

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти БАКАЛАВРА  
Бакалавра (Магістра)

### Модернізація задньої підвіски передньопривідного легкового автомобіля

Назва теми

Галузь знань 27Транспорт  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 274 Автомобільний транспорт  
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма Автомобільний транспорт  
Назва

Шифр КвРАТ. 22086.01.08.00

Виконав студент(ка) 4-го курсу  
група АТ 22-1  
Шифр

  
Підпис

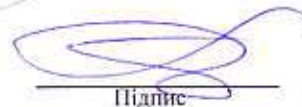
Ігор ДЗЮБІЙ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

  
Підпис

Сергій ПОСОНСЬКИЙ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

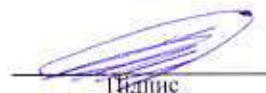
Нормоконтролер доцент кафедри ТАМ  
Посада

  
Підпис

Олег БАБАК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри ТАМ  
Назва

  
Підпис

Олександр ДИХА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 10.06 2026

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Світньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Напрямок підготовки (спеціальність) 274 «Автомобільний транспорт»

Світньо-професійна програма «Автомобільний транспорт»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Духа О.В.

## **ЗАВДАННЯ** НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дзюбію Ігорю Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи «Модернізація задньої підвіски передньопривідного легкового автомобіля».

Рівень роботи доц. каф. Посонський Сергій Феліксович

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 20 січня 2026 р. № 7 (Д14)

Строк подання студентом роботи на кафедру 16.06.2026 р.

Вихідні дані до проєкту (роботи) Матеріали практики; матеріали курсових робіт.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд сучасного стану питань;

2. Конструкторськи розділ;

3. Технологічний розділ.

Перелік графічного матеріалу (презентація)

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання 15.04 2026р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Приміт
1	<i>Огляд сучасного стану питання;</i>	<i>28.05.2026</i>	
2	<i>Конструкторський розділ;</i>	<i>08.06. 2026</i>	
3	<i>Технологічний розділ</i>	<i>11.06. 2026</i>	
4	<i>Висновки</i>	<i>14.06. 2026</i>	
5	<i>Захист дипломної роботи</i>	<i>16.06. 2026</i>	

Студент

Керівник роботи

—

  
Підпис

Ігор ДЗЮБІЙ  
ім'я, прізвище

Сергій ПОСОНСЬ  
ім'я, прізвище

ім'я, прізвище

## Реферат

Бакалаврську випускную роботу виконав студент 4 курсу, група АТ-22-1 Дзюбій Ігор на тему: «Модернізація задньої підвіски передньопривідного легкового автомобіля».

У дипломній роботі розглянуто питання вдосконалення задньої підвіски легкового передньопривідного автомобіля. Проведено аналіз основних факторів, що впливають на знос знос та довговічність служби підвіски автомобіля з метою підвищення довговічності роботи.

У першому розділі проведено огляд основних конструктивних особливостей будови підвіски автомобіля . А також сучасні напрямки розвитку конструкцій підвісок автомобіля.

У другому розділі було проведено розрахунок тягово-динамічних характеристик транспортного засобу.

У третьому розділі було зроблено аналіз конструктивних змін підвіски та їх вплив на технологічний процес, а також було проведено оцінку технологічності конструкції задньої підвіски

Випускна робота складається з 64 сторінок, містить у собі 5 ілюстрацій, 2 таблиці та 17 джерел.

Ключеві слова: АВТОМОБІЛЬ, ПІДВІСКА, КОНСТРУКЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ , ХАРАКТЕРИСТИКА.

дата

завдання  
прийняв

Приміт

ГІЙ

ПОСОНСЬ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
<b>1. Огляд сучасного стану питання.....</b>	<b>8</b>
1.1. Основні функціональні призначення автомобільної підвіски...8	
1.2. Вимоги до конструктивного виконання підвіски.....11	
1.3. Типи та конструктивні варіанти підвісок.....13	
1.4. Сучасні напрямки розвитку підвісок.....16	
1.5. Обґрунтування вибору конструкцій.....31	
<b>2 Конструкторський розділ.....</b>	<b>34</b>
2.1.Розрахунок тягово-динамічних характеристик транспортного засобу.....	34
2.2.Характеристика конпонуальної схеми модернізованої підвіски.....	36
2.3.Визначення пружної характеристики задньої підвіски.....	38
2.4 Розрахунок основних параметрів пружного елемента підвіски.....	43
<b>3. Технологічний розділ.....</b>	<b>50</b>
3.1 Аналіз конструктивних змін підвіски та їх вплив на технологічний процес.....	50
3.2. Оцінка технологічності конструкції задньої підвіски.....	52
3.3 Розроблення технологічної схеми встановлення задньої підвіски.....	55

<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
		Дзюбій	<i>Дзюбій</i>	
		Посонський	<i>Посонський</i>	
		Реценз.		
		Н. Контр.	Бабак	
		Затверд.	Духа	
Модернізація задньої підвіски передньопривідного легкового автомобіля				
		Лім.	Арк.	Акрушів
		4	64	
<i>ХНУ група АТ 22-1</i>				



## ВСТУП

Автомобіль у житті сучасної людини посідає надзвичайно важливе місце, виступаючи невід'ємним елементом повсякденної діяльності. Попри те, що перші спроби створення самохідних транспортних засобів були здійснені ще у XVIII столітті у вигляді парових машин, а у XIX столітті з'явилися конструкції з двигунами внутрішнього згорання, справжнього поширення автомобільний транспорт набув лише у XX столітті. Саме в цей період автомобіль із предмета розкоші поступово перетворився на доступний засіб пересування, який активно використовується як для перевезення пасажирів, так і для транспортування вантажів.

Масова автомобілізація суттєво вплинула на розвиток світової економіки, забезпечивши підвищення мобільності населення, розширення логістичних можливостей та інтенсифікацію виробничих процесів. За своїм значенням цей процес можна порівняти з ефектом, який свого часу спричинило впровадження залізничного транспорту. Зростання швидкості переміщення людей і товарів, а також стрімкий розвиток інформаційних технологій формують сучасний динамічний стиль життя, у якому автомобіль відіграє ключову роль.

Сучасні транспортні засоби значно перевершують своїх попередників за багатьма показниками. Вони характеризуються вищими швидкісними можливостями, підвищеним рівнем безпеки, кращими ергономічними показниками та більшою економічною ефективністю. Окрім цього, значна увага приділяється комфорту під час руху, який визначається сукупною роботою різних систем автомобіля.

Однією з найважливіших систем, що безпосередньо впливає на комфорт і безпеку руху, є підвіска. Вона забезпечує взаємодію коліс із дорожнім покриттям, зменшує вплив нерівностей дороги на кузов автомобіля та сприяє стабільності його руху. До основних експлуатаційних

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		6

характеристик підвіски належать керованість, курсова стійкість і плавність ходу. Водночас між цими показниками існує певна суперечність: покращення плавності ходу часто призводить до зниження керованості та стійкості транспортного засобу, і навпаки. У зв'язку з цим при проєктуванні серійних автомобілів інженери змушені шукати оптимальний баланс між зазначеними параметрами.

Не менш важливим чинником є економічна складова. Вартість автомобіля значною мірою визначає його конкурентоспроможність на ринку та рівень попиту серед споживачів. Прагнення виробників до зниження собівартості продукції впливає як на загальну концепцію транспортного засобу, так і на конструктивні рішення окремих його систем, зокрема підвіски. Це обумовлює необхідність пошуку таких технічних рішень, які поєднують у собі ефективність, надійність і економічну доцільність.

З урахуванням наведених аспектів у даній курсовій роботі розглядається можливість підвищення курсової стійкості та покращення керованості легкового автомобіля другого класу шляхом удосконалення конструкції задньої підвіски. Запропонований підхід передбачає аналіз існуючих технічних рішень, визначення їх недоліків та розроблення модернізованої конструкції, яка забезпечить покращення експлуатаційних характеристик транспортного засобу без суттєвого збільшення його вартості.

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ докum	Пілпис	Дата		7

## 1. Огляд сучасного стану питання.

### 1.1 Основні функціональні призначення підвіски автомобіля.

Підвіска автомобіля є однією з ключових систем, яка забезпечує ефективну взаємодію транспортного засобу з дорожнім покриттям і безпосередньо впливає на безпеку, комфорт та керованість під час руху. Її функціональне призначення полягає у виконанні низки важливих завдань, що визначають експлуатаційні характеристики автомобіля.

До основних функцій підвіски належать:

- забезпечення пружного зв'язку між колесами та несучою системою автомобіля (кузовом або рамою), що дозволяє компенсувати нерівності дороги та зменшувати передачу динамічних навантажень на конструкцію транспортного засобу;
- поглинання ударних навантажень, поштовхів і коливань, які виникають під час руху по нерівному дорожньому покриттю, тим самим знижуючи рівень вібрацій, що передаються на кузов і пасажирів;
- забезпечення раціональної кінематики руху коліс, тобто контрольованого переміщення коліс відносно кузова або рами, що сприяє збереженню оптимального контакту шини з дорогою за різних умов експлуатації;
- передача сил і моментів, які виникають у зоні контакту колеса з дорожнім покриттям (зокрема тягових, гальмівних і бічних), на несучу систему автомобіля, що є необхідною умовою для реалізації руху, керування та стійкості.

Крім зазначених функцій, підвіска також відіграє важливу роль у забезпеченні курсової стійкості та керованості транспортного засобу. Вона сприяє підтриманню постійного контакту коліс із дорогою навіть при русі по складних ділянках, що особливо важливо під час маневрування, розгону

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		8

та гальмування. Ефективна робота підвіски дозволяє зменшити нерівномірний знос шин, підвищити довговічність елементів ходової частини та забезпечити стабільність поведінки автомобіля на високих швидкостях.

Таким чином, підвіска виконує комплекс взаємопов'язаних функцій, спрямованих на підвищення комфорту, безпеки та надійності експлуатації автомобіля, що обумовлює її важливе значення у загальній конструкції транспортного засобу.

Слід також зазначити, що підвіска значною мірою визначає характер взаємодії автомобіля з дорожнім покриттям залежно від режиму руху. У процесі експлуатації вона працює в умовах змінних навантажень, які залежать від швидкості руху, стану дороги, завантаження автомобіля та стилю керування. Саме тому конструкція підвіски повинна забезпечувати стабільність її характеристик у широкому діапазоні робочих умов, зберігаючи задані параметри жорсткості та демпфування.

Важливим аспектом є також вплив підвіски на активну безпеку автомобіля. Від її конструктивних параметрів залежить здатність транспортного засобу зберігати стійкість під час виконання різких маневрів, проходження поворотів та гальмування. Неправильно підібрані характеристики пружних і демпфуючих елементів можуть призвести до погіршення зчеплення коліс з дорогою, збільшення кренів кузова та виникнення нестійких режимів руху.

Окремо слід підкреслити, що сучасні конструкції підвісок розглядаються як елемент комплексної системи керування динамікою автомобіля. У поєднанні з системами стабілізації, антиблокувальними системами гальмування та електронними системами розподілу крутного моменту, підвіска забезпечує інтегроване керування поведінкою автомобіля, що дозволяє досягти високого рівня безпеки та комфорту навіть у складних дорожніх умовах.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		9

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	Но докум	Пілпис	Дата		

## 1.2 Вимоги до конструктивного виконання підвіски.

Підвіску автомобіля та її складові елементи оцінюють за сукупністю технічних і економічних показників, які визначають ефективність її функціонування в процесі експлуатації. До таких показників належать робочі характеристики, рівень надійності, довговічність, ремонтпридатність, а також економічна доцільність і технологічність виготовлення та складання. Комплексна оцінка цих параметрів дозволяє визначити, наскільки конструкція підвіски відповідає сучасним вимогам автомобілебудування та умовам реальної експлуатації.

