

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА
ТА АРХІТЕКТУРИ**

Навчально-науковий інститут інноваційних освітніх технологій

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра експлуатації та ремонту машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему *Розробка методики визначення та корегування пружних характеристик
підвісок задньої осі напівгібридних автомобілів категорії М1*

Виконав: здобувач вищої освіти

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

спеціальності

274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми

ОПП «Автомобільний транспорт»
(вид та назва освітньої програми)

групи АТз-20мп

Ольга ХОДОС

(ім'я та прізвище здобувача)

Керівник Олександр ЛИХОДІЙ

(ім'я та прізвище)

Рецензент Сергій ШАТОВ

(ім'я та прізвище)

Оцінка захисту кваліфікаційної роботи

(сума балів, оцінка ECTS, оцінка за національною шкалою,)

Секретар ЕК _____ / Віталій БОГОМОЛОВ /
(підпис) (ім'я та прізвище секретаря ЕК)

Дніпро – 2021

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА
ТА АРХІТЕКТУРИ**

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут інноваційних освітніх технологій

Кафедра експлуатації та ремонту машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр та назва)

Освітня програма ОПП «Автомобільний транспорт»
(вид та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

к.т.н. Олександр ЛИХОДІЙ

« 27 » вересня 2021 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Ольга ХОДОС
(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Розробка методики визначення та корегування пружних характеристик підвісок задньої осі напівгібридних автомобілів категорії М1

керівник роботи Олександр ЛИХОДІЙ, к.т.н., доцент
(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора від « 27 » вересня 2021 року № 456-КС

2. Строк подання роботи до захисту « 08 » грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи пружні елементи підвіски автомобіля ЗАЗ Sens, обладнання для проведення експерименту

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Вступ. 1. Огляд конструкцій задніх підвісок передньоприводних легкових автомобілів. 2. Загальне уявлення щодо теоретичних досліджень плавності ходу легкового автомобіля. 3. Експериментальне дослідження параметрів пружних елементів підвіски автомобіля. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Ольга САКНО, к.т.н., доцент		

6. Дата видачі завдання «30» вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунково-пояснювальна записка:		
1.1	<i>Вступ</i>	до 08.10	
1.2	<i>Огляд задніх підвісок передньоприводних легкових автомобілів</i>	до 20.10	
1.3	<i>Загальне уявлення щодо теоретичних досліджень плавності руху легкового автомобіля</i>	до 27.10	
1.4	<i>Експериментальне дослідження параметрів пружних елементів підвіски автомобіля</i>	до 15.11	
1.5	<i>Висновки</i>	до 29.11	
1.6	<i>Список використаних джерел. Додатки</i>	до 30.11	
2	Оформлення кваліфікаційної роботи	до 03.12	
3	Підготовка до попереднього захисту роботи	з 13.12	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

/ Ольга ХОДОС /

_____ (ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

/ Олександр ЛИХОДІЙ /

_____ (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Розробка методики визначення та корегування пружних характеристик підвісок задньої осі напівгібридних автомобілів категорії M1» складається із 62 аркушів формату А4, на яких містяться 3-ри розділи, 2 таблиці, 25 рисунків, 29 джерел інформації.

Об'єктом дослідження є робочі процеси, що відбуваються у задній підвісці напівгібридизованого легкового автомобіля.

Предметом дослідження є встановлення взаємозв'язку між параметрами пружної характеристики задньої підвіски напівгібридизованого легкового автомобіля.

Мета дослідження – удосконалити методику визначення коефіцієнту жорсткості пружних елементів підвісок напівгібридизованих легкових автомобілів з урахуванням нелінійності пружних характеристик.

Методи дослідження: експериментальне дослідження коефіцієнту жорсткості пружних елементів підвісок напівгібридизованих легкових автомобілів.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено методику визначення та корегування пружних характеристик підвісок задньої осі напівгібридних автомобілів. Матеріали кваліфікаційної роботи впроваджено в НТУ «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро) під час проведення лекційних та практичних робіт з дисципліни «Теорія експлуатаційних властивостей та розрахунків автомобілів».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬ, НАПІВГІБРИД, ПІДВІСКА,
ПРУЖИНА, КОЕФІЦІЄНТ ЖОРСТКОСТІ ПРУЖИН

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ЗАДНІХ ПІДВІСОК ПЕРЕДНЬОПРИВОДНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ.....	8
1.1. Технічна характеристика напівгібридизований автомобіль ЗАЗ Sens.....	8
1.2. Аналіз конструкцій задніх підвісок легкових автомобілів.....	11
1.3. Конструкція задньої підвіски ЗАЗ Sens.....	17
1.4. Огляд пружних елементів автомобільних пружних підвісок....	19
Висновки за розділом 1.....	23
2. ЗАГАЛЬНЕ УЯВЛЕННЯ ЩОДО ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЛАВНОСТІ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ.....	24
2.1. Загальні відомості про дослідження динаміки транспортного засобу	24
2.2. Математична модель задньої підвіски для дослідження вертикальних коливань легкового автомобіля.....	26
Висновки за розділом 2.....	30
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ.....	31
3.1. Огляд способів визначення жорсткості пружин підвіски автомобілів	31
3.2. Методика експериментального дослідження	36
3.3. Калібрування обладнання	41
3.4. Результати експериментального дослідження жорсткості пружини задньої підвіски ЗАЗ Сенс.....	42
3.5. Безпека праці під час проведення експериментальних	

випробувань.....	50
Висновки за розділом 3.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
Додаток А. Дослідження залежності жорсткості пружини зі змінним діаметром прута від деформації при стисканні.....	59
Додаток Б. Апробація результатів кваліфікаційної роботи.....	60
ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА.....	62

ВСТУП

Актуальність. Споживання значної кількості паливно-енергетичних ресурсів і в тому числі на транспорті призводить до подорожчання нафтопродуктів, а також негативно впливає на стан загальної екологічної обстановки. При сучасному насиченні великих міст автотранспортом все більше уваги, при вирішенні даної проблеми, приділяється застосуванню енергозберігаючих технологій, зниженню викидів шкідливих речовин автотранспортом в навколишнє середовище. Тому пріоритетним завданням при проектуванні міських автомобілів є поліпшення їх паливно-економічних показників.

Останнім часом тенденції розвитку сучасних автомобілів показують, що найбільш перспективним напрямком у вирішенні енергетичної та екологічної проблеми на транспорті є застосування комбінованих силових установок на автомобілях, які забезпечують поліпшення енергетичних показників та зниження викидів парникових газів.

Об'єктивно, на сьогодні більшість легкових автомобілів, які реалізують населенню України, залишаються варіанти де в якості джерела енергії виступає двигун внутрішнього згоряння.

Об'єктом дослідження є робочі процеси, що відбуваються у задній підвісці напівгібризованого легкового автомобіля.

Предметом дослідження є встановлення взаємозв'язку між параметрами пружної характеристики задньої підвіски напівгібризованого легкового автомобіля.

Мета дослідження – удосконалити методику визначення коефіцієнту жорсткості пружних елементів підвісок напівгібризованих легкових автомобілів з урахуванням нелінійності пружних характеристик.

Завдання дослідження:

1. Виконати огляд задніх підвісок передньоприводних легкових автомобілів та визначити основні проблеми, що стосуються задніх підвісок базового автомобіля переобладнаного у напівгібрид.

2. Запропонувати математичну модель задньої підвіски напівгібридизованого легкового автомобіля для дослідження її пружних характеристик.

3. Провести експериментальне дослідження параметрів пружних характеристик задньої підвіски напівгібридизованого легкового автомобіля.

Методи дослідження: експериментальне дослідження коефіцієнту жорсткості пружних елементів підвісок напівгібридизованих легкових автомобілів.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено методичку визначення та корегування пружних характеристик підвісок задньої осі напівгібридних автомобілів. Матеріали кваліфікаційної роботи впроваджено в НТУ «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро) під час проведення лекційних та практичних робіт з дисципліни «Теорія експлуатаційних властивостей та розрахунків автомобілів».

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Результати кваліфікаційної роботи були повідомлені на Міжнародній науково-практичній та науково-методичній конференції «Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців» (Харків, ХНАДУ, 27-29 жовтня 2021 р.).

Публікації. Основні результати досліджень опубліковано у 1 роботі.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ЗАДНІХ ПІДВІСОК ПЕРЕДНЬОПРИВОДНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

1.1. Технічна характеристика напівгібридизованого автомобіля ЗАЗ Sens

Сучасні автовиробники часто вдаються до спільного використання двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) та електродвигуна, що дозволяє уникнути роботи ДВЗ у режимі малих навантажень, а також реалізовувати рекуперацію кінетичної енергії, підвищуючи паливну ефективність силової установки.

Основна причина популяризації гібридних легкових автомобілів викликана високими цінами на нафту та постійним посиленням вимог до екологічності автомобілів.

Гібридні автомобілі позбавлені таких недоліків електромобілів, як значна маса акумуляторів та необхідність їх тривалої зарядки, недостатньо розвинена інфраструктура зарядних станцій та недостатня дальність пробігу.

Для переобладнання легкового автомобіля в гібридний необхідно додати до його конструкції мотор-колеса, контролер, систему керування електроприводом, елементи живлення [23-25].

Для створення автомобіля з гібридною силовою установкою прийнято автомобіль моделі ЗАЗ Sens (рис. 1.1, табл. 1.1) в конструкцію якого були внесені ряд змін.

Змінена конструкція задньої балки з метою встановлення на ній мотор-коліс (рис. 1.2) сумарною потужністю 14 кВт. Переобладнано багажне відділення під розміщення апаратури для вимірювання витрати палива і аналізу відпрацьованих газів автомобіля, а також встановленні елементи живлення електричного приводу і аналізу відпрацьованих газів автомобіля, а також встановленні елементи живлення електричного приводу.

Технічні характеристики автомобіля ЗАЗ Sens

Найменування параметра		Значення
Об'єм двигуна, см ³		1299
Споряджена маса, кг		1100
Розподілення спорядженої маси між осями, кг	передня вісь	600
	задня вісь	410
Передня підвіска		незалежна, амортизаційна стійка типу МакФерсон
Задня підвіска		напівзалежна
Передні гальма		дискові
Задні гальма		барабанні



Рис. 1.1. Напівгібридизований автомобіль ЗАЗ Sens



Рис.1.2. Переобладнана задня балка ЗАЗ Sens

Таке переобладнання призвело до зміни його масових параметрів, що в свою чергу вплинуло на параметри плавності ходу, стійкості та керованості. Отже, розробка ефективного метода, який би дозволив розраховувати параметри складових частин підвісок автомобіля з напівгібридною силовою установкою є необхідною і важливою.

Розрахунки параметрів підвіски автомобіля будемо виконувати виходячи з забезпечення необхідних норм плавності ходу за умов вертикальних коливань кузова. Проте, норми плавності ходу також передбачають обмеження поперечних і поздовжніх прискорень. Збільшення жорсткості підвіски автомобіля може призвести до росту поперечних прискорень кузова, і як наслідок, до зниження плавності ходу. Таким чином, при розрахунку параметрів підвіски автомобіля необхідно враховувати не лише вертикальні коливання, а і поперечно-кутові коливання підресореної маси.

Одними з основних компонентів підвіски є пружини, які забезпечують необхідну висоту кузова над дорожнім полотном, а також впливають на вантажопідйомність і керованість машини. Багато факторів (розміри, форма, кількість витків, тощо) впливають на пружність пружин.

Через збільшення ваги задньої підвіски є необхідність в пружинах іншої жорсткості. Для дослідження жорсткості пружин від деформації планується обрати пружини з постійним діаметром прута та зі змінним діаметром прута.

Дослідження жорсткості пружини планується виконувати на дослідницькому стенді. Оптимальний рівень жорсткості буде встановлюватися шляхом проведення тестувань в різних умовах руху, а ідеальне зусилля пружини відповідає величині, що попереджає надмірний крен кузова. В результаті експериментів планується отримати найменше та найбільше значення коефіцієнту жорсткості для пружин з постійним та зі змінним діаметром прута.

Ця методика дозволить визначити характер впливу змінного коефіцієнту жорсткості пружних елементів залежної задньої підвіски на вертикальні коливання підресореної та непідресореної мас автомобіля.

1.2. Аналіз конструкцій задніх підвісок легкових автомобілів

Підвіска автомобіля – це сукупність важелів, тяг і демпфуючих пристроїв (пружини, амортизатори), що з'єднують колісну та кузовну базу.

Основні задачі підвіски:

- підвіска поглинає поштовхи та удари від дороги, при цьому знижує навантаження на кузов, підвищує комфорт водіння;
- стабілізує автомобіль у процесі водіння створюючи нерозривний контакт дороги та коліс;
- обмежує крен кузова;
- зберігає маневреність та точність, не змінюючи траєкторії руху та гальмування.

Існує багато варіантів конструкцій задніх підвісок, розглянемо деякі з них та розглянемо їх переваги і недоліки [22].

1.2.1. Задня торсіонна підвіска. В цьому типі підвіски (рис.1.3) в якості пружних елементів використовуються торсіони - металеві вали, які працюють на скручування.

Торсіонна підвіска складається з балки, яка поперечно розташована відносно кузова, з важеля на якому змонтований поворотний кулак, і торсіону. Торсіон одним своїм кінцем нерухомо закріплений в поперечній балці, а іншим - в нижньому важелі підвіски, в якому сили за допомогою системи кріплень створюють крутний момент.

