

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Вдосконалення і обслуговування елементів підвіски вантажного автомобіля

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма: Автомобільний транспорт

Шифр: КРБАТ 26.22087.000. ПЗ

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

 Богдан ДАНИЛЮК

Керівник, д.т.н., професор

 Максим ДИХА

Нормоконтролер, к.т.н., доцент

 Олег БАБАК

До захисту допускаю:
завідувач кафедри ТАМ

 Олександр ДИХА

10 06 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма: Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ
Олександр ДИХА

" 15" квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Данилюк Богдан Володимирович

1. Тема роботи: Вдосконалення і обслуговування елементів підвіски вантажного автомобіля

рівник роботи: Диха Максим Олександрович, к.т.н

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7

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

3. Вихідні дані до роботи:

- 1) Дані про системи підвісок вантажних автомобілів
- 2) Технічні умови конструювання елементів підвісок автомобілів
- 3) Матеріали переддипломної практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація стандартизованим методам випробувань моторних олів
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

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

1. Аналіз конструкцій підвісок вантажних автомобілів
2. Модифікація конструкції передньої підвіски вантажного автомобіля
3. Запропоновані конструктивні рішення підвіски автомобіля
4. Технологічний процес обслуговування підвіски автомобіля

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 68 сторінок, кількість рисунків - 32, таблиць - 3, додатків - 1, кількість джерел згідно із переліком посилань - 20.

Студент гр. АТ-22-1 Данилюк Б.В.





Тема «Вдосконалення і обслуговування елементів підвіски вантажного автомобіля»

У роботі проведено аналіз конструкцій підвісок кар'єрних самоскидів великої вантажопідйомності з метою визначення ефективних напрямків їх удосконалення. Розглянуто особливості залежних та незалежних схем підвісок, а також конструктивні рішення пневмогідравлічних систем, які забезпечують поєднання пружних і демпфуючих властивостей. Досліджено конструкції пневмогідравлічних циліндрів підвісок провідних виробників та їх вплив на плавність ходу, стійкість і довговічність транспортних засобів. Запропоновано удосконалену конструкцію підвіски кар'єрного самоскида, що передбачає оптимізацію кінематичної схеми та застосування ефективних демпфуючих елементів. Виконано розрахунок пружно-демпфіруючих характеристик підвіски, визначено основні параметри її роботи, зокрема навантаження, жорсткість та частоти коливань. Отримані результати підтверджують доцільність застосування пневмогідравлічної підвіски для підвищення плавності ходу, поперечної стійкості та зниження динамічних навантажень.

Ключові слова: підвіска; кар'єрний самоскид; пневмогідравлічний циліндр; демпфування; жорсткість; навантаження; коливання; надійність

Зміст

ВСТУП	6
1. Аналіз конструкцій підвісок вантажних автомобілів.....	8
2. Модифікація конструкції передньої підвіски вантажного автомобіля	17
2.1. Огляд конструктивних схем гідропневматичних циліндрів підвісок кар'єрних самоскидів.....	18
2.2. Пропоновані варіанти конструкції підвіски вантажного автомобіля.....	30
3. Запропоновані конструктивні рішення підвіски автомобіля.....	40
3.1 Конструктивні особливості підвіски.....	40
3.2. Розрахунок пружно-демпфіруючих характеристик.....	42

					КРБАТ 26. 22087. 000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вдосконалення і обслуговування елементів підвіски вантажного автомобіля			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Данилюк									4	70	
Перевір.	Диха											
Н.контр.	Бабак									ХНУ,		
Затвер	Диха									гр. АТ-22-1		

4. Технологічний процес обслуговування підвіски автомобіля.....	57
4.1 Обґрунтування вибору технологічного процесу.....	57
4.2. Розробка технологічного процесу складання.....	62
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
Додатки	68

Вступ

Сучасний розвиток гірничодобувної промисловості та будівельної галузі обумовлює постійне зростання вимог до кар'єрних транспортних засобів, зокрема великовантажних самоскидів. Ефективність їх експлуатації значною мірою визначається технічним рівнем ходової частини, серед якої підвіска відіграє ключову роль. Саме підвіска забезпечує сприйняття та перерозподіл динамічних навантажень, формує плавність ходу, впливає на стійкість руху, довговічність конструкції та умови роботи водія.

В умовах експлуатації кар'єрних самоскидів характерними є значні ударні навантаження, нерівномірність дорожнього покриття, змінні режими навантаження та агресивні фактори зовнішнього середовища. Це висуває підвищені вимоги до надійності, енергоємності та довговічності підвісок. Традиційні ресорні підвіски в таких умовах мають обмежені можливості, що зумовлює широке впровадження пневмогідролічних систем, здатних ефективно поєднувати функції пружного елемента та демпфера.

Аналіз існуючих конструкцій підвісок великовантажних автомобілів показує, що провідні світові виробники (Caterpillar, Komatsu, BelAZ, Euclid, WABCO) активно застосовують пневмогідролічні циліндри, які забезпечують високу енергоємність, адаптивність до змін навантаження та покращені демпфуючі характеристики. Разом із тим, навіть сучасні конструкції мають певні недоліки, пов'язані з обмеженим ресурсом окремих елементів, недостатньою ефективністю демпфування при складних спектрах коливань, а також складністю обслуговування.

Особливої уваги потребує забезпечення поперечної стійкості транспортного засобу, що є критичним фактором безпеки при роботі на нерівних поверхнях і під час маневрування. Одним із напрямків удосконалення

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						6
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

підвісок є оптимізація їх кінематичних схем, застосування додаткових демпфуючих елементів та використання сучасних композиційних матеріалів у вузлах тертя, зокрема в кульових шарнірах.

Важливим аспектом є також підвищення ресурсу вузлів підвіски, зниження зношування та забезпечення стабільності трибологічних характеристик без необхідності частого технічного обслуговування. Це досягається шляхом використання нових конструктивних рішень, зокрема саморегульованих демпфуючих систем, удосконалених ущільнень та антифрикційних матеріалів.

Таким чином, актуальність даної роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності, надійності та довговічності підвісок кар'єрних самоскидів шляхом аналізу існуючих конструкцій та розробки удосконалених технічних рішень.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз конструкцій підвісок кар'єрних самоскидів та розробка удосконаленої конструкції пневмогідролічної підвіски з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Завдання роботи

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

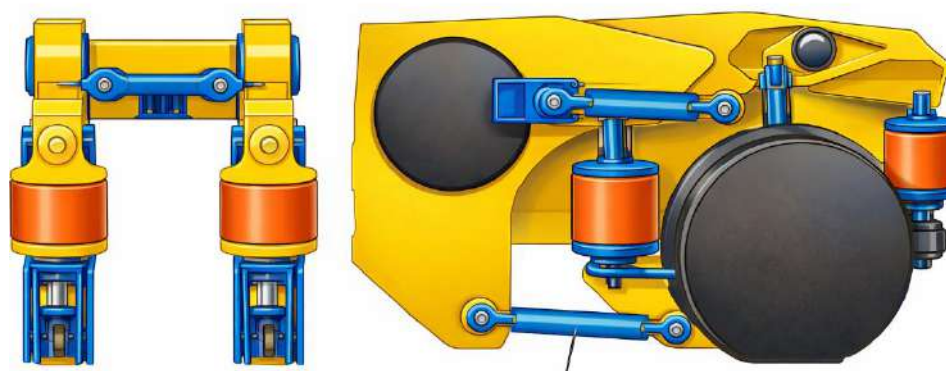
1. Провести аналіз існуючих конструкцій підвісок великовантажних автомобілів та визначити їх переваги і недоліки.
2. Дослідити конструктивні особливості пневмогідролічних циліндрів підвісок і їх вплив на характеристики транспортного засобу.
3. Розробити та обґрунтувати удосконалену конструкцію підвіски з покращеними пружно-демпфуючими властивостями.
4. Виконати розрахунок основних параметрів підвіски та оцінити її ефективність за показниками жорсткості, навантаження та частот коливань.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		7

1. Аналіз конструкцій підвісок вантажних автомобілів

На кар'єрних автосамоскидах вантажопідйомністю 109 та 136 т компанія Dart використовує залежну підвіску з гумовими пружними елементами (рис. 1). Передня підвіска виконана у вигляді масивних гумових блоків із металевими опорами, які через шарнірні з'єднання пов'язані з рамою та передньою віссю. Така конструкція забезпечує частоту коливань у межах 90–115 за хвилину. У задній підвісці застосовано чотири гумові елементи, розташовані попарно — два перед мостом і два позаду нього.

Гумові блоки сприймають основне вертикальне навантаження, тоді як поздовжні та поперечні зусилля передаються через систему з чотирьох реактивних штанг, шарнірно закріплених між рамою і ведучим мостом (три штанги працюють у поздовжньому напрямку, одна — у поперечному)



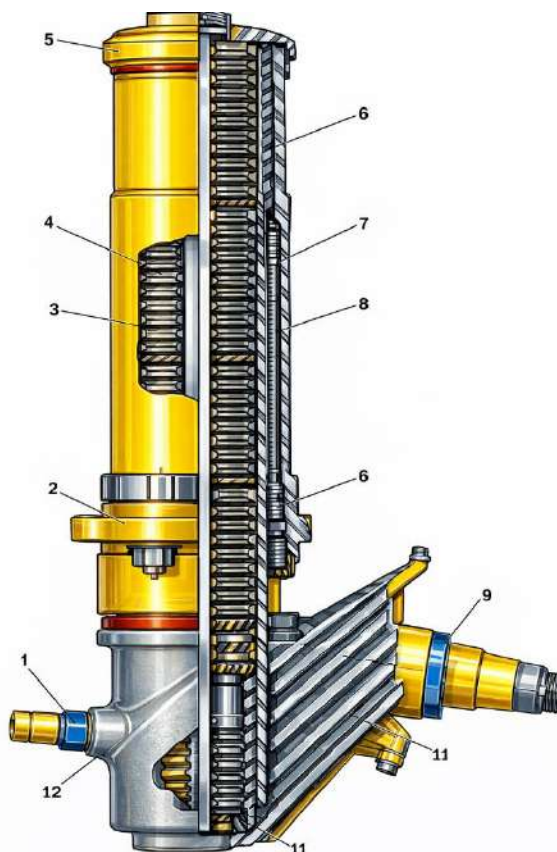
1 – поперечна реактивна штанга; 2 – верхня поздовжня штанга; 3 – гумовий блок;
4 – картер моста; 5 – нижня поздовжня штанга

Рисунок 1 – Задня підвіска фірми Dart

Найбільш досконала підвіска з гумовими пружними елементами (під назвою Dyna-Float) (рисунок 2) застосовується на автомобілях фірми Unit Rig

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		8

вантажопідйомністю 70, 90, 110, 180 т. Пристрій передньої незалежної підвіски показано на рисунку 2. допомоги фланця у нижній частині та хомута – у верхній. У корпусі переміщається пустотілий шток із набором гумометалевих дисків. На нижньому кінці штока закріплений поворотний кулак переднього колеса. Комплект дискових гумових елементів спирається, з одного боку, на верхню кришку корпусу циліндра, з іншого - через підшипник на дно склянки, встановлений усередині штока.



- 1 – важіль повороту; 2 – фланець; 3 – гумові диски із металевими прокладками;
 4 – напрямний стрижень; 5 – верхня кришка; 6 – напрямні букси;
 7 – внутрішній шток; 8 – зовнішній корпус; 9 – поворотний кулак; 10 – опорний стакан;
 11 -гумові диски; 12 – опорний підшипник

Рисунок 2 – Передня підвіска Dyna-Float

										Арк
										9
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат	КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ					

Конструктивне виконання забезпечує можливість обертання штока всередині циліндра без закручування гумових елементів. Для зниження коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування напрямні втулки циліндра періодично підлягають змащуванню через прес-маслянку. З метою демпфування ходу відбою в нижній частині штока передбачено додатковий еластичний елемент — гумовий блок, змонтований на центральному стрижні, жорстко пов'язаному з верхньою кришкою циліндра. Завдяки раціональному підбору геометрії та фізико-механічних властивостей гуми підвіска характеризується нелінійною пружно-деформаційною характеристикою.

Задня підвіска виконана залежною, із застосуванням поздовжнього напрямного важеля. Пружний елемент у вигляді гумової ресори розміщений у телескопічному корпусі прямокутного перерізу, опори якого шарнірно з'єднані з рамою та картером ведучого моста. При цьому спеціальні пристрої для обмеження ходу відбою у задній підвісці не передбачені. За інформацією виробника, ресурс підвіски типу Dyna-Float досягає близько 20 000 годин, однак в умовах низьких температур експлуатації гумометалеві елементи втрачають еластичність, що призводить до їх передчасної заміни.

Конструкція незалежної підвіски передніх коліс автомобілів КРАЗ наведена на рис. 3. Поворотний кулак колеса (1) через вушкові з'єднання жорстко інтегрований із поворотним шворнем (3), який забезпечує два ступені рухомості — осьове переміщення та обертання навколо власної осі [2].

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						10
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

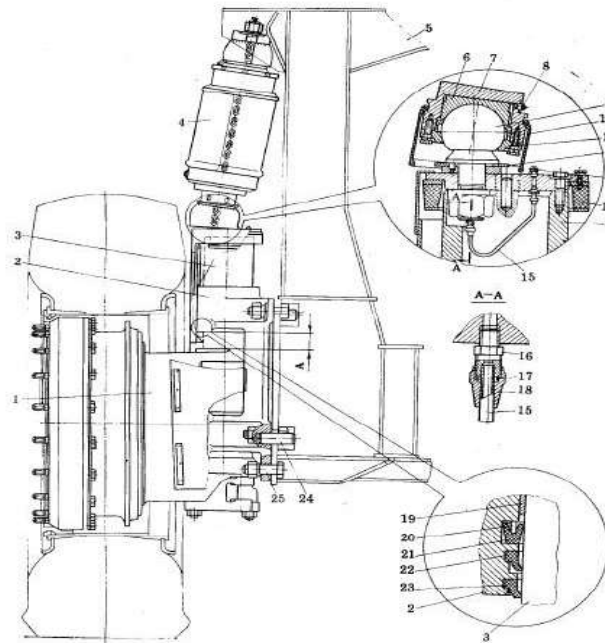


Рисунок 3 – Передня підвіска автомобілів КрАЗ

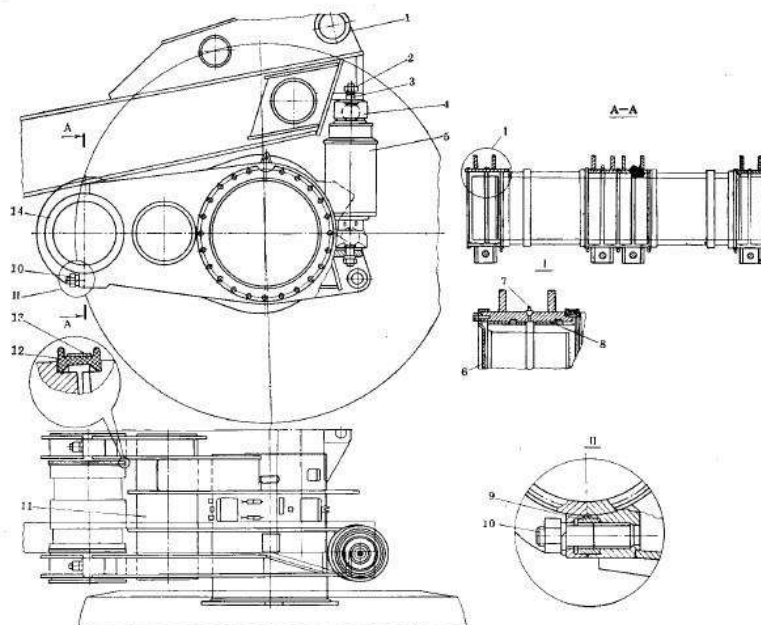
1 – поворотний кулак; 2 – кронштейн шворня; 3 – шворень; 4 – циліндр підвіски;
 5 – рама; 6 – під'ятник; 7 – нижня кришка; 8 – запобіжний клапан; 9 – кульова опора; 10 –
 чохол; 11 – кришка; 12 - диск; 13 - маслянка; 14 – буфер; 15 - трубка;
 16 - ніпель; 17 - муфта; 18 – гайка; 19 - втулка шворня; 20 - опорне кільце;
 21 - манжета; 22 - брудознімне кільце; 23 – скребок; 24 – штифт; 25 - болт

Шворень встановлений у напрямних втулках кронштейна 2, жорстко закріпленого на рамі автомобіля. У розточування вушок кронштейнів 2 встановлені металофторопластові втулки 19, які від переміщення в осьовому напрямку утримуються выштамповками. Рухливі з'єднання шворня 3 з втулками 19 ущільнені з обох боків У-подібними манжетами 21 з скребками з брудом 23. Для захисту від корозії і підвищення зносостійкості шворень хромується. Кожен циліндр підвіски 4 з'єднаний з рамою 5 і шворнем 3 за допомогою кульових опор 9.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		11

При незалежній підвісці передніх коліс зазначеної схеми на циліндр пневмогідравлічної підвіски не діють поперечні сили, що дозволяє підвищити його надійність. Циліндр можна знімати з автомобіля без зняття колеса.

