

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»
(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала
грузоподъемностью 110 тонн

Обучающийся

М.Е. Сугак

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А. Горохова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

И.Ю. Усатова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн».

Целью проекта является создание оптимальной подвески, способной обеспечить надежное и эффективное функционирование самосвала при перевозке тяжелых грузов на карьерах и в горнодобывающей отрасли. Реализация данного проекта позволит значительно улучшить технические характеристики и надежность карьерных самосвалов, что приведет к повышению производительности горнодобывающих предприятий и снижению операционных расходов.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, всего 106 страниц с приложением. Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В первом разделе выполнен обзор схем и конструкций подвесок карьерных самосвалов грузоподъемностью 90-200 тонн.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля.

В третьем разделе выполнен обзор конструктивных схем гидропневматических цилиндров подвесок карьерных самосвалов, патентный поиск по подвескам карьерных самосвалов, конструкторские расчеты.

В четвертом разделе выбран, обоснован и составлен технологический процесс сборки.

В пятом разделе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, разработаны меры и мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности объекта дипломного проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation work is: «The design development of the front and rear suspension of a quarry dump truck with a payload capacity of 110 tons».

The graduation work consists of: an introduction, six general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the structure design of the front and rear suspension of a quarry dump truck with a payload capacity of 110 tons.

The front and rear suspensions play an important role in the operation of a quarry dump truck, especially one with a load capacity of 110 tons. As part of the suspension system, they provide the necessary stability, comfort, and safety when moving through the challenging road conditions of quarries. The suspension helps to absorb the load and vibrations to which the vehicle is subjected on uneven and rough roads, which is important for preserving the integrity of the cargo and ensuring comfortable driving.

The aim of the work is to develop the design of the front and rear suspension of a quarry dump truck with a payload capacity of 110 tons.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the consideration of the design of suspensions for commercial vehicles; the traction-dynamic calculation of a vehicle; review of the structural schemes of hydropneumatic suspension cylinders for quarry dump trucks, patent search for quarry dump truck suspensions, design calculations; determination of the organizational form of the assembly of assembling the designed suspension, its technological process and labor intensity.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	6
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	13
3 Конструкторская часть	26
3.1 Обзор конструктивных схем гидропневматических цилиндров подвесок карьерных самосвалов	27
3.2 Патентный поиск по подвескам карьерных самосвалов.....	38
3.3 Выбор основных конструктивных решений по теме проекта.....	49
3.4 Расчет упруго-демпфирующих характеристик.....	51
4 Технологический раздел.....	65
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	65
4.2 Разработка технологического процесса сборки.....	69
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	73
5.1 Описание технологического процесса сборки центрального шарнира передней подвески	74
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	75
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	77
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	83
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса.....	86
6 Экономическая эффективность проекта.....	89
Заключение	98
Список используемой литературы и используемых источников.....	99
Приложение А. Спецификации.....	102

Введение

Подвеска самосвала играет критическую роль в обеспечении безопасности, управляемости и устойчивости во время перевозки тяжелых нагрузок по сложным карьерным дорогам.

На современном этапе производства качество изделий приобретает особо важное значение.

«Для создания изделий высокого качества конструктор должен хорошо знать функциональное назначение изделия, предъявляемые к нему общие и специфические требования, особенности конструкции современных изделий, свойства применяемых материалов и современные методы расчетов» [1].

В последнее время в условиях возрастающих скоростей движения, к ходовой части грузового автомобиля предъявляются всё более жёсткие требования по плавности хода, безопасности надёжности и долговечности. В связи с увеличением осевых нагрузок от большегрузных автомобилей требуется, чтобы они как можно меньше разрушали дорожное покрытие.

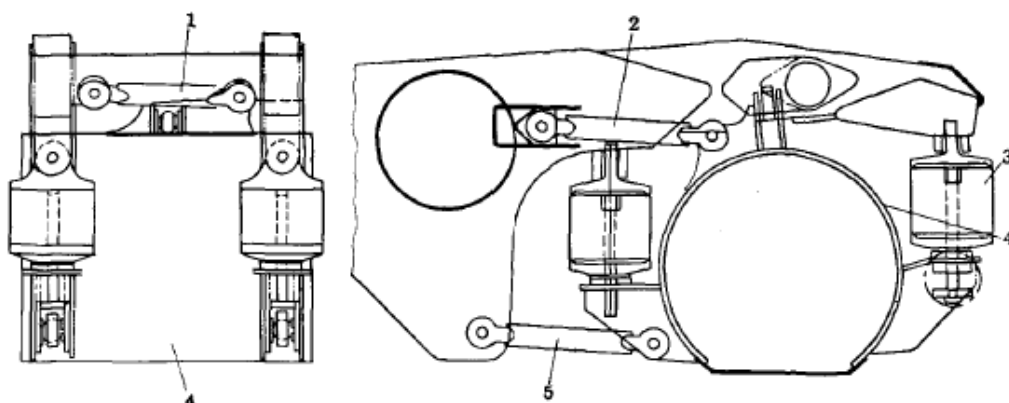
«При проектировании подвесок на грузовые автомобили, она должна удовлетворять следующим требованиям: иметь надлежащие упругие и амортизационные характеристики, обеспечивающие требуемую плавность хода, поперечные крены, ограничение хода, исключающее пробой подвески, устойчивость движения, обладать высокими прочностью и надёжностью при минимальных стоимости и эксплуатационных затратах, иметь минимальную массу и так далее» [11].

В данном проекте на автомобиль устанавливается пневмогидравлическая подвеска. Она имеет относительно небольшую массу, имеет меньшие размеры по сравнению с другими видами подвесок, что позволяет улучшить компоновку автомобиля, сэкономить затраты при производстве.

1 Состояние вопроса

На автосамосвалах грузоподъемностью 109 и 136 т фирма Dart применяет зависимую подвеску на резиновых упругих элементах (рисунок 1). В передней подвеске установлены резиновые массивные блоки с металлическими опорами, шарнирно соединенными с рамой и передней осью. Такая подвеска обеспечивает 90...115 колебаний в 1 мин. В задней подвеске установлены четыре резиновых блока, два из которых стоят впереди моста, а два – сзади.

Резиновые блоки воспринимают вертикальную нагрузку, а продольные и поперечные силы передаются четырьмя реактивными штангами, шарнирно соединенными с рамой и ведущим мостом (три продольные штанги и одна поперечная).

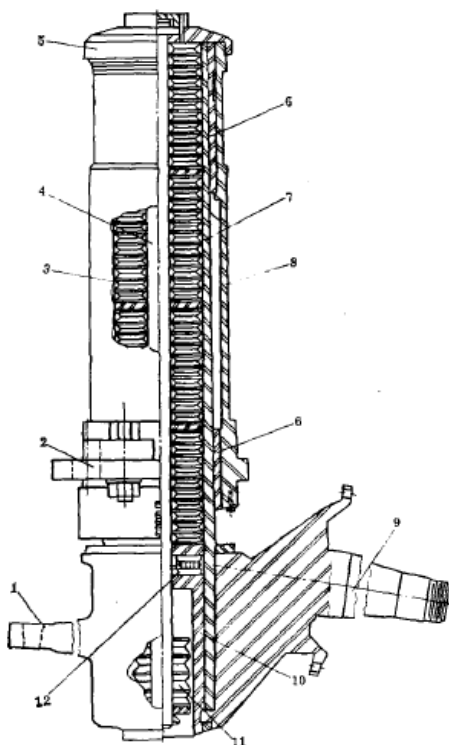


1 – поперечная реактивная штанга; 2 – верхняя продольная штанга; 3 – резиновый блок;
4 – картер моста; 5 – нижняя продольная штанга

Рисунок 1 – Задняя подвеска фирмы Dart

Наиболее совершенная подвеска с резиновыми упругими элементами (под названием Dyna-Float) (рисунок 2) применяется на автомобилях фирмы Unit Rig грузоподъемностью 77, 91, 109, 136, 154 и 180 т. Устройство передней независимой подвески показано на рисунке 2. Наружный корпус цилиндра подвески прикреплен к раме автомобиля при помощи фланца в нижней части и хомута – в верхней. В корпусе перемещается пустотелый

шток с набором резинометаллических дисков. На нижнем конце штока закреплен поворотный кулак переднего колеса. Комплект дисковых резиновых элементов опирается, с одной стороны, на верхнюю крышку корпуса цилиндра, с другой — через подшипник на дно стакана, установленного внутри штока.



- 1 – рычаг поворота; 2 – фланец; 3 – резиновые диски с металлическими прокладками;
 4 – направляющий стержень; 5 – верхняя крышка; 6 – направляющие буксы;
 7 – внутренний шток; 8 – наружный корпус; 9 – поворотный кулак; 10 – опорный стакан;
 11 – резиновые диски; 12 – опорный подшипник

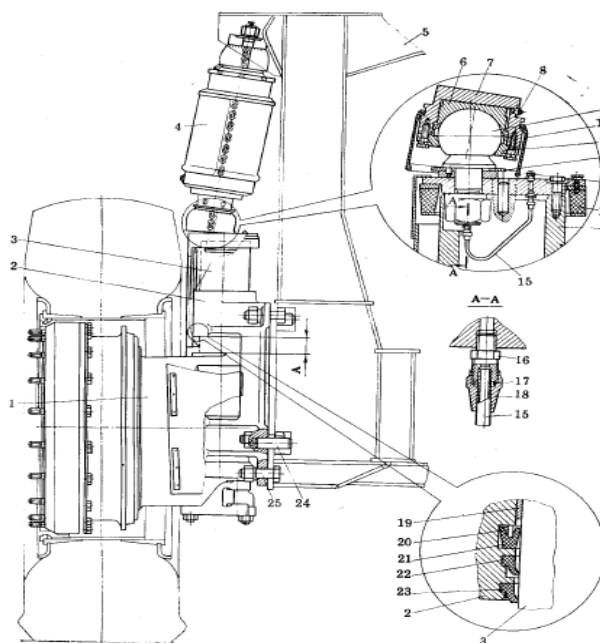
Рисунок 2 – Передняя подвеска Dyna-Float

Такое устройство позволяет штоку проворачиваться в корпусе цилиндра без проворота резиновых блоков. Для уменьшения трения и скорости изнашивания направляющие буксы цилиндра периодически смазываются через пресс-масленку. Для упругого ограничения хода отбоя в нижней части штока имеется дополнительный резиновый блок, установленный на центральном стержне, который соединен с верхней крышкой цилиндра. Подвеска такой конструкции за счет соответствующего

выбора формы резиновых элементов и марки резины имеет нелинейную упругую характеристику. Задняя подвеска – зависимая, с продольным направляющим рычагом. Резиновая рессора заключена в телескопический корпус прямоугольного сечения, верхняя и нижняя опоры которого шарнирно соединены с рамой и картером ведущего моста. В задней подвеске упругое ограничение хода отбоя не предусмотрено. По данным фирмы, срок службы подвески Dyna-Float составляет 20000 часов, однако при эксплуатации автосамосвалов при низких температурах резинометаллические блоки приходится заменять значительно раньше из-за потери ими упругости.

Конструкция независимой подвески передних колес БелАЗ-7549 и БелАЗ-7519 показана на рисунке 3.

«Поворотный кулак 1 колеса при помощи проушин жестко соединен с поворотным шкворнем 3, имеющим две степени свободы (перемещение в осевом направлении и вращение вокруг оси)» [2].



