

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення технології виготовлення та компонування газобалонного обладнання автомобіля

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Освітня програма: Відновлення і технічий сервіс автомобілів

Шифр: КРБМТВА 26. 24440. 000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу,
група МТВА-22-1



Владислав РЕПЛЮК

Керівник, д.т.н., професор



Володимир ДИТИНЮК

Нормоконтролер, к.т.н., доцент



Олег БАБАК

До захисту допускаю:
завідувач кафедри ТАМ



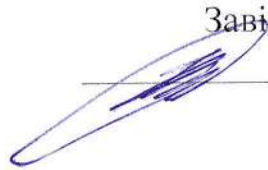
Олександр ДИХА

15 06 2026 р.

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Освітня програма: Відновлення та технічний сервіс автомобілів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ
Олександр ДИХА



" 15" квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Реплюк Владислав Васильович

1. Тема роботи: **Удосконалення технології виготовлення та компонування газобалонного обладнання автомобіля**

Керівник роботи: Дитинюк Володимир Олександрович, д-р філософ.

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- 1) Дані про будову ГБО автомобіля
- 2) Технічні умови розміщення ГБО на автомобілі
- 3) Матеріали переддипломної практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Характеристика типів газобалонного обладнання автомобілів
2. Розрахунки конструктивних елементів газобалонного устаткування
3. Технологія виготовлення захисту балону

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Характеристика типів газобалонного обладнання автомобілів	1.05.2026	<i>В</i>
2	Розрахунки конструктивних елементів газобалонного устаткування	15.05.2026	<i>В</i>
3	Технологія виготовлення захисту балону	30.05.2026	<i>В</i>
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2026	<i>В</i>

Студент

В. Реплюк

Владислав РЕПЛЮК

Керівник кваліфікаційної роботи

В. Дитинюк

Володимир ДИТИНЮК

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 67 сторінок, кількість рисунків - 19, таблиць - 8, додатків - 1, кількість джерел згідно із переліком посилань - 10.
Студент гр. МТВА-22-1 Реплюк В.В.

Тема «Удосконалення технології виготовлення та компонування газобалонного обладнання автомобіля»

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення конструкції та технології виготовлення елементів газобалонного обладнання легкового автомобіля. Проведено аналіз розвитку та технічних особливостей газобалонного обладнання різних поколінь, визначено їх переваги, недоліки та області застосування. Обґрунтовано вибір оптимального варіанту газобалонного обладнання для встановлення на автомобіль. Розроблено конструктивне рішення щодо розміщення газового балона з урахуванням вимог безпеки, надійності та ефективного використання простору транспортного засобу. Виконано розрахунок навантажень, що діють на елементи кріплення балона в умовах експлуатації, зокрема при гальмуванні, та перевірено їх міцність. У технологічній частині роботи запропоновано процес виготовлення захисного елемента балона із застосуванням сучасних методів обробки металу, зокрема лазерного різання та листового штампування. Обґрунтовано вибір обладнання та визначено основні технологічні параметри процесу.

Ключові слова: газобалонне обладнання, автомобіль, газовий балон, технологія виготовлення, лазерне різання, листове штампування, кріплення балона, альтернативне паливо

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАХИСТУ БАЛОНУ55

Висновки.....65

Список використаних джерел.....66

Додатки

					КРБМТВА 26. 24440. 000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Кількість автомобілів, зареєстрованих у масштабах усього світу, перевищила позначку 1 мільярд ще 2010 року. Про це стало відомо завдяки дослідженню, проведеному компанією Wards Auto. Загальна кількість транспортних засобів, включаючи легкові автомобілі, вантажівки різних класів (не рахуючи важкий позашляховий транспорт) та автобуси, склала 1,015 млрд одиниць у 2010 році. При цьому в 2009 році загальна кількість зареєстрованих автомобілів була набагато нижчою — 980 млн. Для порівняння: 1986 р. ця кількість становила «лише» 500 млн. На сьогоднішній день кількість автомобілів у світі налічує вже понад 1,3 млрд штук.

За даними аналітичного агентства «АВТОСТАТ», станом на 1 січня 2018 року парк автомобільної техніки на території України 30,6 млн одиниць. Майже 84% від цього числа припадає на легкові автомобілі, що відповідає 42,4 млн. екземплярів. Легкій комерційній техніці належить 8% від загального обсягу парку, або 4,1 млн. машин. Дещо менше в країні зареєстровано вантажних автомобілів (3,7 млн шт.), що еквівалентно частці понад 7%. Близько 1% всього парку займають автобуси, яких налічується в кількості трохи більше 0,4 млн. одиниць.

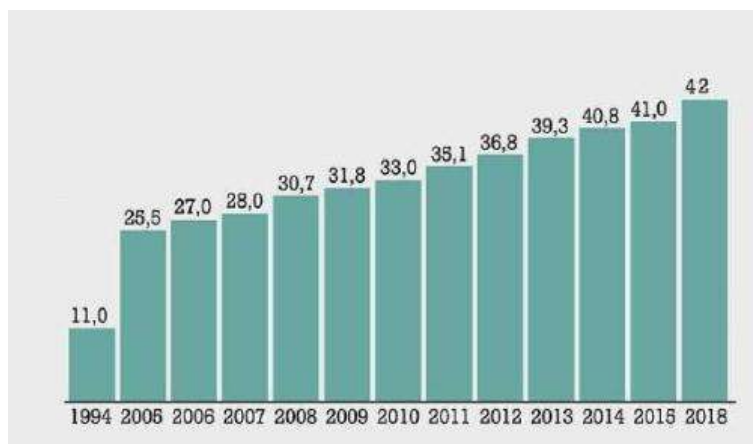


Рисунок 1 - Кількість легкових автомобілів в Україні на початок 2022р.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вже понад півстоліття в усьому світі встановлення ГБО вважається найбільш ефективною альтернативою нафтовим видам палива та, зокрема, бензину. Понад 11% всіх транспортних засобів, що є на Землі, їздять за допомогою газу. І це число щодня зростає. Що цікаво, у Євросоюзі представників газового виду транспорту більше серед споживчого сектору, а у США та країнах Південної Америки – серед корпоративного. Популярність ГБО легко виявити завдяки провідним автомобільним виробникам, які з недавніх пір поставили на конвеєр моделі із суміщеною паливною системою.

[2]

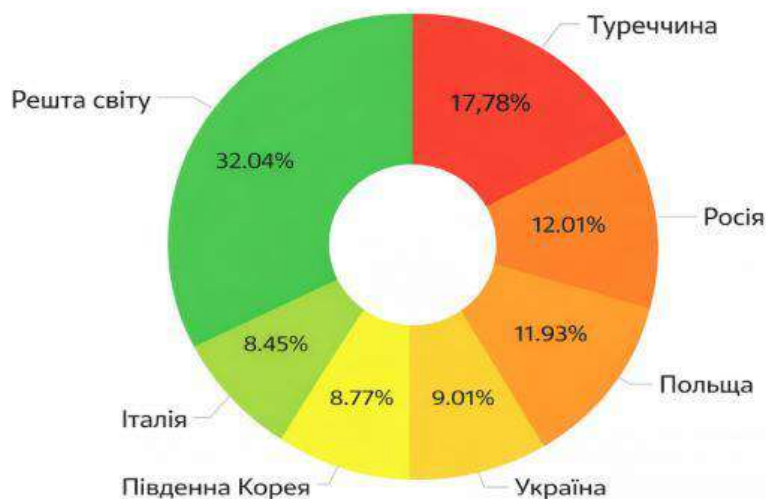


Рисунок 2 - Країни з найбільшою кількістю автомобілів на газовому паливі

Виходячи з цього, слід сказати, що обрана тема цього дипломного проекту є актуальною. Газобалонне обладнання користується великою популярністю в нашій країні, особливо на автомобілях бюджетного класу.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності експлуатації легкового автомобіля шляхом удосконалення конструкції та компоновки газобалонного обладнання, зокрема розробки раціональної схеми розміщення балона та забезпечення його надійного кріплення з урахуванням навантажень, що виникають у процесі руху транспортного засобу .

Завдання роботи:

1. Провести аналіз конструкцій та принципів роботи газобалонного обладнання різних поколінь і обґрунтувати вибір оптимального варіанту для встановлення на легковий автомобіль.
2. Розробити конструкцію та схему розміщення газового балона в автомобілі з урахуванням вимог безпеки, ергономіки та ефективного використання простору.
3. Виконати розрахунок навантажень, що діють на кріплення балона під час експлуатації (зокрема при гальмуванні), та перевірити міцність елементів кріплення.
4. Розробити технологічний процес виготовлення захисного елемента балона із застосуванням сучасних методів обробки (лазерне різання та листове штампування) з обґрунтуванням вибору обладнання та розрахунком матеріальних витрат.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПІВ ГАЗОБАЛОННОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Аналіз стану і історія газобалонного обладнання

Питання використання газобалонного обладнання (ГБО) як альтернативи традиційним видам палива активно досліджується як в Україні, так і за кордоном. Основна увага дослідників зосереджена на підвищенні енергоефективності, екологічності та сумісності газових палив із сучасними двигунами внутрішнього згоряння.

У роботі [1] розглянуто актуальність використання ГБО в умовах зростання цін на традиційні нафтопродукти. Автори відзначають економічну доцільність переходу на газове паливо та розвиток інфраструктури його використання в Україні.

У статті [2] досліджено конструктивні особливості сучасного газобалонного обладнання та методи його експертної оцінки. Зокрема, визначено основні елементи системи, їх функціональне призначення та вимоги до технічного стану при експлуатації.

Робота [3] присвячена загальним питанням розвитку двигунів внутрішнього згоряння та проблемам використання альтернативних палив. Автор підкреслює важливість переходу на більш екологічні джерела енергії, серед яких важливе місце займає зріджений нафтовий газ.

У дослідженні [4] наведено огляд сучасного стану технологій LPG (Liquefied Petroleum Gas) та тенденцій їх розвитку у світі. Встановлено, що використання автогазу має стійку тенденцію до зростання, особливо у країнах Європи та Азії, що пов'язано з екологічними та економічними перевагами.

У роботі [5] розглянуто екологічні аспекти застосування зрідженого газу в транспорті. Доведено, що використання LPG дозволяє суттєво знизити

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викиди шкідливих речовин у порівнянні з бензином і дизельним паливом, що є важливим фактором у контексті сучасних екологічних стандартів.

У дослідженні [6] наведено результати експериментальних досліджень газових двигунів, створених на базі дизельних установок. Показано можливість ефективної роботи двигунів при використанні газового палива та визначено особливості процесу згоряння.

У роботі [7] розглянуто питання створення мікропроцесорних систем керування газовими двигунами з послідовним упорскуванням палива. Встановлено, що застосування електронного керування значно підвищує точність дозування палива та ефективність роботи двигуна.

Джерело [8] містить матеріали сучасних наукових конференцій, у яких розглядаються питання енергоефективності транспортних засобів та впровадження альтернативних видів палива, зокрема газу.

У роботі [9] досліджуються особливості використання газового палива у транспортних системах, а також питання забезпечення експлуатаційних характеристик техніки.

Згідно з узагальненими даними [10], зріджений нафтовий газ (LPG) є одним із найбільш поширених альтернативних палив у світі, характеризується високим октановим числом, низьким рівнем шкідливих викидів та широкими можливостями застосування в транспорті.

Таким чином, аналіз літературних джерел показує, що використання газобалонного обладнання є перспективним напрямком розвитку автомобільного транспорту. Основними тенденціями є вдосконалення систем упорскування, інтеграція електронного керування та підвищення екологічних показників двигунів.

Газобалонне обладнання (газове обладнання) автомобіля - додаткове обладнання, що дозволяє зберігати і подавати в двигун внутрішнього згоряння газоподібне паливо.

Сьогодні скраплений газ є одним із найпопулярніших видів палива. З

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кожним роком кількість його прихильників зростає. Пов'язано це з низькою ціною газу, його екологічністю, а також високими функціональними характеристиками ГБО, як і все в цьому світі, має свою історію розвитку. Адже далеко не кожен знає, коли і як уперше використано скраплений газ, який використовується сьогодні повсюдно.

Перші спроби створити газовий двигун робилися ще 1801 року, коли француз Філіп Лебон взяв патент створення газового двигуна.



