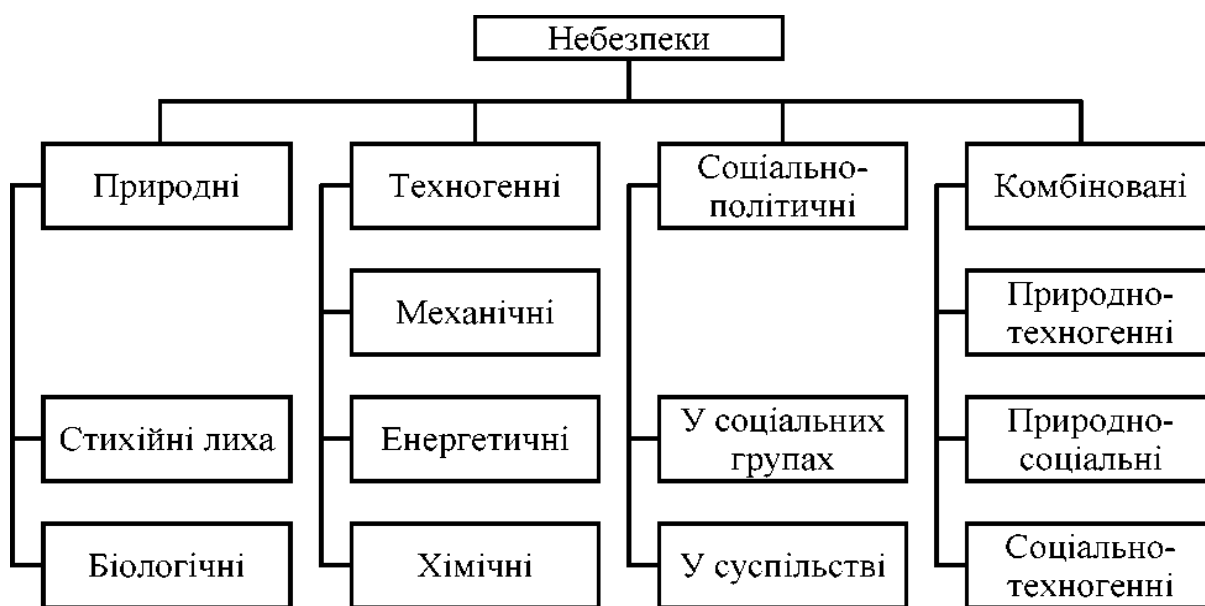


Рисунок 4.1 – Класифікація небезпек за джерелами походження

Перші три групи належать до елементів життєвого навколишнього середовища людини - природного, техногенного та соціокультурного. До четвертої групи припадають природно-техногенні, природно-соціальні та соціально-техногенні небезпеки, джерелами яких є комбінація різних елементів життєвого середовища.

4.3 Гігієнічне нормування умов праці

Гігієна праці є важливою складовою системи охорони праці та спрямована на забезпечення безпечних і здорових умов трудової діяльності працівників. Вона охоплює комплекс заходів правового, організаційного, технічного,

санітарно-гігієнічного та медико-профілактичного характеру, які спрямовані на збереження здоров'я працівників і підвищення ефективності їхньої праці.

Основною метою гігієни праці є дослідження впливу виробничих факторів на організм людини та встановлення допустимих рівнів їх дії. На основі цього розробляються заходи, що забезпечують оптимальні умови праці без негативного впливу на здоров'я працівників. Також важливим завданням є впровадження профілактичних заходів, які сприяють зниженню рівня професійних захворювань і підвищенню працездатності.

Виробнича санітарія є складовою гігієни праці та включає систему організаційних і технічних рішень, спрямованих на усунення або зменшення впливу шкідливих виробничих факторів. До таких заходів належать вентиляція приміщень, освітлення робочих зон, зниження рівня шуму та вібрації, а також забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Покращення санітарно-гігієнічних умов праці досягається шляхом удосконалення технологічних процесів, модернізації обладнання, автоматизації виробництва та раціональної організації робочого місця. Важливу роль відіграє також дотримання ергономічних вимог, які враховують фізіологічні та психологічні особливості людини.

Умови праці характеризуються сукупністю факторів виробничого середовища, що впливають на стан здоров'я, самопочуття та працездатність працівника. До таких факторів належать мікроклімат, рівень шуму, освітленість, запиленість повітря, наявність шкідливих речовин тощо.

Працездатність людини визначається її здатністю виконувати певний обсяг роботи протягом заданого часу та залежить як від індивідуальних характеристик (вік, стан здоров'я, кваліфікація), так і від умов праці. Несприятливі умови призводять до швидкої втомлюваності, зниження продуктивності та підвищення ризику травматизму.

Гігієнічне нормування умов праці полягає у встановленні допустимих значень параметрів виробничого середовища, які не викликають негативного впливу на здоров'я працівників при тривалій дії. Такі нормативи визначаються державними стандартами та санітарними нормами.