На рисунку 4 представлена задня підвіска автомобілів КрАЗ-7549.

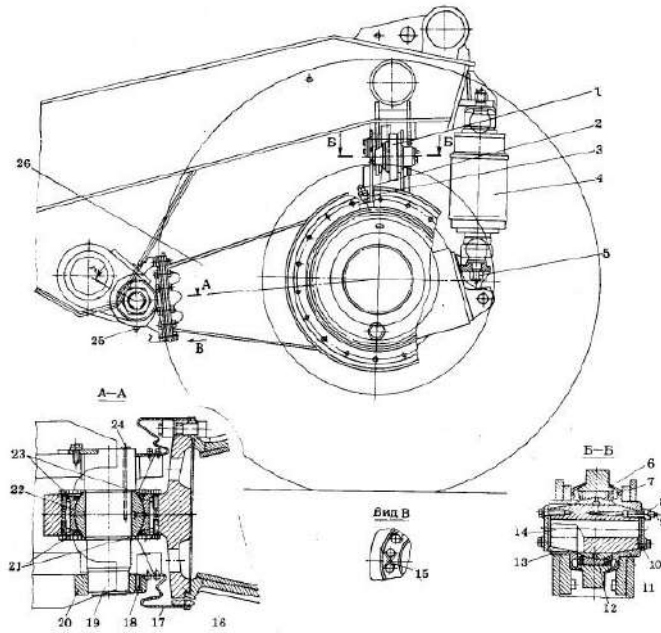


- 1 – рама; 2 – гайка кульової опори; 3 – кульова опора; 4 – чохол; 5 – циліндр підвіски;
 6 – кришка; 7 - масляка; 8 – згортна втулка; 9 – втулка; 10 - шпилька важеля;
 11 – важіль; 12 – ущільнювач; 13 – хомут; 14 – вісь важелів

Рисунок 4 – Задня підвіска автомобілів КрАЗ

Залежна підвіска заднього провідного моста 110-тонного самоскида показана рисунку 5.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		12



1 – поперечна штанга; 2 – упор; 3 – гайка регулювальна; 4 – циліндр підвіски;
 5- гайка кульової опори; 6 – пильовик; 7, 23 - сальники; 8 – порожнистий болт; 9, 25 -
 маляки; 10, 21 – кришки; 11 – конусна втулка; 12, 22 – шарнірні підшипники; 13 – розрізна
 конусна втулка; 14, 19 – пальці; 15 – втулка; 16 - провушина; 17 – захисний чохол;
 18 - стопорний гвинт; 20 – гайка; 24 – запобіжний клапан; 26-центральний важіль

Рисунок 5 – Підвіска провідного мосту автомобіля КрАЗ

До складу підвіски входять два пневмогідрравлічні циліндри (4), центральний важіль (26) та поперечна тяга (1). Циліндри розміщені позаду картера моста і через кульові шарніри діаметром 150 мм з'єднані як із мостом, так і з рамою. Центральний важіль коробчатого перерізу задньою частиною жорстко приєднаний до картера моста, а передньою — через вушко (16), сферичний підшипник (22) та палець (19) з'єднується з поперечиною рами. Шарнірний вузол захищений кожухом (17), а сферичний підшипник має додаткове ущільнення у вигляді сальника (23).

Поперечна тяга (1) розташована над мостом і одним кінцем через шарнірний підшипник (12) та палець (14) кріпиться до кронштейна моста, а іншим — до кронштейна рами. Фіксація пальців у кронштейнах здійснюється

									Арк
									13
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат	КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ				

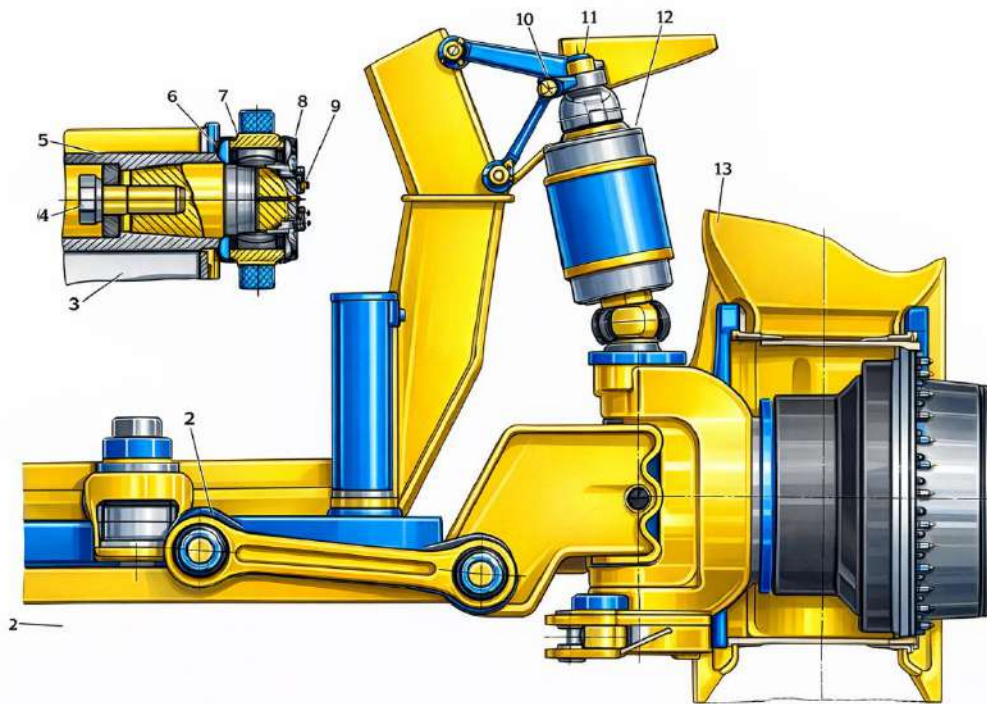
за допомогою конічної розрізної втулки (13). Кожен шарнір захищений двома гумовими пильовиками (6), а підшипники додатково герметизовані сальниками (7) [29].

Така конструкція задньої підвіски забезпечує вертикальне переміщення моста відносно рами в межах повного ходу циліндрів (до 290 мм), а також допускає його поперечне відхилення приблизно на 8° в обидва боки [1].

Аналогічна компоновка застосована і в задній підвісці самоскида вантажопідйомністю 180 т. Щодо передньої підвіски, на етапі дослідно-конструкторських робіт було розглянуто два варіанти: незалежну свічкового типу та залежну з нерозрізною віссю. У серійному виробництві було обрано залежну схему, яка забезпечує необхідну плавність ходу за рахунок зменшення тертя при одночасному збереженні достатньої поперечної стійкості транспортного засобу.

Кінематична схема напрямного механізму передньої підвіски є подібною до задньої залежної підвіски та включає центральний поздовжній важіль і поперечну тягу. Конструкцію передньої підвіски автомобіля КрАЗ наведено на рисунку 6.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		14



1 балка передньої осі; 2 – поперечна штанга; 3 - рама самоскида; 4, 21 – болти;
 5 - конусний палець; 6,15 – ущільнення; 7, 19 – сферичні підшипники; 8 – кришка;
 9, 18, 28 - маляки; 10, 25 – кронштейни

Рисунок 6 – Передня підвіска автомобіля КРАЗ

Поздовжній важіль 31 коробчатого перерізу задньою частиною жорстко приєднаний до балки передньої осі 1 (зварним способом), тоді як передній його кінець через шарнірне з'єднання взаємодіє з поперечиною рами. Шарнірний вузол утворений циліндричним пальцем 17 і сферичним підшипником 19, які встановлені у вушках важеля та елементах рами, забезпечуючи необхідну рухомість у кількох площинах. Для підвищення довговічності вузла передбачено ефективний захист від потрапляння пилу, вологи та абразивних частинок. Поперечна штанга 2 також виконує стабілізуючу функцію та шарнірно з'єднана з балкою передньої осі і рамою через підшипники 7, змонтовані консольно на конічних пальцях 5 [8].

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		15

Важливою конструктивною особливістю передньої підвіски є компоновка пневмогідролічних циліндрів 12, які розміщені над передньою віссю та максимально рознесені у поперечному напрямку. Такий підхід дозволяє збільшити ефективну ресорну колію та суттєво підвищити поперечну стійкість підресореної маси транспортного засобу. Нижні кульові опори циліндрів закріплені на поворотних кулаках 13, тоді як верхні — на кронштейнах 10, жорстко пов'язаних із рамою. Подібна схема забезпечує раціональний розподіл навантажень і сприяє зниженню концентрацій напружень у вузлах підвіски.

Результати експлуатаційних випробувань кар'єрного самоскида вантажопідйомністю 180 т із залежними передньою та задньою підвісками свідчать про високий рівень плавності ходу, ефективно гасіння динамічних навантажень і достатню поперечну стійкість при русі по нерівностях та в складних дорожніх умовах.

У даному розділі проаналізовано конструктивні рішення підвісок великовантажних автомобілів, що дозволило окреслити ключові напрямки їх подальшого вдосконалення. Зокрема, перспективними є оптимізація геометрії напрямних елементів, удосконалення характеристик пружних і демпфуючих компонентів, а також підвищення ресурсу шарнірних з'єднань в умовах низьких температур і абразивного зносу.

Слід підкреслити, що створення ефективної підвіски кар'єрного самоскида є складним інженерним завданням, яке вимагає високого рівня підготовки фахівців, використання сучасних методів чисельного моделювання та експериментальних досліджень, а також наявності відповідної виробничо-технологічної бази.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						16
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

2. Модифікація конструкції передньої підвіски вантажного автомобіля

Проектування передньої та задньої підвіски кар'єрного самоскида вантажопідйомністю 110 тонн є складним завданням, що потребує комплексного підходу та високого рівня професіоналізму. Важливо враховувати такі фактори, як вантажопідйомність, швидкість, тип дороги, умови експлуатації та інші.

Передня підвіска має бути спроектована з урахуванням розподілу ваги вантажу, забезпечуючи стійкість та комфорт при русі нерівною місцевістю. Вона повинна бути достатньо міцною, щоб витримувати великі навантаження, і в той же час гнучкою, щоб забезпечувати хорошу керованість та зчеплення з дорогою.

Задня підвіска також має бути спроектована з урахуванням вантажопідйомності та умов експлуатації. Вона повинна забезпечувати оптимальне розподілення навантаження між задніми колесами, забезпечуючи таким чином стійкість і керованість самоскида. Крім того, задня підвіска повинна бути міцною та надійною, щоб витримувати високі навантаження та тривалі періоди експлуатації.

При проектуванні підвіски кар'єрного самоскида вантажопідйомністю 110 тонн важливо також враховувати можливість регулювання підвіски та амортизації, щоб забезпечувати оптимальний комфорт та безпеку для водія та вантажу. Також необхідно враховувати можливість використання різних типів амортизаторів та пружин, щоб забезпечити оптимальне поєднання жорсткості та гнучкості залежно від умов експлуатації.

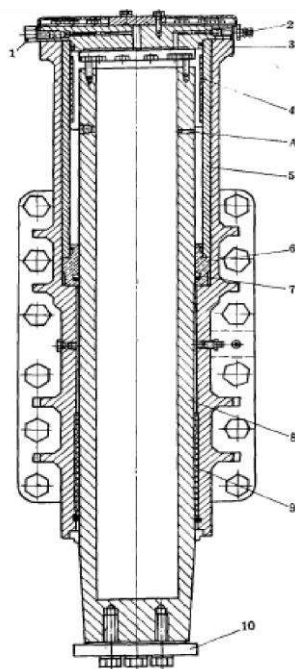
Загалом проектування передньої та задньої підвіски кар'єрного самоскида вантажопідйомністю 110 тонн потребує ретельного аналізу та інженерних розрахунків, щоб забезпечити оптимальну продуктивність, надійність та безпеку при роботі на будівельних майданчиках та кар'єрах.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		17

2.1. Огляд конструктивних схем гідропневматичних циліндрів підвісок кар'єрних самоскидів

Передній пневмогідрравлічний циліндр підвіски автосамоскида Cat-769В вантажністю 32 т показаний на рисунку 7.

Корпус 3 циліндри-литої, кріпиться до фланця на рамі 12 болтами. У корпусі встановлена гільза 5, проміжна буксу 6 і направляюча втулка штока 9, в яких переміщується поршень з пустотілим штоком 8. Поршень кріпиться до штока за допомогою різьбових шпильок. На поршні встановлено напрямну втулку 4 [34].



1-заливний клапан; 2 – зарядний клапан; 3 – корпус; 4 - напрямна втулка поршня;
5 – гільза; 6 – проміжна букса; 7 – ущільнювальний вузол; 8 – шток із поршнем;
9 - напрямна втулка штока; 10 - завзята шайба; А – калібрований отвір

Рисунок 7 – Пневмогідрравлічний циліндр передньої підвіски автомобіля Cat-769В

Верхня кришка кріпиться до корпусу болтами. У кришці встановлені заливний 1 і 2 зарядний клапани. Кришка не може бути знята без відвертання клапанів, що унеможливилює розбирання циліндра за наявності в ньому газу під тиском.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		18

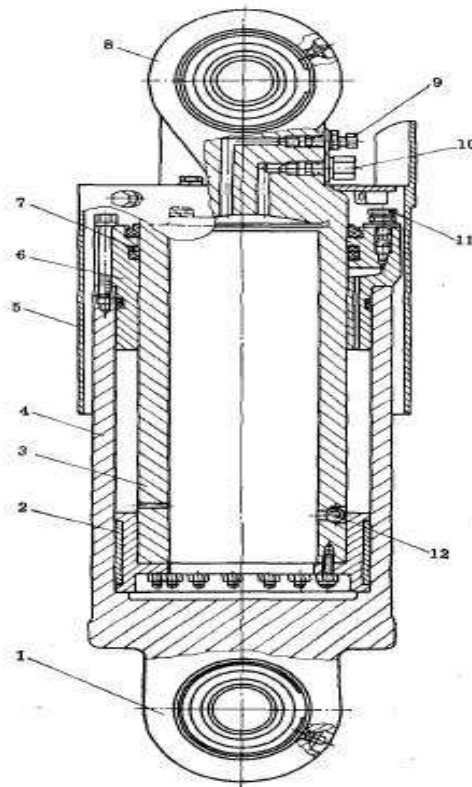
У проміжній направляючій буксі 6 встановлений ущільнювальний вузол 7, що складається з гумового кільця прямокутного перерізу та захисної шайби. У стислому стані циліндр повністю заправляється олією через заливний клапан 1, а потім заряджається стисненим газом (сухим азотом) до розрахункового тиску, за рахунок чого створюється необхідна пружна характеристика підвіски.

Для гасіння коливань циліндра у верхній частині штока виконані два радіальні отвори. В одному з них встановлений кульковий зворотний клапан, завдяки чому забезпечується несиметрична характеристика амортизатора. При ході стиснення масло під тиском газу заповнює кільцеву порожнину, що збільшується, між штоком 8 і гільзою 5 через обидва отвори, а при ході відбою масло з кільцевої порожнини виходить в порожнину штока через один отвір А. У нижній частині корпусу 3 встановлено ще одне ущільнення і брудознімач. Порожнина між втулками 6 та 9 заповнюється пластичним мастильним матеріалом [13].