Рисунок 1.1 - Двигун Ленуара в музеї мистецтв та ремесел у Парижі

Насправді ж перший газовий двигун з'явився раніше за бензиновий. Було це далекого 1853 року. У той рік француз Жан Етьєн Ленуар створив двигун внутрішнього згоряння, який працював на світильному газі. Але через застосування саме цього газу функціонально двигуни були дуже обмежені, що зумовило відкриття бензину як палива.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

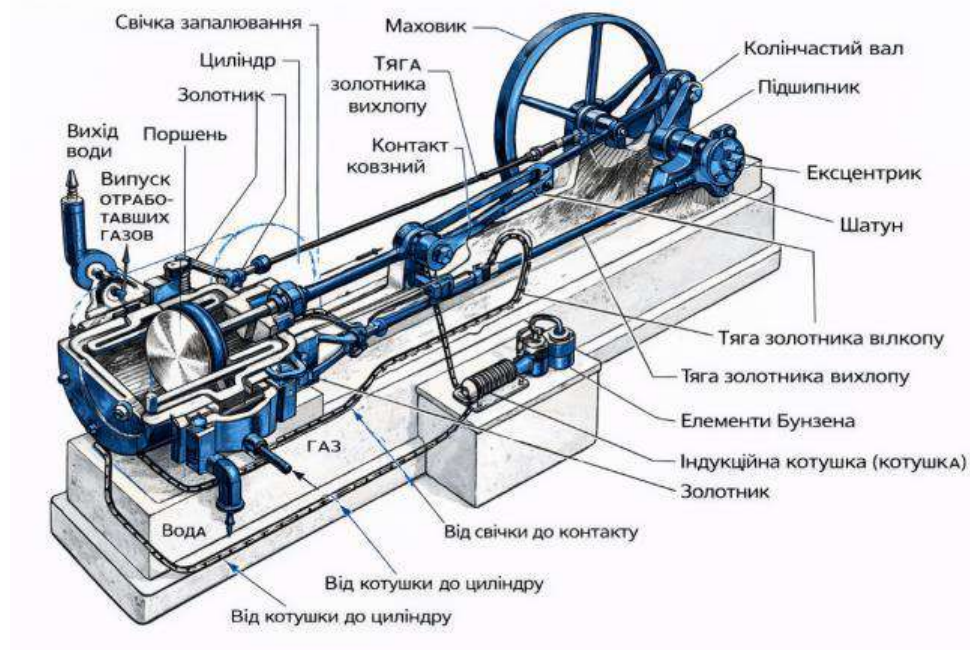


Рисунок 1.2 - Пристрій двигуна Ленуару

Далі газові двигуни розвивалися паралельно з бензиновими та наприкінці 20-х прийшли до Радянського Союзу. У нас, завдяки Науковому автомобільному інституту «НАМІ», були проведені великі дослідження, в результаті яких було випущено 4 автомобілі на газу – ГАЗ 42 та 44 та ЗІС 21 та 30.

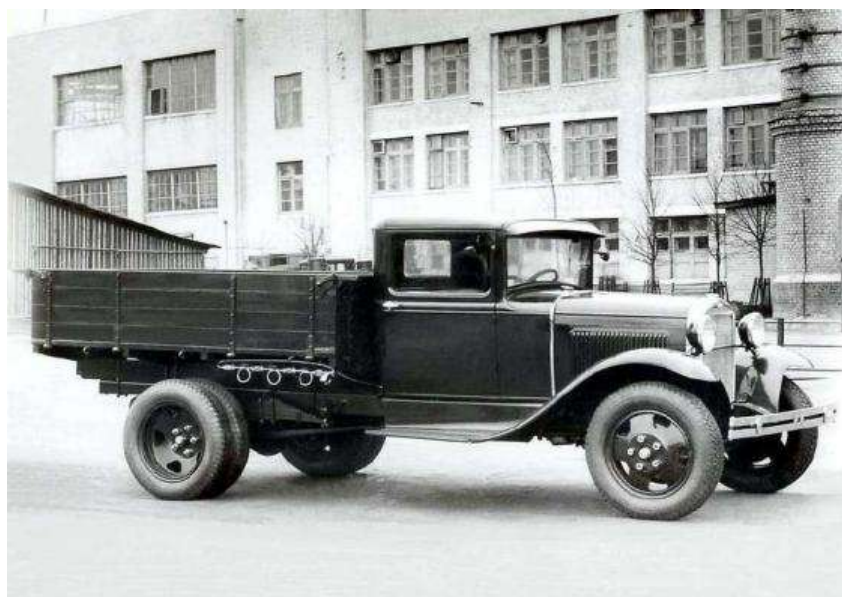


Рисунок 1.3 - Автомобіль Газ 44 на стиснутому газі

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Незважаючи на розвиток альтернативних видів палива, бензинові двигуни тривалий час зберігали домінуючі позиції у транспортній галузі. Активний розвиток газобалонних систем розпочався у 1970-х роках, коли з'явилися перші зразки газобалонного обладнання (ГБО) сучасного типу. Системи першого покоління базувалися на принципі механічного регулювання складу газоповітряної суміші, що подавалася до двигуна.

Подальше вдосконалення привело до створення другого покоління ГБО, яке відрізнялося впровадженням електронних дозувальних пристроїв, що взаємодіяли з датчиком кисню. Такі системи вже могли застосовуватись на інжекторних двигунах, однак мали низку недоліків, зокрема скорочення ресурсу повітряних фільтрів і свічок запалювання.

Наступним етапом розвитку стало третє покоління ГБО, у якому було реалізовано електронне керування подачею газу. Це дозволило частково усунути попередні проблеми, проте швидкодія системи залишалася недостатньою при зміні режимів роботи двигуна.

Цікавим історичним прикладом є спроби масового впровадження газобалонного обладнання у таксомоторному парку СРСР на початку 1980-х років. Через недосконалість обладнання та низьку якість монтажу такі системи не забезпечували належної надійності: спостерігалися витіки газу, характерний запах у салоні, а також часті відмови автомобілів. У результаті експеримент був визнаний невдалим, що сформувало негативне ставлення до газового палива серед користувачів.

Подальший розвиток технологій привів до створення четвертого покоління ГБО, яке реалізує принцип розподіленого та синхронізованого впорскування газу. На сьогодні такі системи вважаються оптимальними за співвідношенням вартості та ефективності і широко застосовуються на практиці.

Сучасний ринок також пропонує системи п'ятого та шостого поколінь. Вони відзначаються більш складною конструкцією та високою точністю дозування палива, однак їх експлуатація значною мірою залежить від якості газу,

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що обмежує їх широке використання в умовах нестабільних паливних стандартів.

Загалом еволюцію ГБО можна представити як послідовний перехід від механічних до електронно-керованих систем. Перше покоління призначалося для карбюраторних двигунів і працювало за вакуумним принципом. Друге покоління отримало електронне керування, що забезпечило сумісність з інжекторними двигунами. Третє покоління інтегрувало роботу з кисневими датчиками, а четверте стало фактично аналогом бензинової інжекторної системи. П'яте покоління передбачає використання газового насоса, встановленого в балоні, тоді як шосте покоління адаптоване до двигунів з безпосереднім упрскуванням палива.

1.2 Газобалонне обладнання першого покоління

Газобалонне обладнання першого покоління характеризується мінімальним використанням електронних компонентів та простотою конструкції. Основу його роботи становить вакуумне регулювання подачі газу.

До складу системи першого покоління входять:

- редуктор вакуумного типу;
- перемикач виду палива;
- механічний дозатор газу;
- змішувач;
- газові магістралі (заправна та подаюча);
- мультиклапан;
- заправний пристрій;
- електромагнітні клапани (газовий та бензиновий);
- газовий балон.

Такі системи відзначаються простотою, однак мають обмежену точність дозування палива та нижчу ефективність порівняно з сучасними поколіннями ГБО.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

згоряння автомобіля.

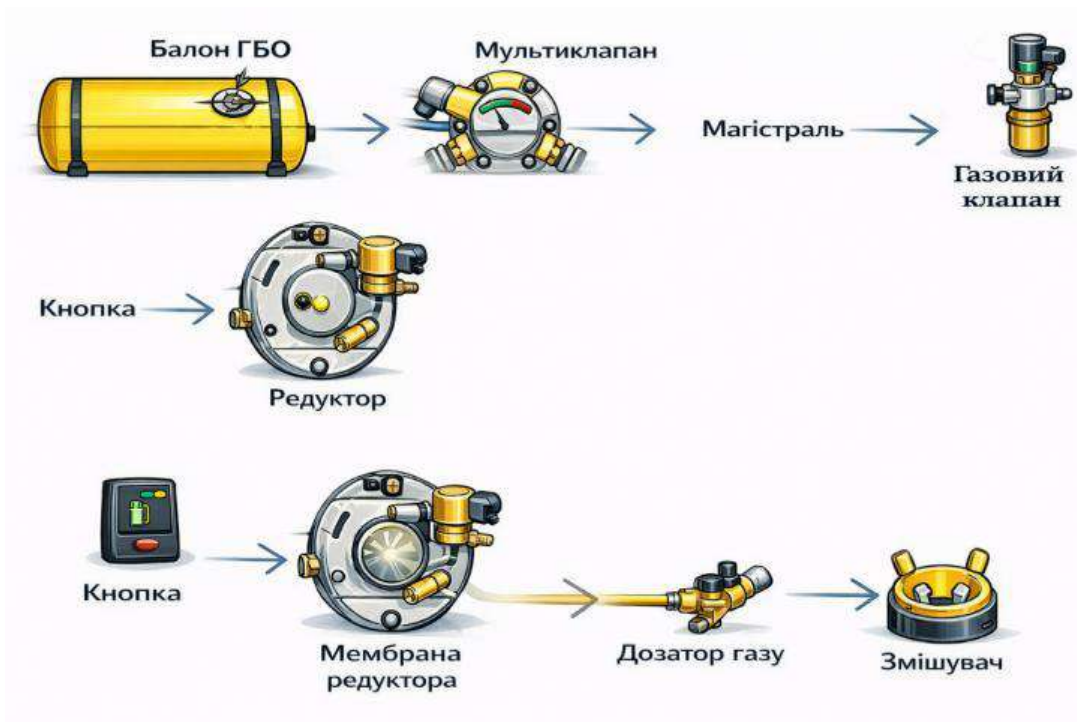


Рисунок 1.5 – Схема роботи обладнання 1 покоління

Подача газу під час роботи двигуна контролюється наявністю вакууму створюваного двигуном під час роботи.

У ГБО 1 покоління для пуску двигуна автомобіля на газі служить пускова котушка, яка на деякий час відкриває запірний елемент у розвантажувальній камері з редуктора дозатор, забезпечуючи пускову порцію газу (керується окремим тумблером на перемикачі вибору палива). Далі, вже під час роботи двигуна внутрішнього згоряння, з допомогою створюваного ним розрідження запірним елементом управляє мембрана. Двигун працює, відповідно є розрідження, і подача газу є. Інакше розрідження немає, отже двигун не працює, подача перекрита.

Алгоритм роботи ГБО 1 покоління на карбюраторному автомобілі такий:

- Кнопка-перемикач знаходиться в положенні «Бензин», при цьому на кнопці світиться відповідний індикатор.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- Бензин від бензонасосу, через відкритий бензиновий електроклапан, надходить у камеру поплавця карбюратора.
- Електроклапан газу закрито.
- Автомобіль заводиться у звичному для нього, так би мовити, штатному режимі на рідному паливі.

• У міру прогріву двигуна (зазвичай при досягненні рідини, що охолоджує, температури в 40 градусів Цельсія), водій переводить перемикач палива в нейтральне положення, при якому обидва електроклапани (бензиновий і газовий) закриті.

• У цей час двигун виробляє залишки бензину в камері поплавця. Далі, коли тільки двигун виробить все паливо з камери поплавця і спробує заглухнути водій переводить перемикач виду палива в положення «ГАЗ» і двигун починає працювати на пропан-бутані.

За позитивної температури навколишнього середовища (вище +10 градусів Цельсія) допускається запуск двигуна на газу без попереднього прогріву на бензині.

Для цього водій переводить перемикач виду палива у положення «ГАЗ» одночасно з цим натискає на тумблер керування пусковою котушкою та включає запалювання та стартер.

Слід зазначити, що спроба завести авто на газу призводить до прискореного зносу деталей редуктора-випарника, зокрема гумової мембрани, що стикається з рідиною, що охолоджує. [2]

Достоїнствами першого покоління ГБО є:

- простота конструкції,
- відносна дешевизна обладнання,
- мінімум

електроніки. Недоліки

ГБО 1 покоління:

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- не можливість автоматичного переходу з бензину на газ, і навпаки,
- виникнення провалів у роботі двигуна за деяких режимів його роботи,
- втрата потужності та динаміки автомобіля в деяких режимах роботи двигуна,
- "запізніла" реакція на педаль акселератора.