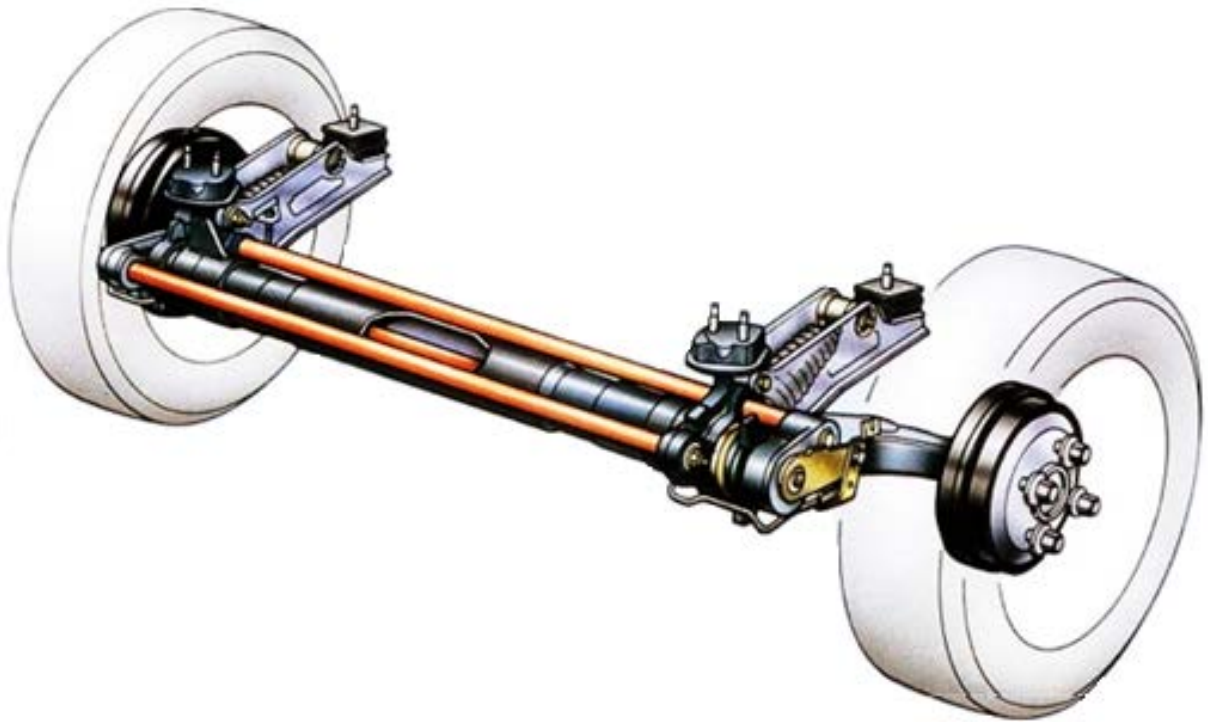


Рис. 1.3. Задня торсіонна підвіска

Торсіон - це суцільний або порожній круглий вал, виготовлений із загартованої легованої сталі певної жорсткості на скручування.

Перевагами торсіонної підвіски є: компактність; невелика вага; простота монтажу і регулювання; висока надійність, ремонтпридатність і довговічність; можливість оперативного зміни дорожнього просвіту (кліренсу), не змінюючи при цьому деталей конструкції підвіски; здатність забезпечити кращу стійкість і керованість автомобіля.

Недоліки торсіонної підвіски є:

- схильність автомобіля з такою підвіскою до зайвої обертальності, що особливо помітно на малолітражних автомобілях;
- складна технологія виробництва і обробки торсіонів, для забезпечення високої міцності і пружності матеріалу;
- висока ціна через складну технологію.

1.2.2. Задня підвіска на поздовжніх важелях. У цій підвісці (рис.1.4) колесо кріпиться до кінця поздовжнього важеля, який шарнірно прикріплюється до балки, прикріпленої поперек кузова автомобіля. Ця балка часто приймає форму поперечної труби, яка діє як підрамник і сприймає бічні сили.

Ця конструкція забезпечує паралельність коліс поздовжньої лінії автомобіля весь час, не враховуючи деякого вигину важелів і деформації приєднувальних втулок. Колеса нахиляються з кутом розвалу, ідентичним крену кузова на поворотах. Втулки, якими важелі кріпляться до балки, згладжують удари і вібрацію, яка передається від колеса на кузов.

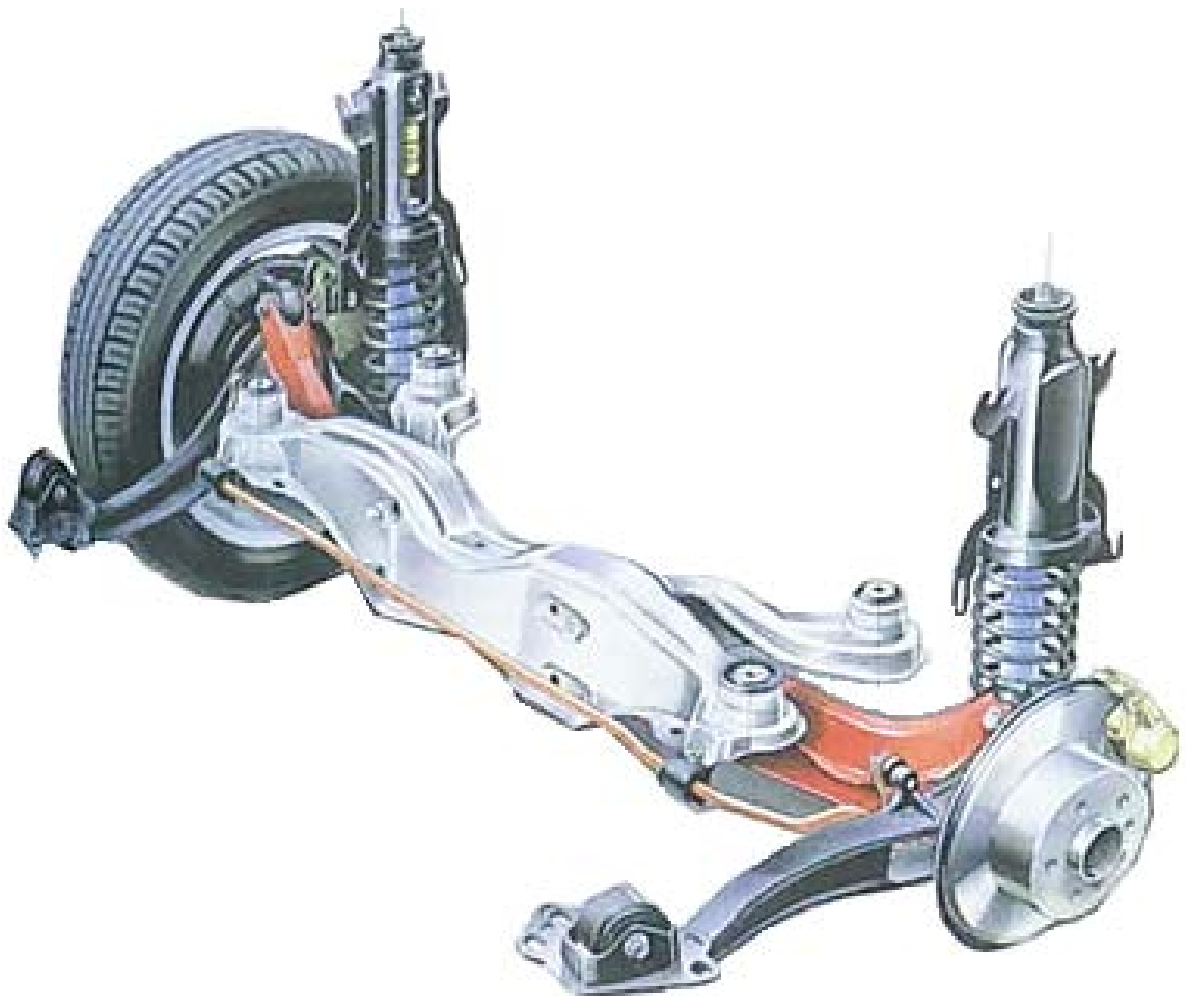


Рис. 1.4. Задня підвіска на поздовжніх важелях

Цей тип підвіски за конструкцією простий, але недосконалий. При роботі такої підвіски в досить великих межах змінюється колісна база автомобіля, причому в повороті через вплив крену зміна бази буде різною справа і зліва, колія при цьому залишається незмінною.

При повороті колеса в ній нахиляються разом з кузовом (назовні повороту), на відносно великий кут, що погіршує бічне зчеплення шин з дорогою - тож передавати великі значення бічних сил така підвіска не здатна, і недосяжні високі параметри стійкості і керованості. Поздовжні важелі сприймають зусилля, що діють у всіх напрямках, і піддаються великим навантаженням на кручення і вигин, що вимагає великої жорсткості і утяжеління. Також, для неї характерно дуже низьке розташування центру крену, що є недоліком для задньої підвіски.

1.2.3. Задня підвіска на подвійних поперечних важелях. Конструкція підвіски на подвійних поперечних важелях (рис.1.5) включає два поперечних важеля, пружину і амортизатор. Важіль може мати U-подібну або L-подібну форму. Кожен з важелів має дві точки кріплення до кузова автомобіля і одну до поворотного кулака. Кріплення до кузова здійснюється за допомогою гумометалевих втулок – сайлентблоків, які протистоять поздовжнім навантаженням при прискоренні і гальмуванні. Кріплення важелів до поворотного кулака виконується за допомогою кульових шарнірів - кульових опор.

Верхній важіль має меншу довжину, що дає негативний кут розвалу колеса при стисненні і позитивний - при розтягуванні. Дана властивість надає додаткову стійкість автомобілю при проходженні поворотів, залишаючи колесо перпендикулярним дорозі незалежно від положення кузова.

Пружина і амортизатор в підвісці на подвійних поперечних важелях виконані співвісними. Амортизатор верхньою частиною кріпитися до кузова автомобіля, нижньою частиною - шарнірно до нижнього поперечного важеля.

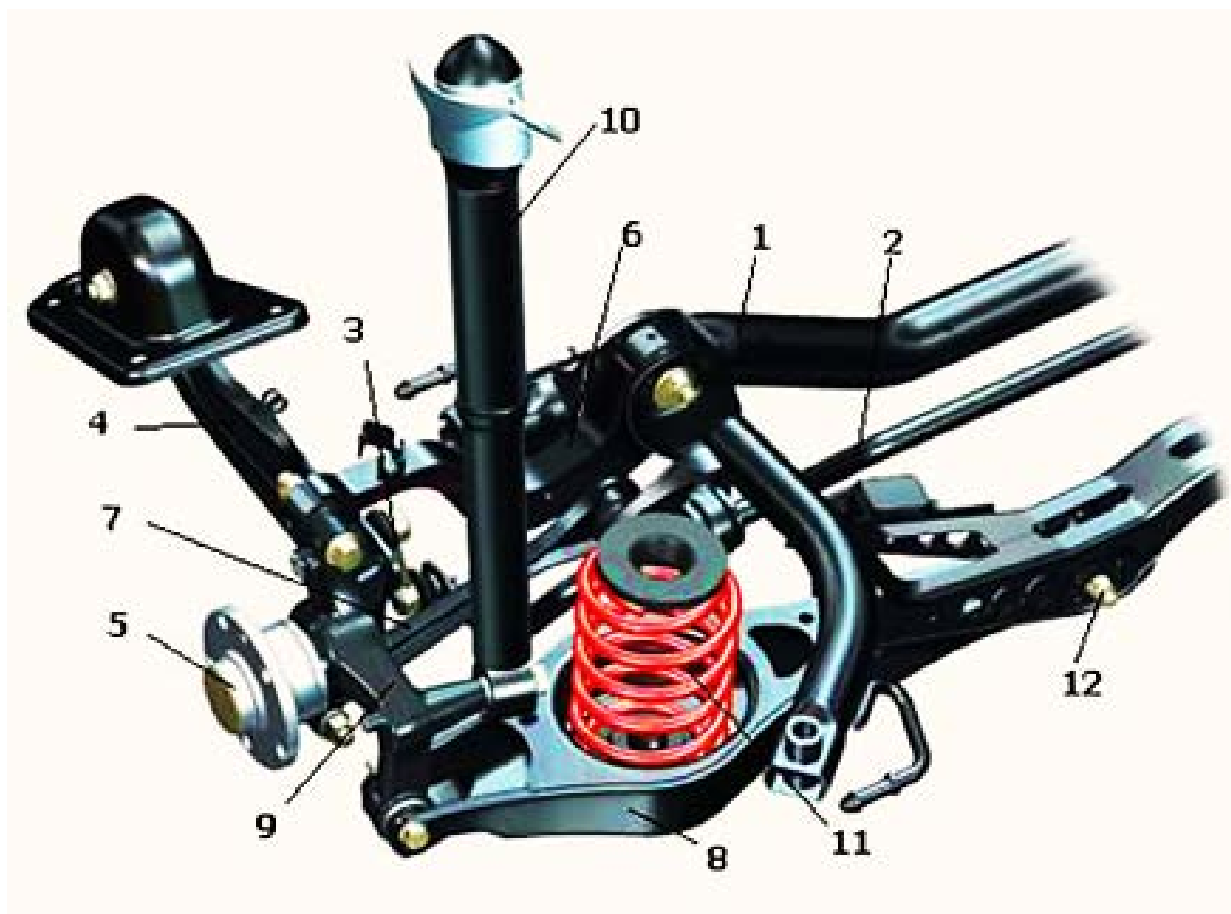


Рис. 1.5. Задня підвіска на подвійних поперечних важелях

В силу своєї конструкції підвіска займає значний обсяг при установці і зменшує обсяг багажника. Також, застосування підвіски на задній осі призводить до надлишкової керованості (відхилення задніх коліс в протилежну до повороту сторону) і втрати контролю над автомобілем.

1.2.4. Задня багатоважільна підвіска. У підвісці (рис.1.6) для кріплення маточини колеса використовується не менше чотирьох важелів, що забезпечує незалежне поздовжнє і поперечне регулювання колеса. У цих підвісках використовують поперечні та поздовжні важелі. Підвіска включає поперечні і поздовжні важелі, амортизатор, пружину, ступічні опори, стабілізатор поперечної стійкості і підрамник.

Підрамник є несучим елементом підвіски. До підрамника через гумометалеві втулки кріпляться поперечні важелі.



1 – підрамник, 2 – стабілізатор поперечної стійкості, 3 – стійка стабілізатора поперечної стійкості, 4 – поздовжній важіль, 5 – ступиця колеса, 6 – верхній поперечний важіль, 7 – передній нижній поперечний важіль, 8 – задній нижній поперечний важіль, 9 – корпус опори колеса. 10 – амортизатор, 11 – гвинтова пружина, 12 – вузол регулювання сходження.

Рис. 1.6. Задня багатоважільна підвіска

Підвіска має такі переваги:

- можливість забезпечення оптимальних кутів установки коліс;
- можливість поліпшення комфортабельності руху;
- знижений рівень шумів і вібрацій, що передаються на кузов.

Недоліки підвіски:

- висока вартість виготовлення;
- висока трудомісткість обслуговування і ремонту.