Конструкція заднього циліндра автомобіля Cat-769В представлена рисунку 8.

У порівнянні з переднім циліндром має такі основні відмінності: кріплення до рами та заднього мосту здійснюється за допомогою циліндричних двоопорних пальців та шарнірних підшипників; шарнірне з'єднання не має спеціального ущільнення, для забезпечення працездатності шарніра рекомендується його періодичне змащування (через 50 годин роботи). Зважаючи на те, що циліндр не несе поперечних навантажень, проміжна напрямна буксу відсутня, що дозволяє зменшити загальну висоту циліндра. З цієї причини стінки циліндра значно тонше. Для кращого захисту робочої поверхні штока від попадання вологи і бруду він має вихід вгору і захищений кожухом 5. Для забезпечення заправки маслом кільцевої порожнини і штока служать контрольний 10 і 11 заливної клапани.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						19
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		



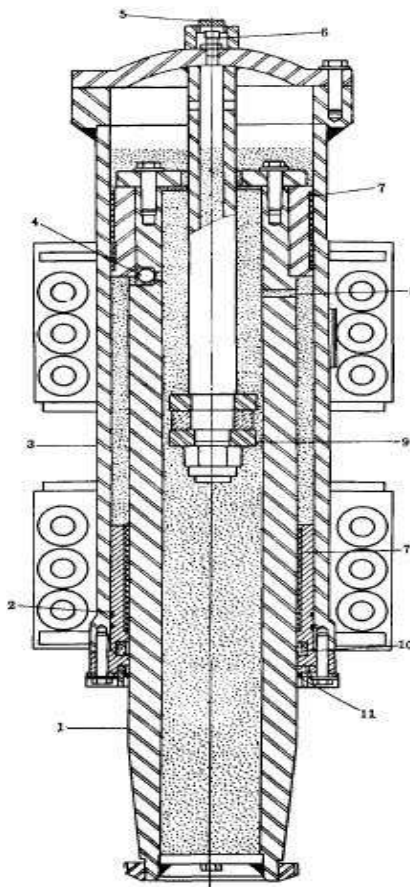
1 – нижня опора; 2 – напрямна втулка поршня; 3 – шток; 4 – корпус циліндра; 5 – захисний кожух; 6- напрямна втулка штока; 7 – ущільнювальний вузол; 8 – верхня опора; 9 – зарядний клапан; 10 – контрольний клапан; 11 – заливний клапан; 12 – клапан амортизатора

Рисунок 8 – Циліндр задньої підвіски автомобіля Cat-769В

Пневмогідролічна підвіска з протитиском застосовувалася на автосамоскидах фірми WABCO. З метою спрощення експлуатації фірма WABCO розробила конструкцію підвіски під назвою Hydrair-II і застосовує її на всіх автомобілях вантажністю до 154 т. Підвіска Hydrair-II на відміну від раніше застосовуваної підвіски Hydrair-I виконується за схемою без протитиску. Передній та задній циліндри підвіски Hydrair-II показані на рисунках 9 та 10.

Для пружного обмеження ходу відбою у передньому циліндрі підвіски є гумовий буфер, встановлений на трубчастій штанзі, з'єднаний з верхньою

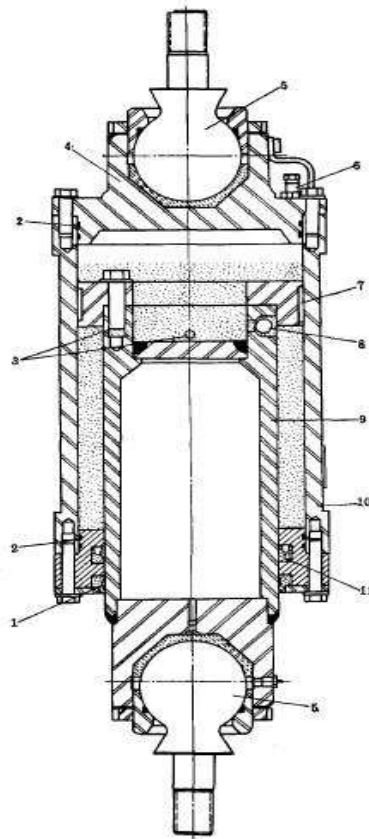
кришкою. Особливістю задніх циліндрів підвіски є їхнє кріплення до рами та до провідного мосту автомобіля за допомогою сферичних головок.



1 – шток із поршнем; 2 – подвійне ущільнення; 3-робочий циліндр; 4 – кульковий клапан амортизатора; 5 – верхня кришка; 6 – зарядний клапан; 7-напрямні букси;
8 – дросельний отвір; 9 – буфер відбою; 10 – ущільнення штока; 11 – скребок

Рисунок 9 – Передній циліндр підвіски Hydrair-II

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		21



- 1 – скребок; 2 – подвійне ущільнення O-подібними кільцями; 3 – дросельні отвори;
 4 – верхня кришка; 5 – сферичні голівки; 6 – зарядний клапан; 7 - напрямна буксу; 8 –
 кульковий клапан відбою; 9 – шток із поршнем; 10 – робочий циліндр;
 11 – ущільнення штока

Рисунок 10 – Задній циліндр підвіски Hydrair-II

Обслуговування циліндрів підвіски при необхідності може проводитись безпосередньо на автомобілі шляхом додавання олії та газу. Для цього поршень в циліндрі встановлюється в певне положення, яке контролюється за розміром кінця штока, що виходить з циліндра. Заправка маслом проводиться до заповнення внутрішньої порожнини циліндра, а наступна зарядка газом (азотом) контролюється манометром залежно від розрахункового тиску цієї порожнини.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		22

Передня підвіска незалежна, типу свічка, що гойдається, з поєднаними пружним елементом і направляючим апаратом (циліндр підвіски одночасно виконує функції шкворневого направляючого апарату).

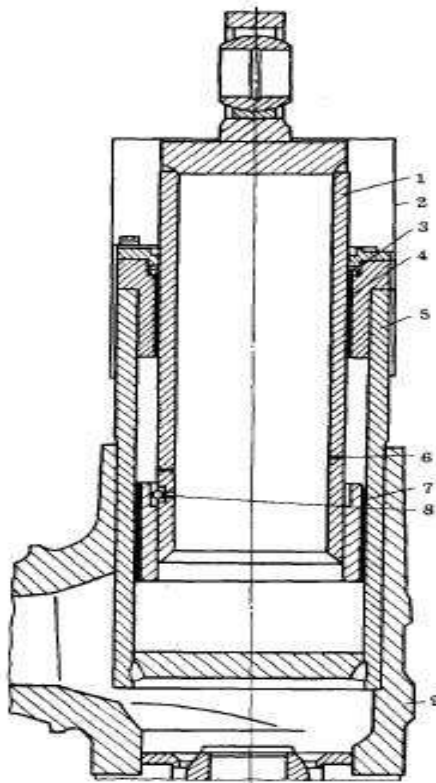
Нижній трикутний важіль через сферичні шарніри з'єднаний з рамою (два шарніри) та з нижньою опорою циліндра підвіски. Задня підвіска – залежна, з трьома поздовжніми (дві нижніх та одна верхня) реактивними штангами та однією поперечною штангою. Циліндри підвіски (Рисунок 11) без протитиску, встановлені на автомобілі штоком догори. У передній підвісці циліндри на відміну від задньої передають не тільки вертикальну, а й бічні навантаження, у зв'язку з чим підвищуються вимоги до напрямних втулок та ущільнень. Напрямні втулки штока та поршня виконані з металофторопластової стрічки та вуглепластику, ущільнення – з поліуретану [12].

Гідравлічну підвіску застосувала фірма Euclid на нових автосамоскидах R-120 вантажопідйомністю 109 т і R-170 вантажопідйомністю 154 т без зміни схеми направляючого пристрою.

Передня підвіска – незалежна, на поздовжніх важелях. Задня підвіска – залежна, з центральним поздовжнім важелем та поперечною штангою [25].

Циліндр гідравлічної підвіски (рисунок 12) виконує функції гідравлічної ресори та гідравлічного амортизатора. Пружним робочим тілом є спеціальна силіконова рідина, що стискається, об'єм якої при тиску 126 МПа зменшується на 8,6 % від початкового.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						23
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		



- 1 – шток; 2 – захисний кожух; 3 – ущільнення штока; 4 – напрямна втулка штока;
 5-робочий циліндр; 6 – дросельний отвір; 7 – напрямна втулка поршня;
 8 – клапан амортизатора; 9 – поворотний кулак

Рисунок 11 – Циліндр передньої підвіски фірми Komatsu

Основними елементами циліндра є трубчастий товстостінний корпус 8 і шток 31 з поршнем 14. Циліндр розташований на автомобілі штоком вгору. Нижня глуха кришка 1 із сережкою одночасно є нижньою опорою циліндра. У верхній прохідній направляючій кришці 21 встановлена пластмасова напрямна втулка 23. На верхньому кінці штока закріплена вушко 29 шарнірного з'єднання циліндра з рамою. Внутрішня порожнина циліндра через нижній зарядний клапан заповнюється 4 рідиною. Для випуску повітря та контролю заповнення служить верхній клапан 33. Надійна робота циліндра може бути забезпечена лише за високої герметичності всіх рухомих та нерухомих з'єднань. Головний ущільнювальний пристрій встановлено у верхній прохідній кришці 21 і

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		24

призначене для герметизації рухомого з'єднання штока 31. Пристрій складається з масивної втулки ущільнювача 36 з торцевою канавкою, в яку розташоване гумове кільце 37. Втулка виготовлена з фторопласта-4. Гумова кільце круглого перерізу фіксується в проточці канавки і служить для створення попереднього натягу. Додатково попередній натяг створюється шляхом осьового підібгання ущільнювальної втулки через натискний диск 20, при цьому за рахунок конусної поверхні втулки вона притискається до штока. При тиску рідини у порожнині циліндра натяг ущільнення збільшується. На виході штока в проточці кришки встановлено брудозахисний ущільнювальний пристрій 24, що складається з U-подібної пластмасової манжети з розпірним гумовим кільцем X-подібного перерізу. Поршень 14 закріплений на нижньому ступінчастому кінці штока через розпірну втулку 41 за допомогою гайки, що самостопориться. У зовнішніх кільцевих проточках поршня встановлені напрямна втулка з матеріалу типу вуглепластик і пристрій ущільнювача 13, що складається з гумового кільця круглого перерізу і двох пластмасових ущільнювальних кілець на тканинній основі. У тілі поршня виконані чотири осьові отвори, з них у двох діаметрально протилежних отворах встановлені короткі дроселі 43, у двох інших - короткі дроселі зі зворотними клапанами 12. Седла клапанів 10 закріплені в поршні стопорними кільцями. Поршень 14 поділяє порожнину великого обсягу, заповнену рідиною, і порожнину Б меншого обсягу. При ході стиснення шток 31 з поршнем 14 переміщається в корпусі 8, стискаючи рідину в порожнині А. При цьому частина рідини з порожнини А перетікає в порожнину, що збільшується, Б через клапани 12.

Хід стиснення пружно обмежується за рахунок підвищення тиску в порожнині А. Для запобігання жорстких ударів при граничних навантаженнях є гумовий кільцевий буфер 26, прикріплений знизу до основи верхньої вуха 29. При ході відбою шток з поршнем переміщується в зворотній бік, при цьому в А

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						25
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

33 - клапан, що стравлює; 36 - ущільнювальна втулка; 37 - розрізне гумове кільце; 40 - кільце ущільнювача; 41 - розпірна втулка; 42 – внутрішня пружина;
43 - Дросель; А, Б – робочі порожнини

Рисунок 12 – Циліндр гідравлічної підвіски

Циліндр підвіски автомобіля КрАЗ (рис. 13) являє собою пневматичну ресору поршневого типу, інтегровану з гідравлічним демпфуючим пристроєм. Як пружне середовище використовується технічний азот, тоді як роль робочої рідини виконує амортизаторна рідина типу ГРЖ-12 або МГП-12. Така комбінована схема забезпечує одночасну реалізацію пружних і демпфуючих властивостей підвіски.

Конструктивно вузол складається з труби основного циліндра 29, штока 10, до якого жорстко приєднані поршень і перегородка амортизатора, а також системи кришок і ущільнень. Верхня кришка 18 кріпиться до корпусу болтами 17, тоді як нижня кришка 3 фіксується на штоку і забезпечує притиск кожуха 9. У верхній та нижній частинах встановлені кульові опори 22, що забезпечують необхідну рухомість вузла; між їх поверхнями і кришками розміщені вкладиші 23 із металополімерного матеріалу. Змащування шарнірів здійснюється через прес-маслянки, а регулювання моменту провертання виконується шляхом встановлення прокладок 2 між елементами кришок.

У перегородці амортизатора розміщено чотири клапани стискання 14 і корпус клапана відбою 15. У середині останнього переміщується шток амортизатора 30 із поздовжніми каналами змінного перерізу, які виконують функцію дроселів змінного гідравлічного опору. Окрім цього, шток амортизатора приводить у дію насос 8, що забезпечує циркуляцію рідини. Кожух 9 формує окрему порожнину II, заповнену робочою рідиною до рівня контрольної пробки 7, яка слугує резервом для компенсації об'єму та підживлення системи.

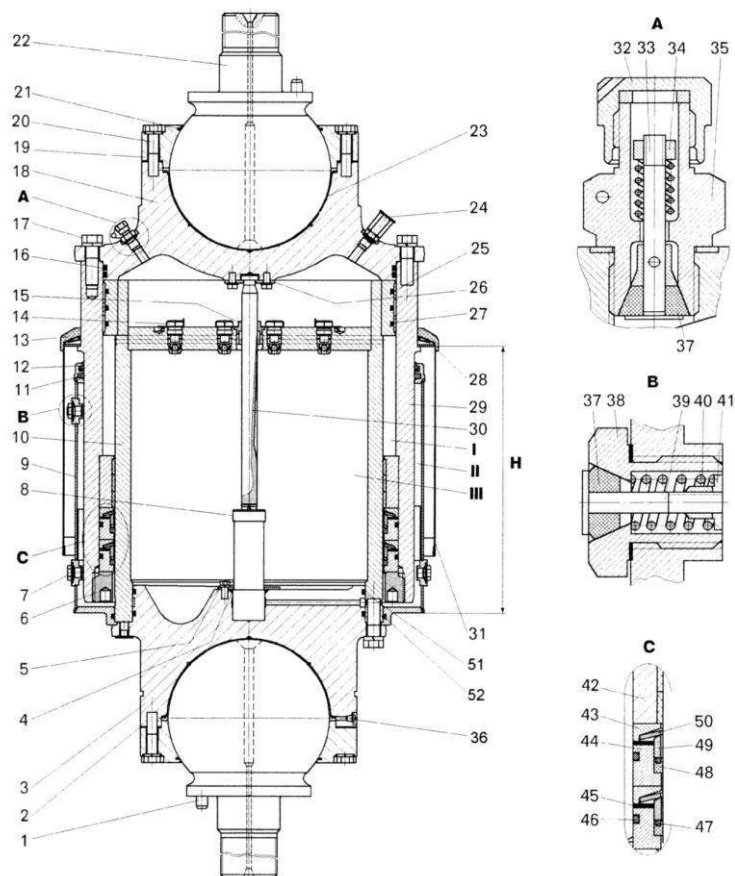
					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						27
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

Герметичність рухомих з'єднань між трубою 29 і кожухом 9 забезпечується ущільнювальним кільцем 1, тоді як нерухомі стики герметизуються гумовими кільцями круглого перерізу (4, 16, 46, 51, 52) і розпірними елементами 47. Манжетні ущільнення встановлюються з попереднім натягом, який регулюється прокладками 45 і підтримується пружиною 50; величина натягу становить близько 2–2,3 мм. Для захисту від зовнішніх забруднень застосовано захисний чохол 31. Запобігання перевантаженню кожуха забезпечується запобіжним клапаном 38, а заправлення циліндра азотом здійснюється через клапан 35 [14].