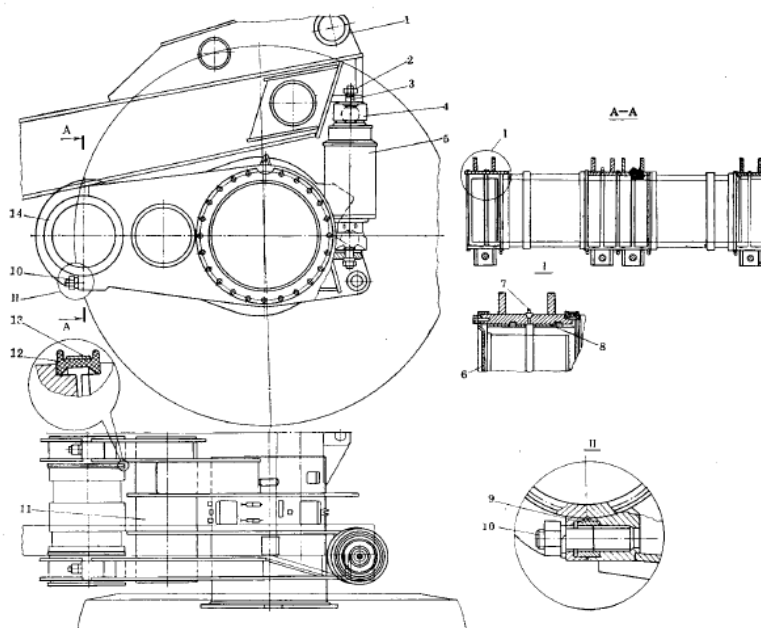
- 1 – поворотный кулак; 2 – кронштейн шкворня; 3 – шкворень; 4 – цилиндр подвески; 5 – рама; 6 – подпятник; 7 – нижняя крышка; 8 – предохранительный клапан; 9 – шаровая опора; 10 – чехол; 11 – крышка; 12 – диск; 13 – масленка; 14 – буфер; 15 – трубка; 16 – ниппель; 17 – муфта; 18 – гайка; 19 – втулка шкворня; 20 – опорное кольцо; 21 – манжета; 22 – грязесъемное кольцо; 23 – скребок; 24 – штифт; 25 – болт

Рисунок 3 – Передняя подвеска автомобилей БелАЗ-7549 и БелАЗ-7519

«Шкворень установлен в направляющих втулках кронштейна 2, жестко закрепленного на раме автомобиля. В расточки проушин кронштейнов 2 установлены металлофторопластовые втулки 19, которые от перемещения в осевом направлении удерживаются выштамповками. Подвижные соединения шкворня 3 с втулками 19 уплотнены с обеих сторон У-образными манжетами 21 с грязьсъемными скребками 23. Для защиты от коррозии и повышения износостойкости шкворень хромируется. Каждый цилиндр подвески 4 соединен с рамой 5и шкворнем 3 при помощи шаровых опор 9» [20].

При независимой подвеске передних колес указанной схемы на цилиндр пневмогидравлической подвески не действуют поперечные силы, что позволяет повысить его надежность. Цилиндр можно снимать с автомобиля без снятия колеса.

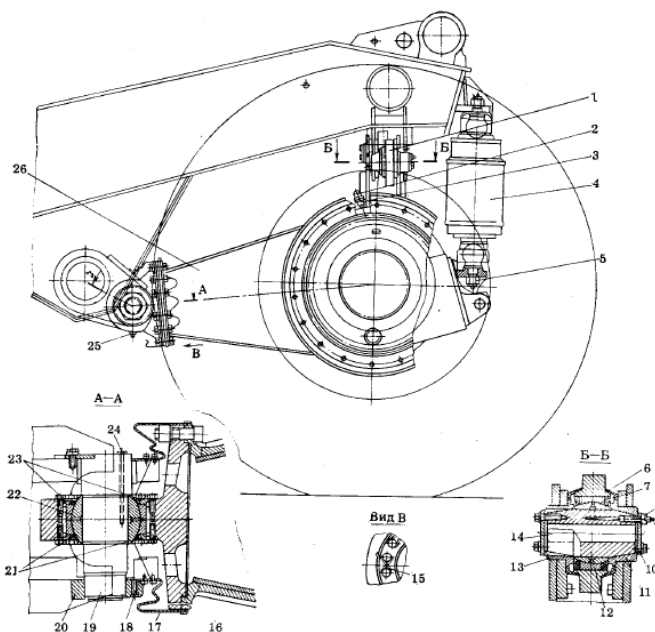
На рисунке 4 представлена задняя подвеска автомобилей БелАЗ-7549.



- 1 – рама; 2 – гайка шаровой опоры; 3 – шаровая опора; 4 – чехол; 5 – цилиндр подвески;
 6 – крышка; 7 – масленка; 8 – свертная втулка; 9 – втулка; 10 – шпилька рычага;
 11 – рычаг; 12 – уплотнитель; 13 – хомут; 14 – ось рычагов

Рисунок 4 –Задняя подвеска автомобилей БелАЗ-7549

Зависимая подвеска заднего ведущего моста 110-тонного самосвала показана на рисунке 5.



1 – поперечная штанга; 2 – упор; 3 – гайка регулировочная; 4 – цилиндр подвески; 5 – гайка шаровой опоры; 6 – пыльник; 7, 23 – сальники; 8 – полый болт; 9, 25 – масленки; 10, 21 – крышки; 11 – конусная втулка; 12, 22 – шарнирные подшипники; 13 – разрезная конусная втулка; 14, 19 – пальцы; 15 – втулка; 16 – проушина; 17 – защитный чехол; 18 – стопорный винт; 20 – гайка; 24 – предохранительный клапан; 26 – центральный рычаг

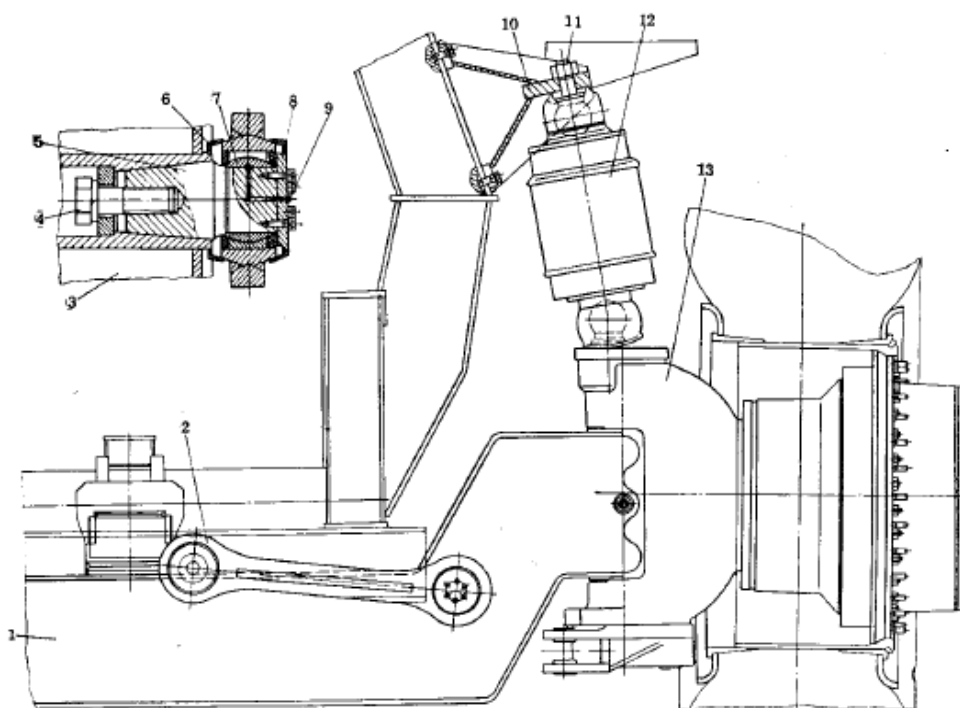
Рисунок 5 – Подвеска ведущего моста автомобиля БелАЗ-7519

«Она включает два пневмогидравлических цилиндра 4, центральный рычаг 26 и поперечную штангу 1. Цилиндры подвески расположены сзади картера моста, шарнирно соединены с мостом и рамой при помощи шаровых опор диаметром 150 мм. Центральный рычаг 26 коробчатого сечения задним концом приварен к картеру моста, а передним через проушину 16, шарнирный подшипник 22 и палец 19 соединен с поперечиной рамы. Шарнирный узел закрыт защитным чехлом 17, а сферический подшипник дополнительно уплотнен сальником 23. Поперечная штанга 1 расположена над мостом. Одним концом через шарнирный подшипник 12 и палец 14 она соединена с кронштейном моста, а другим – с кронштейном рамы. Затяжка пальца в кронштейнах производится при помощи разрезной конусной втулки 13. Каждый шарнирный узел закрыт двумя резиновыми пыльниками 6, а подшипники дополнительно уплотнены сальниками 7» [29].

«Система задней подвески обеспечивает вертикальное перемещение моста относительно рамы на полный ход цилиндров (290 мм) и поперечный перекос моста на 8° в обе стороны» [1].

По такой же схеме выполнена задняя подвеска 180-тонного самосвала. Передняя подвеска на стадии опытно-конструкторских работ была выполнена в двух вариантах: независимая свечная – по схеме БелАЗ-7549 и БелАЗ-7519, зависимая – с неразрезной осью. Для серийного производства принята зависимая передняя подвеска, обеспечивающая необходимую плавность хода за счет снижения трения при сохранении достаточной поперечной устойчивости автомобиля.

Принципиальная схема направляющего устройства передней подвески аналогична схеме задней зависимой подвески — имеет центральный продольный рычаг и поперечную штангу. Конструкция передней подвески БелАЗ-75211 показана на рисунке 6.



1 – балка передней оси; 2 – поперечная штанга; 3 – рама самосвала; 4, 21 – болты; 5 – конусный палец; 6, 15 – уплотнения; 7, 19 – сферические подшипники; 8 – крышка; 9, 18, 28 – масленки; 10, 25 – кронштейны

Рисунок 6 – Передняя подвеска автомобиля БелАЗ-75211

«Продольный рычаг 31 коробчатого сечения задним концом жестко соединен (приварен) с балкой передней оси 1 и передним концом – шарнирно с поперечиной рамы. Шарнирное соединение состоит из цилиндрического пальца 17 и сферического шарнирного подшипника 19, закрепленных в проушинах рычага и поперечины. Шарнир защищен от попадания воды, пыли и грязи. Поперечная штанга 2 шарнирно соединена с балкой передней оси и рамой, соединения выполнены на шарнирных подшипниках 7, консольно установленных на конусных пальцах 5» [8].

Конструктивной особенностью передней подвески является расположение цилиндров подвески 12: они установлены над передней осью и максимально разнесены в поперечном направлении для увеличения «рессорной» колеи, что необходимо для обеспечения поперечной устойчивости подрессоренной массы. Нижняя шаровая опора цилиндра подвески крепится к поворотному кулаку 13, а верхняя, к кронштейну 10 и раме. Результаты испытаний 180-тонного самосвала с зависимыми передней и задней подвесками в эксплуатационных условиях показали, что он имеет высокую плавность хода и достаточную поперечную устойчивость.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены конструкции подвесок грузовых автомобилей с высокой грузоподъемностью. Определены дальнейшие направления для проектирования.

Важно учитывать, что разработка и внедрение подвески карьерного самосвала требует высокой квалификации и опыта инженеров, а также доступа к современным технологиям и оборудованию.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Тягово-динамический расчет (далее – ТДР) – это методология расчета параметров движения транспортного средства, учитывающая влияние тяговых усилий, сил сопротивления и других динамических факторов на его движение. Этот расчет проводится для определения необходимой мощности двигателя, выбора оптимальной передачи, расчета тяговых характеристик и других параметров, которые влияют на эффективность работы транспортного средства. Данный расчет проводится как для разработки новых моделей транспортных средств, так и для оптимизации работы уже существующих. Он позволяет учесть все факторы, влияющие на движение транспортного средства, и провести анализ его эффективности и производительности.

Тягово-динамический расчёт выполняется по методике, разработанной в «Объединённом институте машиностроения» Национальной Академии Наук города Минска, профессором и заведующим кафедры машиностроения Цитовичем И.С.

«ТДР проводится с целью получения моментов и мощностей и других тягово-динамических характеристик для каждой передачи и при различных скоростях и нагрузках. Расчёт проводится в двух основных положениях гидротрансформатора: гидротрансформатор – разблокирован, гидротрансформатор – заблокирован.

Для нас этот расчёт важен, так как по результатам данного расчёта мы получим значение момента, которое мы будем использовать в кинематическом и прочностном расчётах зубчатого зацепления» [10].