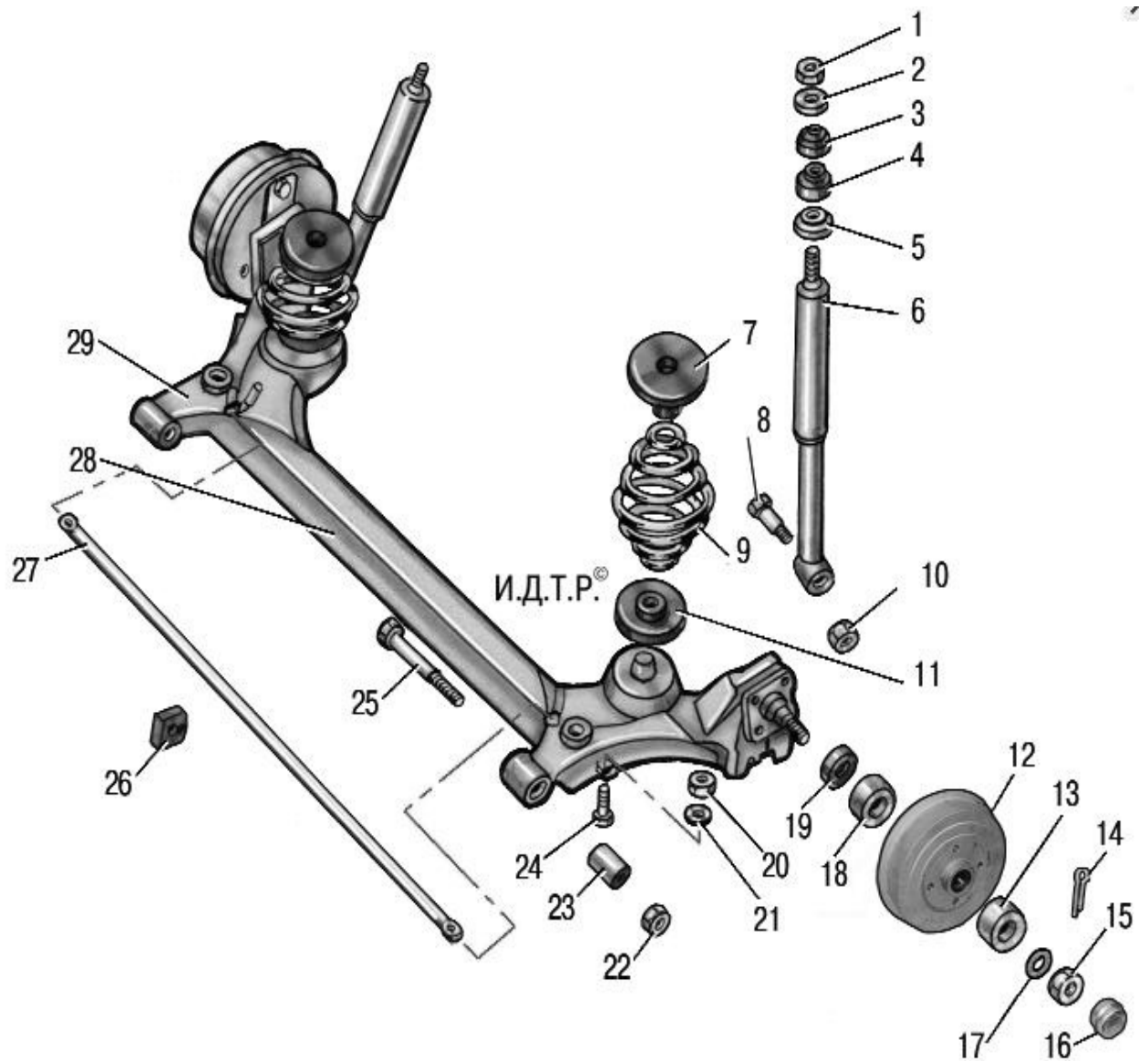
1.3. Конструкція задньої підвіски ЗАЗ Sens

Задня підвіска ЗАЗ Sens (рис.1.7) незалежна, її балка складається з двох поздовжніх важелів, які пружно зв'язані поперечним з'єднувачем. Важелі та з'єднувач мають V – образний переріз, з'єднувач зміщений від осі коліс вперед та розташований поблизу шарнірних кріплень важелів до кузова автомобіля. Така конструкція балки задньої підвіски має велику жорсткість на вигин та малою – на кручення, що забезпечує переміщення коліс при русі по нерівностям дороги майже незалежно одне від одного. Балка підвіски виконує функцію напрямного пристрою. Пружним пристроєм є дві виті спіральні пружини. Гідравлічні телескопічні амортизатори – виконують роль демпферного пристрою. Стабілізатором поперечної стійкості – є пружний стержень. Конструкція задньої підвіски наведена на рис. 1.5. Передні кінці важелів підвіски шарнірно кріпляться до кузова автомобіля за допомогою гумометалевих втулок та болтів.

До важелів приварені опори пружин підвіски, в які пружини упираються нижньою частиною через нижню опорну чашку. На нижній опорі розташовано буфер стискання, який обмежують максимальний хід підвіски. Верхньою частиною кожна пружина упирається через опорну чашку та гумову ізолюючу прокладку у розташовані на кузові опори.

Позаду опор пружин на важелях розташовані кронштейни, до яких шарнірно кріпляться нижні кінці амортизаторів. Верхній кінець кожного амортизатора кріпиться гайкою до кузова автомобіля через дві гумові подушки та їх обойми. Амортизатори також виконують функцію буфера відбивання, та обмежують величину максимального переміщення коліс донизу.

Кінці стержня стабілізатора за допомогою болтів з гайками жорстко зв'язані з важелями підвіски, а в середній його частині встановлено демпфер для виключення вібрації стержня при роботі підвіски.



1 – гайка верхньої опори амортизатора; 2, 5, 21 – шайби; 3, 4 – гумові втулки; 6 – амортизатор; 7 – верхня прокладка пружини; 8, 24, 25 – болти; 9 – пружина задньої підвіски; 10, 20, 22 – гайки; 11 – нижня прокладка пружини; 12 – гальмівний барабан; 13 – зовнішній підшипник; 14 – шплінт; 15 – гайка; 16 – захисний ковпак; 17 – стопорна шайба; 18 – внутрішній підшипник; 19 – сальник; 23 – сайлентблок; 26 – подушки стабілізатора; 27 – стабілізатор; 28 – балка задньої підвіски; 29 – важіль підвіски.

Рис. 1.7. Задня підвіска ЗАЗ Sens

До фланця важеля підвіски болтами кріпляться опорний щит гальма та цапфа ступиці заднього колеса. Ступиця встановлена на цапфі на двох конічних роликів підшипниках та закріплена гайкою зі стопорною шайбою. Для запобігання самовільного розкручування гайка фіксується на цапфі шплінтом. З внутрішнього боку порожнина ступиці ущільнюють сальником, з зовнішнього боку ступиця закрита захисним ковпачком.

Переваги підвіски: мала маса конструкції; є можливість регулювати жорсткість дорожнього просвіту та підвіски; простий ремонт та сервісне обслуговування; плавний хід автомобіля; поглинає механічні коливання рами та коліс.

Недоліки підвіски: необхідність наявності дорогих технологій у процесі виробництва; обмеження навантаження через напругу в зварному шві; при повороті автомобіль зайво розвертається.

1.4. Огляд пружних елементів автомобільних пружинних підвісок

Одними з основних компонентів підвіски є пружини, які забезпечують необхідну висоту кузова над дорожнім полотном, а також впливають на вантажопідйомність і керуваність машини. Оптимальний рівень жорсткості цих елементів встановлюється шляхом проведення тестувань в різних умовах руху, а ідеальне зусилля пружини відповідає величині, що попереджає надмірний крен кузова.

Якщо пружини підібрані вірно, то на будь-яких поворотах крен кузова повинен становити не більше двох-трьох градусів, на що звертають особливу увагу. Занадто м'які пружини можуть істотно позначитися на керуванні транспортним засобом.

Автомобільна пружина (рис.1.8) - це складова частина конструкції підвіски представлена у вигляді пружного елемента, що пом'якшує поштовхи і удари, які утворюються при пересуванні по нерівних ділянках дороги.



Рис. 1.8. Пружини підвіски

Пересуваючись по нерівним ділянкам дороги, при наїзді на перешкоду, колесо машини відривається від поверхні і втрачає керованість. У таких випадках, завдання пружини - якомога швидше повернути йому колишнє положення. З огляду на те, що після удару колесо відскакує назад, м'яка пружина здатна сильніше стиснутися і поглинути більшу кількість енергії, ніж жорсткий елемент. Оскільки ця енергія витрачається повільно, то коливання не можуть швидко затухати.

Існує чотири види пружин, що встановлюються на автомобілі:

1. Стандартні. Їх можна вважати базовим варіантом, який встановлюється в заводських умовах при виготовленні автомобіля. Такі елементи розраховані на експлуатацію ТЗ в стандартних умовах, регламентованих технічним паспортом автомобіля.

2. Посилені. Призначені для поліпшення експлуатаційних характеристик ТЗ, яке використовується в умовах бездоріжжя, при постійних перевезеннях вантажу або буксирування причепів.

3. Завищені. Після установки сприяють підвищенню дорожнього просвіту і вантажопідйомності автомобіля.

4. Занижені. В основному, такі зразки встановлюють любителі спортивної їзди, оскільки занижують кліренс і зміщують центр ваги автомобіля донизу.

Жорсткістю пружини називають її здатність чинити опір стисненню, це головна характеристикою. Надто жорстка пружина погіршує якість управління автомобілем на нерівних дорогах, одночасно збільшуючи дискомфорт пасажирів. Занадто м'яка, навпаки, добре гасить поштовхи, але створює великий крен машини при проходженні поворотів.

Існує кілька факторів, які безпосередньо впливають на показник жорсткості:

1. Діаметр прута (чим він більший, тим більше буде жорсткість);
2. Зовнішній діаметр пружини (чим він більший, тим меншим буде показник жорсткості);

3. Кількість витків пружини (більше витків - менше жорсткість);

4. Форма пружини. Розрізняють циліндричні, конічні, бочкоподібні елементи. Крім того, одна пружина здатна поєднувати в собі відразу кілька форм.

Виготовлення пружин для автомобілів пов'язане із різними технологічно складними операціями. Тому масові виробники автомобільних пружин проводять обов'язкову перевірку продукції та її порівняльний аналіз.

Тим самим виникла класифікація за кольором. Класифікація за кольором вважається найбільш простою, надійною та інформативною.

Використовуються такі відтінки: жовтий, помаранчевий, синій, коричневий, зелений, рожевий, чорний, білий. Причому останні два кольори зустрічаються переважно не як спосіб мітки, а просто в ролі кольорової основи самого виробу.

Відмінності за кольором дозволяють максимально просто і зрозуміло визначити рівень жорсткості. На заводах проводять спеціальні випробування шляхом стискання пружин із регламентованим зусиллям та вимірюванням висоти. Якщо деталь не відповідає заданим параметрам, її відбраковують.

Всі пружини, що пройшли успішно випробування, отримують клас А або В. Клас А - для пружин, що потрапляють у межі верхнього поля допуску, тобто це більш жорсткі пружини. Клас В - для пружин, що потрапляють у межі нижнього поля допуску, тобто це більш м'які пружини.

Для того, щоб підібрати виріб і визначити необхідну жорсткість за кольором, необхідно подивитися на смужку, яка розташована з зовнішнього боку витка, саме колір цієї фарби дозволяє визначити потрібну характеристику.

Колір самих пружин буває інший. Він багато в чому залежить від захисних покриттів, який наноситься з метою зменшення впливу несприятливого середовища і корозії. В основному це хлоркаучукові та епоксидні емалі.

Колір захисного покриття також важливий. Він служить для визначення моделі авто, для якого призначена та чи інша автомобільна пружина. Також це вказує на те де буде встановлено цю пружину на передню або задню підвіску.

Висновки за розділом 1

Встановлено, що нормативне значення жорсткість пружин, встановлених на автомобілі, можна, виходячи з коду виробу або нанесених міток у вигляді штамповок або позначень фарбою. Для встановлення значення змінного коефіцієнту жорсткості пружних елементів підвіски, то необхідно провести дослідження цього параметру.

В результаті переобладнання базового легкового автомобіля, а саме доповнення його конструкції мотор-колесами, контролером, системою керування електроприводом, елементами живлення, власна маса автомобіля у порівнянні з базовим варіантом збільшилась на 12%, як наслідок, змінився перерозподіл мас автомобіля.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНЕ УЯВЛЕННЯ ЩОДО ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЛАВНОСТІ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

2.1. Загальні відомості про дослідження динаміки транспортного засобу

Вивченню динаміки транспортного засобу присвячено багато досліджень [1-6]. Динаміка транспортного засобу як розділ науки проходила низку послідовних етапів у своєму розвитку. Спочатку транспортний засіб (наприклад, легковий автомобіль) розглядався як матеріальна точка, яка перебуває під дією різних сил. Далі для дослідження підвіски транспортного засобу його стали розглядати в якості системи з концентрованими масами та податливістю. Потім для дослідження крутильних коливань двигунів та машинних агрегатів (наприклад, двигун, трансмісія) їх стали представляти у вигляді багатоланкових систем з концентрованими параметрами. З подальшим розвитком науки почали враховувати взаємодію окремих систем, тобто. розглядати всю динамічну систему транспортного засобу взагалі та вивчати окремі, так звані небезпечні режими експлуатації транспортного засобу (наприклад, динаміку транспортного засобу в момент його екстреного гальмування).

Великий вклад в області досліджень підвісок транспортних засобів, математичного моделювання ТЗ внесли наступні автори: А.С. Горобцов, І.В. Єрьоміна, Г.В. Зімелев, В.Н. Іщенко, В.В. Карамішкін, К.С. Колесніков, С.І. Кондрашкін, Г.О. Котієв, В.А. Лазарян, М.В. Ляшенко, Д.Г. Неволін, В.В. Осепчугов, Р.В. Ротенберг, Є.Б. Сарач, Г.А. Смирнов, М.Н. Стрелков, В.А. Умняшкін, Н.М. Фількін, А.К. Фрумкін, А.А. Хачатуров, Е.А. Чудаков, А. та інші [9-20].