Принцип роботи циліндра полягає у поєднанні газової пружності та гідравлічного демпфування. При ході стискання (наїзд на нерівність) шток 10 переміщується вгору, зменшуючи об'єм газової порожнини, що призводить до зростання тиску азоту і формує пружну протидію. Одночасно рідина з порожнини III перетікає в кільцеву порожнину I через дросельні канали клапанів стискання та канали в перегородці. Додатковий перетік відбувається через канали, утворені корпусом клапана відбою і пазами на штоку амортизатора.

Під час ходу відбою шток переміщується у зворотному напрямку, тиск газу зменшується, а клапани стискання закриваються. У цьому випадку перетік рідини з порожнини I у порожнину III відбувається лише через канали змінного перерізу, що формуються корпусом клапана відбою та пазами штока амортизатора. Зміна їх прохідного перерізу в процесі руху забезпечує підвищений гідравлічний опір і формує ефективно гасіння коливань із несиметричною характеристикою демпфування, що запобігає ударним навантаженням у крайніх положеннях підвіски [14].

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						28
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		



1 – штифт; 2, 45 – регулювальне прокладання; 3 – нижня кришка; 4, 16, 25, 46, 51, 52 - кільця; 5, 26 - фланці; 6 – втулка різьбова; 7 – пробка; 8 – насос; 9 – кожух; 10 - шток; 11 - кільце маслоємне; 12 - кільце брудоземне; 13-ущільнювач; 14 - клапан стиснення; 15 - корпус клапана відбою амортизатора; 17, 20 - болти; 18 - верхня кришка; 19 – кришка кульової опори; 21 - кільце, 22 - кульова опора; 23 - вкладиш; 24 – клапан датчика; 27 - буксу напрямна поршня; 28 - кільце; 29 – труба основного циліндра; 30 – шток амортизатора; 31 – захисний чохол; 32 – кришка; 33, 39 - стрижні; 34, 41 – гайки; 35 – корпус заправного клапана; 36 – клапан; 37 – ущільнювальні конуси; 38 – корпус запобіжного клапана; 40 – пружина; 42 - напрямна штока; 43 - наполегливе кільце; 44 - кільце манжети; 47 - кільце розпірне; 48 - манжета штока; 49 - кільце натискне; 50 – пружина Н – розмір, I, II, III – порожнини

Рисунок 13 - Циліндр підвіски автомобіля КрАЗ

Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк

29

2.2. Пропоновані варіанти конструкції підвіски вантажного автомобіля

При проведенні патентного пошуку за підвісками кар'єрних самоскидів, слід використовувати спеціалізовані бази даних, такі як Google Patents, Espacenet, USPTO, WIPO та ін. самоскида і т.д.

Під час пошуку необхідно враховувати як патенти, а й публікації наукових статей, технічні звіти та інші джерела інформації. Також варто звернути увагу на патентні документи, опубліковані в різних країнах, оскільки інновації у сфері підвісок кар'єрних самоскидів можуть бути захищені патентами у різних юрисдикціях.

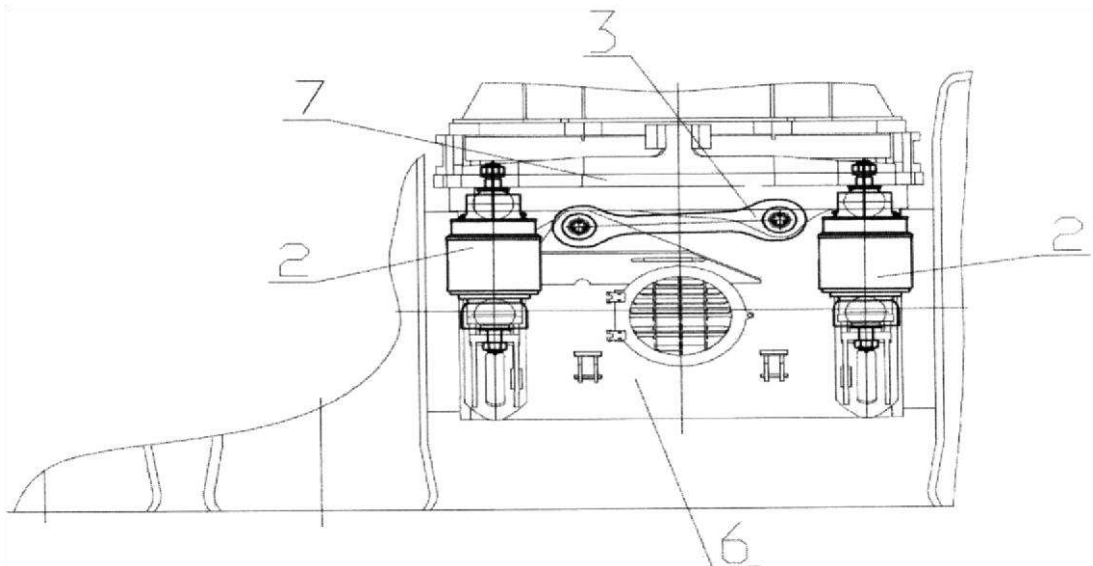
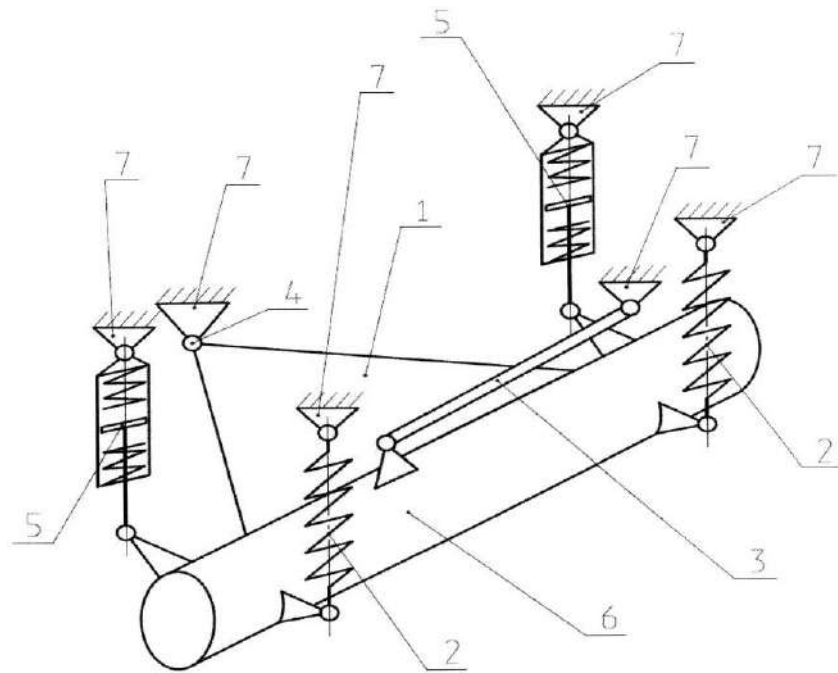
Для більш точного та ефективного пошуку рекомендується сформулювати конкретні критерії та параметри, які використовуватимуться при аналізі знайдених патентів. Також варто звернути увагу на патенти, які можуть бути пов'язані з технологіями та інноваціями у сфері підвісок кар'єрних самоскидів.

Після проведення патентного пошуку необхідно проаналізувати отримані результати та оцінити наявність нових технічних рішень, які можуть бути застосовані у розробці підвісок кар'єрних самоскидів.

Підвіска для нерозрізних мостів транспортних засобів великої вантажопідйомності містить важіль, реактивну штангу, ресорноамортизаційний вузол і демпфуючий пристрій. Реактивна штанга шарнірно з'єднана з мостом та конструкцією транспортного засобу.

Важіль з одного боку жорстко приєднаний до мосту, з другого - до конструкції транспортного засобу за допомогою центрального шарніра.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						30
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		



1 – важіль; 2 – амортизаційний вузол; 3 – реактивна штанга; 4 – центральний шарнір;
5 - демпфуючий пристрій; 6 – міст; 7 – конструкція транспортного засобу

Рисунок 14 – Загальний вигляд підвіски, вид ззаду

Ресорно-демпфувальний вузол шарнірно приєднаний до моста та рами транспортного засобу і встановлюється з обох його боків. Демпфуючі елементи також розміщуються симетрично з кожної сторони, з'єднуючись шарнірно з

Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк

31

мостом і несівною конструкцією та локалізуючись у зоні між мостом і центральним шарніром. Така компоновка сприяє підвищенню поперечної стійкості транспортного засобу за рахунок збільшення кутової жорсткості підвіски [18].

Відомі конструкції підвісок для нерозрізних мостів великовантажних транспортних засобів передбачають застосування поздовжнього важеля, жорстко закріпленого з одного боку на мосту, а з іншого — приєднаного до рами через центральний шарнір. Додатково використовується реактивна штанга, що шарнірно з'єднує міст із рамою та забезпечує сприйняття поздовжніх і поперечних навантажень. Такі елементи, як правило, встановлюються щонайменше з одного боку транспортного засобу і формують базову кінематичну схему підвіски [18].

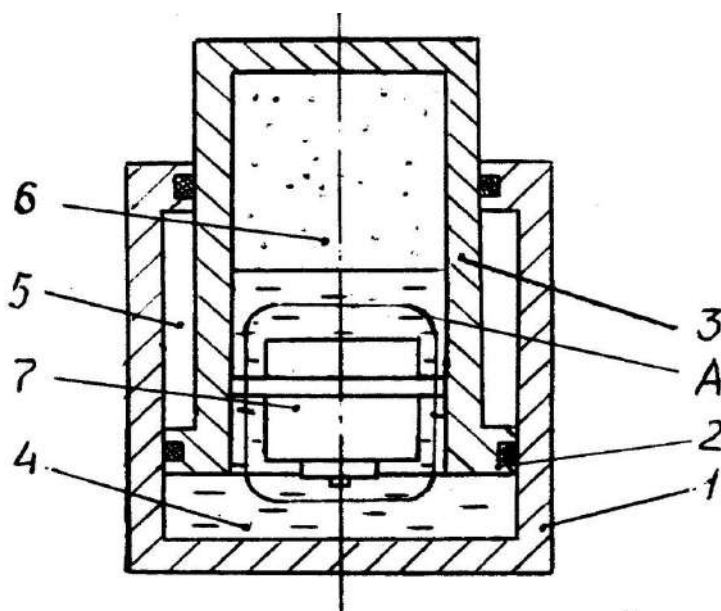
Разом із тим, подібні рішення мають обмеження, пов'язані з недостатньою поперечною стійкістю, особливо у випадку двовісних шасі зі спареними шинами на кожному мосту. Використання здвоєних коліс дозволяє підвищити вантажопідйомність без зміни допустимого навантаження на окрему шину, однак загальна ширина транспортного засобу залишається обмеженою нормативами дорожньої інфраструктури, що ускладнює забезпечення стійкості при маневруванні.

Запропоноване технічне рішення спрямоване на усунення зазначеного недоліку шляхом підвищення кутової жорсткості підвіски. Для цього з кожного боку транспортного засобу додатково встановлюються демпфуючі пристрої, шарнірно з'єднані з мостом і рамою та розташовані між мостом і центральним шарніром. Така модернізація дозволяє ефективніше перерозподіляти навантаження між елементами підвіски під час крену транспортного засобу, зменшуючи деформації та підвищуючи стійкість.

Окрім цього, перспективним є використання ресор із автоматичною двоступінчастою зміною демпфуючої характеристики залежно від частоти

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						32
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

коливань. Конструкція такого елемента включає циліндр із поршнем і порожнистим штоком, що формує під- і надпоршневі камери, заповнені рідиною, а також гідроаккумулятор, інтегрований у порожнину штока та заповнений газорідним середовищем. Зв'язок із підпоршневою порожниною здійснюється через саморегульований клапан, який змінює гідравлічний опір залежно від спектра коливань. За наявності низькочастотних збурень опір зростає, забезпечуючи ефективне гасіння коливань, а за їх відсутності — зменшується, що сприяє зниженню енергетичних втрат і тепловиділення. У результаті досягається підвищення плавності ходу та покращення стійкості руху транспортного засобу.



1-циліндр; 2-поршень; 3-порожнистий шток; 4-підпоршнева порожнина; 5-надпоршнева порожнина; 6-порожнина штока;-клапан

Рисунок 15 – Поздовжній розріз ресори

Відома пневмогідравлічна ресора транспортного засобу, що містить циліндр, в якому встановлений поршень зі штоком, що утворюють в циліндрі підпоршневу і надпоршневу порожнини, гідроаккумулятор, змонтований в додатковому циліндрі і з'єднаний з надпоршневою порожниною циліндра через клапан, що перекидає отвір коливань. Конструкція клапана забезпечує

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		33

демпфуючу характеристику клапанної ділянки у вигляді гіперболи внаслідок зменшення гідравлічного опору при зростанні швидкості деформацій ресори. В результаті дещо зменшуються втрати енергії в підвісці та її розігрів із зростанням частоти коливань.

Недоліком даної ресори є неточне регулювання жорсткості демпфуючої характеристики в залежності від частоти коливань, оскільки клапан в цій ресоре працює в залежності від відносної швидкості циліндра і штока, а залежність від частоти тут умовна, так як в зарезонансній зоні коливань можливі режими, коли відносна швидкість виявиться менше, демпфуючою характеристикою втрати в підвісці збільшаться, а плавність ходу погіршиться. Крім того, при випадкових коливаннях, коли одночасно відбуваються низькочастотні та високочастотні коливання, значно знижується ефективність гасіння низькочастотних коливань, так як клапан не має властивість саморегулювання за напрямом коливань і має слабке демпфування на клапанній ділянці демпфуючої характеристики [20].

Новий технічний результат досягається тим, що в пневмогідравлічній ресорі підвіски транспортного засобу, що містить циліндр, в якому встановлений поршень з порожнистим штоком, що утворюють в циліндрі підпоршневу і надпоршневу порожнини, заповнені рідиною, і гідроаккумулятор, розміщений в порожнині штока, заповненої рідиною і газом клапан виконаний у вигляді демпфіруючого вузла, саморегульованого в залежності від частоти і напрямку коливань, що включає корпус, підпружений пружинами плунжер Н-подібного перерізу, виконаний ходу стиснення з надплунжерною порожниною, і нижня проточка плунжера, з'єднана радіальними отворами з підплунжерною порожниною [19].

На перегородці плунжера з двох її сторін встановлені клапани ходів стиснення і відбою, підпружинені пружинами плунжера, а нижня частина плунжера виконана у вигляді кільцевого поршня з дросельним отвором, що утворює з корпусом демпфіруючого вузла кільцеву плунжерну порожнину. Підплунжерною порожниною, в корпусі демпфуючого вузла виконані основний

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						34
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

дросельний канал, що постійно повідомляє підплунжерну порожнину з підпоршневою порожниною, внутрішня проточка, з'єднана через зворотний клапан ходу відбою з підпоршневою порожниною, і радіальні отвори, що утворюють додатковий дросельний канал плунжера при його нижньому положенні і з нижньою проточкою плунжера при його середньому положенні, а в корпусі вузла, що демпфує, встановлений запобіжний клапан ходу стиснення, що повідомляє підпоршневу порожнину з підплунжерною порожниною при великих перепадах тисків [20].

Надплунжерна порожнина з'єднана з порожниною гідроаккумулятора, а у верхньому положенні плунжера його нижня проточка розташована навпроти внутрішньої проточки корпусу демпфуючого вузла, при цьому підпружений пружинами плунжер забезпечений підпружиненим упором, встановленим в підплунжерній порожнині по центральному плунжер при відкритому додатковому дросельному каналі.

Пропонована пневомгідравлічна ресора підвіски транспортного засобу забезпечує підвищення його плавності ходу та стійкості руху внаслідок саморегулювання її гідравлічних характеристик залежно від частот коливань. Це призводить до зниження великих втрат енергії, викликаних коливаннями, збільшення середніх швидкостей і продуктивності транспортних засобів під час руху практично будь-якими дорогами.

(Рисунок 16).