«Исходные данные:

- число передач 6;
- число точек характеристик двигателя 51» [2];
- передаточное число согласующего редуктора 1,0;
- «КПД согласующего редуктора 1,0;
- передаточное число ведущего моста 20,815;

- КПД ведущего моста 1,0;
- вес автомобиля, Н 955000;
- коэффициент сцепления 0,700;
- радиус колеса, м 1,018;
- лобовая площадь, м² 18,8;
- коэффициент обтекаемости 0,7;
- время включения передачи, с 1,0;
- номинальные обороты двигателя, мин⁻¹ 2100;
- номинальный момент двигателя, Н×м 2115,2;
- минимальные обороты двигателя, мин⁻¹ 1200;
- максимальные обороты двигателя, мин⁻¹ 2350;
- номинальный расход топлива, г/(кВт×ч) 209,0;
- двигатель КТТА19-С700, л.с./кВт 700/522;
- максимальный крутящий момент при 1400 мин⁻¹, Н×м 2731» [3].

Характеристики двигателя КТТА19-С700 на разных оборотах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики двигателя КТТА19-С700

Обороты двигателя, мин ⁻¹	Момент двигателя, Н×м	Удельный расход топлива по внешней характеристике, г/(кВт×ч)
1200	2429,0	215
1300	2520,0	207
1400	2564,5	202
1500	2534,6	201
1600	2488,9	201
1700	2434,5	201
1800	2365,3	201,3
1900	2290,4	202,6
2000	2207,7	205,6
2100	2115,2	209,0
2350	0	0

Передаточные числа КП ГМП 6+1: I передача – 4,070, II передача – 2,865, III передача – 2,045, IV передача – 1,437, V передача – 1,011, VI передача – 0,722.

«КПД коробки передач: 0,884. Гидротрансформатор ЛГ-470П 1, активный диаметр 0,47 м, число точек 17» [4].

Технические характеристики гидротрансформатора ЛГ-470П 1 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики гидротрансформатора ЛГ-470П 1

Передаточные числа гидротрансформатора	Коэффициент трансформации	Коэффициент насосного колеса
0	2,364	4,18
0,355	1,82	4,06
0,4	1,746	4,06
0,50	1,561	3,87
0,597	1,4	3,58
0,647	1,308	3,37
0,699	1,236	3,23
0,75	1,165	2,98
0,792	1,096	2,67
0,836	1,028	2,37
0,857	0,977	2,15
0,872	0,984	1,95
0,883	0,981	1,82
0,923	0,986	1,35
0,924	0,979	1,26
0,935	0,977	1,091
1,0	0	0

Согласование гидротрансформатора с двигателем: гидротрансформатор – двигатель – насосное колесо – турбинное колесо.

Зависимость крутящего момента, мощности от передаточного числа гидротрансформатора, оборотов двигателя представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимости характеристик двигателя

Передачное число гидротрансформатора	КПД	Обороты двигателя, мин ⁻¹	Момент крутящий, Н×м	Мощность, л.с	Обороты двигателя, мин ⁻¹	Момент крутящий, Н×м	Мощность, л.с
0,0	0,0	1546	2513	553	0,0	5942	0,0
0,355	0,646	1566	2504	559	556	4558	361
0,4	0,698	1566	2504	559	626	4373	390

Продолжение таблицы 3

Передач ное число гидротра нсформа тора	КПД	Обороты двигателя, мин ⁻¹	Момент крутящий, Н×м	Мощность, л.с	Обороты двигателя, мин ⁻¹	Момент крутящий, Н×м	Мощность, л.с
0,504	0,787	1600	2489	567	806	3885	446
0,597	0,836	1653	2460	579	987	3444	484
0,647	0,846	1696	2437	588	1097	3187	498
0,699	0,864	1725	2417	594	1206	2988	513
0,75	0,874	1781	2378	603	1336	2771	527
0,792	0,868	1860	2320	615	1473	2543	534
0,836	0,859	1944	2254	624	1626	2317	536
0,857	0,837	2014	2194	630	1726	2144	527
0,872	0,858	2084	2130	632	1817	2096	542
0,883	0,866	2109	2037	612	1863	1998	530
0,923	0,910	2162	1588	489	1996	1565	445
0,924	0,905	2173	1497	463	2008	1465	419
0,935	0,913	2194	1321	413	2051	1290	377
1,0	0,0	2350	0,0	0,0	2350	0,0	0,0

Выполняем расчет тягово-динамических характеристик при разблокированном гидротрансформаторе.

Коэффициент сопротивления качению $f=0,02$.

Расчет тягово-динамических характеристик для первой передачи представлен в таблице 4.

Передачное число ГМП – 4,07.

Передачное число трансмиссии – 84,717.

Таблица 4 – Расчет тягово-динамических характеристик для первой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
0,0	43,712	0,0	0,0	1,22	0,4577	25,08
2,5	33,531	319,0	6,4	1,237	0,3511	18,97
2,8	32,167	344,9	8,2	1,235	0,3368	18,15
3,7	28,58	394,4	13,6	1,324	0,2993	16,0
4,5	25,335	427,9	20,3	1,34	0,2653	14,05
5,0	23,446	440,2	25,1	1,298	0,2455	12,92

Продолжение таблицы 4

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
5,5	21,976	453,5	30,3	1,33	0,2301	12,04
6,1	20,379	466,0	37,2	1,384	0,2134	11,08
6,7	18,704	471,7	45,2	1,37	0,1959	10,08
7,4	17,038	474,1	55,1	1,394	0,1784	9,08
7,8	15,765	466,0	62,1	1,409	0,1651	8,31
8,2	15,412	479,5	68,8	1,389	0,1614	8,10
8,4	14,69	468,5	72,3	1,308	0,1538	7,67
9,0	11,507	393,3	83,0	1,337	0,1205	5,76
9,1	10,77	370,4	84,0	1,336	0,1128	5,32
9,3	9,484	333,2	87,7	1,337	0,0993	4,54
10,6	-0,012	0	115,1	1,179	-0,0001	0,0
Расчет по сцепному весу $G_r=637000$ Н, коэффициент сцепления $F_i=0,7$						
0	44,59	0	0	1,179	0,4669	25,61

Расчет тягово-динамических характеристик для второй передачи представлен в таблице 5.

Передаточное число ГМП – 2,865.

Передаточное число трансмиссии – 59,635.

Таблица 5 – Расчет тягово-динамических характеристик для второй передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
0,0	30,77	0,0	0,0	1,12	0,3222	17,31
3,6	23,602	319,0	13,0	1,129	0,2471	13,01
4,0	22,642	344,9	16,5	1,127	0,2371	12,44
5,2	20,117	394,4	27,3	1,171	0,2106	10,92
6,4	17,831	427,9	41,0	1,179	0,1867	9,55
7,1	16,501	440,2	50,6	1,159	0,1728	8,75
7,8	15,466	453,5	61,1	1,175	0,1619	8,13
8,6	14,34	466,0	75,1	1,201	0,1502	7,46
9,5	13,16	471,7	91,3	1,195	0,1378	6,75
10,5	11,986	474,1	111,1	1,207	0,1255	6,05
11,1	11,089	466,0	125,3	1,214	0,1161	5,51
11,7	10,84	479,5	138,9	1,204	0,1135	5,36
12,0	10,331	468,5	145,9	1,164	0,1082	5,05

Продолжение таблицы 5

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
12,8	8,089	393,3	167,5	1,178	0,0847	3,71
12,9	7,57	370,4	169,6	1,178	0,0793	3,4
13,2	6,664	333,2	177,0	1,178	0,0698	2,85
15,1	-0,023	0	232,2	1,1	-0,0002	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для третьей передачи представлен в таблице 5.

Передаточное число ГМП – 2,045.

Передаточное число трансмиссии – 42,567.

Таблица 5 – Расчет тягово-динамических характеристик для третьей передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
0,0	21,963	0,0	0,0	1,072	0,23	12,03
5,0	16,845	319,0	25,5	1,076	0,1764	8,96
5,6	16,16	344,9	32,4	1,076	0,1692	8,55
7,3	14,356	394,4	53,7	1,098	0,1503	7,47
8,9	12,723	427,9	80,4	1,102	1,1332	6,49
9,9	11,772	440,2	99,3	1,092	0,1233	5,92
10,9	11,032	453,5	120,0	1,1	0,1155	5,47
12,0	10,226	466,0	147,3	1,113	0,1071	4,99
13,3	9,382	471,7	179,1	1,111	0,0982	4,48
14,7	8,542	474,1	218,1	1,116	0,0894	3,98
15,6	7,9	466,0	246,0	1,12	0,0827	3,59
16,4	7,72	479,5	272,6	1,115	0,0808	3,49
16,8	7,356	468,5	286,3	1,094	0,77	3,27
18,0	5,753	393,3	328,8	1,102	0,0602	2,31
18,1	5,382	370,4	332,8	1,101	0,0564	2,08
18,5	4,735	333,2	347,3	1,101	0,0496	1,69
21,2	-0,046	0,0	455,8	1,062	-0,0005	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для четвертой передачи представлен в таблице 6.

Передаточное число ГМП – 1,437.

Передаточное число трансмиссии – 29,911.

Таблица 6 – Расчет тягово-динамических характеристик для четвертой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
0,0	15,433	0,0	0,0	1,047	0,1616	8,11
7,1	11,834	319,0	51,7	1,049	0,1239	5,95
8,0	11,351	3440,9	65,6	1,049	0,1189	5,66
10,3	10,08	394,4	108,7	1,06	0,1056	4,9
12,7	8,929	427,9	162,8	1,062	0,0935	4,21
14,1	8,259	440,2	201,2	1,056	0,0865	3,81
15,5	7,736	453,5	243,0	1,06	0,0810	3,5
17,1	7,167	466,0	298,4	1,067	0,0750	3,15
18,9	5,569	471,7	362,8	1,065	0,0688	2,8
20,9	5,973	474,1	441,7	1,068	0,0625	2,44
22,2	5,519	466,0	498,2	1,07	0,0578	2,17
23,3	5,389	479,5	552,0	1,068	0,0564	2,09
23,9	5,131	468,5	579,9	1,058	0,0537	1,9,
25,6	3,999	393,3	665,9	1,061	0,0419	1,25
25,8	3,738	370,4	674,0	1,061	0,0391	1,1
26,3	3,281	333,2	703,4	1,061	0,0344	0,82
30,2	-0,092	0,0	923,2	1,042	-0,001	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для пятой передачи представлен в таблице 7.

Передаточное число ГМП – 1,011.

Передаточное число трансмиссии – 21,044.

Таблица 7 – Расчет тягово-динамических характеристик для пятой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
0,0	10,858	0,0	0,0	1,034	0,1137	5,37
10,1	8,319	319,0	104,4	1,035	0,081	3,85
11,4	7,977	344,9	132,5	1,035	0,0835	3,64

Продолжение таблицы 7

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
14,7	7,078	394,4	219,6	1,041	0,0741	3,1
18,0	6,261	427,9	329,9	1,042	0,0656	2,61
20,0	5,784	440,2	406,5	1,039	0,0606	2,32
22,0	5,411	453,5	491,0	1,041	0,0567	2,1
24,4	5,003	466,0	602,8	1,044	0,0524	1,86
26,9	4,574	471,7	732,9	1,044	0,0479	1,6
29,6	4,144	474,1	892,4	1,045	0,0434	1,34
31,5	3,817	466,0	1006,5	1,046	0,04	1,14
33,1	3,719	479,5	1115,3	1,045	0,0389	1,09
34,0	3,534	468,5	1171,5	1,040	0,037	0,97
36,4	2,726	393,3	1345,3	1,041	0,0285	0,49
36,6	2,541	370,4	1361,7	1,041	0,0266	0,38
37,4	2,216	333,2	1421,1	1,041	0,0232	0,18
42,9	-0,187	0,0	1865,0	1,032	-0,002	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для шестой передачи представлен в таблице 8.

Передаточное число ГМП – 0,722.

Передаточное число трансмиссии – 15,028.

Таблица 8 – Расчет тягово-динамических характеристик для шестой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
0,0	7,754	0,0	0,0	1,028	0,0812	3,51
14,2	5,928	319,0	204,7	1,029	0,0621	2,41
16,0	5,68	344,9	259,9	1,029	0,0595	2,26
20,6	5,027	394,4	430,6	1,031	0,0526	1,87
25,2	4,43	427,9	644,8	1,032	0,0464	1,51
28,0	4,08	440,2	797,0	1,031	0,0427	1,3
30,8	3,803	453,5	962,7	1,032	0,0398	1,14
34,1	3,498	466,0	1181,9	1,033	0,0366	0,95
37,6	3,175	471,7	1437,0	1,033	0,0332	0,76
41,5	2,848	474,1	1749,8	1,034	0,0298	0,56
44,1	2,6	466,0	1973,6	1,034	0,0272	0,41
46,4	2,517	479,5	2186,8	1,034	0,0264	0,36

Продолжение таблицы 8

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
47,6	2,378	468,5	2297,1	1,031	0,0249	0,28
51,0	1,779	393,3	2637,8	1,032	0,0186	0,0
51,3	1,645	370,4	2669,9	1,032	0,0172	0,0
52,4	1,405	333,2	2786,4	1,032	0,0147	0,0
60,0	-0,366	0,0	3656,9	1,027	-0,0038	0,0

Выполняем расчет тягово-динамических характеристик при заблокированном гидротрансформаторе.