У сучасних транспортних засобах до підвіски висувається широкий перелік вимог, що обумовлено необхідністю забезпечення високого рівня комфорту, безпеки та ефективності. Основні з них можна сформулювати таким чином:

- параметри та характеристики елементів підвіски мають забезпечувати раціональне поєднання плавності ходу, курсової стійкості та керованості автомобіля. Це означає, що підвіска повинна ефективно згладжувати нерівності дорожнього покриття, не погіршуючи при цьому здатність автомобіля зберігати заданий напрям руху та точно реагувати на дії водія;
- кінематичні властивості підвіски повинні гарантувати оптимальну зміну геометричних параметрів коліс, таких як кути встановлення, ширина колії та база автомобіля, під час ходів стиснення і відбою. Це дозволяє підтримувати надійний контакт шин із дорогою та зменшувати їх зношування;
- кінематика підвіски має бути узгоджена з роботою рульового керування, оскільки їх взаємодія безпосередньо впливає на точність і передбачуваність керування автомобілем, особливо під час маневрування та руху на високих швидкостях;

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		11

- конструктивні елементи підвіски повинні відзначатися високими показниками міцності, надійності та довговічності, що забезпечує їх стабільну роботу протягом тривалого терміну експлуатації навіть за складних дорожніх умов;

- важливою вимогою є зменшення маси деталей підвіски, зокрема невіднесених мас, оскільки їх зниження позитивно впливає на плавність ходу, зчеплення коліс із дорогою та загальну динаміку автомобіля;

- собівартість виготовлення підвіски повинна залишатися на конкурентному рівні, що є важливим фактором для забезпечення доступності автомобіля на ринку та його комерційного успіху;

- конструкція елементів підвіски має бути технологічною, тобто придатною до ефективного виготовлення із застосуванням сучасних виробничих процесів, а також зручною для технічного обслуговування, ремонту та монтажу;

- у випадку дорожньо-транспортної пригоди деформаційні властивості елементів підвіски повинні сприяти максимальному поглинанню енергії удару, що підвищує рівень пасивної безпеки автомобіля та зменшує ризик пошкодження інших вузлів і агрегатів.

Окрім наведених вимог, у сучасних умовах дедалі більшого значення набувають екологічні та експлуатаційні аспекти. Зокрема, підвіска повинна забезпечувати мінімальний рівень шуму та вібрацій, а також сприяти зниженню негативного впливу транспортного засобу на навколишнє середовище за рахунок оптимізації динамічних навантажень. Таким чином, сучасна підвіска є складною інженерною системою, яка повинна відповідати широкому спектру взаємопов'язаних вимог.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ доквм	Пілпис	Дата		12

### 1.3 Типи та конструктивні варіанти підвісок.

Автомобільні підвіски за конструктивними ознаками поділяються на залежні та незалежні, кожен із яких має свої особливості застосування, переваги та обмеження. Вибір конкретної схеми підвіски визначається призначенням транспортного засобу, умовами його експлуатації, а також вимогами до комфорту, керованості та вартості. При цьому слід зазначити, що в сучасному автомобілебудуванні спостерігається тенденція до поступового витіснення залежних підвісок більш доскональними незалежними конструкціями.

Залежна підвіска є історично більш раннім рішенням. Її принцип використовувався ще в гужовому транспорті, зокрема в каретах і возах, задовго до появи автомобілів. Головною конструктивною особливістю такої підвіски є жорсткий зв'язок між колесами однієї осі, зазвичай реалізований у вигляді суцільного моста. У цьому випадку переміщення одного колеса під час наїзду на нерівність безпосередньо впливає на положення іншого колеса, оскільки вони механічно пов'язані між собою. При цьому геометричні параметри, зокрема кутове взаємне положення коліс, залишаються незмінними.

До основних переваг залежної підвіски належать:

простота конструкції, що забезпечує легкість виготовлення, обслуговування та ремонту;

відносно низька собівартість виробництва, що робить її привабливою для бюджетних або спеціалізованих транспортних засобів;

сталість дорожнього просвіту незалежно від умов руху, що є важливим для автомобілів підвищеної прохідності та вантажної техніки;

висока міцність і здатність витримувати значні навантаження, що робить такі підвіски придатними для важких умов експлуатації.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		13

Водночас залежні підвіски мають і суттєві недоліки:

гірші показники керованості та курсової стійкості порівняно з незалежними системами, особливо на високих швидкостях;

знижена плавність ходу, що пояснюється значною величиною невіднесених мас;

обмежені можливості компоновки, оскільки для переміщення моста потрібен додатковий простір у зоні кузова або рами;

підвищений рівень передачі вібрацій на кузов, що негативно впливає на комфорт.

Незалежна підвіска з'явилася пізніше як результат розвитку інженерної думки та прагнення покращити експлуатаційні характеристики автомобілів. Її головною відмінністю є відсутність жорсткого зв'язку між колесами однієї осі. Це означає, що переміщення одного колеса практично не впливає на положення іншого, що дозволяє кожному колесу адаптуватися до нерівностей дорожнього покриття окремо.

Основні переваги незалежної підвіски:

покращені показники керованості та курсової стійкості завдяки більш точному контакту коліс із дорогою;

менші невіднесені маси, що позитивно впливає на плавність ходу та динамічні характеристики;

компактність конструкції, яка дозволяє ефективніше використовувати внутрішній простір автомобіля;

можливість точного регулювання кутів встановлення коліс, що сприяє зниженню зношування шин і підвищенню стабільності руху;

краща адаптація до сучасних систем активної безпеки та електронних допоміжних систем.

Разом із тим незалежні підвіски мають і певні недоліки:

вища вартість виготовлення та обслуговування через складність конструкції;

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		14

менша вантажопідйомність у порівнянні із залежними схемами;  
зміна дорожнього просвіту під час руху, що може бути критичним для окремих типів транспортних засобів;

більша кількість шарнірних з'єднань, що підвищує вимоги до обслуговування.

Окрім залежних і незалежних підвісок, у сучасному автомобілебудуванні широко застосовується також проміжний варіант — напівзалежна підвіска. Вона поєднує в собі риси обох попередніх схем і зазвичай реалізується у вигляді конструкції з поздовжніми важелями, з'єднаними між собою торсіонною балкою. Така балка працює на кручення, забезпечуючи частковий зв'язок між колесами. У цьому випадку переміщення одного колеса частково впливає на інше, але геометрія їх взаємного положення може змінюватися.

До переваг напівзалежної підвіски належать:

відносно невисока вартість виготовлення у порівнянні з повністю незалежними системами;

простота конструкції та зручність монтажу;

мала маса, що позитивно впливає на паливну економічність і динаміку;

компактність та відсутність необхідності використання підрамника, що спрощує компонування автомобіля;

достатній рівень комфорту для більшості легкових автомобілів середнього класу.

Серед недоліків такої схеми можна виділити:

гірші показники керованості та курсової стійкості у порівнянні з незалежними підвісками, особливо в складних дорожніх умовах;

обмежені можливості застосування у повнопривідних автомобілях через складність компонування трансмісії;

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		15

певні компроміси в налаштуванні характеристик, оскільки конструкція не дозволяє досягти максимальної ефективності за всіма параметрами одночасно.

Таким чином, кожен тип підвіски має свої області застосування та визначається балансом між технічними характеристиками, вартістю та умовами експлуатації. У сучасних умовах інженери все частіше віддають перевагу незалежним і напівзалежним схемам, які дозволяють досягти кращих показників комфорту та керованості, зберігаючи при цьому прийнятний рівень економічності.

#### **1.4 Сучасні напрямки розвитку підвісок.**

Елементи підвіски автомобіля прийнято поділяти на три основні групи залежно від їх функціонального призначення: направляючі, пружні та демпфувальні. Така класифікація дозволяє більш чітко зрозуміти роль кожного компонента у забезпеченні ефективної роботи підвіски та оптимальної взаємодії транспортного засобу з дорожнім покриттям.

До направляючих елементів належать деталі, які визначають траєкторію руху колеса відносно кузова або рами автомобіля. Вони забезпечують контрольоване переміщення колеса під час стискання та відбою підвіски, а також впливають на зміну його положення у просторі, включаючи можливість повороту (для керованих коліс). Саме ці елементи відповідають за правильну кінематику підвіски, що безпосередньо впливає на керованість, стійкість і зчеплення коліс із дорогою.

На ранніх етапах розвитку автомобілебудування, коли переважала залежна підвіска, конструкція була відносно простою: колеса однієї осі з'єднувалися жорсткою балкою моста. У таких системах функції направляючих елементів фактично виконували ресори, які одночасно

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		16

служували і пружними елементами. Вони забезпечували як підтримання положення моста, так і амортизацію нерівностей дороги.

З розвитком техніки та впровадженням нових конструктивних рішень, зокрема широкого застосування гвинтових пружин, функції направляючих елементів поступово були відокремлені від пружних. Це призвело до появи спеціальних деталей — тяг (штанг), які відповідають виключно за напрям руху коліс. Такі елементи зазвичай виконуються у вигляді металевих стрижнів або труб, на кінцях яких розташовані шарнірні з'єднання, що забезпечують необхідну рухливість. Завдяки простоті конструкції, невисокій вартості та достатній надійності, штанги отримали широке поширення в різних типах підвісок.

Варто зазначити, що направляючі елементи у вигляді тяг застосовуються не лише у залежних, але й у незалежних підвісках. У таких системах вони можуть виконувати допоміжні функції, стабілізуючи положення коліс та забезпечуючи необхідну жорсткість конструкції. Прикладом використання подібних рішень є задня підвіска сучасних легкових автомобілів, зокрема таких моделей, як Renault Kaptur, де поєднуються простота конструкції та достатній рівень експлуатаційних характеристик.

Окрім направляючих елементів, важливу роль у підвісці відіграють пружні елементи, які відповідають за сприйняття та накопичення енергії ударів від нерівностей дороги, а також демпфувальні пристрої, що гасять коливання і запобігають їх тривалому розповсюдженню. Сукупна робота всіх трьох груп елементів забезпечує оптимальний баланс між комфортом, стійкістю та керованістю автомобіля.