У процесі конструювання транспортних засобів, особливо легкових автомобілів, основна увага приділяється зручності та комфортабельності

поїздки, на що неабиякий вплив має підвіска транспортного засобу. Як відомо, підвіска транспортного засобу – комплекс простих та складних деталей, які зв'язують колеса з кузовом або рамою. Основна функція підвіски - гарантувати пружність опори транспортного засобу, для того щоб пасажери могли їздити з комфортом, не відчуваючи нерівності дорожнього покриття. Ще одна важлива вимога, що відноситься до системи підвіски це те, що вона повинна стабілізувати транспортний засіб, що рухається, при його повороті, гальмуванні і прискоренні [3]. На практиці через ці основні вимоги до руху транспортного засобу та його керованості виникає суперечність між «м'якою» та «жорсткою» роботою підвіски. Тому можна стверджувати, що хороша підвіска це та, у якій це здійснено.

У моделях підвісок транспортних засобів, найчастіше береться до уваги лише вплив нерівності дороги, а модернізація цих моделей спрямована на поліпшення комфорту їзди пасажирів. Дослідження впливу коливань підресорених та непідресорених мас транспортного засобу на процес гальмування та відновлення режиму руху транспортного засобу за деформаціями підвіски та по поздовжньому нахилу кузова після дорожньої пригоди розглянута в роботі [7].

Від вибору параметрів підвіски залежать багато техніко-експлуатаційних характеристики транспортного засобу: плавність ходу, економічність, керованість, стійкість, довговічність багатьох вузлів, безпека руху та інше. [1, 3-6].

2.2. Математична модель задньої підвіски для дослідження вертикальних коливань легкового автомобіля

Розрахунок параметрів підвіски автомобіля виконують виходячи з забезпечення необхідних норм плавності ходу для вертикальних коливань кузова. Зміна жорсткості підвіски автомобіля призводить до зміни поперечних прискорень кузова, і як наслідок, до зниження плавності ходу. Таким чином, при розрахунку параметрів підвіски автомобіля потрібно враховувати не лише вертикальні коливання, а і поперечно-кутові коливання підресореної маси. Але для попереднього оцінювання гібридизації автомобіля та спрощеного розрахунку достатньо визначення тільки вертикальних коливань.

Для визначення вертикальних коливань кузова скористаємося розрахунками, які розглянуті в роботі, яку проводили на кафедрах ААГ та ТГМ НТУ «Дніпровська політехніка» [21]. В цій роботі було розроблено математичну модель системи підресорювання автомобіля, розрахункова схема якої надана на рисунку 2.1. Ця модель враховує кінематичну дію на колеса (нерівності дороги). З огляду прийнятого при створенні моделі припущення, що розподіл підресореної маси автомобіля симетричний відносно поздовжньої осі, коливання в поперечній площині є незалежними від коливань в поздовжній площині.

На рис. 2.1 прийняті такі позначення: m_1 – підресорена маса; m_2 – непідресорена маса; C_p , $C_{ш}$ – коефіцієнти жорсткості ресори та шини відповідно; μ_a , $\mu_{ш}$ – коефіцієнти дисипації амортизатора та шини відповідно; z_1 – вертикальні переміщення підресореної маси; z_2 – вертикальні переміщення непідресореної маси; z_{31} , z_{32} – висоти профілю дороги під лівим і правим колесами відповідно; l_1 – відстань між стійками; l_2 – колія (відстань між колесами).

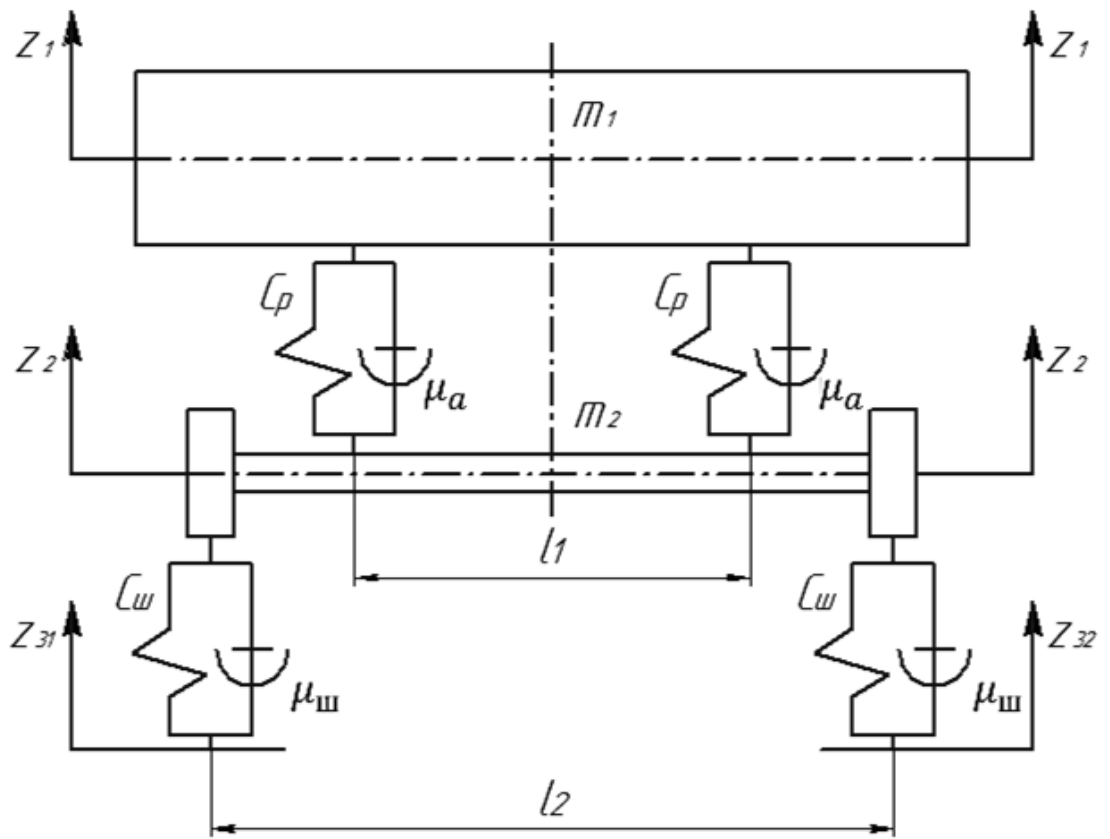


Рис.2.1. Розрахункова схема задньої підвіски гібридизованого автомобіля

Для опису руху задньої підвіски гібридизованого автомобіля (мається на увазі вертикальні коливання системи) використано рівняння Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W_K}{\partial \dot{\xi}_i} \right) - \frac{\partial W_K}{\partial \xi_i} + \frac{\partial W_{\Pi}}{\partial \xi_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \xi_i} = Q_i, \quad (2.1)$$

де W_K , W_{Π} – кінетична і потенційна енергії відповідно; Φ – дисипативна функція; ξ_i – узагальнені координати; Q_i – узагальнена сила, що відповідає i -й узагальненій координаті.

Необхідні складові рівнянь вертикальних коливань системи отримано з виразів (2.2 – 2.4), що визначають кінетичну, потенційну енергії і дисипативну функцію:

$$W_K = \frac{m_1 \dot{z}_1^2}{2} + \frac{m_2 \dot{z}_2^2}{2}; \quad (2.2)$$

$$W_{\Pi} = \frac{C_p(z_1 - z_2)^2}{2} + \frac{C_p(z_1 - z_2)^2}{2} + \frac{C_{\text{ш}}(z_2 - z_{31})^2}{2} + \frac{C_{\text{ш}}(z_2 - z_{32})^2}{2}; \quad (2.3)$$

$$\Phi = \frac{\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2)^2}{2} + \frac{\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2)^2}{2} + \frac{\mu_{\text{ш}}(\dot{z}_2)^2}{2} + \frac{\mu_{\text{ш}}(\dot{z}_2)^2}{2}. \quad (2.4)$$

Диференціювання виразів (2.2 – 2.4) за змінними z_1 , z_2 і підставляючи отримані похідні в рівняння (2.1) отримали систему диференціальних рівнянь (2.5), що описують рух задньої підвіски гібридизованого автомобіля.

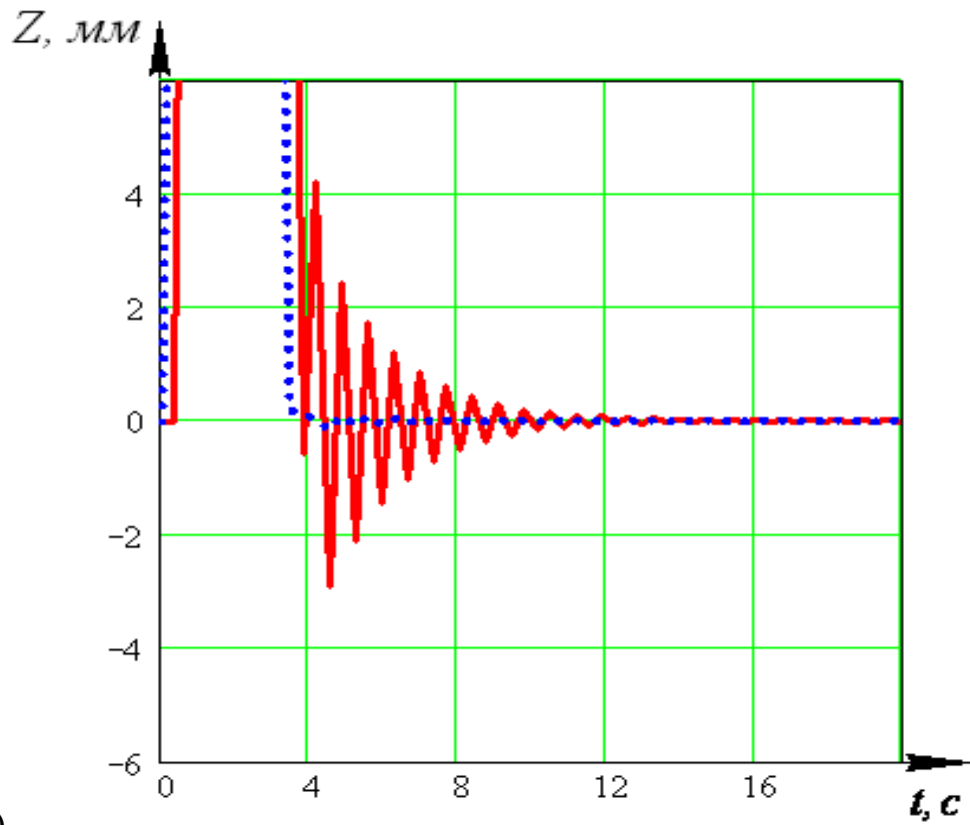
$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{z}_1 + 2C_p(z_1 - z_2) + 2\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) &= 0; \\ m_2 \ddot{z}_2 + C_{\text{ш}}(z_2 - z_{31}) + C_{\text{ш}}(z_2 - z_{32}) + 2\mu_{\text{ш}}\dot{z}_2 &= 2C_p(z_1 - z_2) + 2\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2). \end{aligned} \right\} (5)$$

На підставі цієї моделі було запропоновано методику розрахунку параметрів задньої підвіски гібридизованого автомобіля ЗАЗ «Сенс» з урахуванням вертикальних коливань кузова.

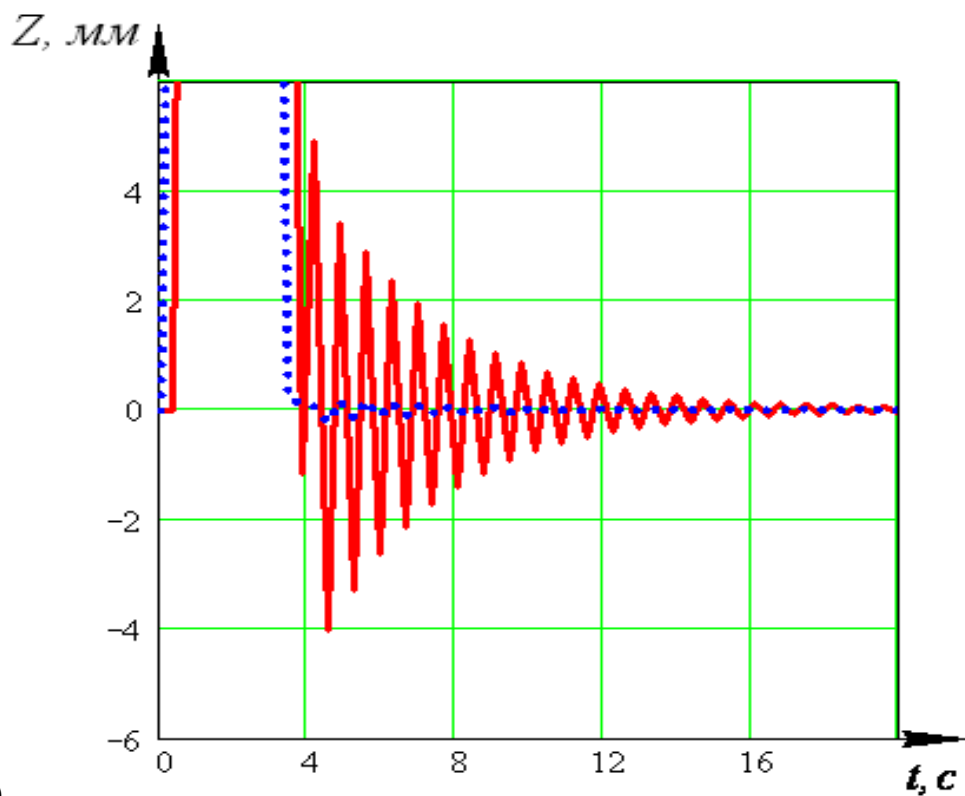
В результаті чисельного експерименту отримано залежності вертикальних переміщень підресорених і непідресорених частин автомобіля.

Як видно з рис. 2.2, збільшення непідресореної маси автомобіля при збереженні стандартних параметрів підвіски автомобіля призводить до негативних наслідків – коливання зростають за амплітудою і процес їх затухання більш тривалий рис. 2.2 б. Це видно у порівнянні з коливаннями, що виникають на екіпажі звичайної маси (рис. 2.2 а).