Коэффициент сопротивления качению $f=0,02$.

Расчет тягово-динамических характеристик для первой передачи представлен в таблице 4.

Передаточное число ГМП – 4,07.

Передаточное число трансмиссии – 84,717.

Расчет тягово-динамических характеристик для первой передачи представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет тягово-динамических характеристик для первой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
5,4	17,866	367,0	30,0	1,489	0,1871	9,57
5,9	18,535	412,4	35,2	1,495	0,1941	9,97
6,3	18,862	452,0	40,8	1,498	0,1975	10,17
6,8	18,641	478,7	46,9	1,496	0,1952	10,04
7,2	18,304	501,4	53,3	1,493	0,1917	9,84
7,7	17,904	521,0	60,2	1,49	0,1875	9,6
8,2	17,394	536,0	67,5	1,485	0,1821	9,29
8,6	16,842	547,9	75,2	1,48	0,1764	8,96
9,1	16,233	555,9	83,4	1,475	0,17	8,59
9,5	15,551	559,2	91,9	1,469	0,1628	8,18
10,6	-0,012	0,0	115,1	1,336	-0,0001	0,0
Расчет по сцепному весу $G_f=637000$ Н, коэффициент сцепления $F_i=0,7$						
0,0	44,59	0,0	0,0	1,718	0,4669	25,61

Расчет тягово-динамических характеристик для второй передачи представлен в таблице 10.

Передаточное число ГМП – 2,865.

Передаточное число трансмиссии – 59,635.

Таблица 10 – Расчет тягово-динамических характеристик для второй передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
7,7	12,573	367,0	60,6	1,254	0,1316	6,4
8,4	13,043	412,4	71,1	1,256	0,1366	6,68
9,0	13,272	452,0	82,4	1,258	0,1390	6,82
9,7	13,116	478,7	94,6	1,257	0,1373	6,72
10,3	12,878	501,4	107,7	1,255	0,1348	6,58
10,9	12,595	521,0	121,5	1,254	0,1319	6,41
11,6	12,235	536,0	136,3	1,252	0,1281	6,19
12,2	11,846	547,9	151,8	1,249	0,1240	5,96
12,9	11,416	555,9	168,2	1,247	0,1195	5,7
13,5	10,935	559,2	185,5	1,244	0,1145	5,41
15,1	-0,023	0,0	232,2	1,178	-0,0002	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для третьей передачи представлен в таблице 11.

Передаточное число ГМП – 2,045.

Передаточное число трансмиссии – 42,567.

Таблица 11 – Расчет тягово-динамических характеристик для третьей передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
10,8	8,967	367,0	118,9	1,14	0,0939	4,23
11,7	9,301	412,4	139,5	1,141	0,0974	4,43
12,6	9,463	452,0	161,8	1,142	0,0991	4,53
13,5	9,35	478,7	185,7	1,142	0,0979	4,46
14,4	9,179	501,4	211,3	1,141	0,0961	4,36

Продолжение таблицы 11

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
15,3	8,975	521,0	238,5	1,14	0,0940	4,24
16,2	8,716	536,0	267,4	1,139	0,0913	4,08
17,1	8,436	547,9	298,0	1,138	0,088	3,92
18,0	8,127	555,9	330,2	1,136	0,0851	3,73
18,9	7,782	559,2	364,0	1,135	0,0815	3,52
21,2	-0,046	0,0	455,8	1,101	-0,0005	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для четвертой передачи представлен в таблице 12.

Передаточное число ГМП – 1,437.

Передаточное число трансмиссии – 29,911.

Таблица 12 – Расчет тягово-динамических характеристик для четвертой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
15,4	6,285	367,0	240,7	1,080	0,0658	2,62
16,7	6,517	412,4	282,5	1,081	0,0682	2,76
18,0	6,628	452,0	327,6	1,081	0,0694	2,83
19,0	6,546	478,7	376,1	1,081	0,0685	2,78
20,5	6,422	501,4	427,9	1,081	0,0672	2,71
21,8	6,275	521,0	483,1	1,081	0,0657	2,62
23,1	6,089	536,0	541,6	1,08	0,0638	2,51
24,4	5,889	547,9	603,5	1,079	0,0617	2,39
25,7	5,667	555,9	668,7	1,079	0,0593	2,25
26,9	5,42	559,2	737,2	1,078	0,0568	2,11
30,2	-0,092	0,0	923,2	1,061	-0,0010	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для пятой передачи представлен в таблице 13.

Передаточное число ГМП – 1,011.

Передаточное число трансмиссии – 21,044.

Таблица 13 – Расчет тягово-динамических характеристик для пятой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
21,9	4,39	367,0	486,3	1,051	0,046	1,49
23,7	4,548	412,4	570,7	1,051	0,0476	1,58
25,5	4,62	452,0	661,9	1,051	0,0484	1,63
27,4	4,556	478,7	759,9	1,051	0,0477	1,59
29,2	4,462	501,4	864,6	1,051	0,0467	1,53
31,0	4,351	521,0	976,0	1,051	0,04	1,46
32,8	4,213	536,0	1094,2	1,051	0,04	1,38
34,7	4,064	547,9	1219,2	1,050	0,04	1,29
36,5	3,899	555,9	1350,9	1,050	0,04	1,19
38,3	3,716	559,2	1489,3	1,050	0,0389	1,08
42,9	-0,187	0,0	1865,0	1,041	-0,002	0,0

Расчет тягово-динамических характеристик для шестой передачи представлен в таблице 14.

Передаточное число ГМП – 0,722.

Передаточное число трансмиссии – 15,028.

Таблица 14 – Расчет тягово-динамических характеристик для шестой передачи

Скорость, км/ч	Тяговое усилие на колесе, т	Мощность на колесе, л.с	Сила сопротивления воздуха, Н	Коэффициент сопротивления	Динамический фактор	Угол подъема, град
30,6	3,075	367,0	953,6	1,037	0,0322	0,7
33,2	3,177	412,4	1119,1	1,037	0,0333	0,76
35,8	3,217	452,0	1297,9	1,037	0,0337	0,78
38,3	3,159	478,7	1489,9	1,037	0,0331	0,75
40,9	3,079	501,4	1695,32	1,037	0,0322	0,7
43,4	2,986	521,0	1913,7	1,037	0,0313	0,65
46,0	2,872	536,0	2145,5	1,037	0,0301	0,58
48,5	2,75	547,9	2390,5	1,036	0,0288	0,5
51,1	2,616	555,9	2648,8	1,036	0,0274	0,42
53,6	2,468	559,2	2920,3	1,036	0,0258	0,33
60,0	-0,366	0,0	3656,9	1,032	-0,0038	0,0

Выводы по разделу.

Выполнен тягово-динамический расчёт карьерного самосвала.

Тягово-динамический расчет карьерного самосвала является важным этапом проектирования и эксплуатации техники в горнодобывающей промышленности.

Этот расчет проводится для определения необходимой мощности двигателя, выбора оптимальной передачи, расчета тяговых характеристик и других параметров, которые влияют на эффективность работы транспортного средства.

Тягово-динамический расчет проводится как для разработки новых моделей транспортных средств, так и для оптимизации работы уже существующих. Он позволяет учесть все факторы, влияющие на движение транспортного средства, и провести анализ его эффективности и производительности.

При проведении расчетов необходимо учитывать множество факторов, таких как вес самосвала, наклон дороги, тип грунта и так далее.

Результаты расчетов позволяют определить оптимальные параметры работы самосвала, такие как скорость движения, угол подъема, распределение нагрузки и другие.

Правильный тягово-динамический расчет помогает повысить эффективность работы самосвала, уменьшить износ деталей и повысить безопасность эксплуатации.

3 Конструкторская часть

Проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн представляет собой сложную задачу, требующую комплексного подхода и высокого уровня профессионализма. Важно учитывать такие факторы, как грузоподъемность, скорость, тип дороги, условия эксплуатации и другие.

Передняя подвеска должна быть спроектирована с учетом распределения веса груза, обеспечивая устойчивость и комфорт при движении по неровной местности. Она должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать большие нагрузки, и в то же время гибкой, чтобы обеспечивать хорошую управляемость и сцепление с дорогой.

Задняя подвеска также должна быть спроектирована с учетом грузоподъемности и условий эксплуатации. Она должна обеспечивать оптимальное распределение нагрузки между задними колесами, обеспечивая таким образом устойчивость и управляемость самосвала. Кроме того, задняя подвеска должна быть прочной и надежной, чтобы выдерживать высокие нагрузки и длительные периоды эксплуатации.

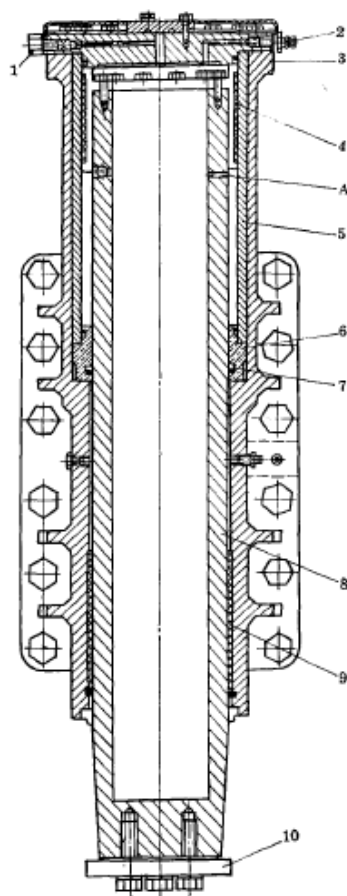
При проектировании подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн важно также учитывать возможность регулировки подвески и амортизации, чтобы обеспечивать оптимальный комфорт и безопасность для водителя и груза. Также необходимо учитывать возможность использования различных типов амортизаторов и пружин, чтобы обеспечить оптимальное сочетание жесткости и гибкости в зависимости от условий эксплуатации.

В целом, проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн требует тщательного анализа и инженерных расчетов, чтобы обеспечить оптимальную производительность, надежность и безопасность при работе на строительных площадках и карьерах.

3.1 Обзор конструктивных схем гидропневматических цилиндров подвесок карьерных самосвалов

Передний пневмогидравлический цилиндр подвески автосамосвала Cat-769В грузоподъемностью 32 т показан на рисунке 7.

«Корпус 3 цилиндра -литой, крепится к фланцу на раме 12 болтами. В корпусе установлена гильза 5, промежуточная букса 6 и направляющая втулка штока 9, в которых перемещается поршень с пустотелым штоком 8. Поршень крепится к штоку при помощи резьбовых шпилек. На поршне установлена направляющая втулка 4» [34].



- 1 – заливной клапан; 2 – зарядный клапан; 3 – корпус; 4 – направляющая втулка поршня;
5 – гильза; 6 – промежуточная букса; 7 – уплотнительный узел;
8 – шток с поршнем; 9 – направляющая втулка штока; 10 – упорная шайба; А – калиброванное отверстие

Рисунок 7 – Пневмогидравлический цилиндр передней подвески автомобиля Cat-769В

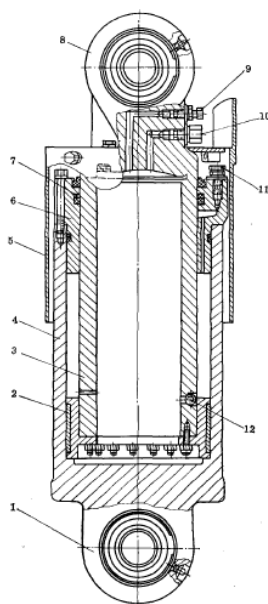
«Верхняя крышка крепится к корпусу болтами. В крышке установлены заливной 1 и зарядный 2 клапаны. Крышка не может быть снята без отворачивания клапанов, что исключает возможность разборки цилиндра при наличии в нем газа под давлением. В промежуточной направляющей буксе 6 установлен уплотнительный узел 7, состоящий из резинового кольца прямоугольного сечения и защитной шайбы. В сжатом состоянии цилиндр полностью заправляется маслом через заливной клапан 1, а затем заряжается сжатым газом (сухим азотом) до расчетного давления, за счет чего создается необходимая упругая характеристика подвески.