Таким чином, розподіл елементів підвіски за функціональними групами дозволяє більш глибоко проаналізувати їхню роль у конструкції автомобіля та обґрунтувати вибір конкретних технічних рішень при проектуванні або модернізації підвіски.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		17

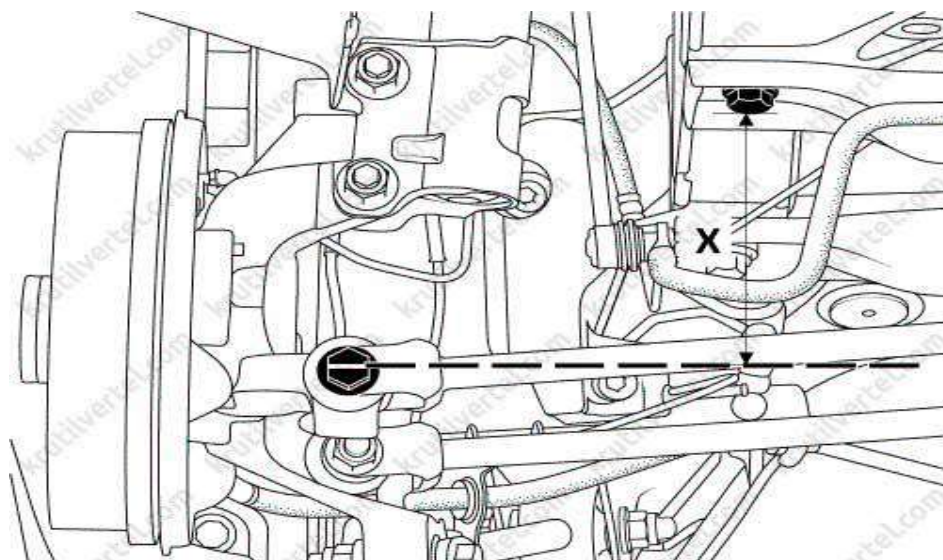


Рисунок 1 – Renault Captur задня підвіска

Важелі підвіски характеризуються значним різноманіттям конструктивних рішень і варіантів виконання, що обумовлено різними умовами експлуатації транспортних засобів, а також вимогами до їх динамічних і міцнісних характеристик. У сучасному автомобілебудуванні найбільшого поширення набули важелі, виготовлені у вигляді зварних конструкцій із штампованого листового металу. Такі деталі відзначаються відносно малою масою, простотою виробництва та невисокою собівартістю, що робить їх економічно доцільними для масового виробництва легкових автомобілів. Водночас їх міцнісні характеристики мають певні обмеження, оскільки вони не завжди здатні ефективно сприймати значні навантаження, які виникають під час руху в складних дорожніх умовах.

У випадках, коли навантаження перевищують допустимі для штампованих елементів, а застосування залежної підвіски є недоцільним через погіршення керуваності та комфорту, використовуються важелі, виготовлені методом кування. Такі деталі мають значно вищу міцність і здатність витримувати великі механічні навантаження, що робить їх

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		18

оптимальними для використання у важких умовах експлуатації. Однак технологія їх виготовлення є складнішою та більш енергоємною, що безпосередньо впливає на зростання вартості. Саме тому ковані важелі найчастіше застосовуються у конструкціях позашляховиків, вантажних і комерційних автомобілів, де пріоритетом є надійність і витривалість, хоча інколи вони зустрічаються і в легкових автомобілях.

Прикладом використання міцних важелів у легковому автомобілі можуть слугувати конструктивні рішення, застосовані в моделях сімейства Volkswagen Golf, де в залежності від покоління та комплектації використовуються як штамповані сталеві, так і більш посилені елементи підвіски. Це дозволяє забезпечити необхідний баланс між комфортом, керуваністю та довговічністю, що є характерним для автомобілів даного класу.

Окрему групу становлять важелі, виготовлені з алюмінієвих сплавів, які на сьогодні вважаються перспективним напрямом розвитку. Вони широко застосовуються в автомобілях бізнес-класу та преміального сегмента. Основною перевагою таких важелів є значне зменшення маси, що особливо важливо для зниження невідрахованих мас. Це, у свою чергу, позитивно впливає на плавність ходу, керуваність і загальні динамічні характеристики автомобіля. Крім того, алюмінієві конструкції мають добрі корозійні властивості, що підвищує їх довговічність.

Разом із тим, використання алюмінієвих важелів супроводжується і певними недоліками, серед яких основним є їх висока вартість порівняно зі сталевими аналогами, а також підвищені вимоги до технології виготовлення та ремонту. Незважаючи на це, завдяки своїм експлуатаційним перевагам вони дедалі ширше впроваджуються у сучасних транспортних засобах.

Таким чином, вибір конструкції важелів підвіски визначається компромісом між міцністю, масою, вартістю та умовами експлуатації

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		19

автомобіля. Різноманіття застосовуваних матеріалів і технологій дозволяє інженерам підбирати оптимальні рішення для кожного класу транспортних засобів, забезпечуючи необхідний рівень надійності та ефективності.



Рисунок 2 – Важіль передньої підвіски автомобіля Volkswagen Golf

До направляючих елементів підвіски, окрім важелів і тяг, також належать поворотні кулаки. Вони є невід'ємною складовою незалежних підвісок і виконують функцію з'єднувальної ланки між колесом, елементами підвіски та рульовим керуванням. Саме через кулак передаються сили від колеса до інших вузлів, а також забезпечується можливість його повороту для керування осями. Конструкція кулаків може суттєво відрізнятися залежно від типу підвіски, компоновки автомобіля та вимог до міцності. Основними відмінностями є геометрична форма, яка визначається умовами розміщення вузлів, спосіб кріплення шарових опор (наприклад, за допомогою конічної посадки або клемного з'єднання), а

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		20

також матеріал виготовлення. Для їх виробництва застосовують сталь, чавун або алюмінієві сплави, причому вибір матеріалу обумовлюється необхідністю поєднання міцності, маси та вартості.

Пружні елементи підвіски призначені для сприйняття та часткового поглинання енергії ударів і коливань, що виникають при русі автомобіля по нерівностях дорожнього покриття. Одним із найстаріших таких елементів є листові ресора, яка, окрім пружної функції, у ряді конструкцій може виконувати і направляючу роль. У класичному виконанні ресора складається з набору металевих листів різної довжини, виготовлених із пружинної сталі та з'єднаних між собою в єдиний пакет. Особливістю її кріплення є те, що один кінець фіксується шарнірно, а інший має можливість не лише обертатися, але й переміщуватися в поздовжньому напрямку, що дозволяє компенсувати зміну довжини при деформації.

Форма ресор може бути різною, однак найбільш поширеною є напівеліптична конфігурація. З метою зменшення маси підвіски в сучасних конструкціях іноді застосовують однолистові ресори, які в окремих випадках виготовляються з композиційних матеріалів, зокрема армованих полімерів. До переваг ресор можна віднести простоту виготовлення, надійність і відносну дешевизну. Водночас вони мають і суттєві недоліки: значну масу, великі габарити та потребу у значному компоновальному просторі. Крім того, такі елементи не забезпечують достатнього рівня плавності ходу, який вимагається для сучасних легкових автомобілів. Саме тому сьогодні ресори переважно застосовуються у вантажному та комерційному транспорті, а також інколи в позашляховиках, де важливими є міцність і вантажопідйомність.

Найбільш поширеним пружним елементом у сучасних автомобілях є гвинтові пружини. Їх популярність пояснюється вдалим поєднанням компактності, малої маси, відносно невисокої вартості та здатності забезпечувати необхідні характеристики пружності. Завдяки цьому вони

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		21

широко використовуються у підвісках легкових автомобілів різних класів — від бюджетних до преміальних моделей. Конструктивні особливості пружин можуть відрізнятися за формою (циліндричні, конічні, бочкоподібні), кроком витків (постійний або змінний), а також формою та діаметром прутка. У деяких випадках, зокрема в спортивних автомобілях, застосовуються комбіновані рішення із використанням двох пружин, що працюють послідовно, що дозволяє отримати прогресивну характеристику жорсткості.

Основним недоліком гвинтових пружин порівняно з ресорами є те, що вони не можуть виконувати направляючу функцію і потребують наявності окремих елементів, які забезпечують кінематику підвіски. Це дещо ускладнює конструкцію та підвищує її вартість. Проте завдяки значно кращим характеристикам плавності ходу, керованості та стабільності руху пружинні підвіски практично повністю витіснили ресорні в легковому сегменті.

До пружних елементів також відносять буфери стискання та відбою. Вони зазвичай виготовляються з еластомерних матеріалів, таких як гума або поліуретан, і встановлюються переважно на штоку амортизатора або поблизу нього. Основне їх призначення полягає у запобіганні жорстким ударам при досягненні граничних положень підвіски, а також у формуванні нелінійної пружної характеристики. Завдяки цьому покращується комфорт руху та зменшується ймовірність пошкодження елементів підвіски.

У сучасних легкових автомобілях, особливо тих, де на перший план виходять комфорт і високі динамічні характеристики, все частіше застосовуються пневматичні та гідропневматичні пружні елементи. Такі системи є складовою частиною активних або напівактивних підвісок і дозволяють змінювати жорсткість та висоту підвіски в залежності від умов руху. Вони забезпечують високий рівень комфорту, стабільності та

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		22

адаптивності, проте мають складну конструкцію, високу вартість виготовлення та обслуговування. Саме тому подібні рішення зазвичай використовуються в автомобілях преміум-класу, де пріоритетом є максимальний рівень комфорту та технологічності.

Таким чином, різноманіття пружних і направляючих елементів підвіски дозволяє інженерам створювати конструкції, які відповідають конкретним вимогам до транспортного засобу, забезпечуючи необхідний баланс між комфортом, надійністю, вартістю та експлуатаційними характеристиками.



Рисунок 3 – Пневматичний елемент підвіски автомобіля BMW

Демпфувальні елементи підвіски призначені для зменшення та гасіння коливань, що виникають під час руху автомобіля. Вони відіграють важливу роль у забезпеченні стійкості транспортного засобу, покращенні

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		23

контакту коліс із дорожнім покриттям та підвищенні комфорту для водія і пасажирів. Без ефективного демпфування коливання, що виникають після наїзду на нерівності, могли б тривало зберігатися, погіршуючи керованість і викликаючи дискомфорт.

Перші демпфувальні пристрої, які застосовувалися в автомобілях, мали механічний принцип дії та працювали за рахунок тертя між фрикційними елементами, зокрема дисками. Хоча такі конструкції були відносно простими, вони не забезпечували достатнього рівня надійності та вимагали складного налаштування для досягнення прийнятних характеристик. Крім того, їх ефективність значною мірою залежала від ступеня зношування поверхонь тертя, що обмежувало сферу їх застосування.

З розвитком автомобільної техніки механічні демпфери були практично повністю витіснені гідравлічними амортизаторами, які сьогодні є стандартом для більшості транспортних засобів. Принцип їх роботи базується на переміщенні поршня всередині герметичного циліндра, заповненого робочою рідиною. Під час руху поршень змушує рідину проходити через спеціальні калібровані отвори або клапани, створюючи опір, що й забезпечує гасіння коливань. Змінюючи параметри рідини, зокрема її в'язкість, а також геометрію отворів, можна регулювати характеристики демпфування відповідно до вимог конкретної підвіски.

Сучасні гідравлічні амортизатори поділяються на два основні типи: однотрубні та двотрубні. У двотрубній конструкції робочий циліндр, у якому переміщується поршень, розміщується всередині зовнішнього корпусу більшого діаметра. Простір між цими двома циліндрами використовується для компенсації змін об'єму рідини, які виникають внаслідок її нагрівання під час роботи. Однак під час тривалої експлуатації можливе перемішування рідини з повітрям, що призводить до утворення піни та зниження ефективності амортизатора.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		24

Для усунення цього недоліку в сучасних амортизаторах застосовують так званий газовий підпір — замість повітря у внутрішній об'єм закачують інертний газ під високим тиском. Це дозволяє значно зменшити ймовірність спінювання рідини та забезпечити стабільність характеристик у різних режимах роботи.

Однотрубні амортизатори мають іншу конструкцію: у них робоча рідина та газ розділені спеціальним плаваючим поршнем, і додатковий зовнішній резервуар відсутній. Таке рішення дозволяє ефективніше відводити тепло та забезпечує більш стабільну роботу навіть за інтенсивних навантажень. Крім того, однотрубні амортизатори мають меншу масу і можуть встановлюватися у перевернутому положенні, що сприяє зменшенню невіднесених мас і покращенню характеристик підвіски.