Таблиця 1.1 – Характеристики ГБО 1 покоління

Параметр	Значення
Подача газу	За рахунок тиску в балоні
Тип редуктора-випарника	Вакуумний
Застосовність	Тільки карбюраторні двигуни
Перемикання режимів	Тільки ручне
Можливість запуску на газі	Тільки на прогрітому двигуні
Спосіб налаштування	Механічний
Втрата потужності двигуна, %	25-30
Фаза подачі газу в циліндри	Газоподібна

1.3 Газобалонне обладнання другого покоління

Розвиток бензинових паливних систем двигунів призвело до того, що ГБО 1, яке чудово підходило і працювало на карбюраторних двигунах, для двигунів з упорскуванням палива було важко використовувати. Це спричинило виникнення ГБО 2 покоління.

ГБО 2 призначалося для переведення на газове паливо як карбюраторних, так і двигунів з упорскуванням палива (моно інжекторів та інших інжекторних двигунів). Слід зазначити, що за європейською класифікацією поколінь наше ГБО 2 – це перше покоління європейців.

На відміну від першого покоління до складу комплекту ГБО 2 входить

електронний редуктор випарник замість вакуумного, а замість звичайної кнопки перемикача виду палива з'являється кнопка вибору палива оснащена електронікою.

Склад ГБО 2 для карбюраторного двигуна:

- Газовий балон;
- Заправний клапан;
- Мультиклапан;
- Заправна та видаткова магістраль;
- Фільтр грубої очистки (часто вбудований в редуктор-випарник);

Редуктор-випарник (електронний);

Кнопка перемикачання виду палива Газ-Бензин з проводкою. Відповідно для кожного типу двигуна (карбюраторний чи інжектор) своя кнопка;

Механічний дозатор (з одним або двома гвинтами «жадібності» для регулювання кількості пропан-бутанової суміші, що подається в двигун автомобіля);

Змішувач (для змішування пропан-бутанової суміші з повітрям);

Бензиновий електроклапан, який перекриває подачу бензину в карбюратор при роботі двигуна на газі.

ГБО 2 на інжектор має схожий на карбюратор комплект обладнання, за винятком декількох змін. У комплектації для інжекторного мотора у вищевикладеному переліку замість бензинового електроклапану використовується емулятор роботи форсунок та емулятор лямбда-зонда.

При роботі двигуна на газу, емулятор форсунок повідомляє бензинового контролера про, нібито, роботу бензинових форсунок. Це допомагає уникнути появи повідомлень про помилки в роботі "Check engine".

Крім емуляторів ГБО 2 покоління на інжекторі встановлюють так звану "хлопушка". Це анти бавовняний клапан, що запобігає руйнуванню впускного колектора. На відміну від алюмінієвих карбюраторних версій, він часто

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконаний із пластику. Клапан відкривається при надмірному тиску у впускному колекторі, а після нормалізації тиску знову закривається. В основному, він монтується на корпусі повітряного фільтра.



Рисунок 1.6 – Склад ГБО 2 покоління для інжекторного двигуна

Газове паливо зберігається у балоні, оснащеному мультиклапаном, який забезпечує контроль подачі та безпеку експлуатації. Із балона газ надходить через мультиклапан до магістрального трубопроводу, яким транспортується до електромагнітного запірною клапана. У більшості випадків цей клапан обладнаний вбудованим фільтром, завдяки чому на даному етапі відбувається очищення газу від механічних домішок.

Після проходження запірною клапана газ подається до редуктора-випарника, який підключений до системи охолодження двигуна. У редукторі рідка фаза газу переходить у газоподібний стан за рахунок теплової енергії охолоджуючої рідини двигуна. У такому вигляді паливо придатне для

						КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

подальшого використання в процесі сумішоутворення.

Далі газ надходить до змішувача, де відбувається його поєднання з повітрям з утворенням газоповітряної суміші. Перед змішувачем, як правило, встановлюється регулятор (регістр) подачі, який дозволяє змінювати кількість газу залежно від режиму роботи двигуна, зокрема при підвищених навантаженнях.

Під час роботи двигуна на газі подача бензину припиняється за допомогою електромагнітного клапана, змонтованого в паливній магістралі. Для забезпечення надійної роботи бензонасоса відсічний клапан доцільно розміщувати між насосом і карбюратором, що дає змогу підтримувати насос заповненим бензином, забезпечуючи його змащення та охолодження.

Керування роботою всієї системи здійснюється за допомогою електричного перемикача типу палива. У разі вимкненого запалювання система знеструмлюється, і подача як газу, так і бензину автоматично блокується.



Рисунок 1.7 - Схема роботи ГБО 2 покоління

Режим газу. При включенні запалення живлення подається на перемикач, який на деякий час (задається потенціометром) відкриває подачу газу.

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Потрібно це для покращення запуску. При старті на котушці запалення з'являються імпульси. По імпульсному дроту перемикач бачить ці сигнали, це знак відкрити газовий клапан. Подача газу не буде припинена, доки на імпульсному проводі буде сигнали від котушки запалювання.

Режим бензину. У бензиновому режимі подачу газу відключено, а на бензоклапан подається живлення, тим самим відкриваючи подачу палива у двигун.

Режим переходу. У цьому режимі подача одного та другого палива вимкнена.

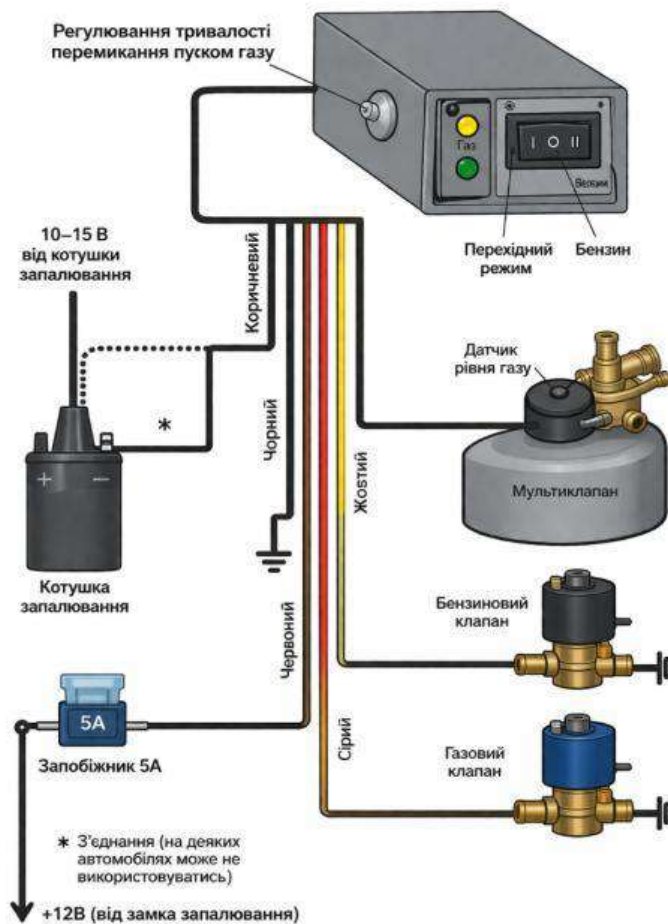


Рисунок 1.8 – Стандартна електрична схема підключення карбюраторного газобалонного обладнання

Основною відмінністю газобалонного обладнання другого покоління від

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

першого є застосування електронного перемикача виду палива. Завдяки цьому забезпечується можливість запуску двигуна безпосередньо на газі без додаткових дій з боку водія. У випадку, якщо протягом заданого часу двигун не запускається, електронний блок автоматично припиняє подачу газу до редуктора-випарника. Це реалізується шляхом знеструмлення електромагнітного газового клапана, а стан системи індикується світлодіодними сигналами.

Для повторного запуску необхідно переключити систему на бензинове паливо або здійснити повторне ввімкнення запалювання. Крім того, у системах, встановлених на інжекторних двигунах, передбачено автоматичний перехід із бензину на газ при досягненні певної частоти обертання колінчастого вала.

У зв'язку з конструктивними особливостями двигунів, перемикачі для карбюраторних і інжекторних систем мають відмінності. Це обумовлено різними принципами керування подачею палива та необхідністю узгодження з роботою електронних систем двигуна.

Під час роботи двигуна на газі функціонування системи контролюється імпульсами системи запалювання. У разі їх відсутності (що відповідає зупинці двигуна) відбувається автоматичне відключення газового клапана, внаслідок чого подача газоподібного палива припиняється. Індикація стану системи здійснюється за допомогою світлодіодів на перемикачі.

Параметри роботи, зокрема тривалість відкриття газового клапана під час запуску або значення частоти обертання для автоматичного переходу на газ, задаються за допомогою регульовального елемента (змінного резистора), вбудованого у перемикач.

В умовах низьких температур експлуатації (нижче +10 °С) рекомендується попередній запуск і прогрів двигуна на бензині до досягнення температури охолоджуючої рідини близько +40 °С, що забезпечує стабільну роботу редуктора-випарника та ефективне випаровування газу.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Характеристики ГБО 2 покоління

Параметр	Значення
Подача газу	За рахунок тиску в балоні
Тип редуктора-випарника	Електронний
Застосовність	Карбюраторні та інжекторні двигуни
Перемикання режимів	Ручне та автоматичне
Можливість запуску на газі	Тільки на прогрітому двигуні
Спосіб налаштування	Механічний та електронний
Втрата потужності двигуна, %	20-25
Фаза подачі газу в циліндри	Газоподібна

1.4 Газобалонне обладнання третього покоління

Стрімке впровадження та розвиток бензинових інжекторних систем у двигунах внутрішнього згоряння, нові вимоги та технології не залишили виробників та інженерів проектувальників газобалонного обладнання осторонь. Було вирішено у добре налагоджену систему ГБО 2 внести частину змін для забезпечення можливості зворотного зв'язку з двигуном, довіривши частину управління електронному мозку. Так народилося ГБО 3 покоління. Хоча за європейською класифікацією це газобалонне обладнання залишилося другим поколінням.

Опис та комплектація

ГБО 3 розраховано для переведення на газове паливо як автомобілів, оснащених карбюратором, так і інжекторних бензинових двигунів.

Новинкою комплектуючих ГБО 3 стали: електронний дозатор із

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кроковим електродвигуном (на відміну від звичайного дозатора з регулювальним болтом/болтами), електронний блок керування цим дозатором.

Загалом склад комплекту ГБО 3 набуває такого вигляду:

- газовий балон;
 - заправний клапан;
 - мультиклапан;
 - датчик положення дросельної заслінки;
 - заправна та видаткова магістраль;
 - фільтр грубої очистки (часто вбудований в редуктор-випарник);
 - редуктор-випарник(Електронний);
 - кнопка перемикачання з індикацією роботи "ГАЗ" або «Бензин» із проводкою;
 - дозатор оснащений електронним кроковим двигуном.
 - змішувач (для змішування пропан-бутанової суміші з повітрям);
- бензинового електрклапану (який перекриває подачу бензину вкарбюратор під час роботи двигуна на газі).



Рисунок 1.9 - Електронний дозатор

Карбюраторний двигун. Комплект ГБО 3 покоління для двигуна

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оснащеного карбюратором можна встановити, але є деякі труднощі. Наприклад, потрібно врізати зонд лямбда від інжекторної машини, для того щоб контролювати якість приготовленої суміші по вихлопних газах двигуна внутрішнього згоряння. Ще одна складність — відстежити повний «випав» бензинове паливо з камери поплавця карбюратора, а потім перейти на електронне управління кількісною подачею газового палива.

Інжекторний двигун. Комплект ГБО 3 покоління на інжектор схожий ГБО 2, крім кількох змін. Тепер електронний блок керування дозатором газу бере значення за якісним складом суміші з лямбда зонда.

Кількісну характеристику бере з датчика положення дросельної заслінки і за цими показниками контролює подачу газової суміші змішувач за допомогою золотника, який пересувається кроковим двигуном.

Принцип роботи ГБО 3 покоління схожий на принцип роботи ГБО 2.

Зріджена пропан-бутанова суміш, що знаходиться в балоні під тиском, через мультиклапан та витратну магістраль, подається до газового електроклапану.