Подолати ці негативні наслідки можливо за допомогою правильно підібраних елементів підвіски із відповідними властивостями, серед яких основною є пружність. За пружність підвіски автомобіля відповідають пружини. Багато факторів (розміри, форма, кількість витків, тощо) впливають на їхню пружність. Але всі вони мають значення за умов використання відповідних матеріалів для виготовлення пружин.



a)



б)

а) базового та б) гібридизованого автомобіля у випадку безударного наїзду на перешкоду висотою 0,1 м одним колесом без змін параметрів підвіски

Рис. 2.2. Вертикальні коливання підресореної та непідресореної мас

Висновки за розділом 2

Величина вертикальних коливань підресореної та непідресореної мас гібридизованого автомобіля у випадку безударного наїзду на перешкоду висотою 0,1 м одним колесом без змін параметрів підвіски більше ніж у базового автомобіля у 1,8 рази, а тривалість цих коливань збільшується у 1,5 рази.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

3.1. Огляд способів визначення жорсткості пружин підвіски автомобілів

Розглянемо методи дослідження жорсткості пружини.

3.1.1. Перший метод дослідження жорсткості пружини. Це теоретичний метод визначення жорсткості пружини за формулою:

$$k = \frac{G \cdot r^4}{4 \cdot n \cdot R^3} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3},$$

де G - модуль зсуву; n - кількість витків; r - радіус прутка; d - діаметр прутка; R - радіус навивки; D - діаметр навивки.

Для класичної пружинної стали модуль зсуву, як правило, приймає значення 78,5 ГПа (або ж 7850 кгс / мм²). Однак, все залежить від марки стали, яку використовують при виробництві пружини. Проте, модуль зсуву стали перебуває в діапазоні від 77 до 85 ГПа.

Цей метод визначення жорсткості пружини найпростіший, але він використовується для циліндричних пружин з незмінною жорсткістю.

3.1.2. Другий метод дослідження жорсткості пружини. Це експериментальний метод визначення жорсткості пружини. Дізнатися значення жорсткості допоможуть ручний прес, підлогові ваги і вимірвальна лінійка (кілограмах на сантиметр).

Для цього на ваги укладають дерев'яний брусок, площа якого більше площі торця пружини, а зверху на нього встановлюють пружину. Верхній торець пружини накривають іншим дерев'яним бруском і вимірюють довжину елемента. Бруски з пружиною встановлюють на прес і стискають пружину з зусиллям до моменту контакту витків пружини, ця величина

залежить від параметрів пружини і записують свідчення терезів, тим самим визначаючи жорсткість деталі (кг/см).

Цей метод дозволяє визначити показник жорсткості пружини при максимальному навантаженні, але не зміну показників жорсткості пружини від величини стискання.

3.1.3. Третій метод дослідження жорсткості пружини. Виконується за допомогою - стенду для перевірки пружин SS20. Стенд призначений для діагностики та вимірювання зусиль циліндричних, конічних і бочкоподібних пружин стискання підвіски легкових автомобілів, позашляховиків, легких вантажівок, автобусів, перевірки їх працездатності та визначення відхилення геометричних розмірів і перекосів, що виникають при роботі пружини в складі підвіски.

Застосування стенду для перевірки пружин:

- Для пружин стискання, які виробляються серійно, а саме для контролю відповідності зусиль пружин вимогам нормативної документації.

- Для проектування та доопрацювання пружин, а саме для проведення оперативних вимірів при доведенні характеристик у випробуваннях.

- Для діагностика пружин підвіски в умовах ремонтної зони СТО, а саме для оцінки працездатності пружин при комплексному ремонті підвіски автомобілів.

- Для підбору пружин спортивних та тюнінгованих автомобілів, а саме для налаштування підвіски під умови гоночних трас з урахуванням розваговки автомобіля, з метою забезпечення максимального зчеплення з дорогою і мінімального часу проходження треку.

- Для вхідного контролю, а саме для перевірки пружин на відповідність замовленим характеристикам при закупівлі пружин партіями і на автоскладальні конвеєри.

- Для гарантійної роботи, а саме для перевірки обґрунтованості претензій по прихованим і явним дефектам пружин, що виникли в результаті експлуатації.



Рис.3.1. Стенд для перевірки пружин

Технічні параметри стенду

Параметр	Значення
Повний діапазон вимірюваних зусиль, кг	0-2000
Похибка вимірювання зусиль не більше, кгс	±2
Максимальна висота вимірюваних пружин, мм	500
Діапазон вимірювання висоти пружини, мм	100—500
Похибка вимірювання висоти пружини не більше, мм	±0,2
Діапазон внутрішніх діаметрів вимірюваних пружин, мм	68—150
Час виміру однієї пружини, сек.	20
Максимальна швидкість руху (при стисненні / при розтисненні пружини)	32 мм/с
Максимальна кількість збережених у внутрішній пам'яті тестів (історія тестів), шт.	30000
Максимальна кількість призначених для користувача моделей пружин, шт.	5000
Напруга живлення,	380
Максимальна споживана потужність не більше, кВт	2,2
Габарити: Висота x Ширина x Глибина, мм.	1980 x 750 x 400

За допомогою стенду діагностики пружин є можливість проведення наступних тестів:

1. Тестування в автоматичному режимі зусиль пружин за стандартним списком, встановленим на стенді. Стандартний список включає в себе штатні пружини для автомобілів ВАЗ, а також значення зусиль пружин для автомобілів ВАЗ.

2. Тестування і визначення жорсткості пружин в автоматичному режимі по заданій користувачем моделі. У моделі можуть бути задані дві точки відбору: по зусиллю, або по висоті.

3. Тестування в автоматичному режимі в однієї контрольній точці, заданої вручну по висоті або зусиллю з вимірюванням твердості поблизу цієї точки.

4. Проведення довільних вимірювань в ручному режимі з плавним дозуванням зусиль стиснення.

В результаті тестування в автоматичному режимі відображаються:

- числові дані зусилля і висоти в контрольних точках;
- графік змін зусилля в залежності від висоти;
- висновок про відповідність отриманих результатів нормативним допуском. Параметри допусків можуть бути встановлені самостійно.

Все результати тестів, проведені в автоматичному режимі, зберігаються в пам'яті стенду. Їх можна переглядати і зберігати на USB носії. Обновлення програмного забезпечення здійснюється через USB носії.

Таким чином, стенд діагностики пружин дозволяє:

1. порівняти характеристики пружин з контрольними значеннями заводу-виготовлювача і таким чином визначити їх придатність для експлуатації на автомобілі; порівняти пружини на одній осі автомобіля, зусилля яких не повинні відрізнятися в середньому по різних маркам автомобілів більш ніж на 12 кг;

2. підібрати дві пружини з однаковими характеристиками на одну вісь автомобіля;

3. перевірити пружину на перекіс і викривлення при її стисканні;

4. визначити значення жорсткості пружини в будь-якій точці по висоті;

5. перевірити пружину на усадку під максимальним навантаженням;

6. підібрати пружини на автомобіль, в тому числі для збільшення або зменшення кліренсу;

7. перевірити нові пружини перед установкою на автомобіль.

Цей метод дозволяє визначити показники жорсткості в будь-якій точці пружини, але він дороговартісний та доцільний при великих об'ємах досліджень.

3.2. Методика експериментального дослідження

Проаналізувавши методи визначення жорсткості пружини експериментальним шляхом для виконання експериментального дослідження було обрано третій метод.

3.2.1. Обладнання для проведення експериментального дослідження. Для експериментального дослідження використали наступне обладнання: підлоговий гідравлічний прес Remax SD0804CE, динамометр ДОСМ-3-1.

Прес підлоговий REMAX SD0804CE (рис. 3.2) призначений для ремонтних операцій, у тому числі монтаж - демонтаж, запресування - випресування різноманітних автомобільних деталей.

Технічні характеристики:

- зусилля – 20т;
- привод – ручний;
- силовий пристрій - гідравлічний із приводом від ручного насосу;
- хід штока – 190 мм;
- робочий діапазон - 998 мм;
- ширина станини – 545 мм;
- габаритні розміри (ДхШхВ) – 738 × 700 × 1505 мм.

Динамометр стискання ДОСМ-3-1 (рис. 3.3 – 3.4) зразковий переносний 3-го розряду працює за принципом визначення сили за величиною деформації силового пружного елемента, показання сили відраховуються за індикатором, який закріплений на підставці.

Технічні характеристики:

- межі вимірів – від 1 кН до 10 кН (від 100 кг до 1 т);
- ціна найменшого поділу шкали, від найбільшої межі виміру - не менше 0,2%;

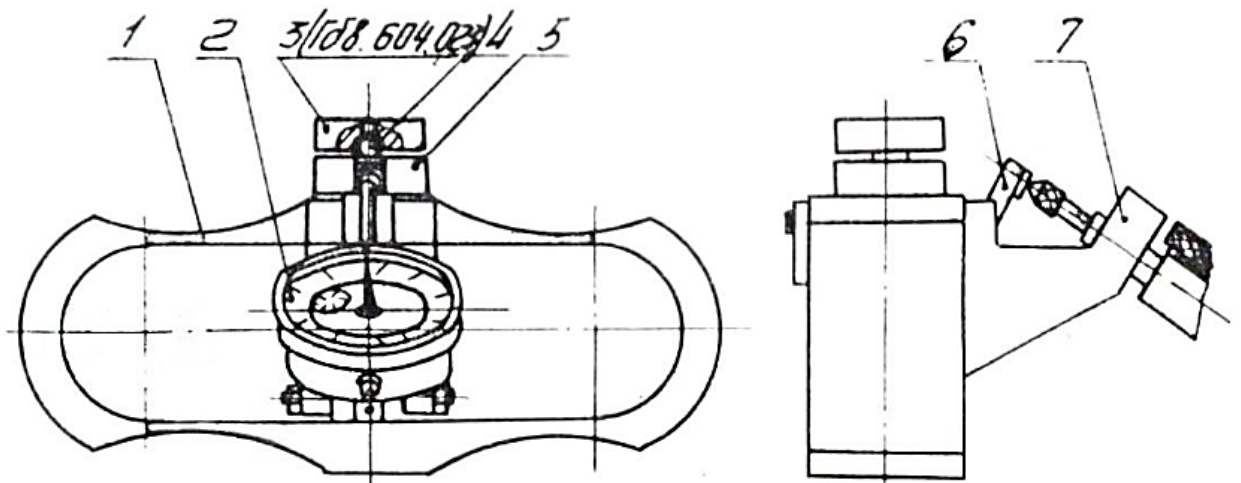
- поріг чутливості, від максимальної межі виміру - трохи більше 0,02%;
- значення різниці показань динамометра при навантаженні і розвантаженні при 50% навантаженні, від вимірюваного значення - не більше 0,8%;
- неповернення покажчика на нульову позначку при розвантаженні динамометра - не більше 0,5 поділки;
- температура навколишнього повітря - від -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість - не більше 85%;
- габаритні розміри – $190 \times 165 \times 105$ мм;
- маса – не більше 2 кг.



Рис. 3.2. Підлоговий гідравлічний прес REMAX SD0804CE



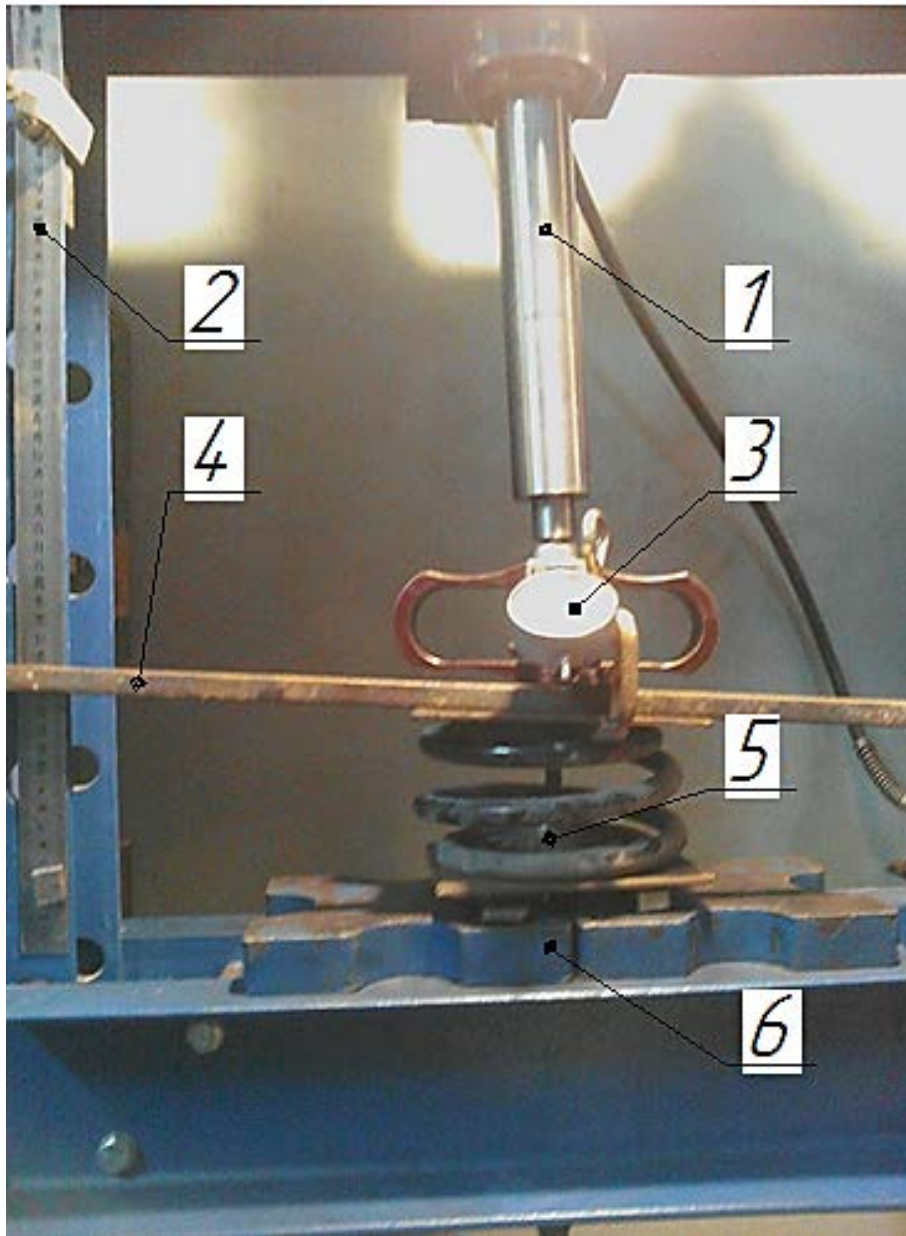
Рис. 3.3. Динамометр ДОСМ-3-1



1 – пружний елемент (силовий), 2 – індикатор, 3 – накладка, 4 – шарик,
5 – упор, 6 – важіль, 7 - основа

Рис. 3.4. Схема динамометра ДОСМ-3-1

3.2.2. Підготовка до експерименту. На опорну площадку преса 6 (рис. 3.5) встановили центруючий елемент 5, який допомагає втримати від переміщень пружину. Розташували на опорній площадці 6 та на центруючому елементі 5 пружину. На верхньому торці пружини розташували вказівник переміщень 4, який дозволить визначити переміщення при стисканні пружини.