Водночас однотрубні конструкції висувають підвищені вимоги до точності виготовлення та якості матеріалів, що обумовлює їх вищу вартість. Також вони є більш чутливими до механічних пошкоджень: навіть незначна деформація корпусу може призвести до втрати працездатності. Саме тому такі амортизатори найчастіше використовуються у спортивних автомобілях або транспортних засобах із підвищеними вимогами до динаміки.

Двотрубні амортизатори, у свою чергу, відзначаються більшою стійкістю до зовнішніх пошкоджень і нижчою вартістю, що робить їх широко поширеними у серійних легкових автомобілях. Незначні деформації зовнішнього корпусу зазвичай не впливають на їх працездатність, що підвищує їхню експлуатаційну надійність. Однак вони мають більшу масу та дещо нижчу ефективність демпфування порівняно з однотрубними аналогами.

Таким чином, вибір типу демпфувального елемента визначається вимогами до автомобіля, умовами його експлуатації та економічними

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		25

чинниками. Оптимальне поєднання характеристик амортизатора дозволяє забезпечити необхідний рівень комфорту, керованості та безпеки руху.

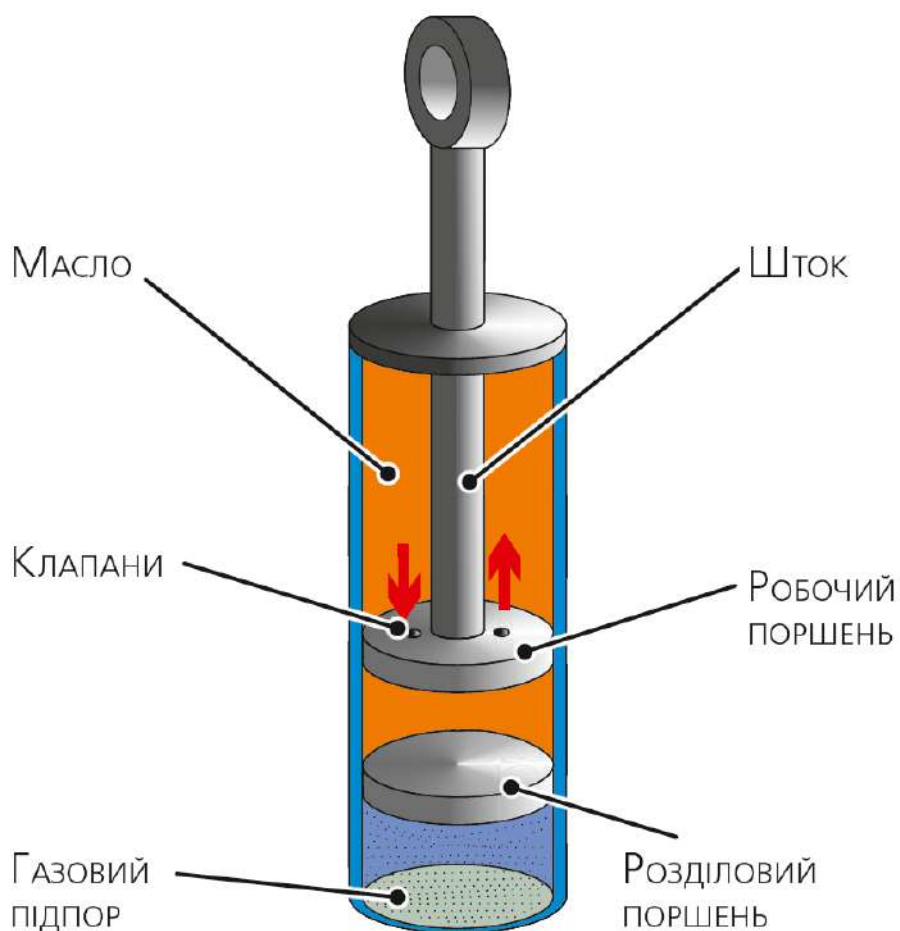


Рисунок 4 – Однотрубний амортизатор

Окремим різновидом гідравлічних амортизаторів є активні амортизатори, які відрізняються можливістю змінювати свої робочі характеристики безпосередньо під час руху автомобіля. У таких системах демпфувальні властивості можуть регулюватися залежно від дорожніх умов, швидкості руху або стилю керування. Одним із способів реалізації подібного регулювання є зміна в'язкості робочої рідини під впливом зовнішніх факторів, наприклад електромагнітного поля. Це дозволяє оперативно адаптувати жорсткість підвіски, забезпечуючи оптимальне

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		26

поєднання комфорту та керованості. Разом із тим такі амортизатори характеризуються складною конструкцією, високими вимогами до точності виготовлення та значною вартістю, що обмежує їх застосування переважно автомобілями середнього та преміального класів.

У сучасному автомобілебудуванні використовується декілька основних схем задніх підвісок, кожна з яких має свої особливості та сферу застосування. Вибір конкретної конструкції залежить передусім від цінового сегмента автомобіля, оскільки складніші та технологічно досконаліші рішення потребують більших витрат на виробництво. Крім того, на вибір впливають виробничі можливості підприємства, наявність відповідного обладнання, а також загальний рівень розвитку автомобільної промисловості в конкретному регіоні.

Для автомобілів бюджетного класу найбільш поширеним рішенням на сьогодні є напівзалежна задня підвіска з двома поздовжніми важелями. Така конструкція відзначається відносною простотою, невисокою вартістю та достатнім рівнем експлуатаційних характеристик для масового сегмента. Конструктивно вона складається з двох поздовжніх важелів, передні кінці яких закріплені на кузові, а між собою вони з'єднані торсіонною балкою, що працює на кручення. Завдяки цьому забезпечується частковий зв'язок між колесами та підвищується поперечна жорсткість підвіски.

Важелі зазвичай виготовляються методом формування з металевих труб, що дозволяє досягти оптимального співвідношення міцності та маси. У деяких випадках, особливо для підвищення міцності, можуть застосовуватися ковані елементи. Пружні елементи — як правило, гвинтові пружини — встановлюються на спеціальні опорні майданчики, передбачені конструкцією кузова або підрамника. Ступиці коліс і амортизатори кріпляться до зварних або штампованих кронштейнів, що забезпечує необхідну жорсткість і надійність вузла.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		27

З'єднувальний елемент, який об'єднує поздовжні важелі, зазвичай виконується у вигляді довгої штампованої балки відкритого профілю. У середині цієї балки може розміщуватися стабілізатор поперечної стійкості, що являє собою металевий стрижень або трубчастий елемент і призначений для зменшення кренів автомобіля під час руху в поворотах. Така конструкція дозволяє поєднати функції декількох елементів у одному вузлі, що позитивно впливає на масу та вартість підвіски.

Попри свої переваги, напівзалежна підвіска має і певні обмеження. Одним із найбільш суттєвих недоліків є складність реалізації повного приводу, оскільки наявність торсіонної балки ускладнює розміщення елементів трансмісії. Проте сучасні інженерні рішення дозволяють частково подолати цю проблему. Зокрема, деякі виробники застосовують балки спеціальної вигнутої форми, що створює додатковий простір для розміщення карданного валу та інших компонентів. Подібні технічні рішення можна зустріти в окремих моделях компактних кросоверів, таких як Opel Mokka та Suzuki SX4.

Таким чином, напівзалежна схема задньої підвіски залишається одним із найбільш раціональних варіантів для автомобілів масового сегмента, оскільки забезпечує прийнятний баланс між вартістю, простотою конструкції та експлуатаційними характеристиками. Одночасно розвиток технологій дозволяє поступово розширювати її функціональні можливості та адаптувати до сучасних вимог автомобілебудування.

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ докum	Пілпис	Дата		28



Рисунок 5- Задня підвіска автомобіля Skoda Kodiaq

Для автомобілів середнього цінового сегмента досить часто застосовується підвіска типу МакФерсон, яка у випадку використання на задній осі іноді називається підвіскою Чепмена. Така схема є відносно простою за конструкцією та водночас забезпечує прийнятні показники керованості і комфорту. Її основною особливістю є те, що поворотний кулак із закріпленим на ньому ступичним вузлом у верхній частині з'єднується безпосередньо з амортизаційною стійкою, а в нижній — із важелем або системою тяг, які виконують направляючу функцію. Амортизаційна стійка кріпиться до кузова автомобіля, тоді як нижні елементи підвіски зазвичай з'єднуються з підрамником.

Сама стійка являє собою складний вузол, що поєднує в собі амортизатор, гвинтову пружину, підшипник для забезпечення повороту, буфер стискання, а також верхню опору з гумометалевими елементами, які зменшують передачу вібрацій на кузов. Завдяки компактності та відносній

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докum	Пілпис	Дата		29

простоті така конструкція широко використовується в легкових автомобілях середнього класу. Прикладом застосування подібної схеми є задня підвіска автомобіля Chevrolet Lacetti, де вона забезпечує прийнятний баланс між вартістю та експлуатаційними характеристиками.

У дорожчих автомобілях, де до ходових якостей висуваються підвищені вимоги, застосовується багатоважільна підвіска. Існує велика кількість її варіацій, які можуть суттєво відрізнитися за конструкцією, однак загальний принцип залишається спільним. Така підвіска складається з кількох важелів або тяг, розташованих у різних площинах — поздовжній, поперечній або під певними кутами до осі автомобіля. Сукупність цих елементів забезпечує точне керування переміщенням поворотного кулака разом зі ступицею.

Пружні та демпфувальні елементи в багатоважільній підвісці можуть бути реалізовані як у вигляді окремо встановлених пружини та амортизатора, так і у вигляді єдиної амортизаційної стійки. У деяких конструкціях кулак і один із важелів можуть виконуватися як єдина кована деталь, що дозволяє підвищити жорсткість і надійність вузла. Основними перевагами багатоважільної підвіски є висока точність кінематики, відмінні показники керованості та комфорту, однак це досягається за рахунок більшої складності та вартості.

Залежні задні підвіски сьогодні найчастіше використовуються в позашляхових автомобілях і транспортних засобах, розрахованих на експлуатацію в складних умовах. У таких конструкціях жорсткий міст з'єднується з кузовом за допомогою системи тяг. Зазвичай застосовують чотириланкову схему: дві довгі нижні та дві коротші верхні поздовжні тяги, які забезпечують фіксацію моста в поздовжньому напрямку. Для обмеження поперечних переміщень використовуються додаткові механізми, такі як тяга Панара, механізм Уатта або система Скотта–Рассела. У деяких випадках роль направляючих елементів можуть

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		30

виконувати масивні ковані важелі, що характерно для окремих моделей високопрохідних автомобілів, наприклад Mercedes-Benz G-Class.

Окрему нішу серед залежних підвісок займає конструкція типу Де Діон, названа на честь французького інженера та підприємця Альбера де Діона. Ця схема призначена для ведучих осей і поєднує риси як залежної, так і незалежної підвісок. У такій конструкції колеса з'єднані між собою жорсткою балкою, однак головна передача (редуктор) кріпиться безпосередньо до кузова і не входить до складу непідресорених мас. Це дозволяє суттєво зменшити їх величину, що позитивно впливає на плавність ходу.