Далі, при прогріванні двигуна до температури записаної в електронний мозок, та/або досягненні певних обертів за хвилину, закриває подачу сигналу до бензинових форсунок, емулюючи їх роботу.

Одночасно з цим газовий електроклапан відкривається і зріджена газова суміш надходить у редуктор-випарник, далі кроковий двигун піднімає золотник дозатора і газова суміш надходить у змішувач і мотор.

Будь-яка зміна роботи двигуна призводить до зміни якісної та кількісної характеристики суміші. За допомогою лямбда зонда врізаного у вихлопну систему контролюється якісний показник.

А за допомогою датчика положення дросельної заслінки – кількісний. Ці показники передаються на електронний блок керування.

Далі «електроніка» за допомогою золотника регулює задане

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

співвідношення газова/повітряна суміш і дозує її.

Електронний блок управління відстежує температуру, обороти двигуна, і склад суміші за сигналами, що надходять в нього з датчиків.

Відмінність від ГБО 2 виявляється в тому, що електроніка блоку контролює подачу газу та її відключення. Завдання електронного блоку — створити оптимальну концентрацію газоповітряної суміші для різних режимів роботи двигуна.

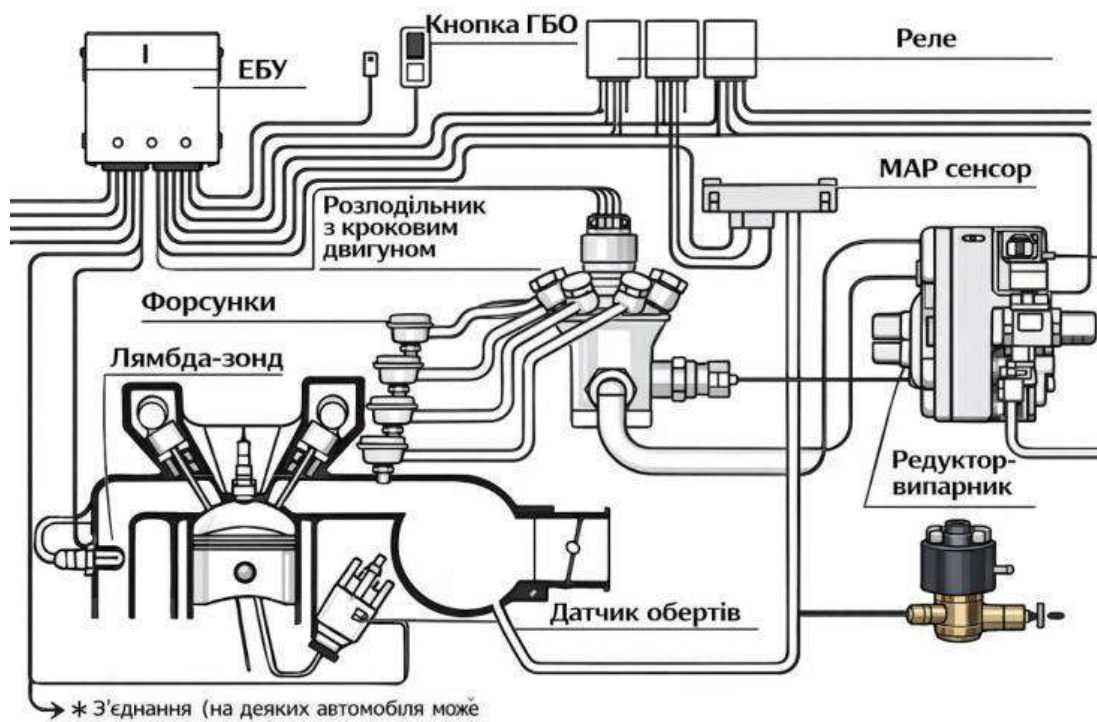


Рисунок 1.10 - Схема ГБО 3 покоління

Це дозволяє водієві менше уваги приділяти маніпуляціям щодо переходу на газове паливо. У технічній частині забезпечується велика довговічність служби двигуна внутрішнього згорання за рахунок відсутності збідненої суміші, яка завдає шкоди парі сідла клапана - клапан. Також це сприяє зменшенню кількості шкідливих викидів в атмосферу під час роботи двигуна.

Для аварійного запуску автомобіля на газу необхідно натиснути та утримувати деякий час кнопку перемикачання виду палива (порядку 4-6 с),

після чого завести автомобіль.

У разі виходу з ладу електроніки блоку управління кроковим двигуном або крокового двигуна автомобіль переходить на роботу на бензині. [6]

До переваг ГБО 3 покоління потрібно віднести:

- Можливість використання як на інжекторних, так і в двигунах, оснащених карбюратором (з деякими доробками);
- Збереження простоти конструкції;
- Можливість простого монтажу та встановлення;
- Простота та доступність регулювання механічної та електричної частини. Але з'явилися і недоліки, які фактично «поховали» ГБО 3 покоління:

Головний і дуже суттєвий із них — дуже повільна реакція на зворотний зв'язок із двигуном. Це призводить до неефективної роботи двигуна в перехідних режимах роботи.

Подальший розвиток та впровадження електроніки, нових схем та підходів забезпечило появу нового покоління – ГБО 4.

Таблиця 1.3 – Характеристики ГБО 3 покоління

Параметр	Значення
Подача газу	За рахунок тиску в балоні
Тип редуктора-випарника	Електронний
Застосовність	Інжекторні двигуни
Перемикання режимів	Ручне та автоматичне
Можливість запуску на газі	Тільки в аварійному режимі
Спосіб налаштування	Механічний та електронний
Втрата потужності двигуна, %	15-20
Фаза подачі газу в циліндри	Газоподібна

1.5 Газобалонне обладнання четвертого покоління

Розвиток бензинових систем упорскування палива, поява фазованого впорскування та застосування нових, більш швидкодіючих бензинових електронних блоків управління, призвели до підвищення питомої потужності бензинового двигуна внутрішнього згорання, та підвищення його економічності та екологічності (зменшення викидів шкідливих речовин продуктів згорання бензину в атмосферу). Розробники та проектувальники газобалонного обладнання теж не залишилися позаду руху прогресу. Замість «повільного» та морально застарілого ГБО-3 на горизонті з'явилося нове покоління ГБО 4, яке задовольняло вимоги щодо забезпечення потужності та екологічності сучасних двигунів внутрішнього згорання.

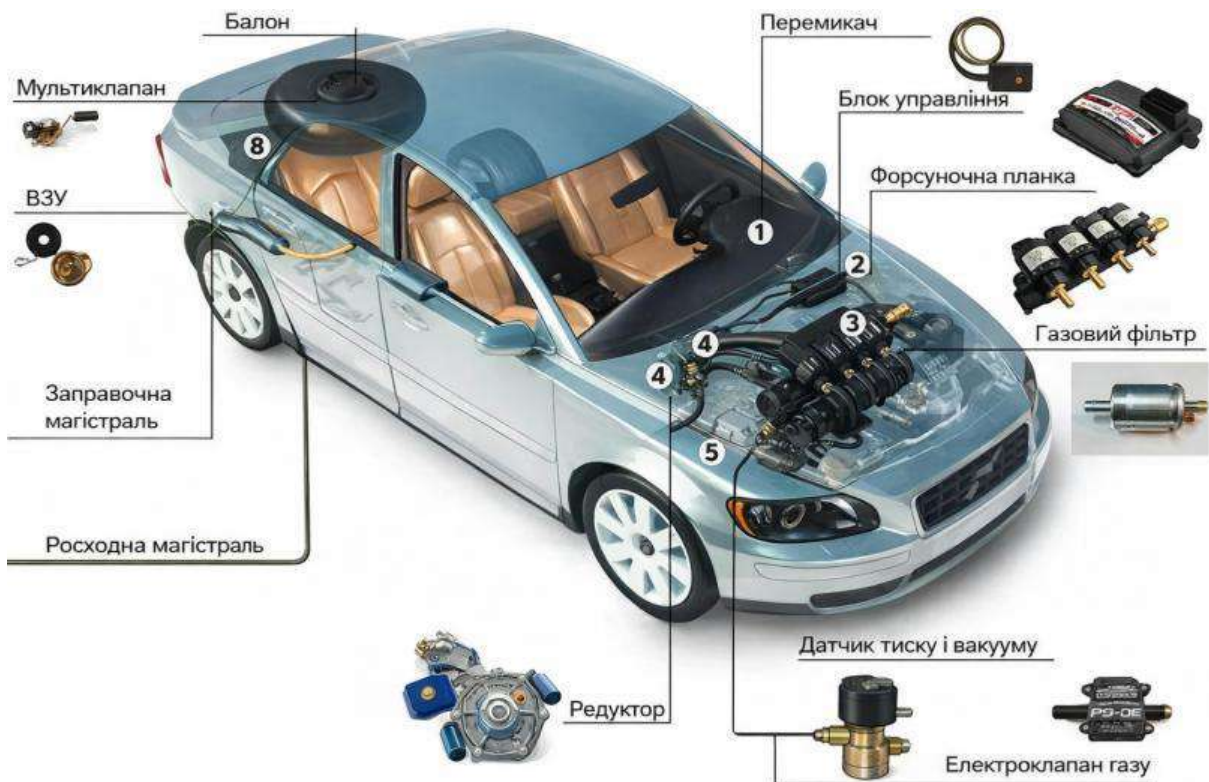


Рисунок 1.11 - Схема розташування елементів ГБО 4 покоління
Склад ГБО 4 покоління:

						КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
							29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- Газовий балон. Це одна з основних складових частин обладнання.
- Мультиклапан із запірною апаратурою.
- Магістралі (витратна та заправна).
- Редуктор. Це ключовий елемент системи, вибрати редуктор потрібно виходячи з потужності двигуна та стилю їзди, а віддавати перевагу краще іменитим брендам.
 - Газовий контролер – електронний блок керування газовим обладнанням.
 - Газові форсунки (за кількістю циліндрів двигуна), які можуть бути поєднані в загальну рампу. Форсунки розрізняються за швидкістю роботи, матеріалом і конструкцією виготовлення.
 - Кнопка перемикання газ-бензин.
 - Газові фільтри (грубе та тонке очищення).
 - Датчик температури (вимірюють показники рідини, що охолоджує).
 - Додатковим вузлом системи 4-го покоління іноді виступає варіатор кута випередження запалення, який здатний продовжити термін служби двигуна, що працює на газу, збільшити його потужність та знизити витрати газу.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Відносно невелике падіння потужності двигуна в порівнянні з його роботою на бензині, а за умови використання варіатора кута випередження запалювання, Втрати потужності практично відсутня;
- Більш економна витрата газу, порівняно з попередніми поколіннями за рахунок більш раціонального та точного упорскування газової суміші у форсунки;
- Легкість в експлуатації, яка не відрізняється для водія від експлуатації автомобіля на бензині.

Недоліки ГБО 4 покоління:

- Незначне зменшення потужності двигуна.
- Підвищений знос сідел випускних клапанів та самих клапанів.
- Збільшення споживання бензину порівняно з попередніми поколіннями, які дозволяють заводити авто безпосередньо на газ.

Таблиця 1.4 – Характеристики ГБО 4 покоління

Параметр	Значення
Подача газу	За рахунок тиску в балоні
Тип редуктора-випарника	Комбінований
Застосовність	Інжекторні двигуни
Перемикач режимів	Ручне та автоматичне
Можливість запуску на газі	Тільки в аварійному режимі
Спосіб налаштування	Електронний
Втрати потужності двигуна, %	5-10
Фаза подачі газу в циліндри	Газоподібна

1.6 Газобалонне обладнання п'ятого покоління

Четверте покоління газобалонного обладнання тривалий час вважалось технологічно зрілим рішенням, яке забезпечувало достатній рівень ефективності

та надійності. Проте подальший розвиток автомобільної техніки, зокрема ускладнення систем керування двигуном, поява нових алгоритмів упорскування та підвищення екологічних вимог, зумовили необхідність створення принципово нових рішень у сфері альтернативного палива.

Сучасні двигуни внутрішнього згоряння характеризуються високою точністю керування процесами сумішоутворення та згоряння. У таких умовах застосування газу в газоподібній фазі, як у системах четвертого покоління, стало менш ефективним. Це призводило до нестабільної роботи двигуна, появи помилок у системах самодіагностики, погіршення динамічних характеристик і зростання витрати палива. Основною причиною таких явищ стало скорочення тривалості імпульсів роботи форсунок, що виявилось недостатнім для забезпечення повноцінного згоряння газоповітряної суміші.