1 – шток, 2 – лінійка, 3 – динамометр, 4 – вказівник переміщень,
5 – центруючий елемент, 6 – опорна площадка

Рис. 3.5. Експериментальне дослідження пружини

Вказівник переміщень 4 – це квадратний прут під який поклали металеву пластину для збільшення площі тиску на пружину. Величину переміщень з'ясовували за допомогою двох лінійок 2. Лінійки 2 розташовані по обидва боки преса, одна лінійка призначена для того, щоб визначати величину стискання пружини, а друга лінійка призначена для контролю вигину вказівника переміщень 4 та враховує його розташування, яке може бути відмінне від горизонтального 4. На вказівнику переміщень 4 розташували пружний силовий елемент динамометру 3, на який тисне шток 1.

3.2.3. Порядок виконання експерименту. Встановити пружину на прес, розташувати на ній вказівник переміщень, опустити шток преса з динамометром в позицію рівноваги, коли вони стикаються, але не тиснуть.

Здійснити пробне навантаження до 80-90% від максимального навантаження і зняти показання динамометра. Розвантажити зразок. Потім виконати навантаження зразка 5-10% від максимального навантаження. Це необхідно для того, щоб усунути зазори в механічних передачах динамометра та випробувального стенду та, відповідно, зменшити похибку вимірювання. Потім необхідно встановити на шкалі динамометра, шляхом її обертання, нульове показання. Виконати навантаження пружини шляхом качаючих рухів важелем преса. Крок переміщення вказівника 4 складає 5 мм. Після кожного стискання пружини знімали показання динамометру – кількість поділів на індикаторі. Під час виконання експерименту, після кожного навантаження, записують значення переміщення вказівника та показники динамометра. Експеримент продовжували до повного стискання пружини, а потім знімали показники до повного вивільнення (розтягнення) пружини.

3.3. Калібрування обладнання

Калібрування динамометра ДОСМ-3-1 виконали за допомогою преса електромеханічного електронного випробувального (рис. 3.6.), виробник ПТП АСМА-Прибор у м. Світловодськ в Україні.

Розташовуємо динамометр на нижній підставці преса. Опускаємо верхню підставку преса, так щоб вона доторкнулася до динамометра та встановлюємо показник індикатора на нульову відмітку. Далі створюємо зусилля 10 кг та з індикатора динамометра знімаємо показання, а саме на яку кількість поділок перемістилася стрілка. Так робимо чотири рази та будуємо графік калібрування динамометра (рис. 3.7).



Рис. 3.6. Прес електромеханічний електронний випробувальний

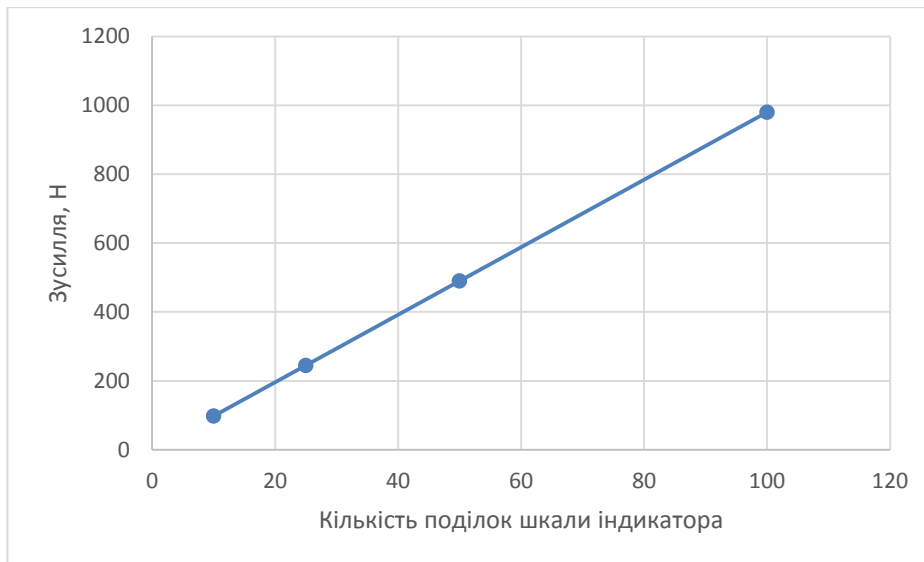


Рис. 3.7. Графік калібрування динамометра

3.4. Результати експериментального дослідження жорсткості пружини задньої підвіски ЗАЗ Сенс

Після експериментального дослідження було отримано наступні показники: величина стискання та відповідне йому показання динамометру.

Під час виконання розрахунків виконали наступне:

- показання поділів шкали індикатора динамометра за допомогою рис. 3.7 «Графік калібрування динамометра» були переведені у величину прикладеного навантаження;
- за існуючими показниками розраховували показник жорсткості пружини.

В результаті експериментальних досліджень були отримані найменше та найбільше значення коефіцієнту жорсткості пружин.

Для дослідження жорсткості пружин від деформації були вибрані пружини з постійним діаметром прута та зі змінним діаметром прута.

Пружина з постійним діаметром прута (рис. 3.7) має наступні параметри: вага - 1,85 кг, діаметр 1 – 13 мм, зовнішній діаметр – 156 мм, довжина – 231мм.



Рис. 3.8. Пружина з постійним діаметром прута

Пружина зі змінним діаметром прута (рис. 3.9) має наступні параметри: вага - 2,4 кг, діаметр 1 - 8,8 мм, діаметр 2 - 14,65 мм, діаметр 3 - 8,8 мм, зовнішній діаметр - 160 мм, довжина – 246 мм.



Рис. 3.9. Пружина зі змінним діаметром прута

За результатами експериментальних досліджень були отримані наступні результати.

1. Дослідження залежність жорсткості пружини з постійним діаметром прута від деформації (рис.3.10 – 3.11).

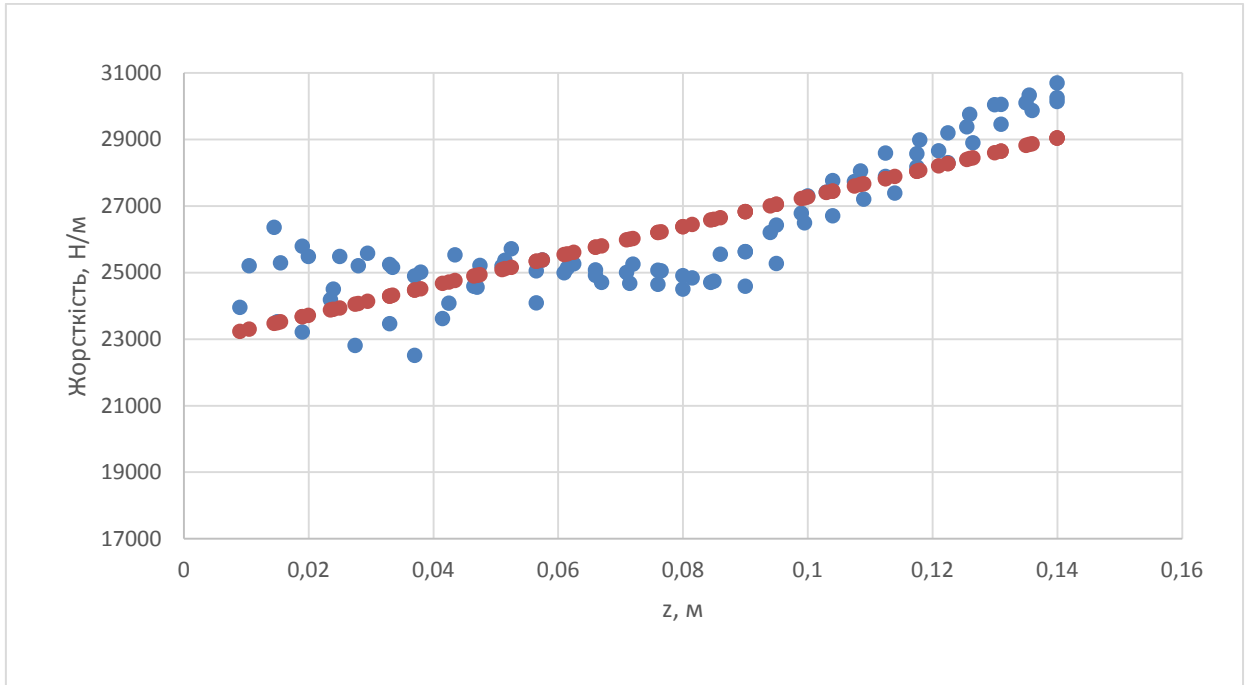


Рис. 3.10. Процес стискання пружини

Залежність жорсткості пружини при стисканні

$$\tilde{C}_p = 44411z + 22829 \quad (4.1)$$

Визначимо середньо квадратичну похибку рівняння:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum(C_p - \tilde{C}_p)^2}{n-2}} = 1104,305 \text{ Н/м}$$

$$\text{Відносна похибка складе: } \varepsilon = \frac{S_e}{\tilde{C}_p} \cdot 100\% = 4,21 \%$$

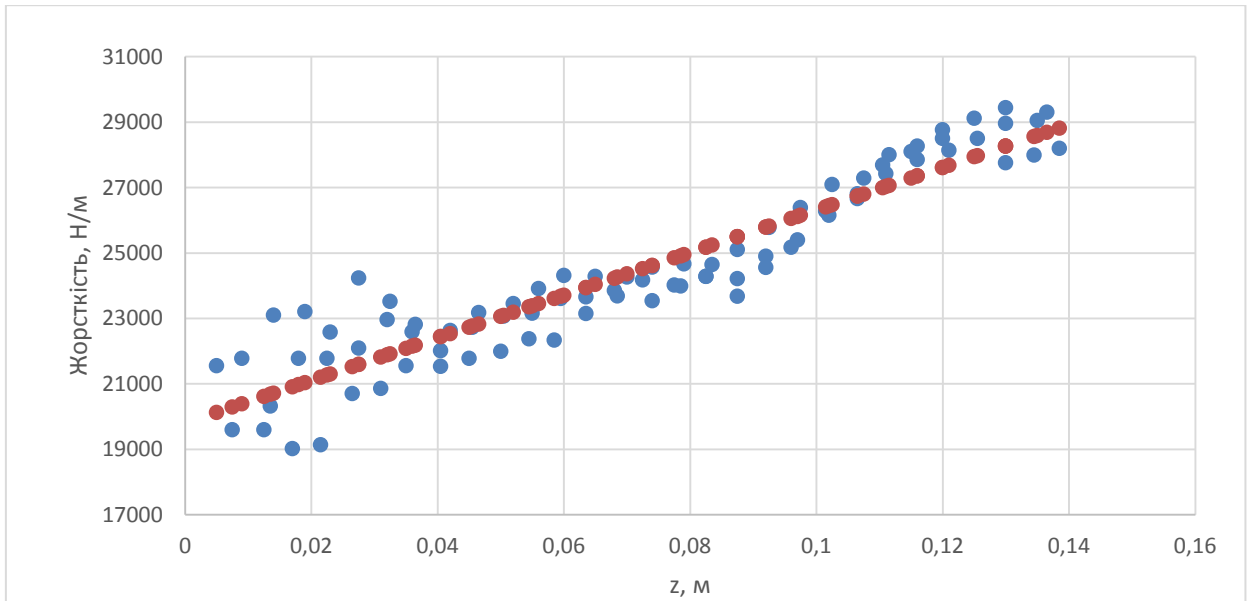


Рис. 3.11. Процес вивільнення пружини

Залежність жорсткості пружини при вивільненні

$$\tilde{C}_p = 65091z + 19806 \quad (4.2)$$

Визначимо середньо квадратичну похибку рівняння:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum(C_p - \tilde{C}_p)^2}{n-2}} = 928,83 \text{ Н/м}$$

Відносна похибка складе: $\varepsilon = \frac{S_e}{\tilde{C}_p} \cdot 100\% = 3,8 \%$

В результаті експерименту отримано:

найменше значення коефіцієнту жорсткості $C_{p \min} = 19023,53 \text{ Н/м}$;

найбільше значення коефіцієнту жорсткості $C_{p \max} = 30702 \text{ Н/м}$;

2. Дослідження залежність жорсткості пружини зі змінним діаметром прута від деформації (рис. 3.12 – 3.15).