Перевагою підвіски Де Діон є також відсутність зміни кутів встановлення коліс при ходах підвіски, що характерно для класичних залежних схем. Водночас вона забезпечує кращі динамічні характеристики, наближені до незалежних підвісок. Завдяки цьому подібні конструкції іноді використовуються в спортивних автомобілях, де важливе значення мають як стабільність руху, так і ефективна передача крутного моменту. Прикладом застосування такої схеми є відомий спортивний автомобіль Ferrari Testarossa.

Таким чином, різноманіття конструкцій задніх підвісок дозволяє інженерам обирати оптимальні рішення залежно від призначення автомобіля, його вартості та вимог до експлуатаційних характеристик, забезпечуючи необхідний баланс між комфортом, керованістю, надійністю та економічною доцільністю.

## 1.5 Обґрунтування вибору конструкцій

Для автомобілів середнього цінового сегмента, до яких належить і Volkswagen Golf п'ятого покоління, застосовуються сучасні конструктивні рішення підвісок, що забезпечують оптимальний баланс між комфортом,

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		31

керованістю та вартістю. У передній осі таких автомобілів традиційно використовується підвіска типу МакФерсон, тоді як для задньої осі можуть застосовуватися більш складні схеми.

Конструкція підвіски типу МакФерсон передбачає, що поворотний кулак зі ступичним вузлом у верхній частині з'єднується з амортизаційною стійкою, а в нижній — з поперечним важелем. Стійка кріпиться до кузова через опорний вузол, який включає підшипник і гумометалеві елементи, що зменшують передачу вібрацій. До складу стійки входять амортизатор, гвинтова пружина, буфер стискання та верхня опора. Така схема відзначається компактністю, простотою та достатньою ефективністю, що робить її оптимальною для масових моделей.

Разом із тим, у Volkswagen Golf V для задньої осі застосовано більш досконалу багатоважільну підвіску, що є характерною особливістю автомобілів цього класу. Вона складається з кількох важелів, розташованих у різних площинах — поздовжній, поперечній або під певними кутами. Така конфігурація дозволяє більш точно контролювати траєкторію руху колеса та забезпечує стабільні геометричні параметри під час роботи підвіски.

Пружні та демпфувальні елементи у багатоважільній підвісці можуть розташовуватися окремо або бути об'єднаними у вигляді амортизаційної стійки. У випадку Golf V зазвичай застосовується роздільне розташування пружини та амортизатора, що дозволяє більш гнучко налаштовувати характеристики підвіски та оптимізувати компонування вузлів. Важелі можуть виготовлятися як із сталі, так і з алюмінієвих сплавів, що дозволяє зменшити масу та підвищити ефективність роботи підвіски.

Основною перевагою багатоважільної підвіски є висока точність кінематики, що забезпечує покращену керованість, стійкість у поворотах і комфорт під час руху. Однак така конструкція є складнішою та дорожчою

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		32

у виробництві та обслуговуванні порівняно з простішими схемами, такими як напівзалежна підвіска.

Для порівняння, залежні підвіски в сучасних легкових автомобілях, включаючи Volkswagen Golf V, практично не застосовуються, оскільки вони не забезпечують необхідного рівня керуваності та комфорту. Їх використання обмежується переважно позашляховиками або вантажними автомобілями, де пріоритетом є міцність і витривалість конструкції.

Окрему увагу варто приділити підвісці типу Де Діон, яка поєднує ознаки залежної та незалежної схем. У такій конструкції колеса з'єднані між собою балкою, проте редуктор кріпиться до кузова, що дозволяє зменшити невіднесене маси. Це позитивно впливає на плавність ходу та динамічні характеристики. Незважаючи на свої переваги, подібна схема не отримала широкого застосування в масових моделях, зокрема у Volkswagen Golf V, і використовується переважно в спеціалізованих або спортивних автомобілях.

Таким чином, у конструкції Volkswagen Golf V реалізовано сучасний підхід до побудови підвіски: поєднання простої та ефективної передньої підвіски типу МакФерсон із більш технологічною багатоважільною задньою підвіскою. Це дозволяє досягти високого рівня комфорту, точності керування та стійкості руху, що відповідає вимогам автомобілів середнього класу.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		33

## 2 Конструкторський розділ.

### 2.1. Розрахунок тягово-динамічних характеристик транспортного засобу.

Вихідні данні для розрахунку тягово-динамічних характеристик приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Данні для тягово-динамічного розрахунку

№	Параметр	Позначення	Значення
1	Тип приводу транспортного засобу	–	Передній привід
2	Кількість пасажирських місць	–	5
3	Кількість передач у коробці передач	–	5
4	Коефіцієнт корисної дії трансмісії	$\eta_{tr}$	0,9
5	Розмір шин коліс	–	185/65 R14
6	Максимальна швидкість руху	$V_{max}$	180 км/год
7	Повна маса автомобіля	$m$	1088 кг
8	Коефіцієнт аеродинамічного опору	$C_x$	0,32
9	Коефіцієнт опору коченню	$f_0$	0,012
10	Граничний подоланий ухил	$i$	0,3
11	Мінімальна частота	$\omega_{min}$	1000 об/хв

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		34

	обертання двигуна		
12	Максимальна частота обертання двигуна	$\omega_{\max}$	6000 об/хв
13	Номінальна частота обертання двигуна	$\omega_n$	5600 об/хв

у

процесі виконання тягово-динамічного розрахунку транспортного засобу визначається комплекс основних параметрів, які характеризують його експлуатаційні можливості та динамічні властивості. Зокрема, розраховується зовнішня швидкісна характеристика силової установки, яка відображає залежність потужності та крутного моменту двигуна від частоти обертання. Крім того, визначаються передатні числа коробки передач, що забезпечують раціональне використання потужності двигуна в різних режимах руху.

Також у межах розрахунку встановлюються значення прискорень автомобіля на кожній передачі, що дозволяє оцінити його розгінні можливості. Важливими показниками є час і шлях розгону до максимальної швидкості, які характеризують динаміку транспортного засобу та його придатність до експлуатації в реальних дорожніх умовах. Окремо аналізується тяговий баланс автомобіля, який відображає співвідношення між рушійною силою та силами опору руху, такими як опір коченню, аеродинамічний опір та опір підйому.

На основі отриманих даних будується динамічна характеристика транспортного засобу, що дає змогу оцінити його поведінку в різних режимах експлуатації. Додатково визначається потужнісний баланс, який показує розподіл енергії між корисною роботою та втратами, а також аналізується паливна економічність, що є важливим показником з точки зору ефективності використання автомобіля.

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ докum	Підпис	Дата		35

Передатні числа коробки передач обираються з урахуванням забезпечення надійної та довговічної роботи зубчастих передач, а також ефективної передачі крутного моменту від двигуна до ведучих коліс. Їх підбір здійснюється таким чином, щоб уникнути перевантажень елементів трансмісії, забезпечити плавність перемикування передач і оптимальні режими роботи двигуна. У результаті прийнято наступні значення передатних чисел, які відповідають заданим умовам експлуатації та конструктивним особливостям автомобіля:

$$U_{КП1}=2,72$$

$$U_{КП2}=1,95$$

$$U_{КП3}=1,3$$

$$U_{КП4}=0,97$$

$$U_{КП5}=0,76$$

## 2.2. Характеристика компоувальної схеми модернізованої підвіски.

Існуюча компоувальна схема задньої підвіски автомобіля Volkswagen Golf V є характерною для транспортних засобів даного класу та відповідає сучасним вимогам до комфорту, керованості й надійності. У цій моделі застосовується багатоважільна підвіска, яка забезпечує високий рівень стабільності руху та ефективну роботу коліс у різних дорожніх умовах. Переваги та недоліки таких конструкцій були розглянуті раніше, однак навіть у технічно досконалих рішеннях можна виявити окремі аспекти, що потребують удосконалення.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		36

Зокрема, важливим фактором, який впливає на експлуатаційні характеристики автомобіля, є взаємне розташування пружного та демпфувального елементів. У деяких варіантах компоновання використовується поєднання пружини та амортизатора в одному вузлі (амортизаційна стійка), тоді як в інших — ці елементи встановлюються окремо. Кожне з рішень має свої переваги та недоліки. Компактне поєднання дозволяє спростити конструкцію та зменшити витрати на виробництво, однак може призводити до підвищеної передачі вібрацій і шумів на кузов, а також обмежувати можливості оптимального компоновання салону, зокрема в зоні заднього ряду сидінь.

У випадку Volkswagen Golf V задня підвіска зазвичай має роздільне розташування пружини та амортизатора, що є більш вигідним з точки зору забезпечення комфорту. Проте навіть у такій конструкції існують резерви для вдосконалення, пов'язані з оптимізацією геометрії елементів, зменшенням маси або підвищенням ефективності демпфування.

Під час прийняття рішення щодо модернізації конструкції підвіски першочергово необхідно враховувати економічні аспекти, зокрема обсяг необхідних інвестицій. Радикальна зміна типу підвіски або її компоновальної схеми зазвичай потребує значних фінансових витрат, пов'язаних із розробкою нових вузлів, переналаштуванням виробничих процесів та впровадженням додаткового обладнання. Крім того, це може призвести до втрати уніфікації з іншими моделями виробника, що ускладнює виробництво та обслуговування автомобілів.

З огляду на зазначені фактори, у межах даного проєкту доцільно зосередитися на локальній модернізації існуючої конструкції без зміни її базової компоновальної схеми. Такий підхід дозволяє досягти покращення окремих експлуатаційних характеристик — зокрема, керованості, курсової стійкості або комфорту — при мінімальних витратах і без суттєвого ускладнення конструкції. Отже, запропонована модернізація передбачає

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		37

вдосконалення окремих елементів задньої підвіски Volkswagen Golf V із збереженням її загальної архітектури, що є оптимальним рішенням з точки зору техніко-економічної ефективності.

### 2.3. Визначення пружної характеристики задньої підвіски.

Вихідні данні для обрахунків

=  $m_a$  1088 кг – Маса автомобіля споряджена

$m_{ЗАД.СНОР}$  435,2 кг – Маса споряджена, яка припадає на задню вісь авто.

=  
 $m_{ЗАД.КОНСТ.}$  540 кг – Маса, яка припадає на задню вісь конструктивну.

;

$m_{ЗАД.ПОВ.}$  = 756,5 кг – Маса задньої осі повна.

$m_{неподр}$  74 кг - Непідресорена маса задньої підвіски

$i_C$   
 $\approx$  1 - Передаточне відношення пружини

Величину вертикальної жорсткості задньої підвіски доцільно визначати за допомогою відповідної розрахункової залежності, яка враховує параметри пружних елементів та особливості їх взаємодії в конструкції підвіски :

$$C_c = \frac{e \cdot \pi \cdot f^2 \cdot m_n}{1000} \quad (2,1)$$

Де  $m_n$  - маса, яка падає на одне колесо задньої віссі автомобіля.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		38

$f$ - частота коливання задньої підвіски автомобіля

Визначимо підресорену масу задньої підвіски з урахуванням повного завантаження автомобіля, тобто з урахуванням маси пасажирів і вантажу, що припадає на задню вісь:

$$\begin{aligned}m_{пс} &= 435,2/2 - 74/2 = 180,6\text{кг} \\m_{пк} &= 540/2 - 74/2 = 233\text{кг} \\m_{пш} &= 756,5/2 - 74/2 = 341,25\text{кг}\end{aligned}\quad (2.2)$$

Відомо, що рівень плавності ходу автомобіля значною мірою визначається власною частотою коливань підвіски. Саме цей параметр характеризує здатність підвіски ефективно поглинати нерівності дорожнього покриття та забезпечувати комфортні умови руху. Оптимальні значення власної частоти підбираються таким чином, щоб досягти балансу між комфортом і керованістю транспортного засобу.