Кульовий шарнір включає корпус, виконаний з двох частин у вигляді чашок, нероз'ємно з'єднаних між собою, укладений в корпус кульовий палець, поверхня сферичної головки якого охоплена вкладишем з антифрикційного матеріалу, простір між вкладишем і корпусом заповнено термопластичним наповнювачем. Вкладиш забезпечений по зовнішній поверхні фіксуючими виступами, розташованими в площині роз'єму корпусу вище за площину максимального діаметра сферичної головки кульового пальця, перпендикулярної до поздовжньої осі симетрії.

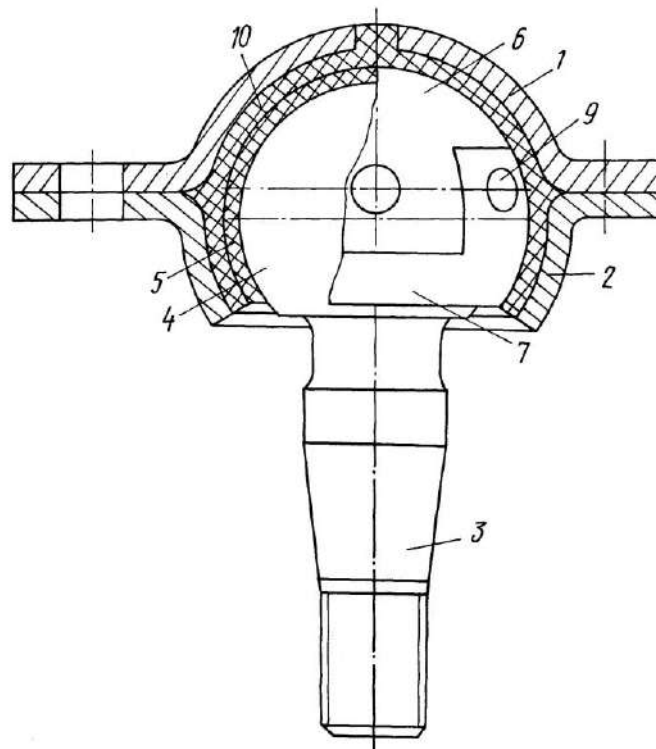
					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		35

Вкладиш виконаний складовим і утворений з верхньої суцільної усіченої сферичної частини і нижнього суцільного сферичного кільця, зістикованих між собою по гладкій або ступінчастій поверхні, при цьому у разі стикування складових частин вкладиша по ступінчастій поверхні кожна зі складових частин забезпечена поздовжніми зустрічно розташованими. стикувальними виступами та западинами.

Розміри поздовжніх меридіональних стикувальних виступів відповідають розмірам поздовжніх меридіональних стикувальних западин з утворенням суцільної поверхні вкладиша, сферичні внутрішні поверхні складових частин вкладиша виконані гладкими, фіксуючі виступи розташовані на верхній суцільній сферичній частині і/або напівсферичної або протяжної форми, причому останні виконані з постійним або зменшується по довжині поперечним перерізом, при цьому протяжність фіксуючого виступу вздовж меридіана складових частин вкладиша обрана із співвідношення 0,06-0,36 діаметра сферичної головки кульового пальця [35].

Відомий кульовий шарнір, що включає корпус, виконаний з двох частин у вигляді чашок, нероз'ємно з'єднаних між собою, укладений в корпус кульовий палець, поверхня сферичної головки якого охоплена вкладишем з антифрикційного матеріалу, простір між вкладишем і корпусом заповнено термопластичним наповнювачем, вкладиш забезпечений назовні корпуса вище за площину максимального діаметра сферичного наконечника кульового пальця.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						36
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		



- 1,2 – чашки; 3 – палець; 4 – поверхня сферичної голівки; 5 – вкладиш;
 6 – суцільна усічена сферична частина; 7 – суцільне сферичне кільце;
 8 – ступінчаста поверхня; 9 – фіксуючі виступи

Рисунок 16 – Кульовий шарнір

Разом із тим відомі конструкції кульових шарнірів характеризуються обмеженим ресурсом роботи та потребують застосування додаткового мастильного матеріалу, який наноситься на сферичну поверхню пальця перед встановленням вкладиша. Це ускладнює обслуговування та не завжди забезпечує стабільні трибологічні властивості в процесі експлуатації. У зв'язку з цим поставлено завдання розробити конструкцію шарніра з підвищеною довговічністю, яка не потребує додаткового змащування [5].

Запропоноване технічне рішення передбачає використання вкладиша з антифрикційного матеріалу, який охоплює сферичну головку кульового пальця, при цьому між вкладишем і корпусом формується заповнений термопластичним композитом простір. Відмінною особливістю конструкції є складова будова вкладиша: він сформований із верхньої усіченої сферичної

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		37

частини та нижнього сферичного кільця, що з'єднуються між собою по гладкій або ступінчастій поверхні.

У випадку ступінчастого з'єднання складові елементи мають систему поздовжніх стикувальних виступів і западин, геометрично узгоджених між собою, що забезпечує формування суцільної контактної поверхні. Внутрішні сферичні поверхні елементів виконані гладкими, а на зовнішніх ділянках передбачені фіксуючі виступи напівсферичної або подовженої форми зі змінним або сталим поперечним перерізом. Довжина таких виступів уздовж меридіана вибирається в межах 0,06–0,36 діаметра сферичної головки пальця [5].

Матеріал вкладиша являє собою зносостійкий антифрикційний композиційний матеріал на основі полімерної матриці (аліфатичний поліамід або поліпропілен), модифікований поліетиленом (4–34 мас.%) і армований низькомодульним вуглецевим волокном (близько 9,5–15,5 мас.%). Простір між вкладишем і корпусом заповнюється композиційним матеріалом на основі полімеру, що містить 27–43 мас.% скловолокна або його суміші з високомодульним вуглецевим волокном, а також 0,3–2,8 мас.% твердих мастильних добавок (наприклад, дисульфиду молібдену). Кількість фіксуючих виступів становить 2–16, а кількість стикувальних елементів — 2–8, при цьому їх довжина вибирається у межах 0,09–0,38 діаметра сферичної поверхні.

Товщина стінок вкладиша може бути сталою або змінною, а як полімерну матрицю використовують матеріали типу поліаміду або полісульфону; вміст високомодульного вуглецевого волокна у композиті становить 0,1–10 мас.%. Таке поєднання матеріалів і конструктивних рішень забезпечує підвищену зносостійкість, стабільні фрикційні характеристики та можливість роботи без додаткового мастила [5].

Результати експериментальних випробувань показали, що застосування запропонованої конструкції разом із використанням сучасних композиційних

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						38
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

матеріалів дозволяє збільшити ресурс кульового шарніра приблизно на 40–60 % порівняно з базовими рішеннями [5].

Отримані результати патентного аналізу свідчать про доцільність використання подібних конструктивних підходів при розробленні підвісок кар'єрних самоскидів, зокрема для підвищення їх надійності, довговічності та ефективності роботи в складних експлуатаційних умовах.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		39

3. Запропоновані конструктивні рішення підвіски автомобіля

3.1 Конструктивні особливості підвіски

В якості передньої та задньої підвіски автомобіля була обрана залежна пневмогідролічна підвіска. Пневмогідроциліндри дозволяють забезпечити необхідну плавність ходу і при цьому не висувають суттєвих вимог до компоновання автомобіля.

Передня підвіска (Рисунок 17) – залежна, складається з двох пневмогідролічних циліндрів 2, вуха з шарніром, важеля передньої осі та поперечної штанги 1.

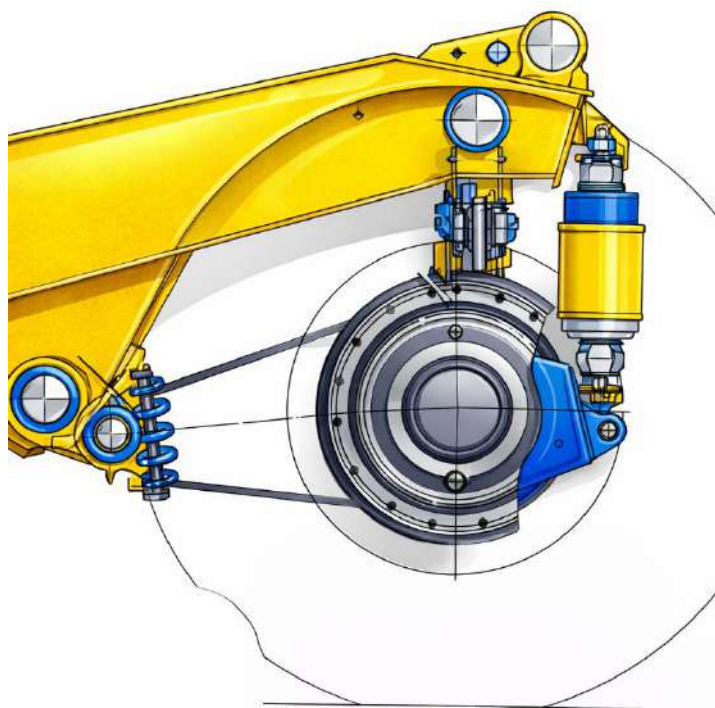


Рисунок 17 – Підвіска заднього провідного мосту

Навантаження, що діють на колеса передньої осі, передаються на раму через циліндри підвіски, поперечну штангу та вушко з шарніром.

Циліндри підвіски сприймають лише вертикальні навантаження, штанга – поперечні, а центральний шарнір – вертикальні, поперечні та поздовжні [22].

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		40

У даному проекті на автомобіль встановлюється пневмогідролічна підвіска (рисунок 18).

Задня підвіска – залежна, складається з двох пневмогідролічних циліндрів 2 і 3, поперечної штанги підвіски 4, важеля заднього моста та вуха з центральним шарніром. Навантаження, що діють на колеса заднього моста, передаються на раму через циліндри підвіски, поперечну штангу та центральний шарнір. Циліндри підвіски сприймають лише вертикальні навантаження, штанга – поперечні, а центральний шарнір – вертикальні, поперечні та поздовжні.

Підвіска, що розробляється, має відносно невелику масу, має менші розміри в порівнянні з іншими видами підвісок, що дозволяє поліпшити компоновку автомобіля, заощадити витрати при виробництві.

Пневмогідроциліндри підібрано на підставі проведених розрахунків.

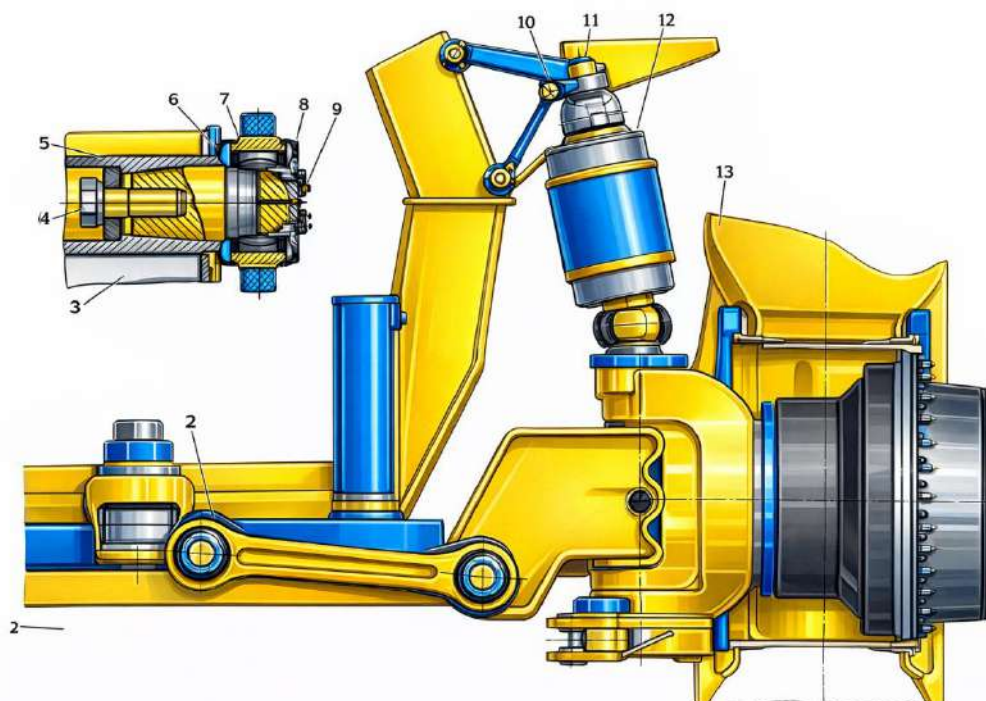


Рисунок 18 – Передня підвіска

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		41

3.2. Розрахунок пружно-демпфіруючих характеристик

Виконаємо розрахунок заднього пневмогідравлічного циліндра підвіски.

У розрахунку необхідно визначити навантаження на циліндр, побудувати криві для тиску, навантаження, жорсткостей, частот коливань, а також визначити основні розмірні параметри для демпфуючої системи, побудувати характеристики, що демпфують.

Вихідні дані:

- F - Площа штока циліндра підвіски, 0,0491 м²;
- G_c - Навантаження на вісь спорядженого автомобіля; 450000 Н;
- G_n - Навантаження на вісь автомобіля повної маси, 1400000 Н;
- q - Вага безпружинних мас мосту автомобіля, 320000 Н;
- l_0 - Висота наведеного стовпа газу для циліндра підвіски спорядженого автомобіля, 0,095 мм;
- X - хід штока циліндра підвіски;
- p_0 – тиск у циліндрі при $X=0$;
- p_x - поточне значення тиску в основному циліндрі;
- P_x - Навантаження на циліндр;
- S_x - Жорсткість циліндра підвіски;
- n_x - Частота коливань циліндра підвіски;
- k_1 - Коефіцієнт, що враховує вплив схеми підвіски (відношення відстані від центрального шарніра до вертикальної площини нижніх опор циліндрів до відстані від центрального шарніра до вертикальної площини осі коліс), 1,4;
- k_2 - Коефіцієнт, що враховує кількість шин колеса, 2;
- P_n – наведена до осі колеса величина P_x ;
- $P_{ш}$ - Навантаження на одну шину колеса;
- P_k - Навантаження на колесо автомобіля;
- S_n – жорсткість циліндра, наведена до осі (наведена жорсткість);
- $S_{ш}$ - Жорсткість однієї шини;
- S_k - Жорсткість шин коліс;

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
						42
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

- C_a - Жорсткість підвіски;
- m_c - Частота власних коливань циліндра;
- n_a - Частота коливань підвіски автомобіля [13].