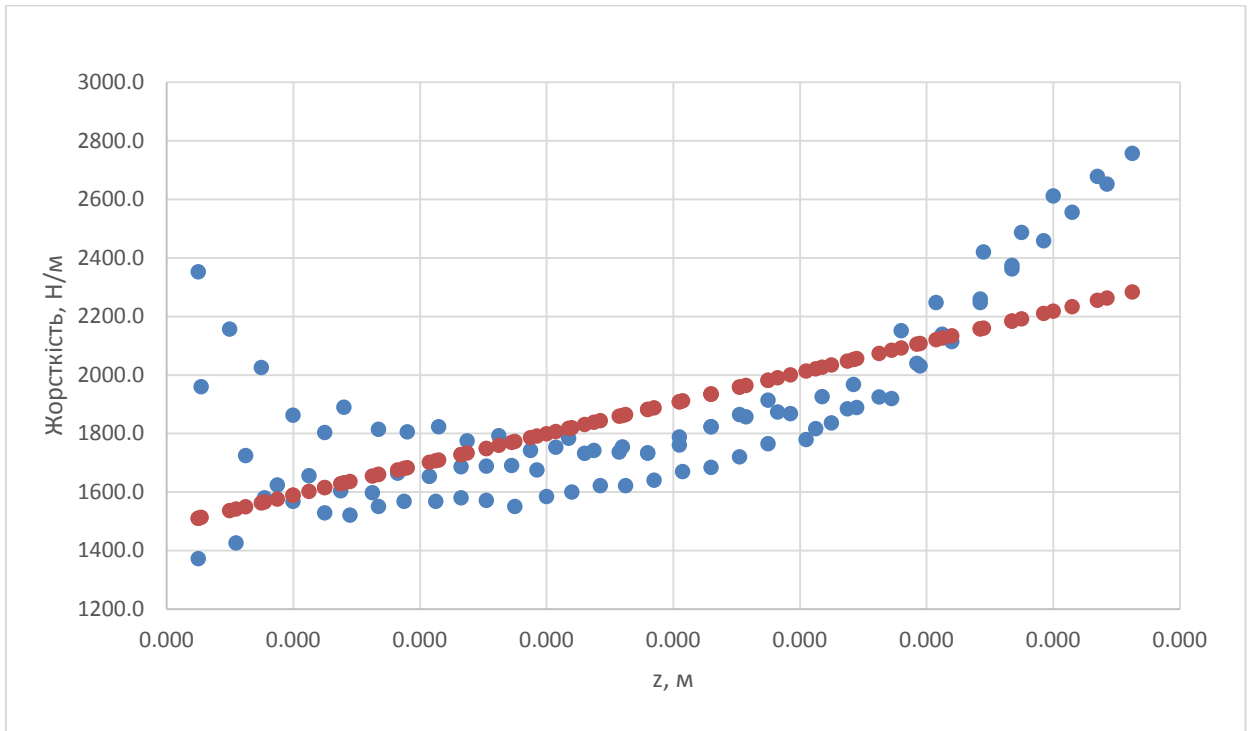


Рис. 3.12. Процес стискання пружини

Прямолінійна залежність жорсткості пружини при стисканні

$$\tilde{c}_p = 52392z + 14843 \quad (4.3)$$

Визначимо середню квадратичну похибку рівняння:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (c_p - \tilde{c}_p)^2}{n-2}} = 2173,746 \text{ Н/м}$$

Відносна похибка складе: $\varepsilon = \frac{S_e}{\tilde{c}_p} \cdot 100\% = 11,6\%$

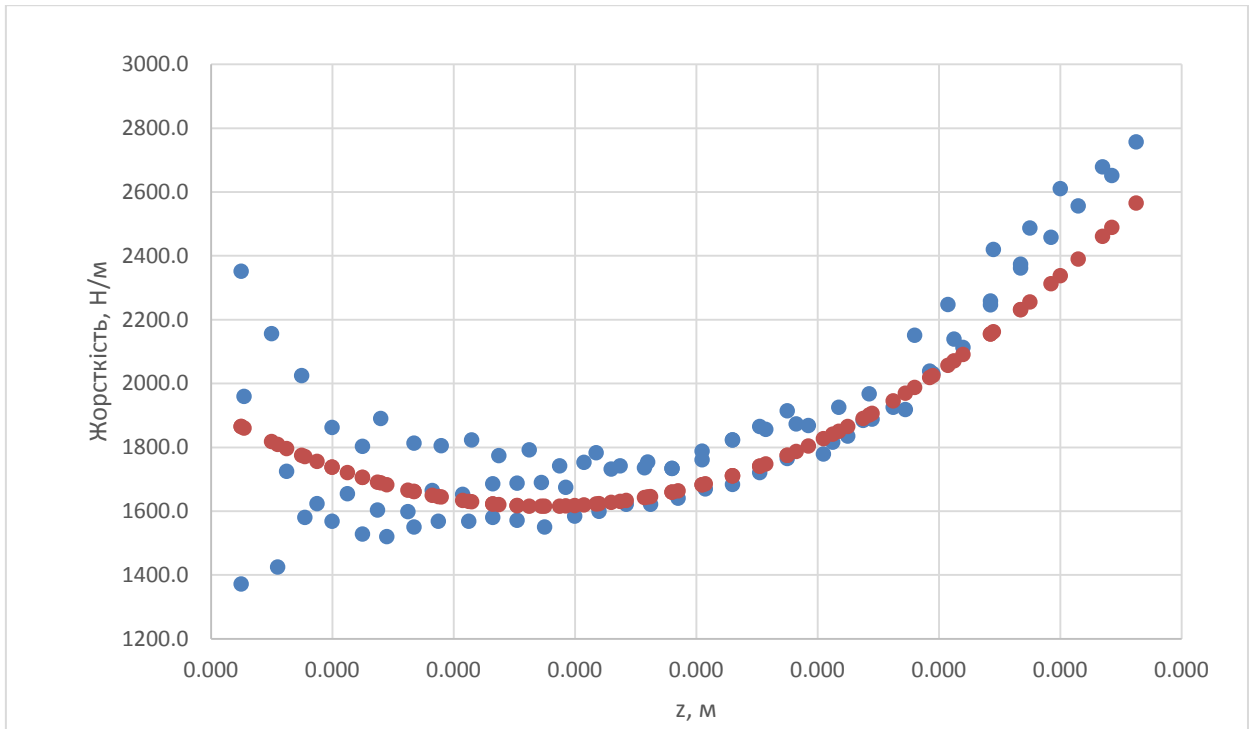


Рис. 3.13. Процес стискання пружини

Криволінійна залежність жорсткості пружини при стисканні

$$\tilde{C}_p = 10^6 z^2 - 110037z + 19181 \quad (4.4)$$

Визначимо середню квадратичну похибку рівняння:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (C_p - \tilde{C}_p)^2}{n-3}} = 1026,041 \text{ Н/м}$$

Відносна похибка складе: $\varepsilon = \frac{S_e}{\tilde{C}_p} \cdot 100\% = 5,5 \%$

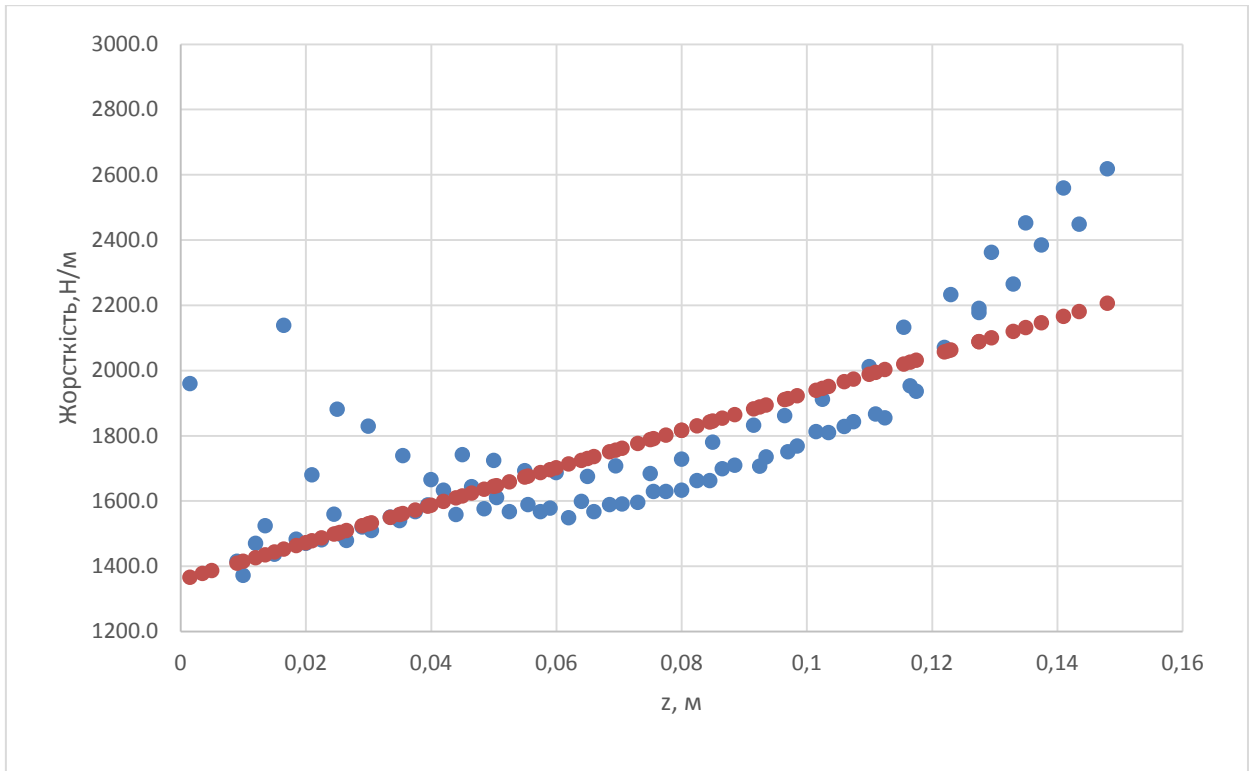


Рис. 3.14. Процес вивільнення пружини

Прямолінійна залежність жорсткості пружини при вивільненні

$$\tilde{c}_p = 57330z + 13580 \quad (4.5)$$

Визначимо середньо квадратичну похибку рівняння:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (c_p - \tilde{c}_p)^2}{n-2}} = 1783,622 \text{ Н/м}$$

Відносна похибка складе: $\varepsilon = \frac{S_e}{\tilde{c}_p} \cdot 100\% = 10,2 \%$

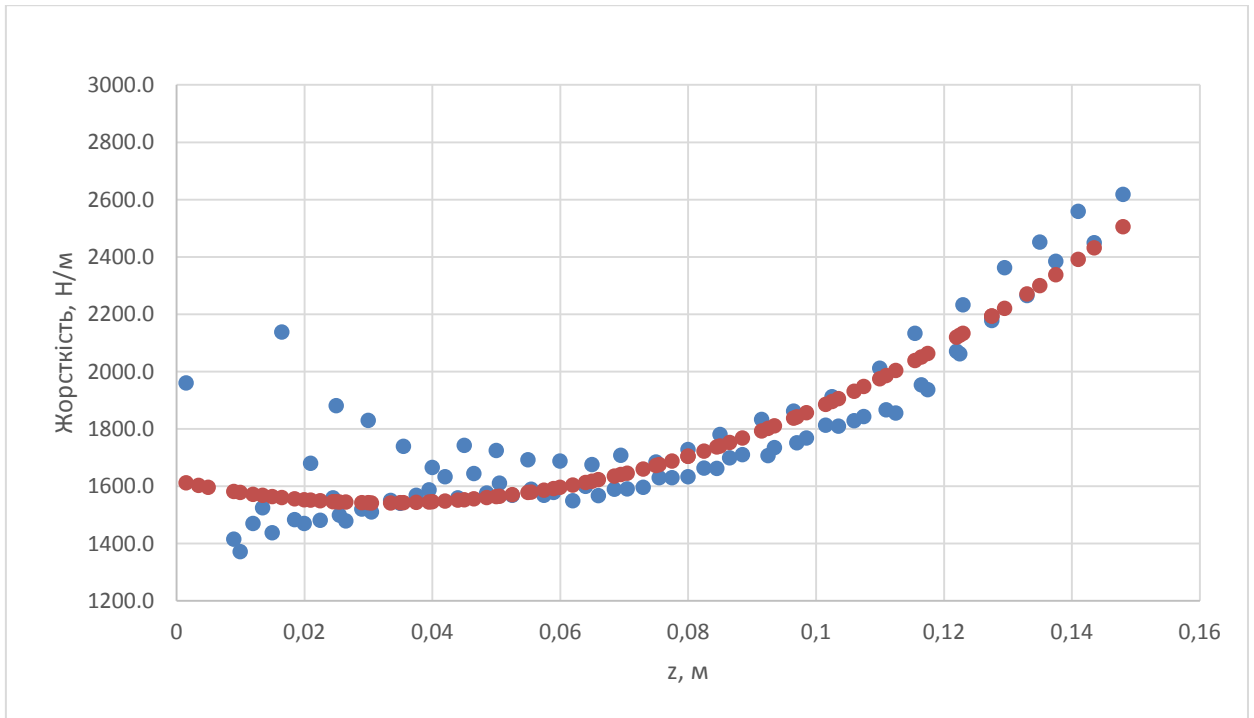


Рис. 3.15. Процес вивільнення пружини

Криволінійна залежність жорсткості пружини при вивільненні

$$\tilde{c}_p = 722539z^2 - 47035z + 16184 \quad (4.6)$$

Визначимо середньо квадратичну похибку рівняння:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (c_p - \tilde{c}_p)^2}{n-3}} = 1411,256 \text{ Н/м}$$

Відносна похибка складе: $\varepsilon = \frac{S_e}{\tilde{c}_p} \cdot 100\% = 8\%$

В результаті експерименту отримано:

- найменше значення коефіцієнту жорсткості $C_{p \min} = 11200 \text{ Н/м}$;
- найбільше значення коефіцієнту жорсткості $C_{p \max} = 27568,5 \text{ Н/м}$;

3.5. Безпека праці під час проведення експериментальних випробувань

Під час проведення експериментального дослідження використовуються прес гідравлічний підлоговий REMAX, динамометр ДОСМ-3-1. Найбільшу небезпеку представляє прес гідравлічний підлоговий, тому розглянемо вимоги безпеки перед початком досліджень, під час виконання робіт та після завершення роботи [27].

1. Перед початком роботи необхідно:

- одягнути передбачений для виконання роботи спецодяг, спецвзуття;
- оглянути і привести в належний стан робоче місце, прибрати зайве;
- оглянути інструмент, пристосування, перевірити їх справність;
- переконатися в достатній освітленості робочого місця; при необхідності використання переносного світильника переконатися в його справності.

2. Гідравлічний прес має бути закріплений на підлозі і відповідати таким вимогам:

- корпус преса (станина) не повинен мати тріщини та інші ушкодження;
- манометр робочого тиску гідравлічного преса має бути справним;
- робоча зона, спрямована у бік проходів або в сторону іншого обладнання, має бути відгороджена захисним екраном;
- підставки під оброблювану деталь повинні відповідати розмірам деталі і мати можливість фіксації деталі на пресі;
- гідравлічні шланги не повинні мати ушкоджень, вони повинні бути надійно закріплені на штуцерах;
- гідроциліндр не повинен пропускати робочу рідину через ущільнення.

3. При виявленні загрози безпечному проведенню роботи до роботи не приступати. Дозволяється приступати до роботи тільки після усунення виявлених недоліків.