Для автомобіля у спорядженому стані (без додаткового навантаження) рекомендований діапазон власної частоти коливань підвіски становить приблизно 1,5–1,65 Гц. У випадку конструктивного завантаження, коли автомобіль експлуатується з пасажирами та багажем, цей показник дещо зменшується і знаходиться в межах 1,3–1,6 Гц. Зниження частоти пояснюється збільшенням маси, що припадає на підвіску, внаслідок чого система стає більш інерційною.

Правильний вибір значення власної частоти є важливим етапом проектування підвіски, оскільки занадто висока частота призводить до жорсткої роботи підвіски та зниження комфорту, тоді як надто низька може викликати значні коливання кузова і погіршення керованості автомобіля.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		39

З урахуванням прийнятих значень власної частоти коливань визначимо необхідну вертикальну жорсткість підвіски, яка забезпечить задані динамічні характеристики:

$$C_c = \frac{e \cdot \pi \cdot f_{\text{н}}^2 \cdot m_{\text{ПС}}}{1000} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 1,65)^2 \cdot 180,6}{1000} = 16,04 \cdot 19,4 \text{ кН/м}$$

$$C_k = \frac{e \cdot \pi \cdot f_{\text{н}}^2 \cdot m_{\text{ПК}}}{1000} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1,3 \cdot 1,6)^2 \cdot 233}{1000} = 15,55 \cdot 23,55 \text{ кН/м} \quad (2.3)$$

Виконаємо визначення жорсткості пружного елемента підвіски з урахуванням впливу деформацій у шарнірних з'єднаннях. Слід зазначити, що загальна жорсткість підвіски формується не лише за рахунок пружини, а й залежить від податливості гумометалевих шарнірів, втулок та інших елементів, які беруть участь у передачі навантаження. Наявність цих деформацій призводить до зменшення еквівалентної жорсткості системи, тому при розрахунках їх необхідно враховувати.

З урахуванням цього, жорсткість пружини визначається через приведену жорсткість підвіски та жорсткість шарнірів за наступною залежністю:

$$C_{\text{пр}} = \left( C - \Delta C_{\text{ш}} \right) i_c^2, \quad (2.4)$$

Де,  $C$  – Жорсткість підвіски вертикаля,

$\Delta C_{\text{ш}}$  – Жорсткість шарнірних з'єднань підвіски, приведена до колеса.

Жорсткість шарнірних з'єднань підвіски, приведена до колеса, є важливим параметром, який враховує пружні деформації гумометалевих втулок та інших елементів кріплення. Ця величина характеризує опір

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Дпк
Змн	Дпк	№ док.м	Підпис	Дата		40

шарнірів до навантаження та безпосередньо впливає на загальну жорсткість підвіски і її кінематичні властивості.

Значення жорсткості шарнірів значною мірою залежить від їх конструкції, застосованих матеріалів, а також геометричних параметрів. У практичних розрахунках цей показник зазвичай приймається в межах від 1 до 3 кН/м. Нижчі значення характерні для більш м'яких гумометалевих елементів, що забезпечують кращий комфорт, тоді як вищі значення відповідають жорсткішим конструкціям, орієнтованим на покращення керованості.

У межах даної роботи, з метою спрощення розрахунків та з урахуванням типових характеристик підвіски автомобілів середнього класу, приймаємо значення жорсткості шарнірів:

$$\Delta C_{ш} = 1 \text{ кН/м.}$$

Таке припущення є обґрунтованим і дозволяє отримати результати, близькі до реальних умов експлуатації, не ускладнюючи при цьому розрахункову модель.

Стабільні експлуатаційні характеристики автомобіля за різних рівнів завантаження можуть бути забезпечені шляхом застосування активних або напівактивних підвісок. У таких системах пружні та демпфувальні елементи здатні змінювати свої параметри в процесі руху залежно від дорожніх умов, швидкості або режиму керування. Це дозволяє досягти оптимального поєднання комфорту та керованості незалежно від зміни маси автомобіля.

Разом із тим, подібні конструкції відзначаються підвищеною складністю, потребують використання електронних систем керування та додаткових виконавчих механізмів, що суттєво збільшує їх вартість. У

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		41

зв'язку з цим активні підвіски застосовуються переважно в автомобілях преміального сегмента, де високі витрати є економічно виправданими.

У більшості серійних автомобілів, зокрема середнього класу (таких як Volkswagen Golf V), використовуються пасивні підвіски, в яких характеристики пружних і демпфувальних елементів є сталими. У цьому випадку параметри підвіски підбираються таким чином, щоб забезпечити найкращі їздові властивості в найбільш типовому режимі експлуатації. Такий режим відповідає так званому конструктивному завантаженню автомобіля.

Конструктивне завантаження визначається ще на етапі проектування транспортного засобу та враховує середні умови його використання, включаючи масу водія, пасажирів і певний обсяг багажу. Саме для цього режиму підбираються основні параметри підвіски, оскільки він є найбільш характерним у реальній експлуатації.

З урахуванням зазначених положень виконаємо розрахунок жорсткості пружини для умов конструктивного завантаження автомобіля, що дозволить забезпечити необхідний рівень комфорту та керованості:

$$C_{пр} = \left( 15,55 \cdot 23,55 - 1 \right) \cdot 1 = 14,55 \cdot 22,55 \frac{H}{M} = 1,48 \cdot 2,3 \frac{кгс}{мм} \quad (2.5)$$

Метою даної роботи є підвищення показників керованості та курсової стійкості автомобіля шляхом удосконалення параметрів задньої підвіски. Для досягнення поставленої мети передбачається коригування жорсткості пружного елемента, оскільки саме цей параметр суттєво впливає на поведінку автомобіля під час руху, особливо при маневруванні та проходженні поворотів.

Відповідно до поставленого завдання, пропонується збільшити жорсткість пружини задньої підвіски з 2 до 2,1 кгс/мм. Таке незначне, на

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		42

перший погляд, підвищення жорсткості дозволяє зменшити амплітуду коливань кузова, знизити крени в поворотах і покращити стабільність автомобіля на високих швидкостях. У результаті очікується більш чітка реакція транспортного засобу на дії водія та підвищення загальної безпеки руху.

Водночас слід враховувати, що збільшення жорсткості пружних елементів може мати і негативні наслідки. Зокрема, можливе зниження плавності ходу, оскільки підвіска буде менш ефективно поглинати нерівності дорожнього покриття. Це може призвести до підвищення рівня вібрацій та зниження комфорту для пасажирів, особливо під час руху дорогами з незадовільним покриттям.

Таким чином, запропоноване рішення є компромісом між покращенням керованості та збереженням прийняттого рівня комфорту. Остаточна оцінка доцільності внесених змін може бути здійснена лише після виготовлення дослідних зразків та проведення комплексу експериментальних випробувань. Саме результати таких випробувань дозволять об'єктивно визначити ефективність модернізації та прийняти рішення щодо її впровадження у серійне виробництво.

#### **2.4 Розрахунок основних параметрів пружного елемента підвіски.**

Визначимо необхідний діаметр прутка, який буде використаний для виготовлення пружини із заздалегідь заданою жорсткістю. Даний параметр є одним із ключових при проектуванні пружних елементів, оскільки саме від нього значною мірою залежать механічні характеристики пружини, її міцність, довговічність та здатність витримувати експлуатаційні навантаження.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		43

Під час розрахунку діаметра прутка необхідно враховувати не лише задану жорсткість пружини, але й геометричні параметри самої пружини, такі як середній діаметр витків, кількість робочих витків, а також властивості матеріалу, з якого вона виготовляється. Збільшення діаметра прутка, як правило, призводить до підвищення жорсткості пружини, проте одночасно збільшує її масу та впливає на габаритні розміри.

Крім того, при визначенні цього параметра необхідно забезпечити достатній запас міцності, щоб уникнути виникнення пластичних деформацій або руйнування елемента в процесі експлуатації. Таким чином, розрахунок діаметра прутка є важливим етапом проектування підвіски, який безпосередньо впливає на її надійність і ефективність роботи.

Для визначення шуканого значення скористаємося відповідною розрахунковою залежністю:

$$C_{np} = \frac{G \cdot d_{np}^4}{8n \cdot D_{cp}^3}, \quad (2.6)$$

Де,  $d$  – діаметр прутка в пружині;

$D$  – діаметр пружини в середньому. Цей показник варто зберегти в такому ж розмірі як і сирійні пружини, щоб запобігти використанню нових посадочних місць під пружину;

$n$  – кількість витків пружини. Приймемо  $n=8,5$ .

$$d_{np} = \sqrt[4]{\frac{8n \cdot D_{cp}^3 \cdot C_{np}}{G}} \quad (2.7)$$

В результаті обчислень отримемо :

$$d_{np} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 8,5 \cdot (4,85 + 10,7)^3 \cdot 2,1}{7,8 \cdot 10^3}} = 11,24 \text{ мм}$$

Далі ми можемо знайти статичний вигин пружини:

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		44

$$f_{cm} = \frac{P_1}{c_{np}}; \quad (2.8)$$

Де,  $P$  – сила , яка діє при статичному вигині.

З доступних джерел приймемо що ця сила буде мати наступну величину,  $P= 250$ кгс.

$$f_{cm} = \frac{250}{2,1} = 119,05 \approx 119 \text{мм};$$

Знаючи довжину пружини при прогині у вільному стані  $H= 225$  мм, ми зможемо порахувати довжину пружини у вільному стані:

$$H_0 = H_1 + f_{cm} = 225 + 119 = 344 \text{мм} \quad (2.9)$$

Також ми можемо обрахувати висоту пружини при повному прижиманні підвіски автомобіля:

$$H_2 = H_1 - S_{сж} \quad (2.10)$$

Величину ходу стиснення підвіски доцільно прийняти відповідно до чинної технічної документації на автомобіль, зокрема на основі монтажного креслення задньої підвіски. Використання таких даних дозволяє забезпечити узгодженість розрахунків із реальними конструктивними параметрами транспортного засобу.

Для автомобіля Volkswagen Golf V значення ходу стиснення задньої підвіски приймається рівним 93 мм. Даний параметр визначає максимальне

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Анк
Змн	Анк	№ докум	Пілпис	Дата		45

переміщення елементів підвіски у напрямку стискання під дією навантаження та відіграє важливу роль при розрахунку її жорсткісних і кінематичних характеристик.

Слід зазначити, що правильний вибір величини ходу стиснення впливає не лише на комфорт руху, але й на надійність роботи підвіски. Недостатній хід може призвести до частих пробоїв підвіски, тоді як надмірний — до погіршення керованості та збільшення кренів кузова.

Таким чином, прийняте значення є обґрунтованим і відповідає конструктивним особливостям автомобіля, що дозволяє використовувати його для подальших розрахунків. У результаті отримуємо:

$$H_2 = 225 - 93 = 132 \text{ мм}$$

Обрахуємо довжину пружини при повному стисканні витків

$$H_3 = (n_1 + 1)d_{np} + (n_1 + 1)0.25 + d_{np} \cdot 0.05, \quad (2.11)$$

Де,  $n$  – число витків пружини враховуючи всі, навіть опорні.