Визначення навантажень на циліндри:

Навантаження на циліндр визначається за формулою:

$$P = \frac{G - q}{2 \cdot k_1}, \quad (1)$$

$$P_{xII} = \frac{(1400000 - 320000)}{21,4} = 385714 \text{ кН},$$

$$P_{xc} = \frac{(450000 - 320000)}{21,4} = 46429 \text{ кН}.$$

Порядок розрахунку і розрахункові формули для побудови характеристичних кривих

Криву тиску в циліндрі підвіски отримаємо за такою формулою:

$$P_x = \frac{P_x}{F} = \frac{P_0 \cdot l_0}{l_0 + X}. \quad (2)$$

Криву навантажень на циліндр підвіски отримаємо за такою формулою:

$$P_x = p_x \cdot F = \frac{P_0 \cdot l_0 \cdot F}{l_0 + X}. \quad (3)$$

Криву навантажень на шину отримаємо за такою формулою:

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		43

$$P_{ш} = P_x \cdot F = \frac{k_1 \cdot P_x + 0,5 \cdot q}{k_2}. \quad (4)$$

Навантаження на колесо:

$$P_k = k_2 \cdot P_{ш}. \quad (5)$$

Жорсткість колеса залежить від кількості шин у ньому:

$$C_k = k_2 \cdot C_{ш}. \quad (6)$$

Криву жорсткість циліндра підвіски отримаємо за формулою:

$$C = \frac{P_0 \cdot l_0 \cdot F}{(l_0 + X)^2} = \frac{P_x}{l_0 + X}. \quad (7)$$

Приведена до осі жорсткість циліндра:

$$C_n = k_1^2 \cdot C. \quad (8)$$

Криву жорсткості підвіски в цілому отримаємо за формулою, що враховує вплив підресорених та безпружинних мас:

$$C_a = \frac{P_k \cdot C_n \cdot C_k}{P_k \cdot C_n + P_n \cdot C_k}. \quad (9)$$

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		44

Криву частот власних коливань циліндра підвіски отримаємо за такою формулою:

$$n_u = \frac{0,5}{\sqrt{f}} = \frac{0,5}{\sqrt{P_x / C}} \quad (10)$$

Криву частот коливань підвіски загалом отримаємо за такою формулою:

$$n_u = \frac{0,5}{\sqrt{f}} = \frac{0,5}{\sqrt{P_k / C_a}}; \quad (11)$$

Результати розрахунку характеристик гідропневмоциліндра представлені таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати розрахунку характеристик гідропневмоциліндра

X_m	P_x , МПа	F_x , кН	F_k , кН	F_u , кН	Z , кН/м	Z_a , кН/м	n_u , Гц	n_a , Гц	P_{zap} , МПа
-0.092	29.952	2470.2	2228.3	2209.2	490079.0	5372.0	9.229	0.778	38.584
-0.087	22.232	552.3	932.9	445.9	48927.4	5224.9	5.590	2.284	24.449
-0.084	7.858	385.7	700.0	350.0	33730.5	5079.9	4.474	2.347	20.222
-0.082	4.922	339.3	435.0	327.5	24098.9	5004.8	4.385	2.404	8.904
-0.077	4.992	245.0	503.2	252.5	23423.3	4745.2	3.727	2.534	4.432
-0.072	3.907	292.8	428.5	224.2	8337.8	4473.7	3.297	2.424	5.033
-0.047	3.209	257.5	380.5	290.3	5425.9	4204.2	2.988	2.442	4.234
-0.042	2.723	233.7	347.2	273.4	4050.2	3952.2	2.752	2.487	3.508
-0.057	2.345	224.2	322.5	242.2	3054.5	3722.7	2.545	2.494	3.044
-0.052	2.090	202.4	303.4	252.8	2385.5	3492.2	2.422	2.494	2.492
-0.047	2.872	92.9	288.4	244.3	2924.4	3289.8	2.282	2.488	2.422
-0.042	2.495	83.2	274.5	238.3	2570.2	3204.7	2.272	2.475	2.284
-0.037	2.549	74.0	244.5	233.2	2322.2	2935.5	2.074	2.440	2.994
-0.032	2.424	70.0	258.0	229.0	2222.3	2780.9	2.992	2.442	2.837
-0.027	2.322	44.9	250.8	225.4	953.9	2439.4	2.927	2.422	2.702
-0.022	2.232	40.4	244.4	222.3	827.7	2520.2	2.852	2.402	2.584

Будуємо графіки робочого тиску в циліндрі підвіски (Рисунок 19), навантаження на циліндр (Рисунок 20), навантаження на колесо (Рисунок 21), навантаження на шину (Рисунок 22), жорсткість циліндра (Рисунок 23), жорсткості циліндра приведені до колеса 25), частоти власних коливань циліндра (Рисунок 26), частоти власних коливань підвіски (Рисунок 27), зарядного тиску (Рисунок 28).