Для гашения колебаний цилиндра в верхней части штока выполнены два радиальных отверстия. В одном из них установлен шариковый обратный клапан, за счет чего обеспечивается несимметричная характеристика амортизатора. При ходе сжатия масло под давлением газа заполняет увеличивающуюся кольцевую полость между штоком 8 и гильзой 5 через оба отверстия, а при ходе отбоя масло из кольцевой полости выходит в полость штока через одно отверстие А. В нижней части корпуса 3 установлено еще одно уплотнение и грязесъемник. Полость между втулками 6 и 9 заполняется пластичным смазочным материалом» [13].

Конструкция заднего цилиндра автомобиля Cat-769В представлена на рисунке 8.

«В сравнении с передним цилиндром имеет следующие основные отличия: крепление к раме и заднему мосту осуществляется при помощи цилиндрических двухопорных пальцев и шарнирных подшипников; шарнирное соединение не имеет специального уплотнения, для обеспечения работоспособности шарнира рекомендуется периодическое его смазывание (через 50 часов работы). Ввиду того что цилиндр не несет поперечных нагрузок, промежуточная направляющая букса отсутствует, что позволяет уменьшить общую высоту цилиндра. По этой же причине стенки цилиндра значительно тоньше. Для лучшей защиты рабочей поверхности штока от попадания влаги и грязи он имеет выход вверх и защищен кожухом 5. Для

обеспечения заправки маслом кольцевой полости и штока служат контрольный 10 и заливной 11 клапаны» [16].

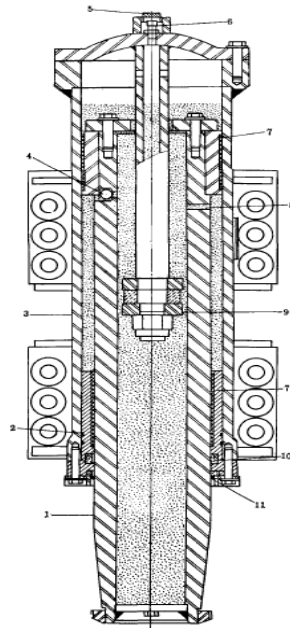


1 – нижняя опора; 2 – направляющая втулка поршня; 3 – шток; 4 – корпус цилиндра;
5 – защитный кожух; 6 – направляющая втулка штока; 7 – уплотнительный узел;
8 – верхняя опора; 9 – зарядный клапан; 10 – контрольный клапан; 11 – заливной клапан;
12 – клапан амортизатора

Рисунок 8 – Цилиндр задней подвески автомобиля Cat-769В

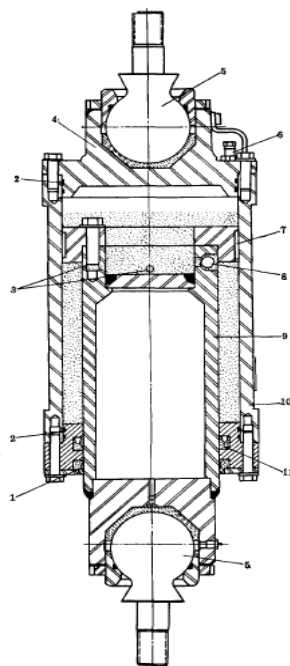
Пневмогидравлическая подвеска с противодавлением применялась на автосамосвалах фирмы WABCO. С целью упрощения эксплуатации фирма WABCO разработала конструкцию подвески под названием Hydrair-II и применяет ее на всех автомобилях грузоподъемностью до 154 т. Подвеска Hydrair-II в отличие от ранее применяемой подвески Hydrair-I выполняется по схеме без противодавления. Передний и задний цилиндры подвески Hydrair-II показаны на рисунках 9 и 10.

Для упругого ограничения хода отбоя в переднем цилиндре подвески имеется резиновый буфер, установленный на трубчатой штанге, соединенной с верхней крышкой. Особенностью задних цилиндров подвески является их крепление к раме и к ведущему мосту автомобиля при помощи сферических головок.



1 – шток с поршнем; 2 – двойное уплотнение; 3 – рабочий цилиндр; 4 – шариковый клапан амортизатора; 5 – верхняя крышка; 6 – зарядный клапан; 7 – направляющие буксы; 8 – дроссельное отверстие; 9 – буфер отбоя; 10 – уплотнение штока; 11 – скребок

Рисунок 9 – Передний цилиндр подвески Hydrair-II



1 – скребок; 2 – двойное уплотнение O-образными кольцами; 3 – дроссельные отверстия; 4 – верхняя крышка; 5 – сферические головки; 6 – зарядный клапан; 7 – направляющая бусса; 8 – шариковый клапан отбоя; 9 – шток с поршнем; 10 – рабочий цилиндр; 11 – уплотнение штока

Рисунок 10 – Задний цилиндр подвески Hydrair-II

Обслуживание цилиндров подвески при необходимости может проводиться непосредственно на автомобиле путем добавления масла и газа. Для этого поршень в цилиндре устанавливается в определенное положение, которое контролируется по размеру выходящего из цилиндра конца штока. Заправка маслом производится до заполнения внутренней полости цилиндра, а последующая зарядка газом (азотом) контролируется манометром в зависимости от расчетного давления в этой полости.

Передняя подвеска независимая, типа «качающаяся свеча», с совмещенными упругим элементом и направляющим аппаратом (цилиндр подвески одновременно выполняет функции шкворневого направляющего аппарата).

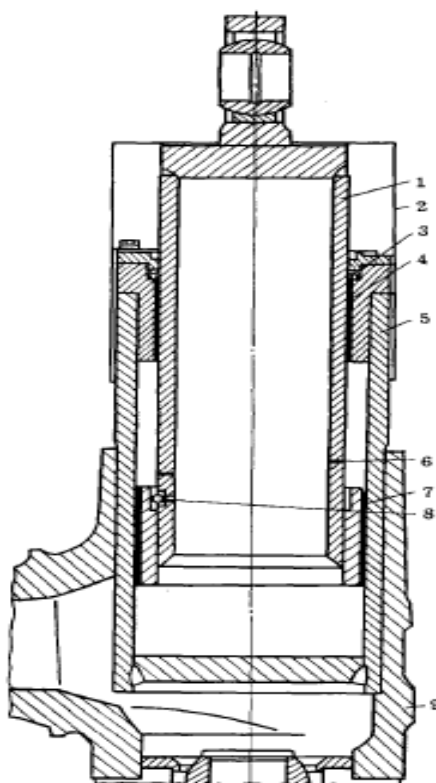
«Нижний треугольный рычаг через сферические шарниры соединен с рамой (два шарнира) и с нижней опорой цилиндра подвески. Задняя подвеска – зависимая, с тремя продольными (две нижних и одна верхняя) реактивными штангами и одной поперечной штангой. Цилиндры подвески (рисунок 11) без противодействия, установлены на автомобиле штоком вверх. В передней подвеске цилиндры в отличие от задней передают не только вертикальную, но и боковые нагрузки, в связи с чем повышаются требования к направляющим втулкам и уплотнениям. Направляющие втулки штока и поршня выполнены из металлофторопластовой ленты и углепластика, уплотнения – из полиуретана» [12].

Гидравлическую подвеску применила фирма Euclid на новых автосамосвалах R-120 грузоподъемностью 109 т и R-170 грузоподъемностью 154 т без изменения схемы направляющего устройства.

«Передняя подвеска – независимая, на продольных рычагах. Задняя подвеска – зависимая, с центральным продольным рычагом и поперечной штангой» [25].

Цилиндр гидравлической подвески (рисунок 12) выполняет функции гидравлической рессоры и гидравлического амортизатора. Упругим рабочим

телом является специальная сжимаемая силиконовая жидкость, объем которой при давлении 126 МПа уменьшается на 8,6 % от первоначального.



- 1 – шток; 2 – защитный кожух; 3 – уплотнение штока; 4 – направляющая втулка штока;
5 – рабочий цилиндр; 6 – дроссельное отверстие; 7 – направляющая втулка поршня;
8 – клапан амортизатора; 9 – поворотный кулак

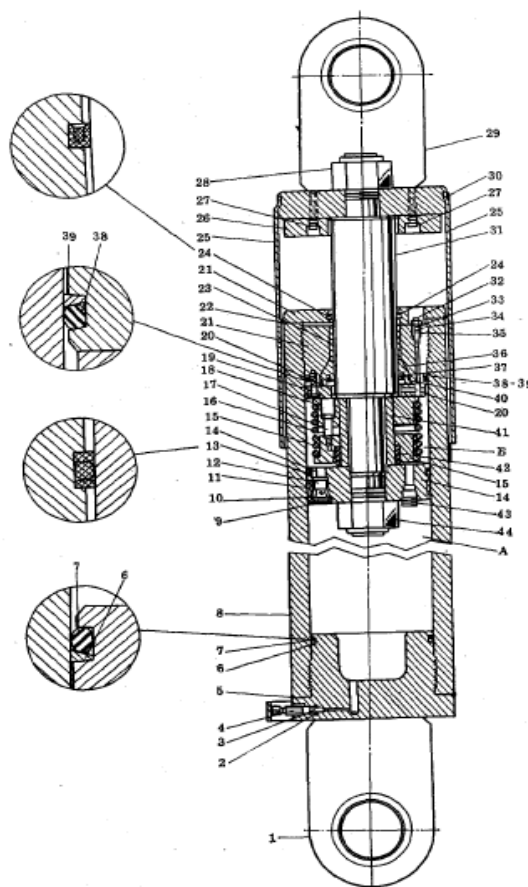
Рисунок 11 – Цилиндр передней подвески фирмы Komatsu

Основными элементами цилиндра являются толстостенный трубчатый корпус 8 и шток 31 с поршнем 14. Цилиндр расположен на автомобиле штоком вверх. Нижняя глухая крышка 1 с серьгой одновременно является нижней опорой цилиндра. В верхней проходной направляющей крышке 21 установлена пластмассовая направляющая втулка 23. На верхнем конце штока закреплена проушина 29 для шарнирного соединения цилиндра с рамой. Внутренняя полость цилиндра через нижний зарядный клапан 4 заполняется жидкостью. Для выпуска воздуха и контроля заполнения служит верхний клапан 33. Надежная работа цилиндра может быть обеспечена только при высокой герметичности всех подвижных и неподвижных

соединений. Главное уплотнительное устройство установлено в верхней проходной крышке 21 и предназначено для герметизации подвижного соединения штока 31. Устройство состоит из массивной уплотнительной втулки 36 с торцевой канавкой, в которую расположено резиновое кольцо 37. Втулка изготовлена из фторопласта-4. Резиновое кольцо круглого сечения фиксируется в проточке канавки и служит для создания предварительного натяга. Дополнительно предварительный натяг создается путем осевого поджатия уплотнительной втулки через нажимной диск 20, при этом за счет конусной поверхности втулки она прижимается к штоку. При давлении жидкости в полости цилиндра натяг уплотнения увеличивается. На выходе штока в проточке крышки установлено грязезащитное уплотнительное устройство 24, состоящее из пластмассовой U-образной манжеты с распорным резиновым кольцом X-образного сечения. Поршень 14 закреплен на нижнем ступенчатом конце штока через распорную втулку 41 при помощи самостопорящейся гайки. В наружных кольцевых проточках поршня установлены направляющая втулка из материала типа «углепластик» и уплотнительное устройство 13, состоящее из резинового кольца круглого сечения и двух пластмассовых уплотнительных колец на тканевой основе. В теле поршня выполнены четыре осевых отверстия, из них в двух диаметрально противоположных отверстиях установлены короткие дроссели 43, в двух других – короткие дроссели с обратными клапанами 12. Седла клапанов 10 закреплены в поршне стопорными кольцами. Поршень 14 разделяет полость А большого объема, заполненную жидкостью, и полость Б меньшего объема. «При ходе сжатия шток 31 с поршнем 14 перемещается в корпусе 8, сжимая жидкость в полости А. При этом часть жидкости из полости А перетекает в увеличивающуюся полость Б через клапаны 12.