Для розрахунку приймемо що  $n=10$ .

$$H_3 = (10+1) \cdot 11,4 + (10+1) \cdot 0.25 + 11,24 \cdot 0.05 = 126,98 \text{ мм}$$

Визначимо значення навантажень, що діють на пружину під час граничних режимів роботи підвіски, а саме при повному стисканні підвіски та при повному змиканні витків пружини. Аналіз цих станів є необхідним для оцінки міцності пружного елемента та перевірки його працездатності в умовах максимальних експлуатаційних навантажень.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		46

Режим повного стискання підвіски відповідає ситуації, коли колесо переміщується у крайнє верхнє положення відносно кузова, наприклад, під час наїзду на значні нерівності або при динамічному навантаженні. У цьому випадку пружина зазнає максимальної робочої деформації, але ще не досягає стану повного змикання витків.

Іншим критичним режимом є повне змикання витків пружини, коли всі витки торкаються один одного. У такому стані пружина практично втрачає здатність до подальшої деформації, а навантаження передається безпосередньо на інші елементи підвіски. Саме тому важливо визначити відповідні сили, щоб переконатися у відсутності перевантажень і забезпечити достатній запас міцності.

Розрахунок цих навантажень дозволяє оцінити граничні умови роботи підвіски, перевірити правильність вибору жорсткості пружини та забезпечити надійну й безпечну експлуатацію автомобіля.

$$P_i = (h_0 - h_i) \cdot C_{\text{пр}} \quad (2.12)$$

В результаті отримуємо такі значення :

$$P_{\text{н}} = (344 - 132) \cdot 2,1 = 445,3 \text{ кгс};$$

$$P_{\text{з}} = (344 - 126,98) \cdot 2,1 = 455,9 \text{ кгс}$$

Коефіцієнт форми пружини обраховуємо наступним чином :

$$\kappa = 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{w} + \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{w^2} + \frac{1}{w^3}, \quad (2.13)$$

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		47

Де, показник  $w$  знаходиться наступним чином :

$$w = \frac{D_{cp}}{d_{nn}} = 8,5 \quad (2.14)$$

В результаті обрахунку отримуємо значення коефіцієнта форми. Тому  $k=1,17$ .

Далі знайдемо величину напруження в пружині для наведених вище прикладів :

$$\tau = \frac{8 \cdot k \cdot D_{cp}}{\pi \cdot d_{np}^3} \cdot P_i; \quad (2.15)$$

$$\tau_1 = 49,7 \text{ кгс}$$

$$\tau_2 = 88,5 \text{ кгс}$$

$$\tau_3 = 90,6 \text{ кгс}$$

Довжина одного прутка пружини обраховується наступним чином :

$$l_{np} = \sqrt{(n \cdot \pi \cdot D_{cp})^2 + H_0^2} + (n_1 - n) \pi \cdot D_{cp}; \quad (2.16)$$

$$l_{np} = 3025 \text{ мм}$$

І в кінці кінців розрахуємо масу пружини :

$$m = \frac{\pi \cdot d_{np}^2}{4} \cdot l_{np} \cdot \rho \quad (2.17)$$

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		48

$m = 223 \text{ кг.}$

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		49

### 3. Технологічний розділ.

#### 3.1 Аналіз конструктивних змін підвіски та їх вплив на технологічний процес.

Під час внесення будь-яких змін у конструкцію автомобіля інженер повинен обов'язково оцінювати можливі ризики, пов'язані з впливом цих змін на технологічний процес виробництва. Запровадження нових технічних рішень може спричинити необхідність перегляду існуючих логістичних схем, зміну постачальників комплектуючих, а також вимагати придбання нового обладнання або модернізації вже наявних виробничих та складальних ліній. Усе це, у свою чергу, призводить до збільшення витрат і ускладнення виробництва.

З огляду на це, під час модернізації вузлів підвіски важливо враховувати не лише покращення експлуатаційних характеристик автомобіля, таких як керованість, стійкість і комфорт, але й відповідність запропонованих рішень наявній технологічній базі підприємства. Оптимальним є такий підхід, за якого конструктивні зміни не потребують суттєвого втручання у відпрацьований виробничий процес.

У межах даної роботи запропоновані технічні рішення щодо модернізації задньої підвіски не передбачають зміни існуючого серійного технологічного процесу. Це означає, що їх впровадження не вимагатиме додаткових капіталовкладень у виробництво, не потребуватиме закупівлі нового обладнання та дозволить зберегти чинну організацію складання.

Склад серійної та модернізованої підвіски залишається незмінним, що забезпечує уніфікацію деталей і вузлів. Задня підвіска автомобіля Volkswagen Golf V включає такі основні елементи:

важелі задньої підвіски (у зборі зі ступичними вузлами, гальмівними механізмами та елементами стоянкового гальма);

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		50

кронштейни та елементи кріплення підвіски до кузова або підрамника;

амортизатори задньої підвіски;

буфери ходу стиснення (обмежувачі переміщення);

верхні та нижні опори амортизаторів із гумометалевими елементами;

пружини задньої підвіски;

ізоляційні прокладки пружин, що зменшують передачу шуму та вібрацій на кузов.

Збереження структури підвіски дозволяє реалізувати модернізацію шляхом зміни окремих параметрів елементів (наприклад, жорсткості пружин або характеристик амортизаторів) без ускладнення виробництва. Такий підхід є економічно доцільним і водночас забезпечує досягнення необхідного рівня покращення експлуатаційних характеристик автомобіля.

Важливим аспектом при розробці та впровадженні модернізаційних рішень є також оцінка їх впливу на процес технічного обслуговування та ремонту автомобіля. Конструктивні зміни не повинні ускладнювати доступ до основних вузлів підвіски або вимагати використання спеціалізованого інструменту, який відсутній у стандартному оснащенні сервісних станцій. Збереження звичної структури вузлів дозволяє забезпечити простоту обслуговування та скоротити час виконання ремонтних робіт.

Крім того, важливим фактором є збереження взаємозамінності деталей. Уніфікація елементів підвіски дає можливість використовувати вже наявні запасні частини, що знижує витрати як для виробника, так і для кінцевого споживача. Це також позитивно впливає на логістику, оскільки не виникає необхідності у створенні нових складських запасів або зміні систем постачання комплектуючих.

Окрему увагу слід приділити матеріалам, з яких виготовляються елементи підвіски. У межах модернізації доцільно застосовувати ті ж технології виробництва та ті ж матеріали або їхні аналоги, що вже

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		51

використовуються у серійному виробництві. Це дозволяє уникнути додаткових витрат на сертифікацію нових матеріалів, а також мінімізує ризики, пов'язані з їх експлуатаційною надійністю.

Також необхідно враховувати вплив модернізації на ресурс елементів підвіски. Збільшення жорсткості пружних елементів або зміна характеристик амортизаторів може призвести до перерозподілу навантажень між деталями. У зв'язку з цим важливо забезпечити, щоб нові умови роботи не спричинили передчасного зношування шарнірів, втулок або кріпильних елементів.

З точки зору виробництва, перевагою запропонованих змін є можливість їх впровадження без зупинки або суттєвого переобладнання виробничих ліній. Це дозволяє зберегти стабільність виробничого процесу та уникнути втрат, пов'язаних із простоем обладнання. У більшості випадків модернізація може бути реалізована шляхом заміни окремих компонентів на аналоги з іншими характеристиками без зміни технології їх встановлення.

Таким чином, запропонований підхід до модернізації задньої підвіски Volkswagen Golf V базується на принципах технологічної доцільності, економічної ефективності та експлуатаційної надійності. Збереження базової конструкції у поєднанні з оптимізацією окремих параметрів дозволяє досягти покращення характеристик автомобіля без значних витрат і ризиків, що є важливим чинником для практичного впровадження результатів роботи.

### **3.2. Оцінка технологічності конструкції задньої підвіски.**

Технологічність виробу закладається ще на етапі проектування його конструкції та є одним із ключових критеріїв якості інженерного рішення.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		52

Опрацювання цього питання здійснюється спільно конструкторами та технологами, оскільки саме на стику цих напрямків формується ефективна та раціональна конструкція. Важливо зазначити, що поняття технологічності охоплює не лише процес виготовлення, а й подальшу експлуатацію виробу.

Конструкція повинна забезпечувати зручний доступ до основних вузлів і агрегатів, що дозволяє виконувати технічне обслуговування та ремонт із мінімальними витратами часу та ресурсів. Це особливо актуально для елементів підвіски, які працюють у складних умовах і піддаються інтенсивному зносу. Забезпечення ремонтпридатності значно підвищує загальну ефективність експлуатації автомобіля.

Основні показники технологічності, а також відповідна термінологія регламентуються нормативними документами, зокрема стандартами ГОСТ 14.201-83 та ГОСТ 18831-83. Відповідність конструкції цим вимогам дозволяє забезпечити стабільну якість продукції та знизити залежність від людського фактора у виробництві. У таких умовах зменшується потреба у великій кількості контролюючого персоналу, а також скорочуються витрати на підготовку та навчання працівників.

Під час розробки деталей доцільно використовувати матеріали, які вже освоєні у виробництві, що дозволяє уникнути додаткових витрат на їх впровадження та сертифікацію. Також важливо раціонально підходити до вибору допусків і параметрів шорсткості поверхонь — вони повинні відповідати можливостям наявного обладнання або бути узгодженими з параметрами аналогічних деталей, що вже виготовляються серійно.

Важливим аспектом є мінімізація номенклатури кріпильних елементів. Використання стандартизованих кріпильних виробів дозволяє скоротити кількість необхідного інструменту та спростити процес складання. Це позитивно впливає як на швидкість виробництва, так і на його економічність.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		53

Сучасні тенденції розвитку виробництва передбачають максимальну автоматизацію технологічних процесів. У випадках, коли повна автоматизація є неможливою, необхідно забезпечити механізацію ручних операцій, що дозволяє підвищити продуктивність праці та знизити фізичне навантаження на персонал.

Технологія монтажу підвіски повинна передбачати можливість незалежного складання лівої та правої сторін автомобіля, що забезпечує гнучкість виробничого процесу. Крім того, конструкція складальної лінії має допускати регулювання висотного положення кузова, що спрощує виконання монтажних операцій та підвищує їх точність.

При виконанні окремих операцій важливе значення має напрямок встановлення кріпильних елементів. Наприклад, під час монтажу амортизаційної стійки до кузова кріплення зазвичай здійснюється зверху вниз, тоді як при з'єднанні стійки з важелем затягування гайки шарніра може виконуватися у зворотному напрямку — знизу вгору. Такий підхід обумовлений зручністю доступу та особливостями конструювання вузлів.

Загалом, серійний технологічний процес виготовлення та складання підвіски є добре відпрацьованим і оптимізованим. Він у повній мірі відповідає сучасним вимогам до якості, продуктивності та економічної ефективності, що дозволяє забезпечити стабільні характеристики виробу при масовому виробництві.

Додатково слід зазначити, що Volkswagen Golf 5 є представником гольф-класу і відрізняється збалансованим поєднанням комфорту, керованості та економічності. Автомобіль був розроблений з урахуванням вимог масового виробництва, тому конструкція його підвіски максимально адаптована до автоматизованого складання. Використання платформи RQ35 дозволило уніфікувати більшість вузлів ходової частини, що позитивно вплинуло на зниження виробничих витрат і спрощення технологічних процесів.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		54

Особливістю задньої підвіски Volkswagen Golf 5 є її багатоважільна схема, яка забезпечує стабільну поведінку автомобіля під час руху в поворотах та на нерівностях дороги. Така конструкція підвищує точність керування, однак вимагає більшої кількості елементів у порівнянні з простішими балковими схемами. Попри це, завдяки високому рівню уніфікації та продуманій компоновці, підвіска залишається технологічною у виробництві та відносно простою в обслуговуванні в умовах сервісних станцій.