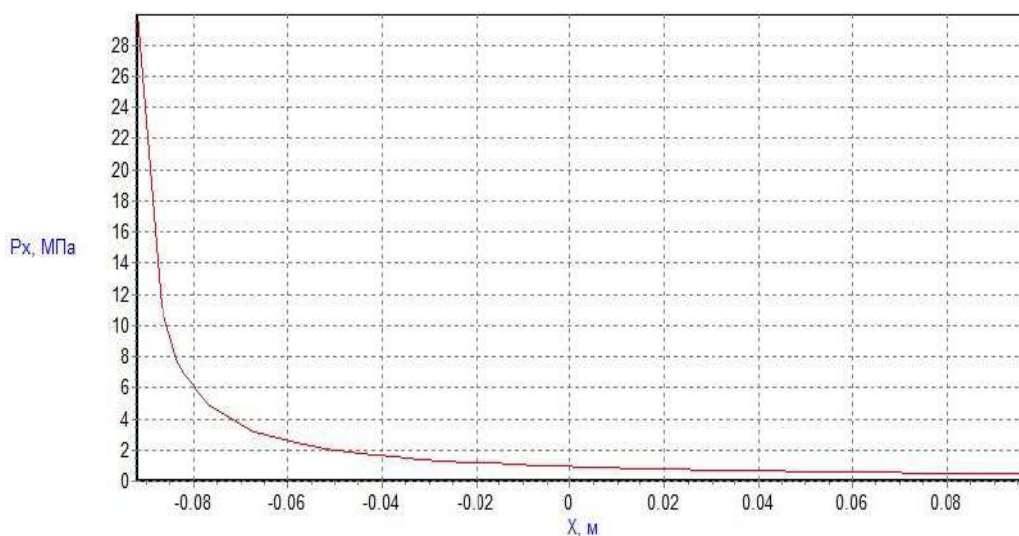


Рисунок 19 – Робочий тиск у циліндрі підвіски

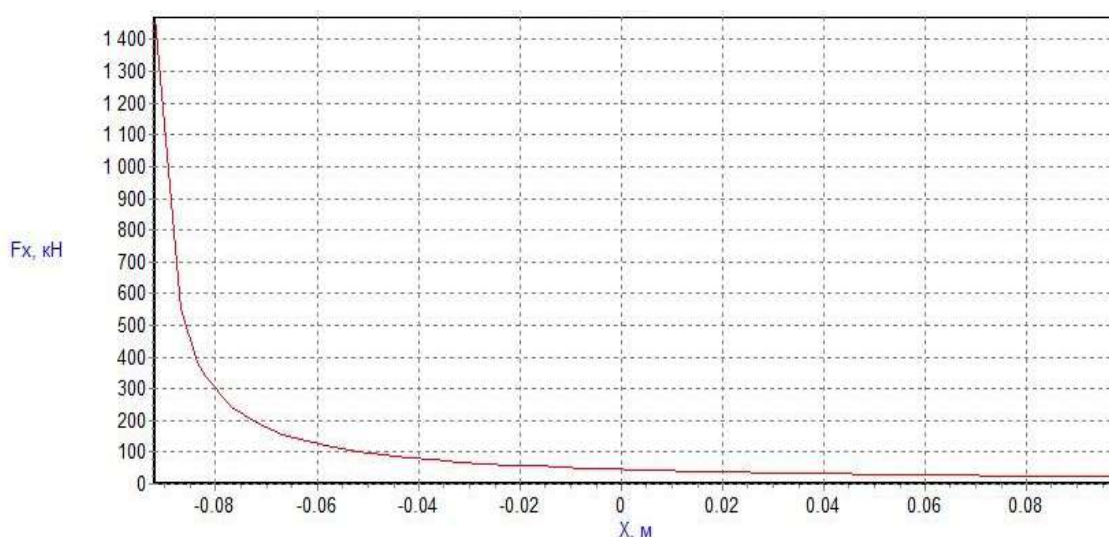


Рисунок 20 – Навантаження на циліндр

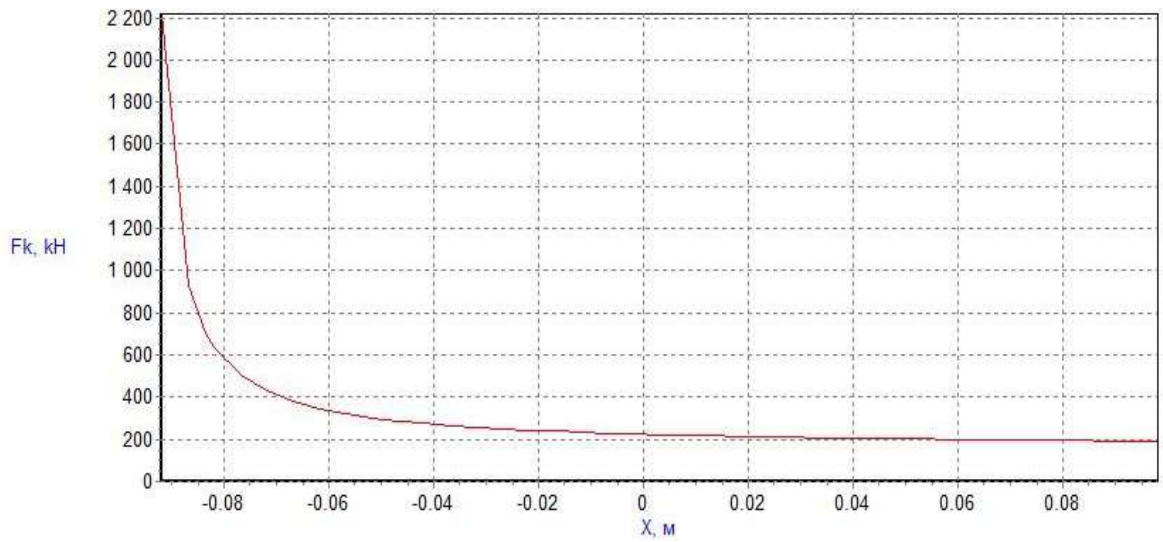


Рисунок 21 – Навантаження на колесо

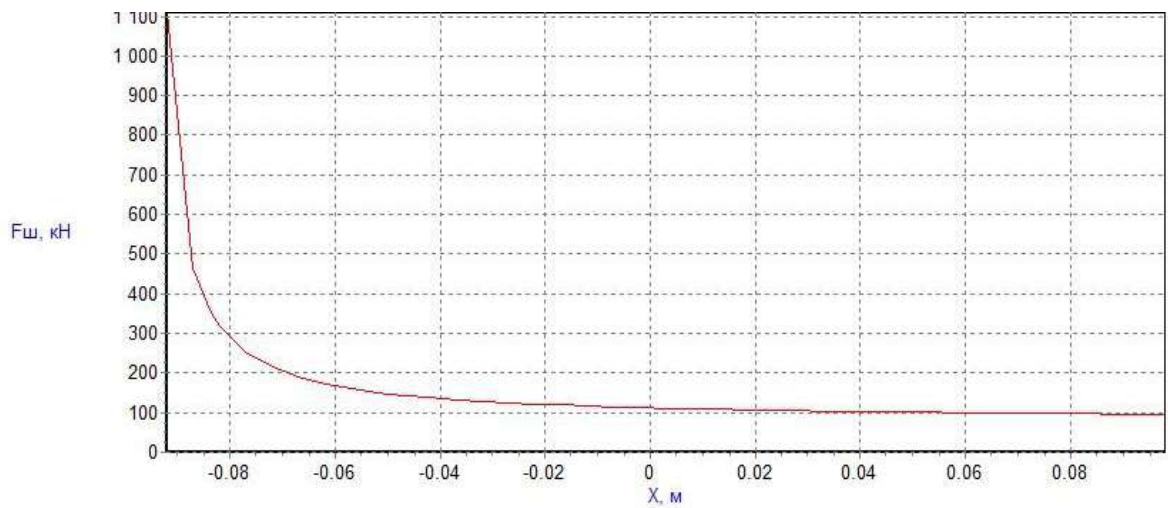


Рисунок 22 – Навантаження на шину

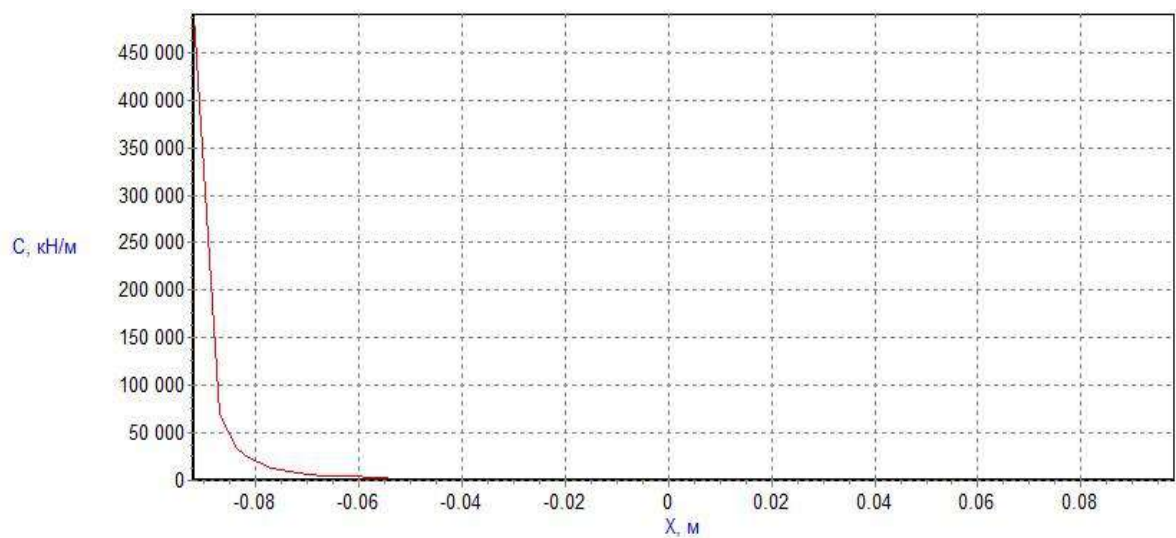


Рисунок 23 – Жорсткість циліндра

Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк

47

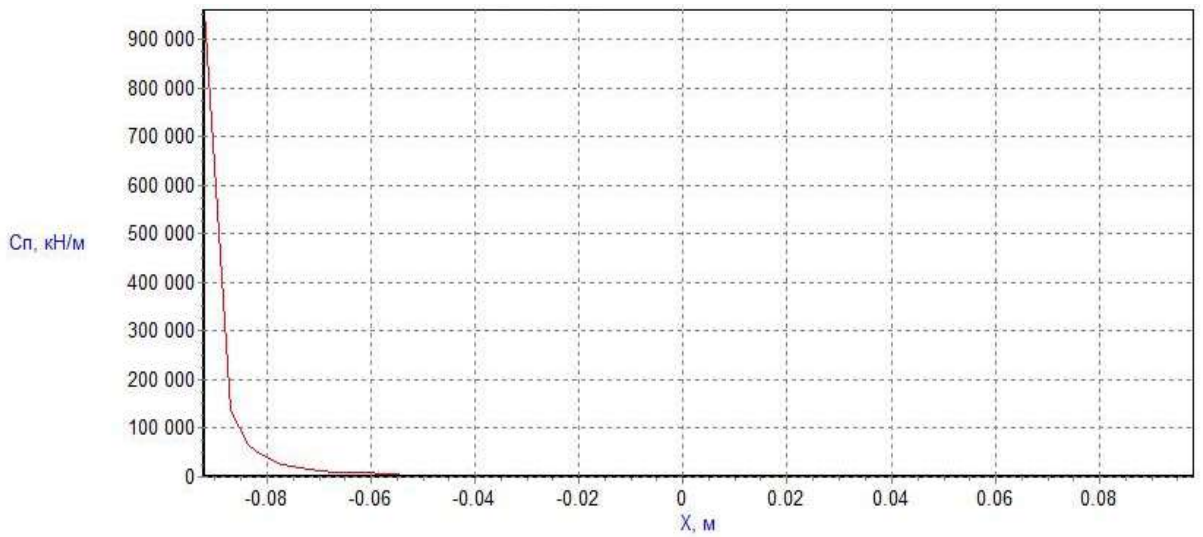


Рисунок 24 – Жорсткість циліндра наведена до колеса

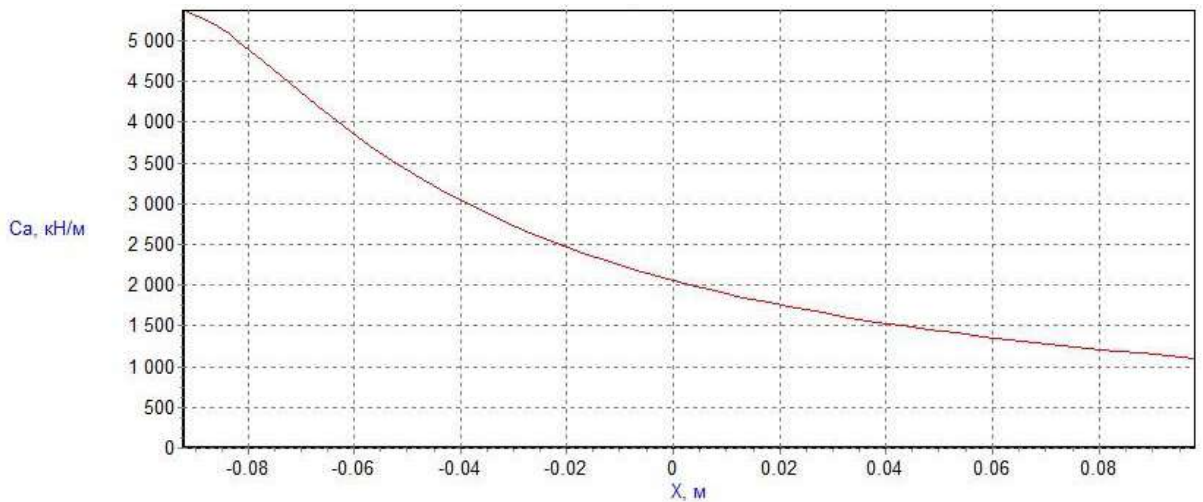


Рисунок 25 – Жорсткість підвіски

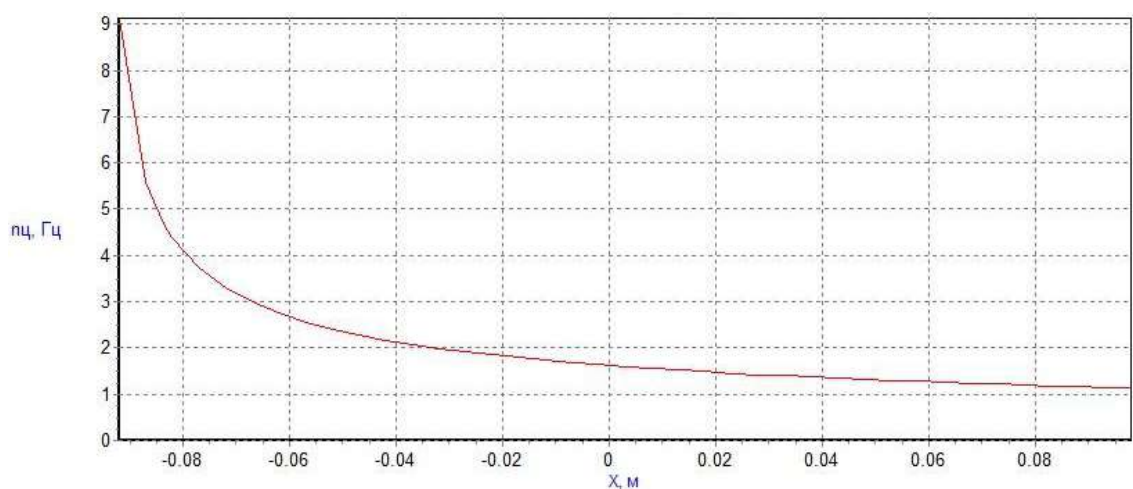


Рисунок 26 – Частота власних коливань циліндра

Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

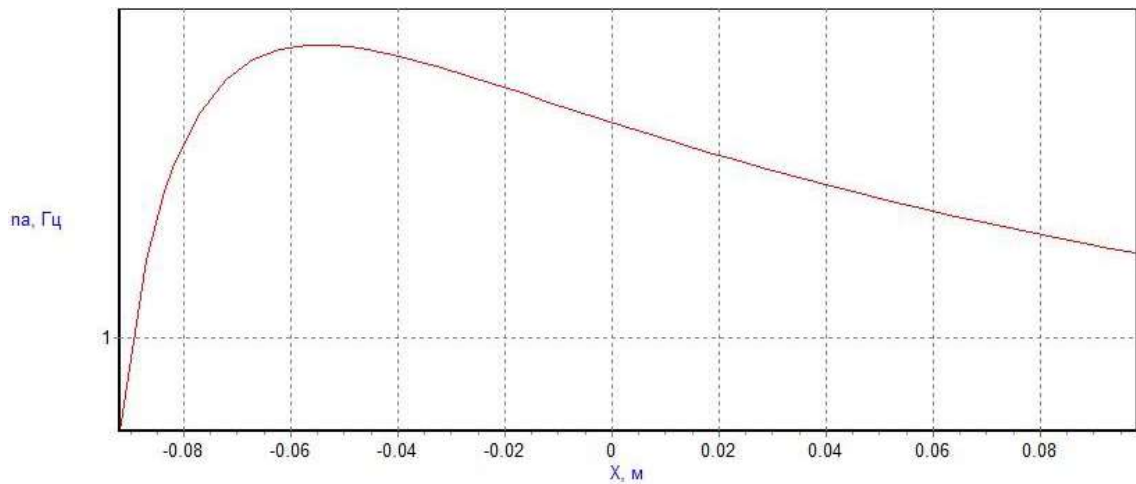


Рисунок 27 – Частота власних коливань підвіски

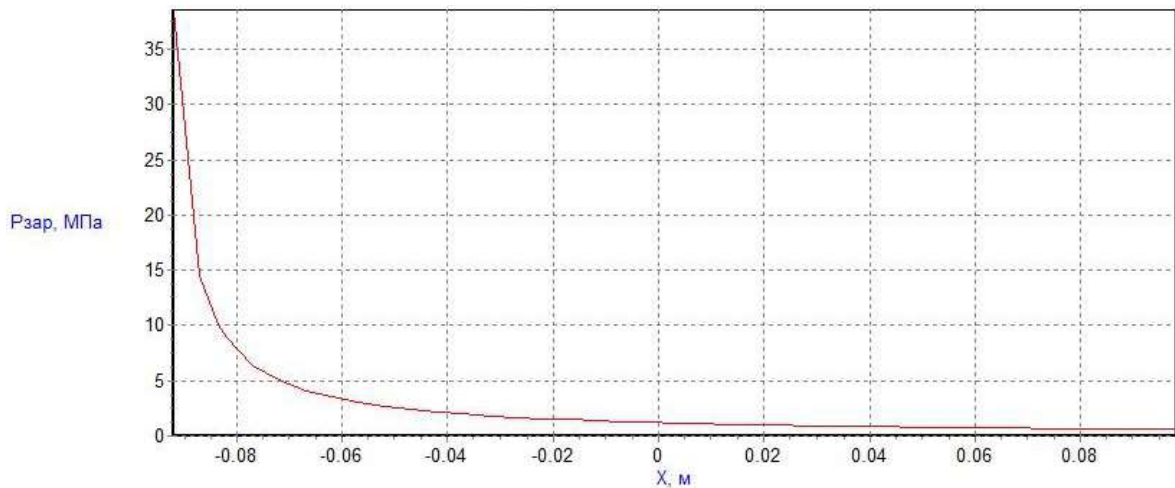


Рисунок 28 – Зарядний тиск

Визначення зарядних характеристик:

Кількість газу, що розчиняється в маслі:

$$Q = n_p \cdot P_x \cdot V_{ж}; \quad (12)$$

де P_x – тиск у циліндрі; $V_{ж}$ - обсяг олії в

циліндрі; n_p - Коефіцієнт розчинності

Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

Коефіцієнт розчинності визначаємо за графіком, для тиску p_0 тобто для спорядженого автомобіля, як найбільш тривалого за часом. Для циліндра при $p_0 = 0,946$ МПа: $n_p = 0,090$, $V_{ж} = 0.015$ м³.

Робоча кількість газу в циліндрі визначається за формулою (13), а загальна кількість газу, що нагнітається в циліндр під час заправки за формулою (14):

$$Q_{раб} = p_x \cdot V = p_x \cdot l_x \cdot F = p_x \cdot l_0 \cdot F. \quad (13)$$

$$Q_{зар} = Q_{раб} + Q = p_0 \cdot l_0 \cdot F + n_p \cdot p_x \cdot V_{ж}. \quad (14)$$

Визначимо, у скільки разів зарядний тиск має бути більшим за робочий тиск при зарядці циліндрів:

$$n = 1 + 0,090 \cdot 0.015 / (0,09500491) = 1,288.$$

Для отримання значень тиску зарядних характеристик достатньо значення тиску робочих характеристик помножити на n .

Розрахунок демпфуючої системи:

Коефіцієнт гідравлічного тертя демпфуючої системи в підвісці:

$$k_1 = \frac{M \cdot \omega}{0,6 \cdot \sigma_x} \cdot \left[\psi - 0,45 \cdot \frac{F_{TP}}{\sigma_x \cdot M \cdot \omega} \right], \quad (15)$$

де M - подрессоренная маса, що припадає набік;

ω – частота коливань підвіски;

F_{TP} – сила сухого тертя у підвіски;

σ_x - Середнє квадратичне відхилення.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		50

$$\sigma_{x'} = \sqrt{\frac{A^2}{2}} \quad (16)$$

де А - Амплітудна швидкість деформації підвіски [9].

Для спорядженого стану: М = 6626 кг, $\omega = 9,49$ рад/с, $F_{TP} = 1950$ Н,

$A = 0,2$ м/с², $\sigma_{x'} = 0,141$; $\psi = 0,2$; тоді $k_{1CH} = 75083,9$;

Для навантаженого стану: М = 55046 кг, $8,46$ рад/с, $F_{TP} = 16200$ Н, $A = 0,15$ м/с²,
 $\sigma_{x'} = 0,106$; $\psi = 0,2$. Тоді $k_{1CH} = 383516,4$ Н·с²/м²;

Коефіцієнт гідравлічного тертя демпфуючої системи, наведений до циліндра:

$$k_{1Ц} = k_1 / U^3,$$

$$k_{1ЦCH} = 75083,9 / 1,4^3 = 27362,9 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$$

$$k_{1ЦTP} = 383516,4 / 1,4^3 = 139765,5 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2.$$

(17)

Площа прохідних перерізів демпфуючої системи під час відбою:

$$S_{отб} = \frac{S_k^{3/2} \cdot \sqrt{\rho}}{2 \cdot \mu} \cdot \sqrt{\frac{1+\gamma}{\gamma}} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_{1Ц}}} \quad (18)$$

де S_k – площа кільцевої камери;

ρ - Щільність рідини;

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		51

μ - Коефіцієнт витрати рідини;

γ - Відношення сили відбою до сили стиснення [2].

Площа прохідних перерізів під час стиснення:

$$S_{\text{сжс}} = \frac{S_{\text{к}}^{3/2} \cdot \sqrt{\rho}}{2 \cdot \mu} \cdot \sqrt{1 + \gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_{1\text{ц}}}} \quad (19)$$

Діаметр клапана стиснення визначається за виразом:

$$d = 2 \sqrt{\frac{S_{\text{сжс}} - S_{\text{отб}}}{\pi n_{\text{сжс}}}} \quad (20)$$

де $n_{\text{сж}}$ - Число клапанів [2].

Глибина канавки на штоку під ковзною втулкою клапана відбою визначається за такою формулою:

$$h = \frac{S}{2 \cdot n \cdot b}$$

де S – кількість канавок; b – ширина канавки [24].

Площі прохідних перерізів на ходах відбою та стиску, діаметр клапана стиску та глибина канавки вважаються для різних γ . Приймаємо для спорядженого стану 1,7 для завантаженого 3.

Коефіцієнт опору під час стиснення визначається за такою формулою (22), а коефіцієнт опору під час відбою за такою формулою (23):

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		52

$$k_{1\text{сж}} = \frac{2 \cdot k_{1\text{ц}}}{1 + \gamma}, \quad (22)$$

$$k_{1\text{от}} = k_{1\text{сж}} \cdot \gamma. \quad (23)$$

Будується демпфуюча характеристика циліндра за двома залежностями – під час стиснення (формула 24) і відбою (формула 25):

$$F = k_{1\text{сж}} \cdot X^2, \quad (24)$$

$$F = k_{1\text{от}} \cdot X^2. \quad (25)$$

де X - Швидкість переміщення штока циліндра [11].

Тоді в спорядженому стані демпфуюча характеристика має вигляд, представлений рисунку 29.

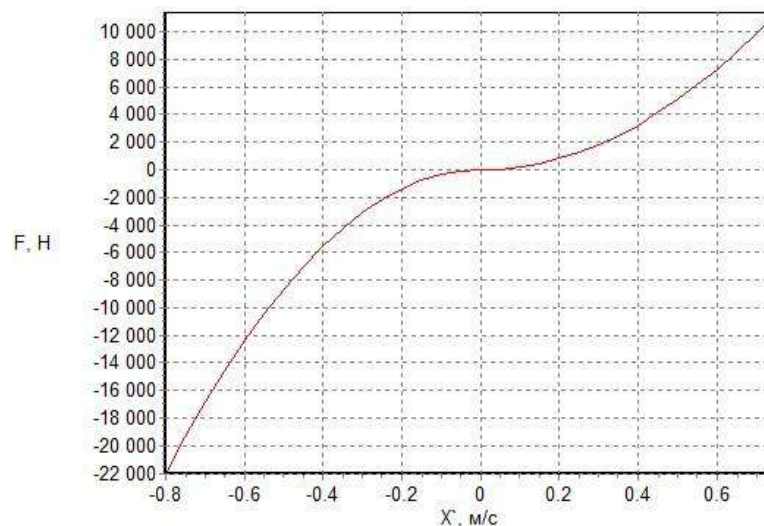


Рисунок 29 – Демпфуюча характеристика циліндра у спорядженому стані

У завантаженому стані демпфуюча характеристика циліндра має вигляд, представлений рисунку 30.

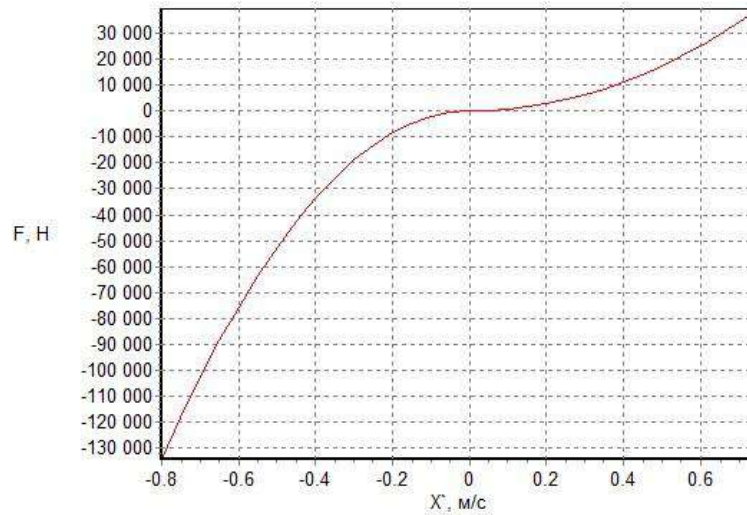


Рисунок 30 – Демпфуюча характеристика циліндра у завантаженому стані
 Перебудуємо демпфуючу характеристику циліндра в демпфуючу
 характеристику підвіски, використовуючи формули (26, 27) і переносимо
 характеристику на графік (рисунок 31):

$$F_{II} = F \cdot U, \quad (26)$$

$$\Delta = \frac{X}{U}. \quad (27)$$

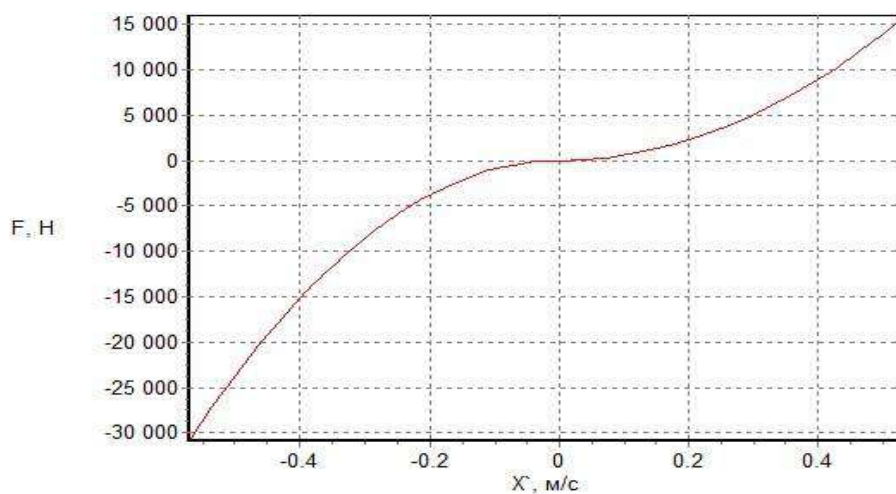


Рисунок 31 – Демпфуюча характеристика підвіски у спорядженому стані

Для навантаженого стану демпфуюча характеристика підвіски має вигляд, представлений рисунку 32.