Вирішення зазначених проблем стало можливим із впровадженням газобалонного обладнання п'ятого покоління, яке працює за принципом LPI (Liquid Propane Injection — упорскування зрідженого газу). На відміну від попередніх систем, у цьому випадку паливо подається у впускний тракт у рідкій фазі, що дозволяє підвищити точність дозування та покращити процес сумішоутворення.

ГБО п'ятого покоління призначене переважно для інжекторних двигунів і відповідає сучасним екологічним стандартам (Євро-3, Євро-4 і вище). Ключовою відмінністю від систем попереднього покоління є відсутність редуктора-випарника, оскільки необхідність переведення палива у газоподібний стан відпала. Натомість у системі застосовується паливний насос для транспортування зрідженого газу та регулятор тиску, який забезпечує стабільні параметри подачі палива.

Конструкція системи також передбачає використання спеціалізованих форсунок, адаптованих для роботи з рідким газом. Запірна та керуюча арматура зберігає загальні принципи функціонування, характерні для попередніх поколінь, однак відрізняється підвищеною надійністю та точністю роботи.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, перехід до п'ятого покоління газобалонного обладнання став закономірним етапом розвитку, спрямованим на забезпечення сумісності з сучасними двигунами та підвищення ефективності використання газового палива.

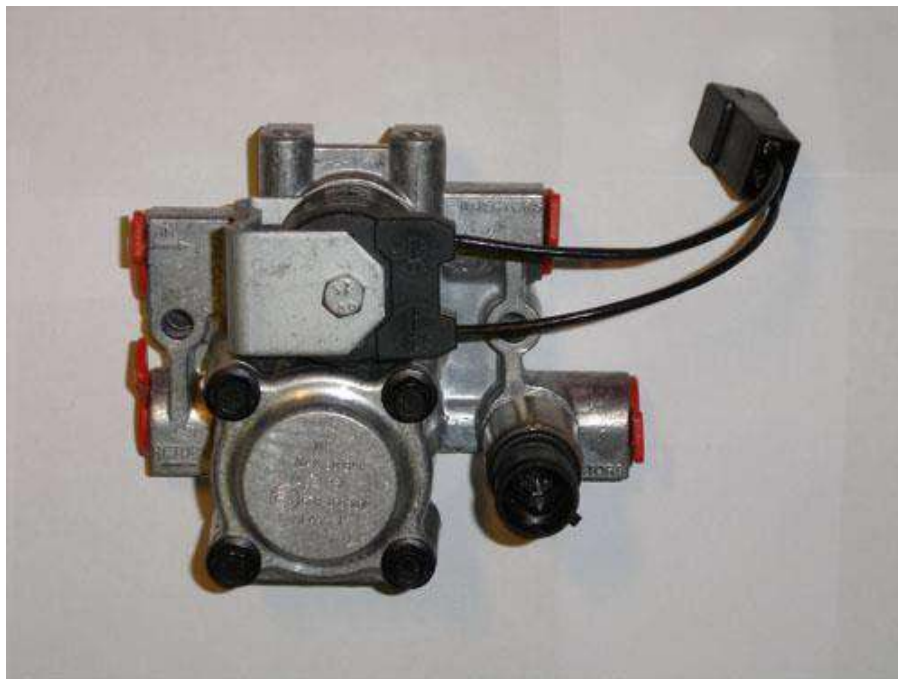


Рисунок 1.14 – Регулятор тиску газу Vialle для ГБО 5 покоління

Змішувальні пристрої та дозатори газу пішли в минуле та були замінені на газовий інжектор із розподільниками. Витрата газу тепер здійснювався за рахунок насоса, через покращену газову магістраль та фільтр.

До складу ГБО-5 входять такі елементи:

- Газовий балон;
- Газовий насос високого тиску у зборі з мультиклапаном та фільтром;
- Електромагнітний клапан із інтегрованим фільтром;
- Блок керування;
- Високошвидкісні газові форсунки;
- Перемикач газ/бензин;
- Дверний датчик увімкнення насоса (опція);

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Подає трубопровід;
- Зворотна та заправна магістралі;
- ВЗП.



Рисунок 1.15 - Газовий насос Vialle із вбудованим фільтром грубого очищення газового палива

Конструкція ГБО 5 покоління є досить цікавою. Щоб здійснювалася подача газу рідкому стані, в конструкцію довелося включити насос високого тиску для подачі зрідженого газу. Щоб знизити загальну кількість елементів обладнання, насос високого тиску розмістили прямо у газовому балоні.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

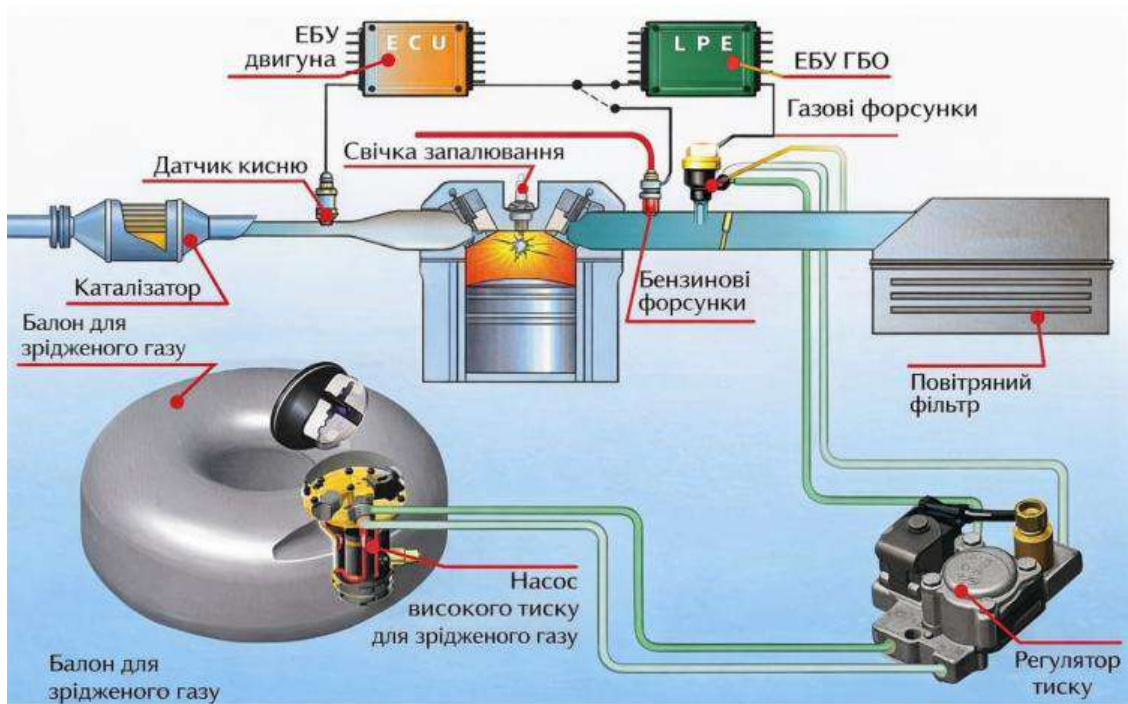


Рисунок 1.17 - Влаштування ГБО 5 покоління

Одна з магістралей забезпечує подачу газу до підкапотного простору, друга забезпечує повернення невикористаного газу назад у бак, так звана «обратка».

Насос високого тиску подає газ у рідкому стані у блок клапанів. Там відбувається регулювання тиску та розподіл його по каналах, що йдуть до форсунок. Електронний блок газобалонного обладнання отримує сигнал від штатного блоку та передає його на форсунки. Цей сигнал регулює час відкриття форсунки для подачі газу в колектор. А оскільки газ рідкий, дозування його робиться точніше.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

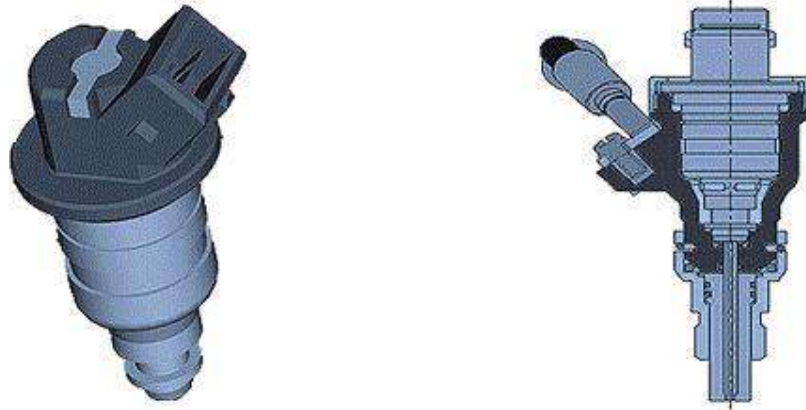


Рисунок 1.18 - Газова форсунка ГБО 5 покоління

Оскільки газ подається в рідкому стані, то і редуктор-випарник у такому устаткуванні вже не потрібний. А ось регулювати тиск і розподіляти газ все ж таки потрібно, і ці функції в ГБО 5 покоління покладені на блок клапанів з регулятором тиску.

Заключним елементом механічної складової газобалонного обладнання покоління 5 є форсунки, встановлені у впускний колектор, які і виробляють дозування і подачу газу, все ще в рідкому стані, в камери згоряння.

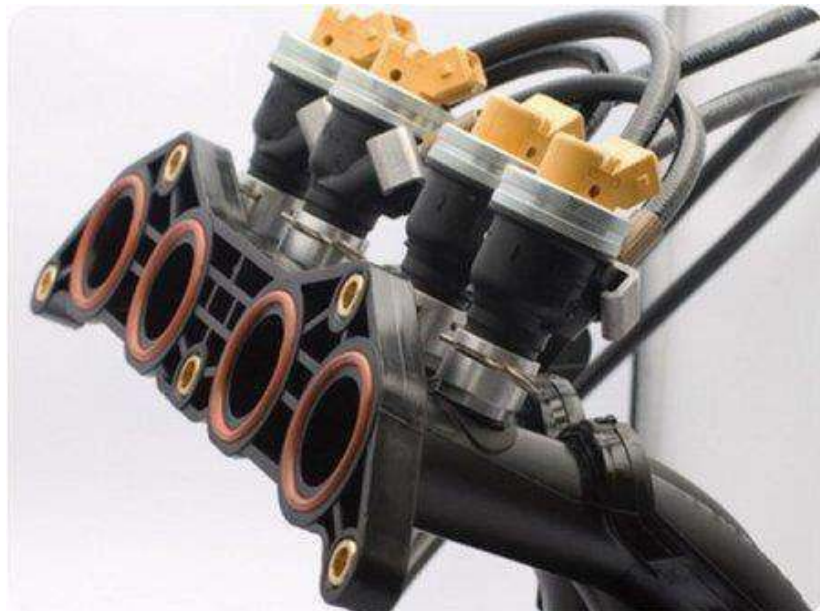


Рисунок 1.19 - Встановлення форсунок з інтегруванням у впускний колектор

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

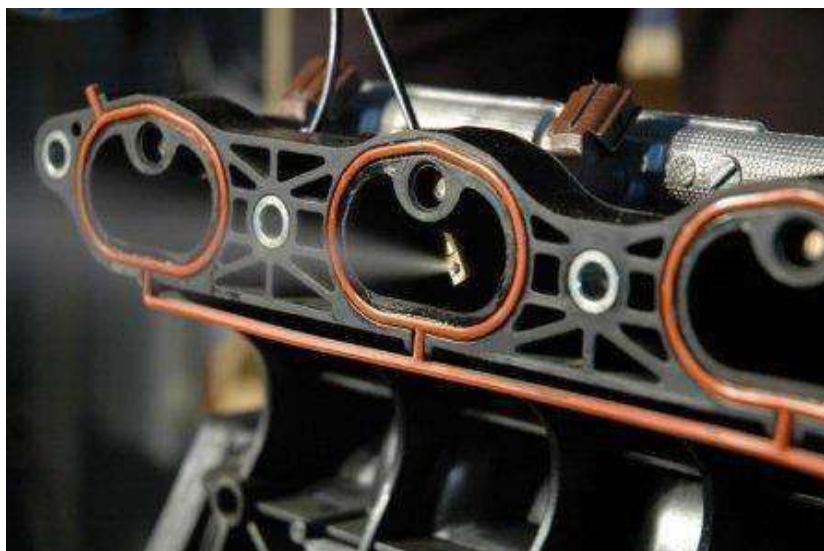


Рисунок 1.20 - Варіант установки газових форсунок з використанням перехідника та подовжувача

Причому розташування форсунок має строго певне положення, щоб забезпечувалося точний напрямок струменя газу, що подається в колектор.