Ход сжатия упруго ограничивается за счет повышения давления в полости А. Для предотвращения жестких ударов при предельных нагрузках имеется резиновый кольцевой буфер 26, прикрепленный снизу к основанию верхней проушины 29. При ходе отбоя шток с поршнем перемещается в

обратную сторону, при этом происходит сжатие жидкости в полости Б и расширение ее в полости А» [9]. Часть жидкости из полости Б протекает в полость А через два дросселя 43 и через два дросселя, закрытых обратными клапанами 12. За счет закрытия обратных клапанов гидравлическое сопротивление дроссельной системы при ходе отбоя увеличивается по сравнению с ходом сжатия и обеспечивается несимметричная характеристика амортизатора.



- 1 – нижняя крышка с серьгой; 2, 7, 35, 38 – уплотнительные кольца; 3, 34 – упорные кольца; 4 – зарядный клапан; 5, 22 – резиновые кольца; 6, 39 – защитные кольца; 8 – трубчатый корпус; 9 – замковое кольцо; 10 – седло клапана; И – направляющая втулка поршня; 12 – обратный клапан; 13 – уплотнение поршня; 14 – поршень; 15 – запорная втулка; 16 – наружная пружина; 17 – направляющий болт; 18 – упорная втулка; 19 – болт; 20 – нажимной диск; 21 – верхняя направляющая крышка; 23 – направляющая втулка штока; 24 – уплотнение штока; 25 – защитный чехол; 26 – буфер; 27 – болт; 28, 44 – гайки; 29 – верхняя проушина; 30 – хомут; 31 – шток; 32 – пробка; 33 – стравливающий клапан; 36 – уплотнительная втулка; 37 – разрезное резиновое кольцо; 40 – уплотнительное кольцо; 41 – распорная втулка; 42 – внутренняя пружина; 43 – Дроссель; А, Б – рабочие полости

Рисунок 12 – Цилиндр гидравлической подвески

«Цилиндр подвески БелАЗ-7513 (рисунок 13) представляет собой пневматическую рессору поршневого типа со встроенным гидравлическим амортизатором. Рабочим элементом в цилиндре является технический газообразный азот. В качестве рабочей жидкости в цилиндре подвески применяется амортизаторная жидкость Лукойл-АЖ, ГРЖ-12, или МГП-12.

Цилиндр подвески состоит из трубы основного цилиндра 29, штока 10 с приваренными к нему поршнем и перегородкой амортизатора. К верхней части трубы основного цилиндра болтами 17 крепится верхняя крышка 18, а к нижней части штока болтами крепится нижняя крышка 3, поджимающая к торцу штока кожух 9. В верхней и нижней крышке установлены шаровые опоры 22, закрепленные крышками 19 при помощи болтов 20. Между сферическими поверхностями крышек и шаровыми опорами установлены вкладыши 23 из металлопластмассовой ленты. Шаровые опоры смазываются через пресс-масленки. Для регулировки усилия проворачивания шарнира между верхней 18 и нижней 3 крышкой и крышками 19 установлены регулировочные прокладки 2.

На перегородке амортизатора расположены четыре клапана сжатия 14 и корпус клапана отбоя 15. В корпусе клапана отбоя 15 перемещается шток амортизатора 30 с четырьмя продольными пазами переменного сечения, выполняющими функцию дросселя переменного сопротивления клапана отбоя амортизатора. Шток амортизатора предназначен также для привода насоса 8.

Кожух 9 образует полость II, в которую заправляется амортизаторная жидкость (в дальнейшем жидкость) до уровня контрольной пробки 7. Жидкость предназначена для пополнения полостей I и III и при работе насоса 8. Герметичность подвижного соединения трубы основного цилиндра 29 и кожуха 9 обеспечивается кольцом грязесъемным 12 и кольцом маслосъемным 11. Для предохранения наружной поверхности цилиндра от пыли и грязи служит защитный чехол 31, закрепленный между кольцом 28 и уплотнителем 13» [14].

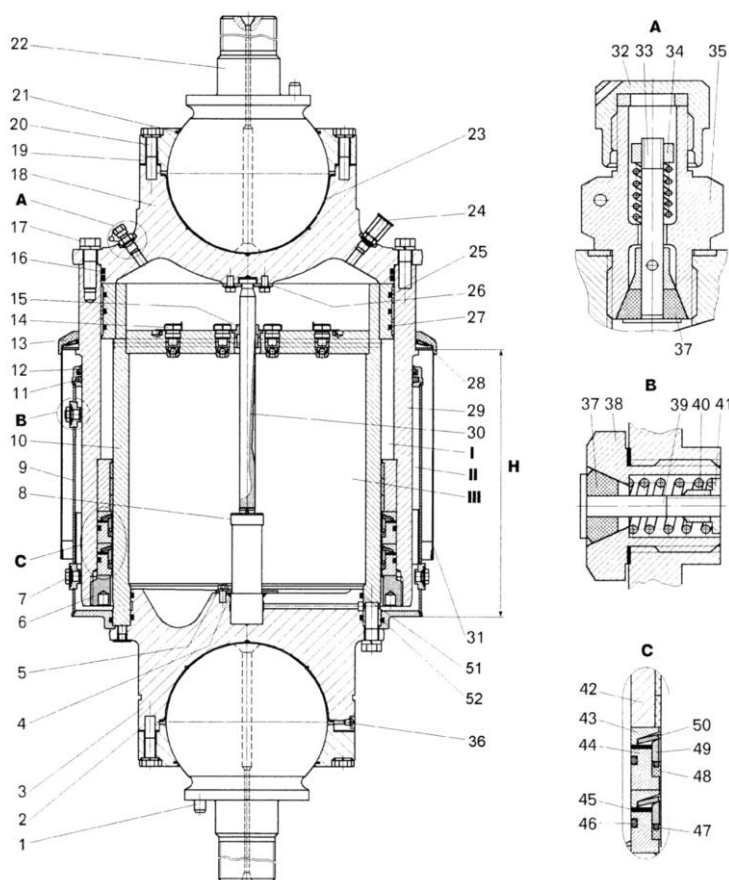
«Герметичность неподвижных соединений обеспечивается резиновыми уплотнительными кольцами круглого сечения 4, 16, 46, 51, 52. Для предотвращения утечек жидкости из цилиндра подвески подвижное соединение штока - труба основного цилиндра уплотнено манжетами 48, рабочие кромки которых разжимаются резиновыми распорными кольцами 47. Манжеты устанавливаются с натягом, который достигается установкой набора регулировочных прокладок 45 и поддерживается пружиной 50. Величина натяга должна быть в пределах 2 - 2,3 мм, что соответствует внутреннему диаметру по кромке манжеты 427, 7 - 428 мм.

Для предохранения кожуха 9 от перегрузок, при повышении давления в его полости за счет уменьшения объема при сжатии цилиндра и из-за возможных утечек рабочей жидкости через манжету и другие соединения, служит предохранительный клапан 38 (элемент В). Для приведения в эксплуатационное состояние цилиндр заполняется азотом через заправочный клапан 35 (элемент А)» [14].

«Принцип работы цилиндра подвески следующий. При ходе сжатия (при наезде колесом на препятствие) шток 10 в цилиндре перемещается вверх и давление газа увеличивается. За счет увеличения давления газа ход сжатия упруго ограничивается. При ходе отбоя (после преодоления препятствия) нагрузка уменьшается и шток 10 перемещается вниз. Для гашения колебаний, возникающих при движении самосвала, цилиндр подвески имеет гидравлический амортизатор, состоящий из четырех клапанов сжатия 14, корпуса клапана отбоя 15 и штока амортизатора 30 с продольными пазы переменного сечения. Кроме этого для увеличения эффективности работы амортизатора на поршне установлены резиновые кольца 25.

При ходе сжатия рабочая жидкость перетекает из полости III в кольцевую полость I через дроссельные отверстия клапанов сжатия (шарики в верхнем положении) и по каналам в перегородке амортизатора. Кроме того, рабочая жидкость перетекает по каналам, образованным корпусом клапана отбоя и продольными пазы на штоке амортизатора.

При ходе отбоя клапаны сжатия закрываются (шарики в нижнем положении), и рабочая жидкость из кольцевой полости I в полость III перетекает только через каналы, образованные корпусом клапана отбоя и продольными пазами на штоке амортизатора, проходное сечение которых изменяется по мере расжатия цилиндра, что создает необходимое сопротивление перетеканию рабочей жидкости и препятствует полному расжатию цилиндра для исключения ударов» [14].



1 – штифт; 2, 45 – регулировочная прокладка; 3 – нижняя крышка; 4, 16, 25, 46, 51, 52 – кольца; 5, 26 – фланцы; 6 – втулка резьбовая; 7 – пробка; 8 – насос; 9 – кожух; 10 – шток; 11 – кольцо маслосъемное; 12 – кольцо грязесъемное; 13 – уплотнитель; 14 – клапан сжатия; 15 – корпус клапана отбоя амортизатора; 17, 20 – болты; 18 – верхняя крышка; 19 – крышка шаровой опоры; 21 – кольцо, 22 – шаровая опора; 23 – вкладыш; 24 – клапан датчика; 27 – букса направляющая поршня; 28 – кольцо; 29 – труба основного цилиндра; 30 – шток амортизатора; 31 – защитный чехол; 32 – крышка; 33, 39 – стержни; 34, 41 – гайки; 35 – корпус заправочного клапана; 36 – клапан; 37 – уплотнительные конуса; 38 – корпус предохранительного клапана; 40 – пружина; 42 – направляющая штока; 43 – упорное кольцо; 44 – кольцо манжеты; 47 – кольцо распорное; 48 – манжета штока; 49 – кольцо нажимное; 50 – пружина Н – размер, I, II, III – полости

Рисунок 13 – Пневмогидравлический цилиндр подвески БелАЗ-7513

3.2 Патентный поиск по подвескам карьерных самосвалов

При проведении патентного поиска по подвескам карьерных самосвалов, следует использовать специализированные базы данных, такие как Google Patents, Espacenet, USPTO, WIPO и др. Для более точного поиска можно использовать ключевые слова, связанные с конкретными техническими характеристиками подвесок, например: «колесная подвеска самосвала», «гидравлическая подвеска для самосвала», «пневматическая подвеска карьерного самосвала» и т.д.

При проведении поиска необходимо учитывать не только патенты, но и публикации научных статей, технические отчеты и другие источники информации. Также стоит обратить внимание на патентные документы, опубликованные в различных странах, так как инновации в области подвесок карьерных самосвалов могут быть защищены патентами в разных юрисдикциях.

Для более точного и эффективного поиска рекомендуется сформулировать конкретные критерии и параметры, которые будут использоваться при анализе найденных патентов. Также стоит обратить внимание на патенты, которые могут быть связаны с технологиями и инновациями в области подвесок карьерных самосвалов.