4. Під час роботи на пресі необхідно:

- бути уважним, не відволікатися;
- підтримувати чистоту та порядок на робочому місці, тримати в чистоті і справності всі вузли і механізми преса;
- стежити за справністю роботи електрообладнання та електроприладів, у разі раптового припинення подачі електроенергії прес необхідно відключити від електричної мережі;
- стежити за справністю всіх контрольно-вимірювальних приладів; при виявленні несправностей необхідно вжити заходи щодо зупинки преса та повідомити про це безпосереднього керівника;
- стежити за тим, щоб не було витoku робочої рідини в місцях приєднання шлангів.

5. При пресуванні деталі стежити, щоб вона була міцно закріплена, а спеціальне пристосування було встановлене без перекосів. Робочі деталі встановлювати на підручних пристосуваннях так, щоб унеможливити їх зміщення під час роботи. Обробляти деталі, що знаходяться в підвішеному стані або які утримуються руками, не допускається.

6. Забороняється:

- проводити регулювання та ремонт обладнання під час роботи преса;
- працювати на несправному пресі;
- працювати з несправними контрольно-вимірювальними приладами та гідравлічною магістраллю;
- доторкатися до рубильників та іншого електроустаткування без гумових рукавичок;
- залишати прес, який працює, без нагляду.

7. Вимоги безпеки після закінчення роботи: вимкнути прес, закрити вентиль (клапан) на масляній магістралі, привести робоче місце в належний стан, зібрати та перенести у відведені місця залишки матеріалів, їх відходи, інструменти тощо, ретельно протерти і очистити пристосування і інструмент.

8. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях. В процесі роботи можуть виникнути наступні аварійні ситуації: загоряння обладнання або матеріалів, виникнення пожежі; пошкодження ізоляції електрообладнання, виникнення напруги дотику та крокової напруги; заклинювання рухомих частин обладнання; розрив частин механізмів, що рухаються або обертаються; виліт матеріалів, що обробляються.

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно:

- обгородити небезпечну зону і не допускати в неї сторонніх осіб; якщо обстановка не загрожує життю і здоров'ю працівників і не повинна призвести до більш тяжких наслідків, необхідно її зберегти такою, якою вона була на момент настання події, для проведення розслідування;

- повідомити про те, що сталося;

- у випадку виникнення пожежі приступити до її ліквідації; якщо погасити пожежу своїми силами неможливо, викликати пожежну команду.

У разі настання нещасного випадку: негайно звільнити потерпілого від дії вражаючого фактору; перенести його в безпечне місце; визначити стан потерпілого, при необхідності надати йому домедичну допомогу, а у тяжких випадках викликати екстрену медичну допомогу.

Висновки за розділом 3

1. Використання цієї методики дозволить визначити характер впливу змінного коефіцієнту жорсткості пружних елементів підвіски на вертикальні коливання підресореної та непідресореної мас автомобіля.

2. Результати експериментального дослідження можуть бути використані для дослідження вертикальних коливань кузова автомобіля.

3. За результатами дослідження жорсткості пружини з постійним діаметром прута від деформації змінюється по лінійній залежності, середня величина похибки процесів стискання- вивільнення складає 4 %.

4. За результатами дослідження жорсткості пружини зі змінним діаметром прута від деформації змінюється по криволінійній залежності, середня величина похибки процесів стискання- вивільнення складає 6,7 %.

5. При проведенні експериментальних досліджень дотримувались правил безпеки праці при роботі з обладнанням.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішувалася важлива мета – визначення коефіцієнту жорсткості пружин для удосконалення динамічних властивостей задньої підвіски напівгібризованого автомобіля.

У ході виконаної роботи отримані наступні основні результати:

1. В результаті переобладнання базового легкового автомобіля ЗАЗ Сенс власна маса автомобіля у порівнянні з базовим варіантом збільшилась на 12%, як наслідок, змінився перерозподіл мас автомобіля та виникла потреба у корегуванні характеристик підвіски задньої осі.

2. Встановлено, що величина вертикальних коливань підресореної та непідресореної мас гібризованого автомобіля у випадку безударного наїзду на перешкоду висотою 0,1 м одним колесом без змін параметрів підвіски більше ніж у базового автомобіля у 1,8 рази, а тривалість цих коливань збільшується у 1,5 рази.

3. Встановлено, що за результатами дослідження жорсткості пружини з постійним діаметром прута від деформації змінюється по лінійній залежності, середня величина похибки процесів стискання - вивільнення складає 4 %. За результатами дослідження жорсткості пружини зі змінним діаметром прута від деформації змінюється по криволінійній залежності, середня величина похибки процесів стискання- вивільнення складає 6,7 %.

Матеріали кваліфікаційної роботи впроваджено в НТУ «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро) при проведенні лекційній та практичних робіт з дисципліни «Теорія експлуатаційних властивостей та розрахунків автомобілів».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Цитович И. С., Альгин В. Б. Динамика автомобиля. Минск: Наука и техника, 1981. 191 с.
2. Раймпель Й. Шасси автомобиля: конструкции подвесок. Москва: Машиностроение, 1989. 328 с.
3. Прентковский О. Движение транспортного средства по неровной дороге (О. Прентковський. Рух транспортного засобу по нерівній дорозі). В кн.: Прогрессивные технологии и системы машиностроения: международный сборник научных трудов, вып. 28. Донецк: ДонНТУ, 2004. с. 137-141. (на украинском языке).
4. Исследование торможения автомобиля и работы пневматических шин. В кн.: Межвузовский сборник. Новосибирск: НИСИ, 1977. 48 с.
5. Успенский И. Н., Мельников А. А. Проектирование подвески автомобиля. Москва: Машиностроение, 1976. 168 с.
6. Иларионов В. А., Морин М. М., Сергеев Н. М. Теория и конструкция автомобиля. Москва: Машиностроение, 1985. 368 с.
7. Олег Прентковский, Робертас Печелюнас Динамика транспортного средства в момент экстренного торможения: Матеріали конференції The International Conference RELIABILITY and STATISTICS in TRANSPORTATION and COMMUNICATION (RelStat'04), October 2004.: Riga, Latvia, 2004.
8. Семенов Н.В., Ролле В.Е. Расчет параметров подвески автомобиля с учетом поперечно - угловых колебаний кузова /Н.В. Семенов, В.Е. Ролле // Научно - технические ведомости СПбПУ Естественные и инженерные науки-2011.
9. Белоусов, Б.Н. Управляемые подвески автомобилей / Белоусов Б.Н., Меркулов И.В., Федотов И.В. // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 1. – С. 23-24.

10. Горобцов, А.С. Математическое моделирование динамики АТС. Проблемы и перспективы / А.С. Горобцов // Автомобильная промышленность. – 2006. – №4 – С. 14-16.

11. Дербаремдикер А.Д. Новый метод оценки плавности хода АТС / А.Д. Дербаремдикер // Автомобильная промышленность. – 1991. – № 5. – С. 18-20.

12. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель/ Под общ. ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 534 с.

13. Еремина, И.В. Обеспечение плавности хода при проектировании легкового автомобиля с учетом влияния потерь на трение в подвеске: Автореф. дис. канд. тех. наук: 05.05.03 / Еремина Ирина Васильевна. – Тольятти, 2008. – 26 с.

14. Жилейкин, М.М. Методика подбора характеристик управляемой подвески с двумя уровнями демпфирования многоосных колесных машин / М.М. Жилейкин, Г.О. Котиев, Е.Б. Сарач // Наука и образование. – 2012. – №2. – С. 1- 10.

15. Колесников, К.С. Методы моделирования динамических процессов при движении многоосных автомобилей высокой проходимости / К.С. Колесников, И.В. Аксенов // Известия вузов. Машиностроение. – 2002. – №6. – С. 29-34.

16. Кузнецов, В.А. Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: Учебное пособие / В.А. Кузнецов, И.Ф. Дьяков. –Ульяновск: УлГТУ. – 2003. – 64 с.

17. Мирзоев, Г.К. О влиянии на плавность хода легкового автомобиля соотношений параметров колебаний его передней и задней подвесок / Г.К. Мирзоев, Д.С. Храпов // Тр. всеросс. научно-технич. конф. «Современные тенденции развития автостроения в России» (Тольятти, 2005 г.). – Тольятти, 2005. – С. 140-144.

18. О построении характеристики жесткости пружинной подвески автомобиля /О.А. Дубровская, А.Ф. Дубровский, С.В. Алюков и др. // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ. – 2010. – №3(17). – С. 22-24. 132

19. Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля и его колебания / Р.В. Ротенберг. – М.:Машгиз, 1960. – 245 с.

20. Успенский, И.Н. Проектирование подвески автомобиля / И.Н. Успенский, А.А. Мельников. – М.: Машиностроение, 1976. – 168 с.

21. Проців В.В., Бас Т.П. Дослідження динамічних параметрів задньої підвіски автомобілів класу М1 // П'ята всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Молодь: наука та інновації», - Дніпро – 2017. - Т. 5 - С. 4.

22. Автомобили: Устройство автотранспортных средств / А.Г. Пузанков. – М.: Академия, 2006. – 560 с.

23. Осепчугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

24. ДСТУ 3649-2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. – К.: «Держспоживстандарт України», 2011. – 32 с.

25. Автомобили: конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть: Учеб. пособие для вузов / А. И. Гришкевич, Д. М. Ломако и др.; Под ред. А. И. Гришкевича. – Мн.: Выш. шк., 1987. – 200 с.

26. Лиходій О. С. Обґрунтування вибору підвіски для легкового автомобіля (4×4) / О. С. Лиходій, В. В. Богомоллов, О. П. Чабан // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула Харківського національного автомобільно-дорожнього університету «Новітні технології в

автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців». – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2021, С. 43-44.

27. Інструкція з охорони праці при роботі з гідравлічними пресами [Електронний ресурс]: Інформаційний ресурс Державні нормативні акти про охорону праці ДНАОП - законодавча база. URL: https://dnaop.com/html/33514/doc-%D0%9F%D0%86_1.5.20-440-2006

28. Методичні вказівки до виконання та захисту кваліфікаційної роботи студентів другого (магістерського) рівня освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форм навчання / Укладачі: Заренбін В. Г., Лиходій О. С., Колеснікова Т. М. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2020, 48 с.

29. Бас К.М., Лиходій О.С., Ходос О.Г., Єрісов М.М. Проблематика гібридизації легкового автомобіля ЗАЗ «СЕНС» // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула Харківського національного автомобільно-дорожнього університету «Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців». – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2021, С. 24-26.

ДОДАТОК А

**Дослідження залежності жорсткості пружини зі змінним діаметром прута
від деформації при стисканні**

Деформація z, мм	Жорсткість пружини Cp, Н/м	Деформація z, мм	Жорсткість пружини Cp, Н/м	Деформація z, мм	Жорсткість пружини Cp, Н/м
5	23520,0	50	17743,2	100	17205,6
5	13720,0	50	16883,2	95	18564,7
5	19600,0	55	15718,8	100	19141,5
10	21560,0	55	17920,0	105	17651,5
10	14254,5	55	16902,8	100	18731,1
10	17248,0	60	15501,8	105	18682,5
15	20253,3	60	17422,2	110	17788,8
15	15806,5	60	16752,1	110	18165,9
15	16240,0	65	15843,3	105	19252,8
20	18620,0	65	17528,5	115	18355,6
20	15680,0	65	17833,8	115	18840,3
20	16551,1	70	15993,1	110	19672,3
25	18032,0	70	17323,2	120	18880,7
25	15288,0	70	17422,2	120	19251,6
25	16036,4	75	16214,1	125	19189,2
30	18900,0	75	17361,3	115	21509,3
30	15206,9	75	17543,2	125	20393,9
30	15981,5	80	16220,7	130	20308,2
35	18137,3	80	17336,3	120	22471,4
35	15504,5	80	17336,3	130	21392,0
35	16646,6	85	16404,0	135	21133,2
40	15680,0	85	17879,3	135	22467,5
40	18052,6	85	17610,4	140	22589,6
40	16530,1	90	16700,7	140	23740,2
45	15680,0	90	18232,6	145	23622,8
45	18232,6	90	18232,6	130	24870,2
45	16860,2	95	16839,8	130	24581,4
50	15806,5	95	18649,5	135	26110,0

Апробація результатів кваліфікаційної роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Автомобільний факультет

НАУКОВІ ПРАЦІ

Міжнародної науково-практичної конференції
присвяченої 90-річчю кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула
Харківського національного автомобільно-дорожнього
університету

**"Новітні технології в автомобілебудуванні,
транспорті та при підготовці фахівців"**

27-29 жовтня 2021 р.



Харків 2021

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

КЕРІВНИКИ ОРГКОМІТЕТУ

Богмолов Віктор Олександрович – ректор ХНАДУ, д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України, академік Транспортної академії України, голова організаційного комітету конференції;

Дмитрієв Ілля Андрійович – проректор ХНАДУ з наукової роботи, д.с.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Транспортної академії України, заступник голови організаційного комітету конференції;

Сараєв Олексій Вікторович – декан автомобільного факультету ХНАДУ, д.т.н., відповідальна особа за організацію та проведення конференції

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ

Клименко Валерій Іванович - зав. кафедри автомобілів ХНАДУ, д.т.н., професор, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, академік Транспортної академії України;

Гнатів Андрій Вікторович - д.т.н., професор кафедри автомобільної електроніки ХНАДУ;

Батишкін Юрій Вікторович - зав. кафедри фізики ХНАДУ, д.т.н., професор, академік Транспортної академії України;

Волков Володимир Петрович – зав. кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ХНАДУ, д.т.н., професор, академік Транспортної академії України;

Матейчик Василь Петрович – декан автомеханічного факультету Національного транспортного університету м. Київ, д.т.н., професор, Відмінник освіти України, академік Транспортної академії України;

Воропай Олексій Валерійович – зав. кафедри деталей машин ХНАДУ, д.т.н., професор;

3

ЗМІСТ

Секція 1. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

Александров С.Є., Шаповаленко В.О., Масляев К.В.	20
Параметричний синтез системи підкерування автомобіля	
Байдала В.Ю.	21
Аналіз стану питання забезпечення стійкості положення колісних машин при роботі з причепами	
Бас К.М., Лиходій О.С., Ходос О.Г., Єрісов М.М.	24
Проблематика гібридизації легкового автомобіля ЗАЗ «СЕНС»	