Ефективне функціонування газобалонного обладнання значною мірою забезпечується його електронною складовою, ключовим елементом якої є електронний блок керування. Даний блок інтегрується зі штатною системою керування двигуном автомобіля та здійснює обробку і коригування сигналів, що надходять від неї, забезпечуючи узгоджену роботу газової системи. Таким чином, базові алгоритми роботи ГБО значною мірою ґрунтуються на функціонуванні стандартної системи живлення транспортного засобу .

Основні відмінності ГБО п'ятого покоління від четвертого:

Газобалонне обладнання четвертого покоління реалізує імпульсне впорскування газу за допомогою окремого керуючого блоку. Натомість у п'ятому поколінні система інтегрується безпосередньо в електронну архітектуру двигуна, що забезпечує швидкий обмін даними через високошвидкісні канали зв'язку.

Форсунки в системах п'ятого покоління працюють за аналогією з бензиновими, що дозволяє зберігати стабільні характеристики двигуна без помітної різниці у режимах роботи. При цьому електронний блок ГБО

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовує власні паливні карти, що забезпечує автономність регулювання та мінімізує вплив на штатну систему керування двигуном.

Сучасні системи також підтримують взаємодію з діагностичними протоколами OBD, що дозволяє здійснювати контроль і адаптацію параметрів у реальному часі. Завдяки більш повному згорянню палива зменшується утворення нагару, що позитивно впливає на ресурс свічок запалювання та двигуна в цілому.

Важливою особливістю є використання масового принципу дозування палива, що підвищує стабільність роботи системи незалежно від температурних умов і якості газової суміші. Газ у системі циркулює по замкненому контуру, а трубопроводи виготовляються з матеріалів підвищеної міцності, здатних витримувати значні робочі тиски.

Порівняно з попередніми поколіннями значно спрощено технічне обслуговування: відсутність редуктора-випарника виключає необхідність його регулярного очищення, а система автоматично регулює параметри подачі палива. Обслуговування обмежується, як правило, періодичною заміною фільтрів.

Система також дозволяє реалізувати автоматичний перехід між видами палива залежно від умов експлуатації (наприклад, швидкості руху або температурного режиму двигуна). Крім того, багатоточкове упорскування із частковим додаванням бензину запобігає закоксуванню форсунок і підвищує надійність роботи системи .

Переваги ГБО п'ятого покоління:

- можливість запуску двигуна безпосередньо на газі;
- відсутність редуктора-випарника, що підвищує надійність системи;
- більш повне згоряння палива та зниження шкідливих викидів;
- зменшення витрати газу та покращення потужнісних характеристик;
- використання високошвидкісних форсунок;
- застосування міцних та довговічних матеріалів у магістралях.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки ГБО п'ятого покоління:

- висока залежність від якості газового палива;
- значна вартість обладнання та його встановлення;
- тривалий термін окупності порівняно з системами попередніх поколінь;
- обмежена доступність сервісного обслуговування та комплектуючих.

Зокрема, одним із критичних факторів є якість пропан-бутанової суміші, оскільки чутливі елементи, такі як газовий насос, можуть швидко виходити з ладу при використанні неякісного палива. Крім того, висока вартість обладнання зумовлює збільшення строку його економічної окупності, особливо для автомобілів із багаточиліндровими двигунами.

Таблиця 1.5 – Характеристики ГБО 5 покоління

Параметр	Значення
Подача газу	Газопаливний насос
Тип редуктора-випарника	Відсутня
Застосовність	Інжекторні двигуни
Перемикання режимів	Ручне та автоматичне
Можливість запуску на газі	Штатний пуск на газі
Спосіб налаштування	Не потрібно
Втрата потужності двигуна, %	0-5
Фаза подачі газу в циліндри	Рідка

1.7 Аналіз розглянутих поколінь газобалонного обладнання

Таблиця 1.6 – Порівняльна таблиця різних поколінь газобалонного обладнання

Параметр	1 покоління	2 покоління	3 покоління	4 покоління	5 покоління
Подача газу	За рахунок тиску в балоні	За рахунок тиску в балоні	За рахунок тиску в балоні	За рахунок тиску в балоні	Газопаливний насос
Тип редуктора-випарника	Вакуумний	Електронний	Електронний	Комбінований	Відсутня
Застосовуваність	Тільки карбюраторні двигуни	Карбюраторні та інжекторні двигуни	Інжекторні двигуни	Інжекторні двигуни	Інжекторні двигуни
Перемикання режимів	Тільки ручне	Ручне та автоматичне	Ручне та автоматичне	Ручне та автоматичне	Ручне та автоматичне
Можливість запуску на газі	Тільки на прогрітому двигуні	Тільки на прогрітому двигуні	Тільки в аварійному режимі	Тільки в аварійному режимі	Штатний пуск на холодному двигуні
Спосіб налаштування	Механічний	Механічний та електронний	Механічний та електронний	Електронний	Не потрібно
Втрата потужності двигуна, %	25-30	20-25	15-20	5-10	0-5

Фаза подачі газу в циліндри	Газоподібна	Газоподібна	Газоподібна	Газоподібна	Рідка
Середня вартість установки на 4 циліндрові двигун, грн	15000	18000	20000	27000	80000

Як можна побачити з таблиці 1.6, найбільш оптимальним варіантом для встановлення на більшість сучасних автомобілів є ГБО 4 покоління. Воно поєднує у собі найкраще співвідношення ціни та характеристик.

Однак, якщо необхідно встановити ГБО 4 покоління на карбюраторний двигун, то в цьому випадку доведеться вносити додаткові зміни конструкції двигуна, тому у разі карбюратора краще зробити вибір у бік ГБО 1-2 поколінь.

ГБО 5 покоління перевершує 4 покоління майже за всіма параметрами, проте має значно більшу вартість, що пояснює його настільки малу популярність.

Обладнання 4 покоління, незважаючи на всі свої переваги, має ряд недоліків. Один із найбільш помітних з них для більшості водіїв є скорочення корисного обсягу багажника. Щоб вирішити цю проблему, необхідно поліпшити схему компонування обладнання.

Для здійснення цієї ідеї було обрано автомобіль LG

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У цьому розділі дипломної роботи було розглянуто питання встановлення газобалонного обладнання на легковий автомобіль та наведено аналіз обладнання. На підставі аналізу для встановлення на автомобіль LG було обрано газобалонне обладнання четвертого покоління.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНКИ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЗОБАЛОННОГО УСТАТКУВАННЯ

2.1. Конструкція балона газового обладнання

При монтажі газового обладнання балон займає найбільше місце в автомобілі. Виробники пропонують ємності для газоподібного палива, що відрізняються за розмірами, формою та обсягом. Вибираючи бак для газу за габаритами, конфігурації необхідно передбачити, наскільки зручно розміститься дане обладнання конкретної моделі автомобіля.

Тороїдальні балони в основному призначені для встановлення на легковій автомобілі в нішу запасного колеса. Бувають вони лише з металу, товщина 2.5-2.5 мм. Даний тип виробів користується найбільшою популярністю серед власників легкових автомобілів завдяки відсутності необхідності вносити зміни у функціональність багажника легкового автомобіля та доступність використання простору багажника при будь-якому розташуванні задніх сидінь.

Існують два різновиди балонів, за розташуванням та типом: зовнішнє або внутрішнє, із зовнішньою горловиною та внутрішньою, також бувають повнотілі баки. Все залежить від розмірів місця встановлення паливної ємності, можливостей автомобіля та бажань власника транспортного засобу. Тороїдальні ємності виробляються від 30 до 108 літрів.

Внутрішній тороїдальний бак встановлюється у ніші, де розміщується запасне колесо. За такого розташування газового балона зберігається звичний простір багажного відділення. Рідко, але у продажу бувають тор балони вертикального розташування.

Зовні балон встановлюється під днищем транспортного засобу (часто замість запаски на позашляховиках).

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представлена малюнку 2.2.

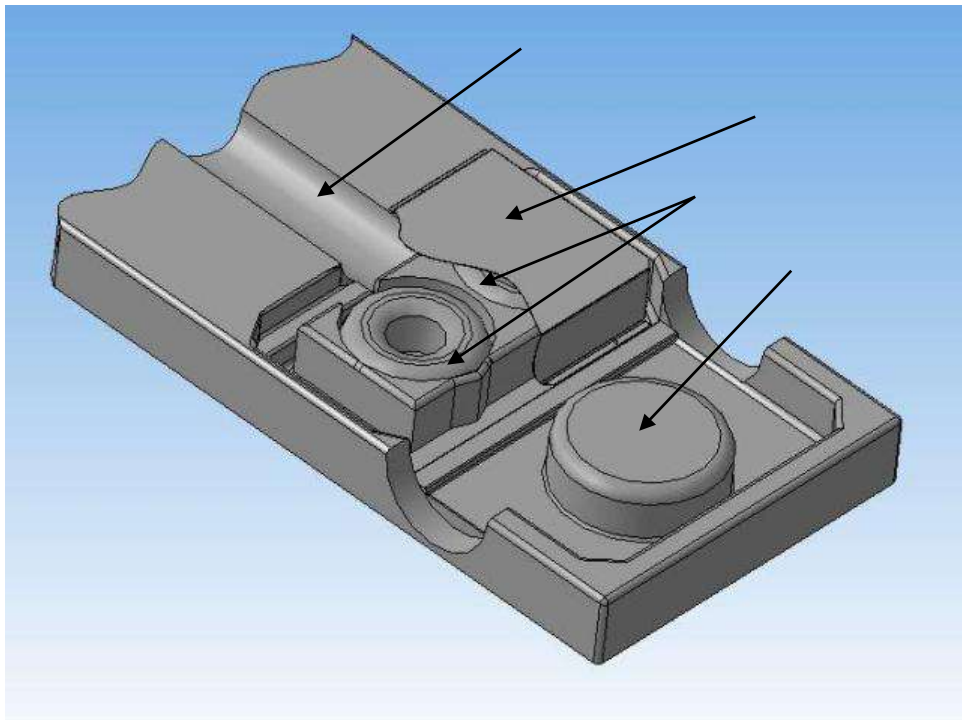


Рисунок 2.2 – Пропонована схема кріплення балонів

Балон має в центрі нижньої кришки отвір для кріплення до кузова автомобіля. Кріплення здійснюється за допомогою болтового з'єднання. Далі виконаємо розрахунок цього болтового з'єднання.

2.2 Вихідні дані

Вихідні дані для розрахунку зведені до таблиці 2.1

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Значення
Момент затягування болтів кріплення M_3 , Нм	22
Кількість болтів кріплення n	1
Межа плинності матеріалу болтів σ_p , МПа	315
Маса заправленого балона m_6 , кг	40
Тип опорної поверхні	Асфальтобетонне покриття

2.3 Розрахунок прискорення у момент гальмування автомобіля

Розглянемо графік залежності швидкості та прискорення від часу в момент гальмування автомобіля.

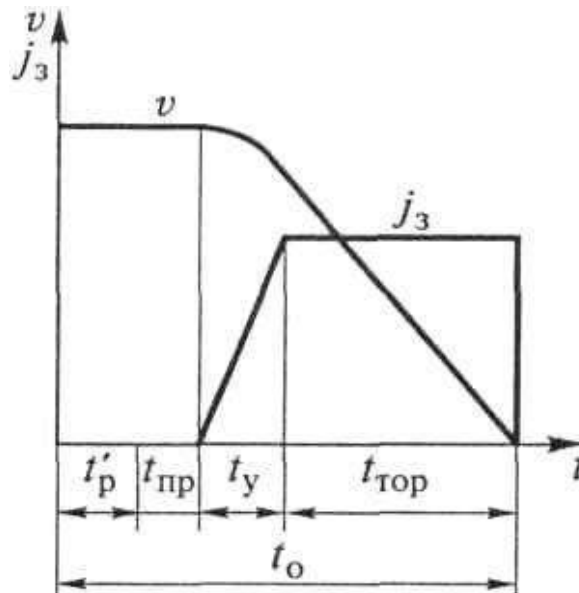


Рисунок 2.3 – Графік швидкості та прискорення при гальмуванні

Зупинний шлях автомобіль проходить за зупинний час, що розраховується за формулою (2.1).

$$t_0 = t'_p + t_{пр} + t_y + t_{тор},$$

де t'_p - час реакції водія, що залежить від його віку, кваліфікації, стомлюваності тощо;

$t_{пр}$ - час спрацьовування гальмівного приводу від моменту натискання на гальмівну педаль до початку дії гальмівних механізмів, що залежить від конструкції гальмівного приводу та його технічного;

t_y - Час збільшення уповільнення від нуля до максимального значення;

$t_{тор}$ - Час гальмування.