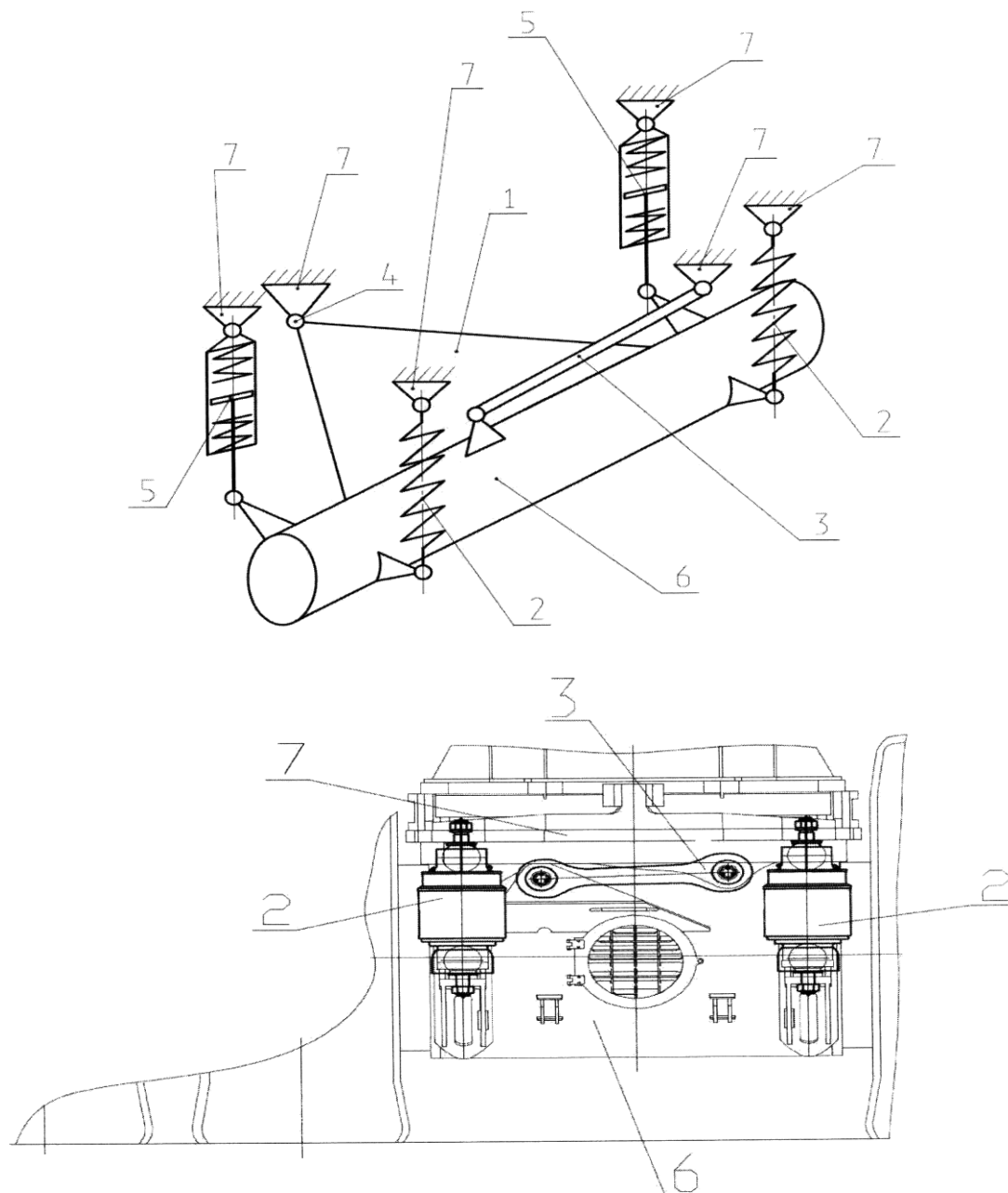
После проведения патентного поиска необходимо проанализировать полученные результаты и оценить наличие новых технических решений, которые могут быть применены в разработке подвесок карьерных самосвалов.

Свидетельство № 2014123091/11 Подвеска для неразрезных мостов транспортных средств большой грузоподъемности (рисунок 14).

«Изобретение относится к области автомобилестроения, в частности к механическим подвескам карьерных самосвалов большой грузоподъемности. Подвеска для неразрезных мостов транспортных средств большой грузоподъемности содержит рычаг, реактивную штангу, рессорно-

амортизационный узел и демпфирующее устройство. Реактивная штанга шарнирно соединена с мостом и конструкцией транспортного средства.

Рычаг с одной стороны жестко присоединен к мосту, а с другой - к конструкции транспортного средства посредством центрального шарнира.



1 – рычаг; 2 – амортизационный узел; 3 – реактивная штанга; 4 – центральный шарнир;
5 – демпфирующее устройство; 6 – мост; 7 – конструкция транспортного средства

Рисунок 14 – Общий вид подвески, вид сзади

Рессорно-амортизационный узел шарнирно соединен с мостом и конструкцией транспортного средства и расположен с каждой боковой

стороны транспортного средства. Демпфирующее устройство установлено с каждой боковой стороны транспортного средства, шарнирно соединено с мостом и конструкцией транспортного средства и расположено между мостом и центральным шарниром. Достигается повышение поперечной устойчивости транспортного средства за счет увеличения угловой жесткости подвески» [18].

«Известна подвеска для неразрезных мостов транспортных средств большой грузоподъемности, содержащая рычаг, с одной стороны жестко присоединенный к мосту, а с другой – к конструкции транспортного средства посредством центрального шарнира, реактивную штангу, шарнирно соединенную с мостом и конструкцией транспортного средства, по меньшей мере, по одному рессорно-амортизационному узлу, расположенному с каждой боковой стороны транспортного средства и шарнирно соединенному с мостом и конструкцией транспортного средства» [18].

«Недостатком известной конструкции является недостаточная поперечная устойчивость транспортного средства при использовании в его конструкции двухосного шасси со спаренными шинами на всех мостах транспортного средства при неизменности его габаритов по ширине. Использование спаренных шин на неразрезных мостах транспортного средства, как правило, достигается увеличение его грузоподъемности при неизменности грузоподъемности шины, а ширина транспортного средства, в свою очередь, ограничена шириной дорог, на которых эксплуатируется» [17].

«Предлагаемым изобретением решается задача повышения поперечной устойчивости транспортного средства за счет увеличения угловой жесткости его подвески. Для достижения этого технического результата в подвеске для неразрезных мостов транспортных средств большой грузоподъемности, содержащей рычаг, с одной стороны жестко присоединенный к мосту, а с другой - к конструкции транспортного средства посредством центрального шарнира, реактивную штангу, шарнирно соединенную с мостом и конструкцией транспортного средства, по меньшей мере, по одному

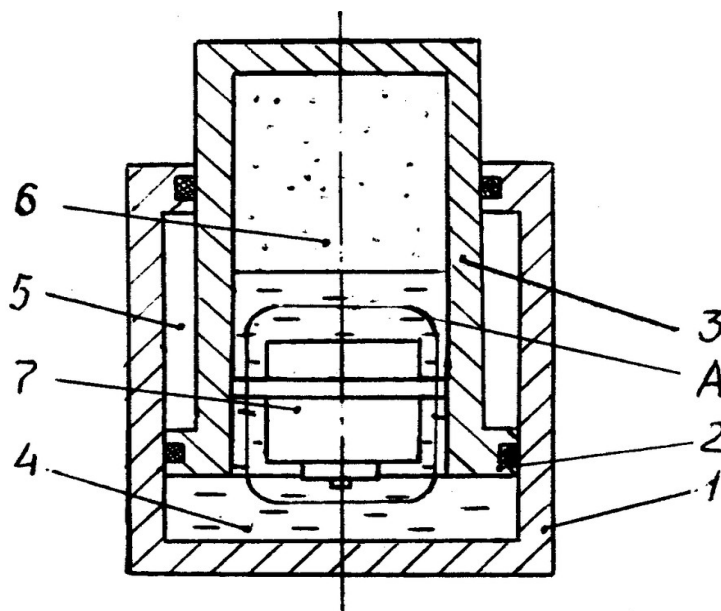
рессорно-амортизационному узлу, расположенному с каждой боковой стороны транспортного средства и шарнирно соединенному с мостом и конструкцией транспортного средства, согласно изобретению с каждой боковой стороны транспортного средства установлено по меньшей мере по одному демпфирующему устройству, шарнирно соединенному с мостом и конструкцией транспортного средства и расположенному между мостом и центральным шарниром» [18].

«Установка демпфирующих устройств, шарнирно соединенных с мостом и конструкцией транспортного средства и расположенных между мостом и центральным шарниром транспортного средства с каждой боковой стороны транспортного средства, позволяет повысить угловую жесткость подвески и снизить величину угла крена транспортного средства в широком диапазоне боковых усилий, воздействующих на транспортное средство в процессе движения по радиусу или по поверхности с поперечным уклоном, а также позволяет снизить нагрузку на рессорные узлы транспортного средства в процессе крена» [18].

Свидетельство № 97109234/28 Пневмогидравлическая рессора подвески транспортного средства (рисунок 15).

«Изобретение используется в системах подрессоривания транспортных средств. Техническим результатом является автоматическое двухступенчатое изменение жесткости демпфирующей характеристики в зависимости от частоты колебаний рессоры. Рессора содержит цилиндр, в котором установлен поршень с полым штоком, образующий в цилиндре под- и надпоршневую полости, заполненные жидкостью, и гидроаккумулятор, размещенный в полости штока, заполненной жидкостью и газом, и соединенный с подпоршневой полостью цилиндра через клапан. Клапан выполнен в виде демпфирующего узла, саморегулируемого в зависимости от частоты колебаний, обеспечивающего автоматическое увеличение гидравлического сопротивления при появлении в спектре колебаний рессоры низкочастотных колебаний и уменьшение его при их отсутствии. Такое

выполнение приводит к снижению потерь энергии и температуры рессоры, повышению плавности хода и устойчивости движения транспортного средства» [17].



1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – полый шток; 4 – подпоршневая полость; 5 – надпоршневая полость; 6 – полость штока; 7 – клапан

Рисунок 15 – Продольный разрез рессоры

«Известна пневмогидравлическая рессора транспортного средства, содержащая цилиндр, в котором установлен поршень со штоком, образующие в цилиндре подпоршневую и надпоршневую полости, гидроаккумулятор, смонтированный в дополнительном цилиндре и соединенный с надпоршневой полостью цилиндра через клапан, перекрывающий отверстие в днище цилиндра, и демпфер максимальных колебаний. Конструкция клапана обеспечивает демпфирующую характеристику клапанного участка в виде гиперболы вследствие уменьшения гидравлического сопротивления при росте скорости деформаций рессоры. В результате несколько уменьшаются потери энергии в подвеске и ее разогрев с ростом частоты колебаний.

Недостатком данной рессоры является неточное регулирование жесткости демпфирующей характеристики в зависимости от частоты

колебаний, поскольку клапан в этой рессоре работает в зависимости от относительной скорости цилиндра и штока, а зависимость от частоты здесь условна, так как в зарезонансной зоне колебаний возможны режимы, когда относительная скорость окажется меньше, чем в резонансе, то есть клапан будет тогда работать с жесткой демпфирующей характеристикой, потери в подвеске увеличатся, а плавность хода ухудшится. Кроме того, при случайных колебаниях, когда одновременно происходят низкочастотные и высокочастотные колебания, значительно снижается эффективность гашения низкочастотных колебаний, так как клапан не обладает свойством саморегулирования по направлению колебаний и имеет слабое демпфирование на клапанном участке демпфирующей характеристики» [20].

«Новый технический результат достигается тем, что в пневмогидравлической рессоре подвески транспортного средства, содержащей цилиндр, в котором установлен поршень с полым штоком, образующие в цилиндре подпоршневую и надпоршневую полости, заполненные жидкостью, и гидроаккумулятор, размещенный в полости штока, заполненной жидкостью и газом, и соединенный с подпоршневой полостью цилиндра через клапан, клапан выполнен в виде демпфирующего узла, саморегулируемого в зависимости от частоты и направления колебаний, включающего корпус, подпружиненный пружинами плунжер Н-образного сечения, разделяющий полость корпуса демпфирующего узла с образованием надплунжерной и подплунжерной полостей, на наружной поверхности плунжера Н-образного сечения выполнены верхняя проточка плунжера, соединенная через обратный клапан хода сжатия с надплунжерной полостью, и нижняя проточка плунжера, соединенная радиальными отверстиями с подплунжерной полостью» [19].

«На перегородке плунжера с двух ее сторон установлены клапаны ходов сжатия и отбоя, подпружиненные пружинами плунжера, а нижняя часть плунжера выполнена в виде кольцевого поршня с дроссельным отверстием, образующего с корпусом демпфирующего узла кольцевую

плунжерную полость, сообщенную через дроссельное отверстие кольцевого поршня с подплунжерной полостью, в корпусе демпфирующего узла выполнены основной дроссельный канал, постоянно сообщающий подплунжерную полость с подпоршневой полостью, внутренняя проточка, соединенная через обратный клапан хода отбоя с подпоршневой полостью, и радиальные отверстия, образующие дополнительный дроссельный канал, сообщающий подпоршневую полость с верхней проточкой плунжера при его нижнем положении и с нижней проточкой плунжера при его среднем положении, а в корпусе демпфирующего узла установлен предохранительный клапан хода сжатия, сообщающий подпоршневую полость с подплунжерной полостью при больших перепадах давлений» [20].