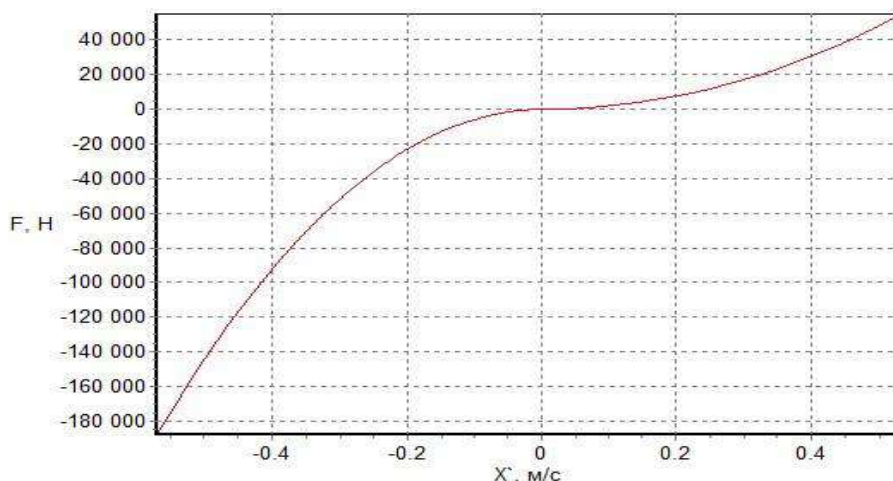


Рисунок 32 – Демпфуюча характеристика підвіски в навантаженому стані
Розраховано основні параметри для спорядженого та навантаженого станів для даного циліндра та підвіски, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні параметри для спорядженого та навантаженого станів для даного циліндра та підвіски

Основні параметри	Споряджене	Завантажений стан
Тиск у циліндрі, Па	94	78
Жорсткість циліндра, Н/м	48	330
Жорсткість підвіски, Н/м	2054	507
Частота коливань циліндра, Гц	1.622	4.676
Частота коливань підвіски, Гц	1.511	1.347

Специфікація на передню, задню підвіски, циліндр підвіски представлені у Додатку А (малюнки А.1, А.2, А.3, А.4, А.5, А.6).

Висновки у розділі.

Вибраний циліндр із діаметром штока 0,250 м, діаметром основної труби 0,305 м, ходом стиснення 0,092 м, ходом відбою 0,095 м та наведеною висотою стовпа газу 0,095 м.

З розрахунку зарядних характеристик слід виконувати зарядку циліндрів підвіски під час виготовлення їх у заводі і за обслуговуванні в автохозяйствах.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		56

4. Технологічний процес обслуговування підвіски автомобіля

У процесі збирання автомобілів та тракторів відбувається об'єднання деталей у певній послідовності для створення вузлів, механізмів або готового транспортного засобу відповідно до встановлених технічних вимог. Цей процес може здійснюватися як на заводі, де виробляються деталі, так і на спеціалізованому складальному підприємстві. В даний час в автотракторобудуванні переважає перший спосіб організації виробництва.

Складальні роботи вимагають більше витрат праці порівняно з ливарними, зварювальними та іншими видами робіт. Однак механізація процесу збирання може суттєво знизити трудомісткість і є важливим резервом для покращення виробництва. В автотракторобудуванні часто використовується масове та великосерійне виробництво, що сприяє механізації та автоматизації складальних процесів.

Незважаючи на те, що трудомісткість в інших цехах знижується швидше, ніж у складальних, значення складальних робіт залишається значним.

25% загальної трудомісткості.

4.1 Обґрунтування вибору технологічного процесу

При виборі технологічного процесу складання необхідно враховувати комплекс взаємопов'язаних факторів, які визначають ефективність виробництва та якість кінцевого виробу. Насамперед, важливими є вимоги до якості продукції: обрана технологія повинна забезпечувати точність складання, стабільність геометричних параметрів, надійність з'єднань та мінімізацію дефектів. Не менш значущими є терміни виготовлення,

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		57

оскільки технологічний процес має гарантувати своєчасне виконання виробничих завдань при оптимальному завантаженні ресурсів.

Суттєвий вплив має і собівартість виробництва, що передбачає вибір таких технологічних рішень, які забезпечують раціональне використання матеріалів, енергії та трудових ресурсів, а також мінімізацію непрямих витрат. Обсяг виробництва визначає доцільність застосування певного типу складання: від індивідуального чи дрібносерійного до масового, що вимагає різного рівня спеціалізації та автоматизації. Окремо слід враховувати технічні можливості наявного обладнання, його точність, продуктивність, ступінь зношення та відповідність вимогам конкретного виробу.

Додатковим фактором є габаритні розміри та маса виробів. Для великогабаритних конструкцій, таких як вузли підвіски кар'єрних самоскидів, необхідне застосування підйомно-транспортного обладнання (крани, талі, маніпулятори), тоді як для дрібних вузлів можуть ефективно використовуватися автоматизовані або напівавтоматизовані складальні лінії. Також важливими є питання ергономіки робочих місць, безпеки праці та можливості контролю якості на всіх етапах складання.

Враховуючи специфіку розробки передньої та задньої підвісок кар'єрного самоскида, де обсяг випуску, як правило, є обмеженим, доцільно орієнтуватися на дрібносерійний тип виробництва. У цьому випадку найбільш раціональною є організація стаціонарного непотокового складання з поділом процесу на вузлове та загальне. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість виробництва, можливість внесення конструктивних змін та високий рівень контролю якості.

Складальні операції виконуються спеціалізованими бригадами, які мають відповідну кваліфікацію для роботи з окремими вузлами (шарнірні

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		58

з'єднання, гідропневматичні циліндри, направляючі елементи тощо). Це забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження ймовірності помилок та покращення експлуатаційних характеристик готового виробу. Таким чином, вибір технологічного процесу складання має базуватися на системному аналізі технічних, економічних та організаційних чинників з урахуванням специфіки виробу та умов його виготовлення.

Розрахуємо такт випуску за такою формулою:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (28)$$

де $F_{д}$ – дійсний річний фонд робочого часу складального устаткування за одну зміну, приймається рівним 2070 год. для стаціонарного складання на необладнаному устаткуванні; m – кількість змін, що приймається рівним 1; N – Річний обсяг випуску, приймається рівним 60 шт [23].

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{60} = 2070$$

Після етапу розробки створюємо план технологічного процесу складання, який включає у собі графічне зображення послідовності операцій, необхідні виробництва кінцевого продукту.

План визначає порядок виконання всіх етапів виробництва, починаючи з отримання вихідних матеріалів і закінчуючи готовим виробом. Важливі компоненти цього плану включають отримання матеріалів, підготовчі операції (наприклад, розмітка, нарізка, обробка), складання виробу з деталей, остаточну обробку (включаючи шліфування, полірування, фарбування), контроль якості (перевірку відповідності вимогам) та упаковку та зберігання готового продукту [6].

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		59

Перелік складальних робіт вузлового та загального складання центрального шарніра передньої підвіски представлений у таблиці 3.

Таблиця 3 – Перелік складальних робіт вузлового та загального збирання центрального шарніра передньої підвіски

Операції, що входять до складу основних та допоміжних переходів	Час виконання операції, хв.
Взяти кришку (2 шт.)	2
Оглянути кришку на наявність тріщин або пошкоджень, рівність та цілісність зварних швів, корозію та іржу, відповідність розмірів та геометрії заданим стандартам	7
Взяти сальник (2 шт.)	2
Оглянути сальник на наявність тріщин або пошкоджень	2
Запресувати сальник у кришку	4

Операції, що входять до складу основних та допоміжних переходів	Час виконання операції, хв.
Взяти болт М20 (24 шт.)	3
Закріпити кришку на кронштейні рами за допомогою болтів М20	10
Взяти шарнірний підшипник (2 шт.)	2
Оглянути підшипник шарнірний на наявність тріщин чи пошкоджень	2
Перед складанням сферичні поверхні шарнірного підшипника змастити мастилом Літол-24. Зовнішнє кільце шарнірного підшипника встановити на герметик УГ-9 ТУ 2257-407-00208947. Площина роз'єму зовнішнього кільця шарнірного підшипника повинна бути під кутом 90°, при цьому маркування на торцях обох напівкільць має бути з одного боку підшипника, а півкільця одного рядкового номера. Внутрішнє кільце підшипника після установки повинно повертатися на кут не менше 150° від зусилля (20±5) Н, прикладеного перпендикулярно до плеча (200±50) мм від торця внутрішнього кільця до установки сальника [16].	5
Запресувати шарнірний підшипник у кришку	6
Взяти шплінт-дрот (24 шт.)	2
Зафіксувати шплінт-дрот на болтах	5
Взяти центральний важіль	1
Оглянути центральний важіль на наявність тріщин або пошкоджень, рівність та цілісність зварних швів, корозію та іржу, відповідність розмірів та геометрії заданим стандартам	4

Взяти болт (2 шт.)	0,5
Взяти палець (2 шт.)	0,5
Закріпити центральний важіль на кронштейні рами за допомогою пальця та болта	7
Взяти стопорну пластину	0,5
Оглянути стопорну пластину на наявність тріщин або пошкоджень	1
Взяти болт (8 шт.)	1
Взяти шайбу (8 шт.)	1
Закріпити стопорну пластину за допомогою болтів та шайб	3
Взяти диск (2 шт.)	2
Оглянути диск на наявність тріщин або пошкоджень, рівність та цілісність зварних швів, корозію та іржу, відповідність розмірів та геометрії заданим стандартам	5
Взяти болт (10 шт.)	1
Взяти шайбу (10 шт.)	1
Закріпити диск за допомогою шайб та болтів на центральному важелі	6
Перевірити якість виконаних операцій і виконати регулювання за потреби	30
Разом:	130,7

Визначимо загальний оперативний час на всі види робіт:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (29)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}$$

Визначаємо сумарну трудомісткість збирання виробу за формулою:

$$t_{шт}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (30)$$

де α – частина оперативного часу на організаційно-технічне обслуговування робочого місця у відсотках, приймається рівним 3%; β – частина оперативного часу для перерви та відпочинку у відсотках, приймається рівним 5% [23].

$$t_{шт}^{общ} = 116,5 + 116,5 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 125,82$$

ХВ

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		61

12	Взяти шплінт-дріт (24 шт.)		
13	Зафіксувати шплінт-дрот на болтах		
14	Взяти центральний важіль		
15	Оглянути центральний важіль на наявність тріщин або пошкоджень, рівність і цілісність зварних швів, корозію та іржу, відповідність розмірів та геометрії заданим стандартам		
16	Взяти болт (2 шт.)		
17	Взяти палець (2 шт.)		
18	Закріпити центральний важіль на кронштейні рами за допомогою пальця та болта		
19	Взяти стопорну пластину		
20	Оглянути стопорну пластину на наявність тріщин або ушкоджень		
21	Взяти болт (8 шт.)		
22	Взяти шайбу (8 шт.)		
23	Закріпити стопорну пластину за допомогою болтів та шайб		
24	Взяти диск (2 шт.)		
25	Оглянути диск на наявність тріщин або пошкоджень, рівність і цілісність зварних швів, корозію та іржу, відповідність розмірів та геометрії заданим стандартам		
26	Взяти болт (10 шт.)		
27	Взяти шайбу (10 шт.)		

		28	Закріпити диск за допомогою шайб та болтів на центральному важелі		
010	Регулювальна	1	Перевірити якість виконаних операцій та виконати регулювання за необхідності [12].	-	30

Технологічна схема збирання центрального шарніра передньої підвіски представлена в графічній частині ВКР.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		64

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз сучасних конструкцій підвісок кар'єрних самоскидів показав, що найбільш ефективними є пневмогідравлічні системи, які забезпечують високу енергоємність та адаптивність до змінних навантажень.
2. Встановлено, що основними напрямками підвищення ефективності підвіски є удосконалення демпфуючих характеристик, підвищення ресурсу шарнірних з'єднань та використання сучасних композиційних матеріалів.
3. Запропонована конструкція підвіски дозволяє покращити плавність ходу та поперечну стійкість транспортного засобу за рахунок оптимізації кінематичної схеми та характеристик демпфування.
4. Результати розрахунків підтверджують доцільність використання удосконаленої підвіски, яка забезпечує зниження динамічних навантажень, підвищення надійності та ефективності експлуатації кар'єрного самоскида.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		65

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біліченко В. В. Проектування підвіски автомобіля : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 132 с. URL: vntu.edu.ua (дата звернення: 07.04.2026).
2. Шкарівський Г. В., Бешун О. А., Лавріненко О. Т. Тягово-динамічні розрахунки мобільних енергетичних засобів : навч. посіб. Київ : НУБіП, 2016. 215 с.
3. Сахно В. П., Сохацький А. В. Динаміка автомобільних та інших транспортних засобів : навч. посіб. Дніпро : УМСФ, 2021. 180 с.
4. Зінко Р. В. Обґрунтування параметрів систем підвішування вантажних автомобілів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.02. Харків : ХНАДУ, 2021. 40 с.
5. Нагорний О. М. Розрахунок та проектування підвіски автомобіля : магістер. дис. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 85 с.
6. Мастій В. С. Пружна характеристика передньої підвіски вантажного автомобіля. *Вісник ТНТУ*. 2024. № 1. С. 45–52.
7. Шевчук В. П. Конструювання і розрахунок автомобіля : навч. посіб. Львів : ЛДУБЖД, 2019. 240 с.
8. Полянський О. С. Аналіз конструкцій та елементи розрахунку автомобіля : навч. посіб. Київ : Кпекфк, 2023. 195 с.
9. Колісник М. П. Удосконалення підвіски вантажних автомобілів великої вантажопідйомності. *Наукові нотатки*. 2022. Вип. 72. С. 112–118.
10. Проект вантажного автомобіля з модернізацією підвіски : пояснювальна записка до дипл. проекту. Чернігів : НУ Чернігівська політехніка, 2023. 120 с.
11. Goodarzi A., Khajepour A. *Vehicle Suspension System Technology and Design*. Cham : Springer Nature, 2022. 350 p.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		66

12. Cao D., Song X., Ahmadian M. Editors' Perspectives: Road Vehicle Suspension Design, Dynamics, and Control. *Vehicle System Dynamics*. 2021. Vol. 59, Is. 1. P. 1–25.
13. Substantiation of methods for calculation of traction forces of a truck / O. Bazhinov et al. *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 70. P. 333–340.
14. Theory and Practice of Determining the Dynamic Performance of Traction Rolling Stock / J. Smith et al. *International Journal of Automotive Technology*. 2024. Vol. 25. P. 120–135.
15. Effect of Suspension System Stiffness on Dynamic Load of Heavy Trucks / R. Kumar et al. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Singapore : Springer, 2023. P. 12–24.
16. Research of the influence of car suspension characteristics on its vibrations / L. Wang et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2022. Vol. 1277. 012009.
17. Cebon D. Truck Suspension Design to Minimize Road Damage. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2020. Vol. 210, Is. 4. P. 251–262.
18. Effects of Suspension Variations on the Dynamic Wheel Loads of a Heavy Articulated Highway Vehicle. Ottawa : COMT Canada, 2021. 156 p.
19. Estimation of vehicle suspension dynamics with data fusion / M. Chen et al. *Measurement*. 2024. Vol. 230. 114521.
20. Development of an Independent Front Suspension for Truck Tractors / S. Miller et al. *SAE Technical Paper*. 2022. № 2022-01-0512.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		67