Максимальне навантаження на кріплення балона буде на момент максимального прискорення.[12] На графіці видно, що у цей час прискорення є константою і може бути розраховане за формулою (2.2).

$$j_{max} = \frac{\Delta V}{t_{тор}}$$

Оскільки гальмування йде до повної зупинки, $\Delta V = V_0$

$t_{тор}$ знаходиться за формулою (2.3)

$$t_{тор} = \frac{k_e \times V_0}{\varphi_c \times g},$$

де k_e - Коефіцієнт ефективності гальмування;

V_0 - Швидкість автомобіля безпосередньо перед початком гальмування, м / с;

φ_c - Коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з поверхнею дороги;

g – прискорення вільного падіння.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, максимальне прискорення при гальмуванні розраховуємо за такою формулою (2.4).

$$j_{max} = \frac{\varphi_c \times g}{k_\varphi}$$

З таблиць (2.2) та (2.3) вибираємо значення коефіцієнтів φ_3 та k_φ для легкового автомобіля для випадку найефективнішого гальмування.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнта ефективності гальмування

Тип автомобіля	Коефіцієнт ефективності гальмування k_φ	
	Без навантаження	З повним навантаженням
Легкові автомобілі	1,10-1,15	1,15-1,20
Вантажні масою до 10 т та автобуси довжиною до 7,5 м	1,10-1,30	1,50-1,60
Вантажні масою понад 10 т та автобуси довше 10м	1,40 – 1,60	1,60-1,80

Таблиця 2.3 - Значення коефіцієнта зчеплення

Покриття дороги	Коефіцієнт зчеплення φ_3	
	На сухій поверхні	На мокрій поверхні
Асфальтобетонне шосе	0,7 - 0,8	0,3 – 0,4
Щебенева	0,6 – 0,7	0,3 – 0,4
Булижне	0,5 - 0,6	0,3 – 0,35
Грунтові дороги	0,5 - 0,6	0,3 – 0,4
Глінка	0,5 - 0,6	0,2 – 0,4
Пісок	0,5 - 0,6	0,4 – 0,5
Ущільнений сніг	0,2 – 0,3	-
Зледеніла дорога	0,08 – 0,1	-

$$j_{max} = \frac{0,8 \times 9,81}{1,1} = 7,135 \text{ м/с}^2.$$

2.4 Розрахунок сили розтягування, що діє на кріплення балона

У момент гальмування на балон діятиме сила інерції, спрямована з вектором швидкості автомобіля. Ця сила прикладена до центру ваги балона.

$$F = m \times j_{max},$$

де m - Маса заправленого балона, кг.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$F = 40 \times 7,135 = 285,4 \text{ Н.}$$

Крім сили інерції на балон діє сила тяжіння

$$G = m \times g ,$$

де m - Маса заправленого балона, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

$$F = 40 \times 9,81 = 392,2 \text{ Н.}$$

Щоб врахувати прискорення, що виникають через нервовість дороги, необхідно величину сили тяжкості помножити на три. [1]

Складемо схему діючих сил:

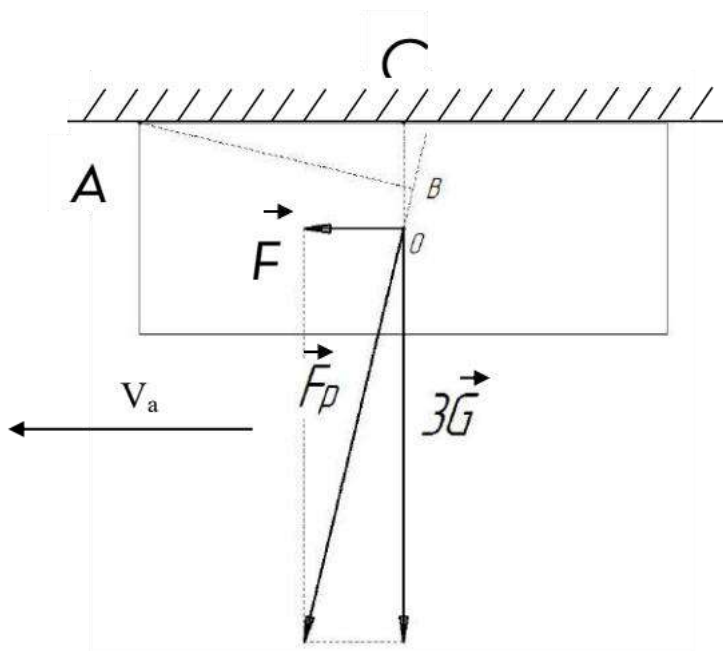


Рисунок 2.4 – Сили, що діють на балон

						КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			53

Знайдемо рівнодіючу силу F_p .

$$F_p = \sqrt{(3G)^2 + F^2} = \sqrt{1176^2 + 285.4^2} = 1210,1 \text{ Н.}$$

Ця сила створює крутний момент у точці А. Для визначення цього моменту необхідно знайти відстань АВ.

Тоді момент у точці А:

$$M = F_p \times AB = 1210.1 \times 0.2664 = 322 \text{ Н} \times \text{м.}$$

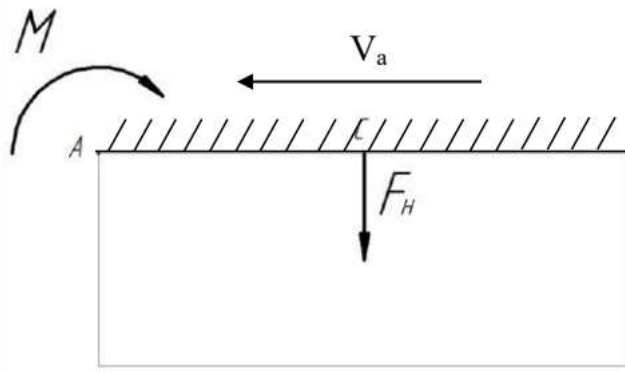


Рисунок 2.5 – Сила розтягування, що діє на кріплення

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАХИСТУ БАЛОНУ

В даний час основне завдання промисловості полягає в розширенні та вдосконаленні індустріальної бази розвитку економіки, у підвищенні технічного рівня та ефективності виробництва, його рентабельності, мобільності, економії виробничих та трудових ресурсів, поліпшенні якості продукції.

Однією з головних умов технічного прогресу є постійне оновлення продукції, а однією з головних вимог до сучасного виробництва – освоєння нової продукції при мінімальних втратах і витратах.

У розділі дипломного проекту необхідно вибрати деталь, й у вибраної деталі розробити маршрутну карту виготовлення, з вибором необхідно устаткування, зробити необхідні розрахунки.

Як технологічну деталь було обрано захист балонів.

Ця деталь призначена для захисту балонів від механічної дії в процесі експлуатації автомобіля. Захист кріпиться 6 болтами М6х20 до кузова автомобіля (рисунок 4.1).

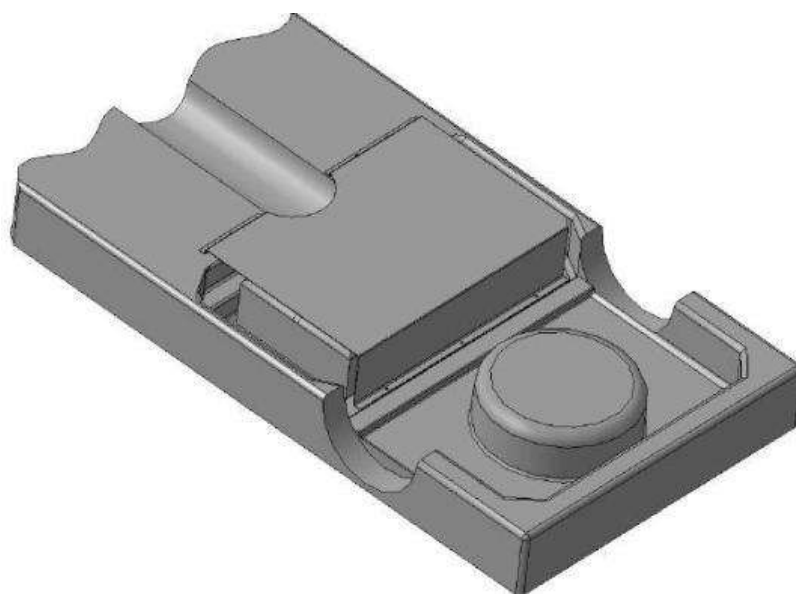


Рисунок 3.1 – Встановлення захисту балонів

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Основні переваги лазерного різання:

- відсутність механічного контакту інструмента з матеріалом, що виключає деформації та зношування ріжучих елементів;
- можливість обробки широкого спектра матеріалів незалежно від їх теплофізичних характеристик завдяки висококонцентрованому лазерному випромінюванню;
- висока точність різання, що досягається завдяки малій ширині лазерного променя (порядку 0,08 мм);
- ефективна обробка тонкостінних і маложорстких деталей без ризику їх викривлення;
- можливість формування отворів малого діаметра (від 0,5 мм) при використанні променя діаметром близько 0,2 мм;
- значна продуктивність процесу, обумовлена високою енергоємністю лазерного джерела;
- здатність виконання різання складних контурів у листових матеріалах.

Після завершення операції лазерного різання заготовка, як правило, передається на наступний технологічний етап — листове штампування, де за допомогою штампового оснащення виконується формоутворення (згинання) деталі відповідно до заданої геометрії.

Листове штампування — це технологічний процес виготовлення плоских і просторових тонкостінних виробів із листових матеріалів (листів, стрічок, смуг) шляхом їх пластичної деформації в штампах на пресовому обладнанні. При холодному штампуванні товщина заготовок зазвичай не перевищує 10 мм.

Переваги листового штампування:

- висока продуктивність процесу;
- стабільність геометричних параметрів і якості виробів;
- раціональне використання матеріалу;

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- низька собівартість продукції;
- можливість автоматизації виробництва.

Обмеження процесу:

- обмеження за ступенем деформації через зростання опору матеріалу та явище наклепу;
- обмеження за матеріалами, пов'язані з недостатньою пластичністю деяких сталей у холодному стані.

У процесі листового штампування застосовують матеріали з високою пластичністю, зокрема низьковуглецеві сталі, леговані пластичні сплави, алюміній і його сплави, латунь, мідь, магнієві та титанові сплави. Окрім металів, можливе використання деяких неметалевих матеріалів, таких як органічне скло, текстоліт, гетинакс та інші.

Цей метод широко використовується у різних галузях промисловості, зокрема в автомобілебудуванні, тракторобудуванні, авіаційній і ракетно-космічній техніці, приладобудуванні та електротехнічній галузі.

Листове штампування дозволяє виготовляти широкий спектр виробів — від мініатюрних деталей масою частки грама та розмірами в частки міліметра (наприклад, елементи годинникових механізмів) до великогабаритних конструкцій масою десятки кілограмів і розмірами кілька метрів (облицювальні панелі транспортних засобів і літальних апаратів).