### **3.3 Розроблення технологічної схеми встановлення задньої підвіски.**

Виробничий процес являє собою сукупність взаємопов'язаних трудових операцій і природних процесів, у результаті яких вихідна сировина, матеріали або заготовки поступово перетворюються на готову продукцію, що відповідає заданим технічним вимогам. Під процесами праці розуміють цілеспрямовану діяльність людини, яка виконується із застосуванням засобів виробництва та інструментів і спрямована на зміну форми, властивостей або стану матеріалів. У результаті такої діяльності формується кінцевий продукт, придатний для подальшого використання або експлуатації.

Окрему групу становлять природні процеси, які відбуваються без безпосереднього втручання людини, однак можуть контролюватися або регулюватися технологічними умовами. До них належать процеси сушіння, охолодження, твердіння, старіння матеріалів та інші фізико-хімічні явища, що впливають на формування властивостей виробу. У сучасному виробництві такі процеси часто інтегруються в технологічний цикл для підвищення ефективності та стабільності якості продукції.

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
						55
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		

Виробничі процеси умовно поділяються на основні, допоміжні та обслуговуючі. Основні процеси безпосередньо пов'язані зі створенням готового виробу та включають зміну геометричних параметрів, внутрішньої структури матеріалу, механічних або фізичних властивостей заготовок. До цієї категорії також можуть відноситися природні процеси, якщо вони є частиною технологічного циклу та виконуються під контролем виробничої системи.

Допоміжні процеси забезпечують безперервність і стабільність виконання основних операцій. Вони не беруть прямої участі у створенні кінцевого продукту, однак є необхідними для підтримання працездатності обладнання та організації виробництва. До них відносять виготовлення інструменту, ремонт обладнання, енергозабезпечення, а також інші забезпечувальні функції.

Обслуговуючі процеси спрямовані на підтримання ефективної роботи виробничої системи в цілому. Вони включають транспортування матеріалів і заготовок між робочими місцями, організацію складування, внутрішньоцехову логістику, контроль якості продукції на різних етапах виробництва, а також забезпечення належних умов праці для персоналу.

Структурною одиницею виробничого процесу є технологічна операція. Операція являє собою частину технологічного процесу, яка виконується безперервно на одному робочому місці одним працівником або групою працівників із використанням певного обладнання. Сукупність операцій формує технологічний маршрут виготовлення виробу.

Маршрутна карта є обов'язковим елементом технологічної документації на виробництві. У ній детально визначається послідовність виконання всіх технологічних операцій, вказуються робочі місця, обладнання, інструменти та основні параметри обробки. Фактично маршрутна карта визначає логіку переміщення виробу по виробничих

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ докum	Пілпис	Дата		56

підрозділах підприємства, забезпечуючи впорядкованість і контроль технологічного процесу.

Важливим принципом організації виробництва є забезпечення технологічності конструкції виробу. Технологічність визначається як сукупність властивостей виробу, що забезпечують його виготовлення, складання, експлуатацію та ремонт із мінімальними витратами матеріальних, трудових і часових ресурсів. Залежно від стадії життєвого циклу виробу розрізняють виробничу, експлуатаційну та ремонтну технологічність.

Технологічна схема складання є графічним відображенням структури виробу та послідовності виконання складальних операцій. Вона дозволяє наочно представити взаємозв'язок між елементами конструкції та визначити раціональний порядок їх з'єднання. Така схема є первинним документом для технологічного опрацювання процесу складання і використовується як основа при проєктуванні складальних ліній, виборі обладнання та визначенні організаційної структури виробництва.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		57

## ВИСНОВКИ

Метою даної дипломної роботи було підвищення показників керованості та курсової стійкості передньопривідного легкового автомобіля малого середнього класу на прикладі Volkswagen Golf 5, шляхом удосконалення конструкції задньої підвіски. Вибір саме цього автомобіля обумовлений його широким поширенням, високою конструктивною відпрацьованістю платформи PQ35 та наявністю багатоважільної задньої підвіски, яка, незважаючи на свої переваги, має потенціал для подальшої оптимізації з точки зору кінематики, жорсткості та експлуатаційних характеристик.

Досягнення поставленої мети вимагало комплексного підходу, що включав як аналіз конструктивних особливостей автомобіля, так і виконання інженерних розрахунків, пов'язаних із динамікою руху та параметрами елементів підвіски. У процесі виконання роботи було послідовно вирішено ряд взаємопов'язаних задач, спрямованих на обґрунтування доцільності модернізації та оцінку її ефективності.

У першу чергу було розглянуто загальні функції підвіски автомобіля Volkswagen Golf 5, яка виконує забезпечення контакту коліс із дорожнім покриттям, зменшення динамічних навантажень, що передаються на кузов, а також формування необхідних характеристик керованості та комфорту руху. Проведено систематизацію основних типів підвісок легкових автомобілів, включаючи залежні, напівзалежні та незалежні схеми, з детальним аналізом багатоважільної задньої підвіски, що застосовується у даній моделі автомобіля.

Окрему увагу приділено вимогам, які висуваються до конструкції підвіски сучасних легкових автомобілів. До таких вимог належать забезпечення високого рівня стійкості руху, мінімізація коливань кузова, оптимальний розподіл навантажень між колесами, а також забезпечення

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		58

довговічності елементів конструкції в умовах змінних дорожніх навантажень. Для Volkswagen Golf 5 ці вимоги реалізуються через застосування незалежної багатоважільної задньої підвіски, яка дозволяє досягати компромісу між комфортом і керованістю.

На основі проведеного аналізу було обґрунтовано вибір схеми модернізації задньої підвіски. Враховуючи конструктивні особливості автомобіля та його експлуатаційне призначення, основний акцент було зроблено на удосконаленні пружних характеристик підвіски, а також на оптимізації її кінематичних параметрів. Це дозволяє зменшити небажані поперечні переміщення кузова, покращити поведінку автомобіля в поворотах та підвищити загальну стабільність руху на високих швидкостях.

У рамках роботи був виконаний тягово-динамічний розрахунок транспортного засобу Volkswagen Golf 5, який дозволив оцінити його основні експлуатаційні показники, зокрема розгінну динаміку, максимальну швидкість та здатність долати дорожні опори. Отримані результати підтвердили відповідність базових характеристик автомобіля вимогам до транспортних засобів даного класу та створили основу для подальшого аналізу впливу модернізації підвіски на загальні динамічні властивості.

Наступним етапом став розрахунок пружної характеристики задньої підвіски. У ході виконання цього розділу було визначено залежність між навантаженням на колесо та деформацією пружних елементів підвіски. Для автомобіля Volkswagen Golf 5, який оснащений гвинтовими циліндричними пружинами, було проаналізовано їх роботу в різних режимах навантаження, включаючи статичне положення, рух по нерівностях та маневрування в поворотах. Отримані результати дозволили оцінити жорсткість підвіски та визначити її вплив на плавність ходу і курсову стійкість.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		59

Додатково було виконано розрахунок основних параметрів пружин задньої підвіски, включаючи їх жорсткість, геометричні характеристики та допустимі навантаження. При цьому враховувалися конструктивні особливості багатоважільної підвіски Volkswagen Golf 5, де пружина працює у поєднанні з амортизатором та системою важелів, що формує складну просторову кінематику. Аналіз показав, що правильний підбір характеристик пружних елементів є ключовим фактором для забезпечення балансу між комфортом та керованістю автомобіля.

Важливою частиною роботи стало підтвердження відповідності модернізованої конструкції підвіски чинним законодавчим та нормативним вимогам у сфері безпеки дорожнього руху та екології. Було враховано вимоги до пасивної безпеки автомобіля, надійності елементів ходової частини, а також загальні технічні стандарти, що застосовуються до транспортних засобів, які експлуатуються на дорогах загального користування. Це дозволило зробити висновок про можливість практичного застосування запропонованих технічних рішень без порушення нормативних обмежень.

Окремо було розглянуто питання економічної доцільності реалізації запропонованої модернізації. У межах цього етапу виконано розрахунок комерційної ефективності проекту, який включав оцінку витрат на впровадження конструктивних змін, потенційного зменшення витрат на обслуговування та можливого підвищення конкурентоспроможності автомобіля. Отримані результати свідчать про те, що вдосконалення задньої підвіски Volkswagen Golf 5 є технічно обґрунтованим і може мати позитивний економічний ефект у разі впровадження в серійне або ремонтне виробництво.

Узагальнюючи результати виконаної дипломної роботи, можна зробити висновок, що поставлена мета була досягнута в повному обсязі. Проведені розрахунки та аналіз підтвердили можливість підвищення

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	№ док.ум	Підпис	Дата		60

експлуатаційних властивостей автомобіля Volkswagen Golf 5 за рахунок модернізації задньої підвіски. Запропоновані рішення дозволяють покращити курсову стійкість, керованість та загальний рівень комфорту руху, що є особливо важливим для автомобілів малого середнього класу, які експлуатуються в різних дорожніх умовах.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Дпк
Змн	Дпк	№ докум	Підпис	Дата		61

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. – SAE International, 2021. – 519 p.
2. Milliken W. F., Milliken D. L. Race Car Vehicle Dynamics. – SAE International, 2018. – 1040 p.
3. Reimpell J., Stoll H., Betzler J. The Automotive Chassis: Engineering Principles. – Butterworth-Heinemann, 2001. – 458 p.
4. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. – 4th ed. – Wiley, 2008. – 560 p.
5. Heisler H. Advanced Vehicle Technology. – 2nd ed. – Elsevier, 2002. – 920 p.
6. Rajamani R. Vehicle Dynamics and Control. – Springer, 2012. – 650 p.
7. Plett G. L. Vehicle Dynamics Modeling and Simulation. – Springer, 2018. – 380 p.
8. Bosch R. Automotive Handbook. – 10th ed. – Wiley, 2018. – 1450 p.
9. Dixon J. C. Suspension Geometry and Computation. – Wiley, 2009. – 320 p.
10. Milliken W. F. Chassis Design Principles. – SAE International, 2015. – 410 p.
11. ISO 8855:2011. Road vehicles — Vehicle dynamics and road-holding ability — Vocabulary. – International Organization for Standardization, 2011.
12. ISO 26262:2018. Road vehicles — Functional safety. – International Organization for Standardization, 2018.
13. SAE J670: Vehicle Dynamics Terminology. – SAE International, 2016.

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Дата		62

14. Volkswagen AG. Self-Study Programme 247: The Golf 2004 (Golf V). – Wolfsburg: Volkswagen Technical Training, 2004.
15. Volkswagen AG. PQ35 Platform Technical Overview. – Internal Technical Documentation, 2003.
16. Dixon J. C. The Shock Absorber Handbook. – Wiley, 2007. – 450 p.
17. Gillespie T. D. Suspension Design for Vehicle Performance. – SAE International, 2010. – 300 p.

					<i>КвРАТ. 22086.01.08.00</i>	Днк
Змн	Днк	Но докум	Пілпис	Дата		63

## ДОДАТКИ

					КвРАТ. 22086.01.08.00	Днк
Змн	Днк	№ докум	Пілпис	Дата		64