Таблиця 4.3 – Основні нормовані параметри умов праці

Фактор	Нормативне значення	Вплив при перевищенні
Температура повітря	18–22 °С	Перегрів або переохолодження
Відносна вологість	40–60 %	Дискомфорт, захворювання
Рівень шуму	до 80 дБ	Погіршення слуху
Освітленість	300–500 лк	Втома зору
Концентрація шкідливих речовин	Не вище ГДК	Отруєння, захворювання

Таким чином, гігієнічне нормування умов праці є важливим інструментом забезпечення безпеки та здоров'я працівників. Дотримання встановлених нормативів дозволяє створити комфортні умови праці, підвищити продуктивність та знизити ризик професійних захворювань.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено завдання, пов'язані із підвищенням ефективності обслуговування систем ДВЗ Lifan Smily 320.

У загально-технічному розділі проведено аналіз конструкції двигуна та його основних систем: паливної, впуску, випуску та системи керування. Визначено характерні несправності, встановлено їх основні причини та вплив на роботу двигуна. Також розглянуто сучасні методи і засоби діагностики, що дозволяють ефективно виявляти відхилення у роботі систем.

У технологічному розділі обґрунтовано перелік робіт з обслуговування та ремонту, виконано розрахунок трудомісткості та річного обсягу робіт. Визначено кількість постів і виробничого персоналу, що забезпечують виконання заданого обсягу робіт. Проведено підбір технологічного обладнання, зокрема використання мототестера та стенда для розбирання двигунів. Розроблено план ділянки та технологічні процеси виконання основних операцій, що дозволяє підвищити якість обслуговування і скоротити час виконання робіт.

У конструкторському розділі виконано аналіз існуючих засобів діагностики та ремонтного обладнання, що обґрунтовує необхідність використання спеціалізованого стенда для розбирання двигунів. Розраховано основні параметри стенда, перевірено міцність його конструктивних елементів та підтверджено їхню надійність. Виконано техніко-економічне обґрунтування, яке показало значну економію трудових витрат і короткий термін окупності запропонованого рішення.

У розділі з безпеки життєдіяльності розглянуто фактори, що виникають під час виконання робіт, наведено їх класифікацію та визначено гігієнічні нормативи умов праці. Запропоновано заходи щодо зниження впливу небезпечних факторів та підвищення рівня безпеки робочих.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Automotive Technology: Principles, Diagnosis, and Service. – Pearson, 2020.
2. Автомобілі. Теорія: навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
3. Автомобілі. Технічна експлуатація / За ред. Лудченка О.А. – Київ: Вища школа, 2018. – 527 с.
4. Гевко І. Б., Рогатинський Р. М., Ляшук О. Л., Гудь В. З., Левкович М. Г., Сташків М. Я., Сіправська М. Д. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Говорущенко М.Я. Основи технічної експлуатації автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2017. – 312 с.
6. Двигуни внутрішнього згоряння: теорія і розрахунок / За ред. А.П. Марченка. – Харків: НТУ «ХП», 2018.
7. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн.2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець, - К.: Вища шк., 1994. – 383 с.
8. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.
9. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна діагностика» для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» денної і заочної форми навчання. – Босюк П.В. Левкович М.Г., Тесля В.О. – ТНТУ ім. І.Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 236 с.
10. Кузьменко В.О., Шевченко В.М. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – Київ: Каравела, 2019. — 368 с.

11. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр" усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с.

12. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.

13. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.

14. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів: навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль: ТДТУ, 2009. 108

15. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

16. Ремонт автомобілів: підручник / За ред. І.С. Гриценка. – Київ: Либідь, 2016. – 544 с.

17. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.2 Трудомісткість робіт

N – кількість автомобілів, що обслуговуються за рік;

$T_{\text{ср}}$ – середня трудомісткість обслуговування одного автомобіля, люд.-год.

2.3 Розрахунок річного обсягу робіт

Q_p – річний обсяг робіт, люд.-год;

N – кількість автомобілів, що обслуговуються;

$T_{\text{ср}}$ – середня трудомісткість обслуговування одного автомобіля, люд.-год.

2.4 Визначення кількості постів і робочих місць

m – кількість постів;

Q_p – річний обсяг робіт, люд.-год;

$F_{\text{п}}$ – річний фонд часу одного поста, год;

η – коефіцієнт використання робочого часу поста.

D – кількість робочих днів на рік (приймаємо 250 днів);

$t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни (8 год).

2.5 Розрахунок чисельності виробничого персоналу

P – чисельність виробничого персоналу, осіб;

Q_p – річний обсяг робіт, люд.-год;

$F_{\text{еф}}$ – ефективний фонд робочого часу одного працівника, год.

2.7 Дільниця розбирання двигунів (діагностування)

$F_{\text{об}}$ – сумарна площа, зайнята обладнанням, м²;

k – коефіцієнт, що враховує проходи та робочі зони (приймаємо 3,5–4).

P – кількість працівників (1 особа).