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

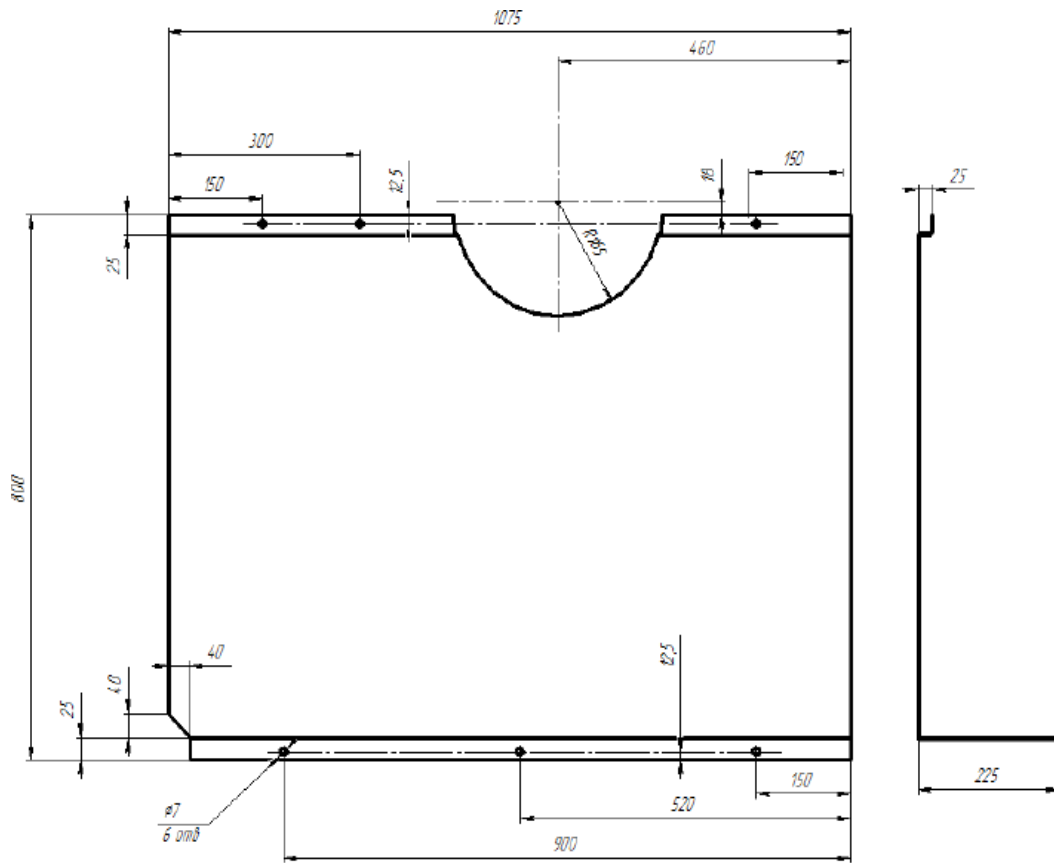


Рисунок 3.3 – Листове штампування деталі (згинання)

Як обладнання для лазерного різання металу було обрано верстат для різання металу ЧПУ Raylogic 11g 1610, який відрізняє від аналогів ціна (518 000 грн проти 800 000 - 900 000 грн. Зарубіжні аналоги), а також потужності та якість виготовлення.

Цей верстат є модернізованою версією минулого верстата, без зміни ціни.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд лазерної установки Raylogic 11g 1610

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики лазерної установки

Найменування	Значення
Максимальний розмір листа, мм	1300 x 2500
Максимальна вага листа на столі, кг	1000
Максимальна швидкість позиціонування XY осі, м/хв	170
Максимальна швидкість позиціонування Z вісь, м/хв	30
Точність повторного позиціонування, мм	± 0,025
Габаритні розміри, мм	3000x1500x1100
Маса верстата, кг	450

Розрахуємо норму матеріалу, яка буде потрібна при виготовленні опори настилу.

Опора настилу виготовляється з листового прокату, лист 2500x1250x2 мм. ГОСТ 19903-74, має щільність 7,85 т/м³.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аркуш 2500x1250x2 мм, ріжуть на заготівлі, обладнання -
лазерне встановлення.

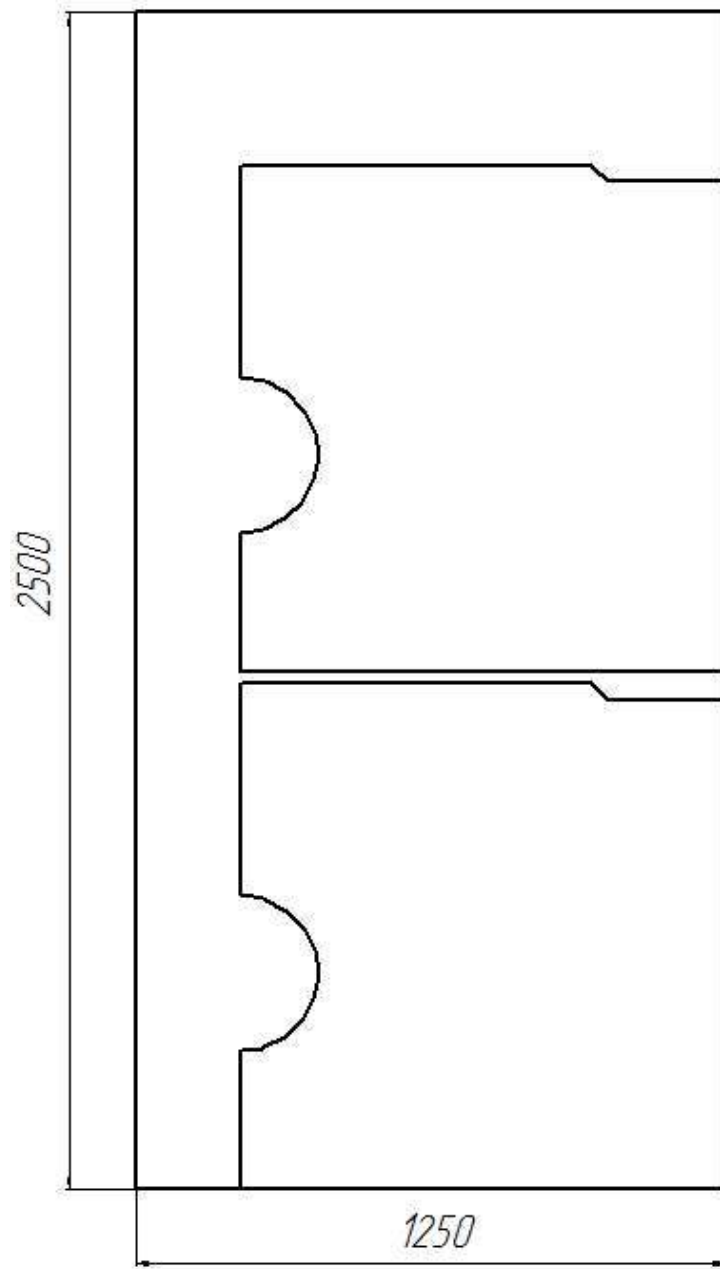


Рисунок 3.4 – Схема різання листа 2500x1250x2 мм, на 2 заготовки

Вимоги при лазерному різанні листа на заготовки - відстань між

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заготовками розташованими на аркуші щонайменше 5мм.

Визначимо норму на 1 виріб, кг.

$$НРМ_{1\text{изд}} = m_{\text{заг}} + m_{\text{ост.}}$$

Розміри листа: 2500x1250x2мм., визначимо масу листа:

$$m_{\text{лист}} = A \times B \times \rho \times h,$$

де: А – ширина,

мм; В –

висота, мм;

ρ – щільність металу,

кг/мм³; h – товщина, мм.

$$m_{\text{лист}} = 2500 \times 1250 \times 7,85 \times 10^{-6} \times 2 = 49 \text{ кг.}$$

Визначимо масу деталі, використовуючи МЦХ системи Компас
3D: $m_{\text{заг}}=16,5\text{кг}$ Кількість заготовок деталі з листа 2500x1250 – 2 шт.

Визначимо масу залишків з 1 аркуша:

$$m_{\text{ост}} = m_{\text{лист}} - (m_{\text{заг}} \times n),$$

Де n – кількість заготовок із листа.

$$m_{\text{ост}} = 49 - (16,5 \times 2) = 16 \text{ кг.}$$

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Тоді маса залишків на один виріб:

$$m_{\text{ост } 1 \text{ изд}} = \frac{m_{\text{ост}}}{n} = \frac{16}{2} = 8 \text{ кг.}$$

Визначимо норму на 1 виріб за формулою (3.1)

$$\text{НРМ}_{1\text{изд}} = 16,5 + 8 = 24,5 \text{ кг.}$$

Як устаткування для операції гнучка був обраний верстат КЖ2533.

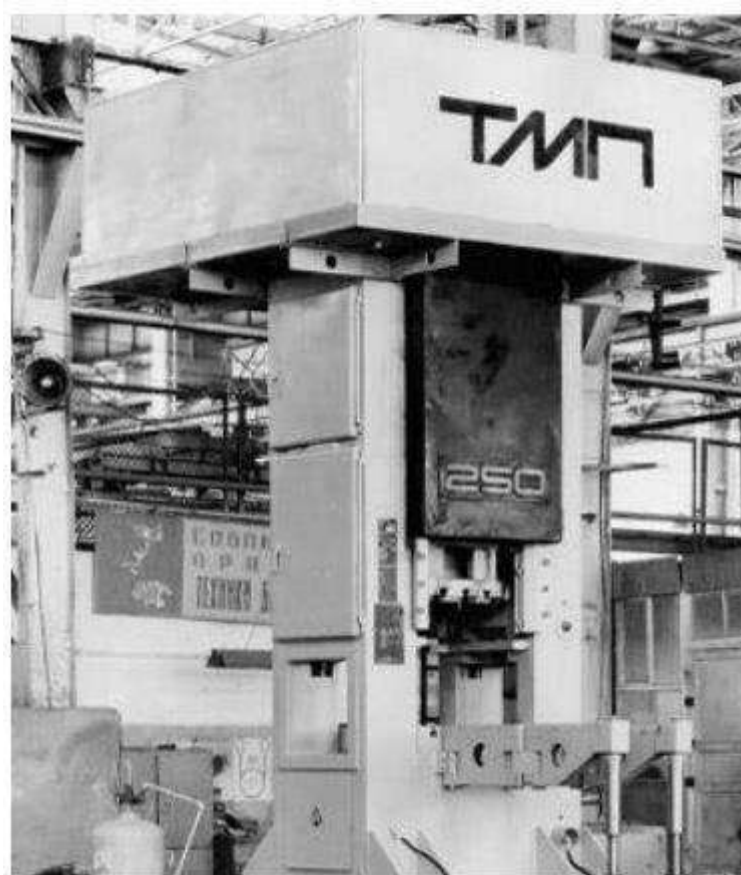


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд верстата КЖ2534

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Модель КЖ2534 зусиллям 250 тс, застосовується для отримання з листового прокату різноманітних деталей із застосуванням різних операцій холодного штампування: вирубування, пробивання, неглибокої витяжки, згинання.

Можна здійснювати також обрізку в гарячому або холодному стані, отриманих на гарячештампувальному устаткуванні.

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика верстата КЖ2534

Найменування	Значення
Номинальне зусилля, транспортний засіб	250
Хід повзуна, мм	200
Частота безперервних ходів, мін-1	40
Регулювання закритої висоти, мм	140
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	23
Габаритні розміри, мм	2500x2500x4720

У даному розділі дипломного проекту було обрано технологічну деталь, для якої було обрано технологічний спосіб отримання, було обрано обладнання, а також проведено технологічні розрахунки для виконання операцій виготовлення.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

1. У роботі проаналізовано конструкції та принципи функціонування газобалонного обладнання різних поколінь, що дозволило встановити основні тенденції його розвитку, зокрема перехід від механічних систем до електронно керованих комплексів із підвищеною точністю дозування палива та кращими екологічними показниками.

2. Обґрунтовано доцільність використання сучасного газобалонного обладнання для легкових автомобілів, що забезпечує зниження витрат на паливо та зменшення шкідливих викидів, при збереженні прийнятних експлуатаційних і динамічних характеристик транспортного засобу.

3. Розроблено конструктивне рішення щодо розміщення газового балона та виконано розрахунок навантажень на елементи його кріплення, що підтвердило їх міцність і надійність у реальних умовах експлуатації автомобіля.

4. Запропоновано технологічний процес виготовлення елементів конструкції із застосуванням сучасних методів обробки (лазерного різання та листового штампування), що забезпечує високу точність, продуктивність і економічну ефективність виробництва.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Література

1. Шифр «Автогаз». Особливості налаштування газобалонного устаткування автомобіля. Харків, 2019.
2. Науменко С. Особливості дослідження газобалонного обладнання транспортних засобів. 2022.
3. Голік А.В. Дослідження двигунів внутрішнього згоряння та альтернативних палив. 2020.
4. Setiyo M. LPG-Fueled Vehicles: An Overview of Technology and Market Trend. Automotive Experiences, 2020.
5. Екологічні аспекти використання зрідженого нафтового газу. 2018.
6. Kovalov S.O. Development of LPG engines based on diesel engines. Internal Combustion Engines, 2019.
7. Kovalov S.O. Microprocessor control system for gas engines. Internal Combustion Engines, 2020.
8. Балицька В.О. Сучасні технології енергоефективності транспорту. Вінниця, 2025.
9. Аль-Файад А.І., Заблоцький Ю.В. Дослідження експлуатаційних характеристик газових систем. 2024.
10. Liquefied petroleum gas: properties and applications.

					КРМТВА 06. 22450.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		