«Надплунжерная полость соединена с полостью гидроаккумулятора, а в верхнем положении плунжера его нижняя проточка расположена напротив внутренней проточки корпуса демпфирующего узла, при этом подпружиненный пружинами плунжер снабжен подпружиненным упором, установленным в подплунжерной полости по центральной оси корпуса демпфирующего узла и фиксирующим плунжер при открытом дополнительном дроссельном канале» [19].

«Предлагаемая пневмогидравлическая рессора подвески транспортного средства обеспечивает повышение его плавности хода и устойчивости движения вследствие саморегулирования ее гидравлических характеристик в зависимости от частот колебаний. Это приводит к снижению больших потерь энергии, вызванных колебаниями, увеличению средних скоростей и производительности транспортных средств при движении практически по любым дорогам» [21].

Свидетельство № 98121681/28 Шаровой шарнир подвески (рисунок 16).

«Изобретение относится к области транспортного машиностроения, а именно к шаровым шарнирам подвески автомобиля. Задача изобретения -

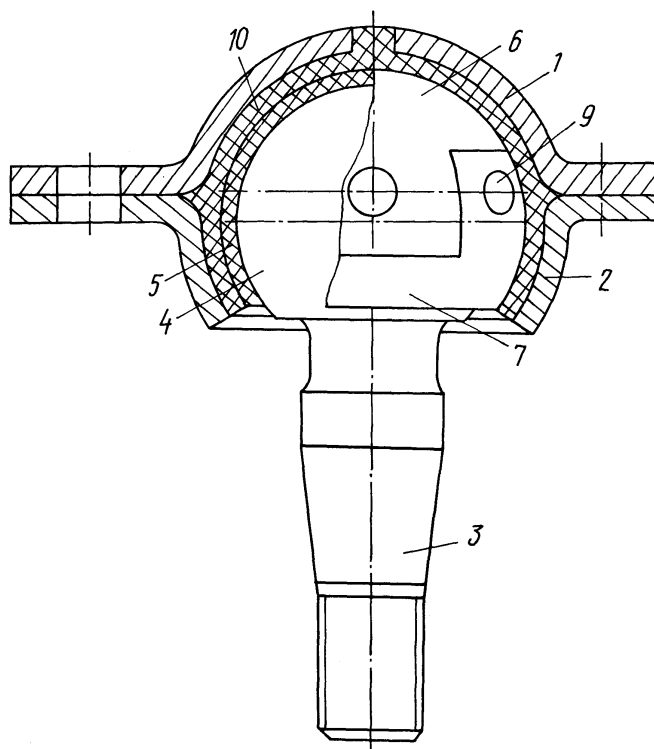
создание шарового шарнира, обладающего повышенным ресурсом эксплуатации и не требующего использования дополнительной смазки.

Шаровой шарнир, включает корпус, выполненный из двух частей в виде чашек, неразъемно соединенных между собой, заключенный в корпус шаровой палец, поверхность сферической головки которого охвачена вкладышем из антифрикционного материала, пространство между вкладышем и корпусом заполнено термопластичным наполнителем. Вкладыш снабжен по наружной поверхности фиксирующими выступами, расположенными в плоскости разъема корпуса выше плоскости максимального диаметра сферической головки шарового пальца, перпендикулярной его продольной оси симметрии.

Вкладыш выполнен составным и образован из верхней сплошной усеченной сферической части и нижнего сплошного сферического кольца, состыкованных между собой по гладкой или ступенчатой поверхности, при этом в случае стыковки составных частей вкладыша по ступенчатой поверхности каждая из составных частей снабжена продольными встречно расположенными взаимно чередующимися меридиональными стыковочными выступами и впадинами.

Размеры продольных меридиональных стыковочных выступов соответствуют размерам продольных меридиональных стыковочных впадин с образованием сплошной поверхности вкладыша, сферические внутренние поверхности составных частей вкладыша выполнены гладкими, фиксирующие выступы расположены на верхней сплошной усеченной сферической части и/или нижнем сплошном сферическом кольце вкладыша и выполнены полусферической или протяженной формы, причем последние выполнены с постоянным или уменьшающимся по длине поперечным сечением, при этом протяженность фиксирующего выступа вдоль меридиана составных частей вкладыша выбрана из соотношения $0,06-0,36$ диаметра сферической головки шарового пальца» [35].

«Известен шаровой шарнир, включающий корпус, выполненный из двух частей в виде чашек, неразъемно соединенных между собой, заключенный в корпус шаровой палец, поверхность сферической головки которого охвачена вкладышем из антифрикционного материала, пространство между вкладышем и корпусом заполнено термопластичным наполнителем, вкладыш снабжен по наружной поверхности фиксирующими выступами, расположенными в плоскости разъема корпуса выше плоскости максимального диаметра сферического наконечника шарового пальца, перпендикулярной к его продольной оси симметрии (см. патент Р.Ф. N 2049376, МПК F 16 C 11/06, 1994).



1,2 – чашки; 3 – палец; 4 – поверхность сферической головки; 5 – вкладыш;
 6 – сплошная усеченная сферическая часть; 7 – сплошное сферическое кольцо;
 8 – ступенчатая поверхность; 9 – фиксирующие выступы

Рисунок 16 – Шаровой шарнир

Однако известный шаровой шарнир обладает недостаточным ресурсом эксплуатации и, кроме того, требует использования дополнительной смазки,

которая наносится на сферическую головку пальца перед установкой на него вкладыша. В основу изобретения положена задача создания шарового шарнира, лишенного перечисленных недостатков и обладающего повышенным ресурсом эксплуатации и не требующего использования дополнительной смазки» [5].

«Поставленная задача решается тем, что в шарнире поверхность сферической головки шарового пальца охвачена вкладышем из антифрикционного материала, а пространство между вкладышем заполнено термопластичным наполнителем. Отличительной особенностью является то, что вкладыш выполнен составным и образован из верхней сплошной усеченной сферической части и нижнего сплошного сферического кольца, состыкованных между собой по гладкой или ступенчатой поверхности.

При этом в случае стыковки составных частей вкладыша по ступенчатой поверхности каждая из составных частей вкладыша снабжена продольными стыковочными выступами и впадинами, а размеры продольных меридиональных стыковочных выступов соответствуют размерам продольных меридиональных стыковочных впадин с образованием сплошной поверхности вкладыша. Сферические внутренние поверхности составных частей вкладыша гладкие, а фиксирующие выступы расположены на верхней сплошной усеченной сферической части и нижнем сплошном сферическом кольце вкладыша и выполнены полусферической или протяженной формы, причем последние выполнены с постоянным или уменьшающимся по длине поперечным сечением» [5].

«При этом протяженность фиксирующего выступа вдоль меридиана составных частей вкладыша выбрана из соотношения 0,06-0,36 диаметра сферической головки шарового пальца.

«Составные сферические части вкладыша шарнира выполнены из антифрикционного, износостойкого композиционного материала на основе алифатического полиамида или пропилена, содержащего от 4 до 34 мас.% полиэтилена, а в качестве упрочнителя 9,5-15,5 мас.% низкомолекулярного

углеродного волокна на основе гидратцеллюлозы или высокомолекулярного углеродного волокна на основе полиакрилонитрила» [28].

«Пространство между вкладышем и корпусом заполнено композиционным материалом на основе полимерной матрицы, содержащей от 27 до 43 мас.% стекловолокна или его смеси с высокомолекулярным углеродным волокном и от 0,3 до 2,8 мас.% дисульфида молибдена (дисульфида селена, фтористого углерода). При этом количество расположенных симметрично относительно друг друга фиксирующих выступов вкладыша составляет от 2 до 16, а количество продольных меридиональных стыковочных выступов и/или впадин составляет от 2 до 8, а их протяженность вдоль меридиана выбрана из соотношения 0,09 - 0,38 диаметра сферической головки шарового пальца» [33].

«Вкладыш выполнен с постоянной или переменной толщиной стенок, в качестве полимерной матрицы композиционного материала использованы полиамид, полисульфон, а в композиционном материале содержание высокомолекулярного углеродного волокна составляет от 0,1 до 10 мас.%» [5].

«Экспериментальные стендовые испытания шарового шарнира - прототипа и предложенной конструкции шарового шарнира показали, что с использованием всех отличительных конструктивных особенностей предложенного шарового шарнира в сочетании с использованием для изготовления его вкладыша антифрикционного, композиционного износостойкого материала, а также в сочетании с использованием для заливки пространства между вкладышем и корпусом композиционным материалом на основе полимерной матрицы, создана конструкция шарового шарнира, обладающая увеличенным на 40-60% ресурсом эксплуатации» [5].

После проведения патентного поиска необходимо проанализировать полученные результаты и оценить наличие новых технических решений, которые могут быть применены в разработке подвесок карьерных самосвалов.

3.3 Выбор основных конструктивных решений по теме проекта

Задачей данного дипломного проекта является анализ и проработка конструкции передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн

В качестве передней и задней подвески автомобиля была выбрана зависимая пневмогидравлическая подвеска. Пневмогидроцилиндры позволяют обеспечить необходимую плавность хода и при этом не предъявляют существенных требований к компоновке автомобиля.

«Передняя подвеска (рисунок 17) – зависимая, состоит из двух пневмогидравлических цилиндров 2, проушины с шарниром, рычага передней оси и поперечной штанги 1» [22].

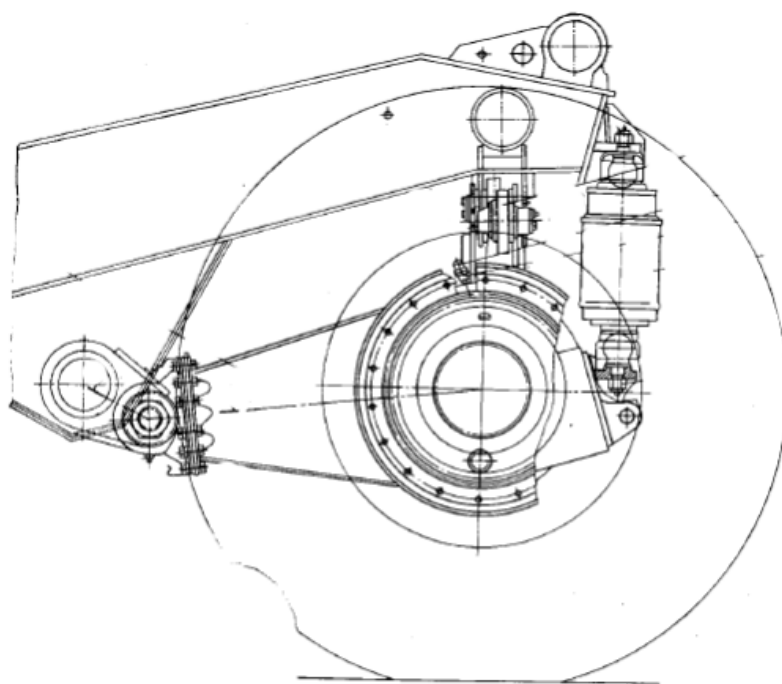


Рисунок 17 – Подвеска заднего ведущего моста

«Нагрузки, действующие на колеса передней оси, передаются на раму через цилиндры подвески, поперечную штангу и проушину с шарниром. Цилиндры подвески воспринимают только вертикальные нагрузки, штанга –

поперечные, а центральный шарнир – вертикальные, поперечные и продольные» [22].

В данном проекте на автомобиль устанавливается пневмогидравлическая подвеска (рисунок 18).

«Задняя подвеска – зависимая, состоит из двух пневмогидравлических цилиндров 2 и 3, поперечной штанги подвески 4, рычага заднего моста и проушины с центральным шарниром. Нагрузки, действующие на колеса заднего моста, передаются на раму через цилиндры подвески, поперечную штангу и центральный шарнир. Цилиндры подвески воспринимают только вертикальные нагрузки, штанга – поперечные, а центральный шарнир – вертикальные, поперечные и продольные» [22].

Разрабатываемая подвеска имеет относительно небольшую массу, имеет меньшие размеры по сравнению с другими видами подвесок, что позволяет улучшить компоновку автомобиля, сэкономить затраты при производстве.

Пневмогидроцилиндры подобраны на основании проведенных расчетов.

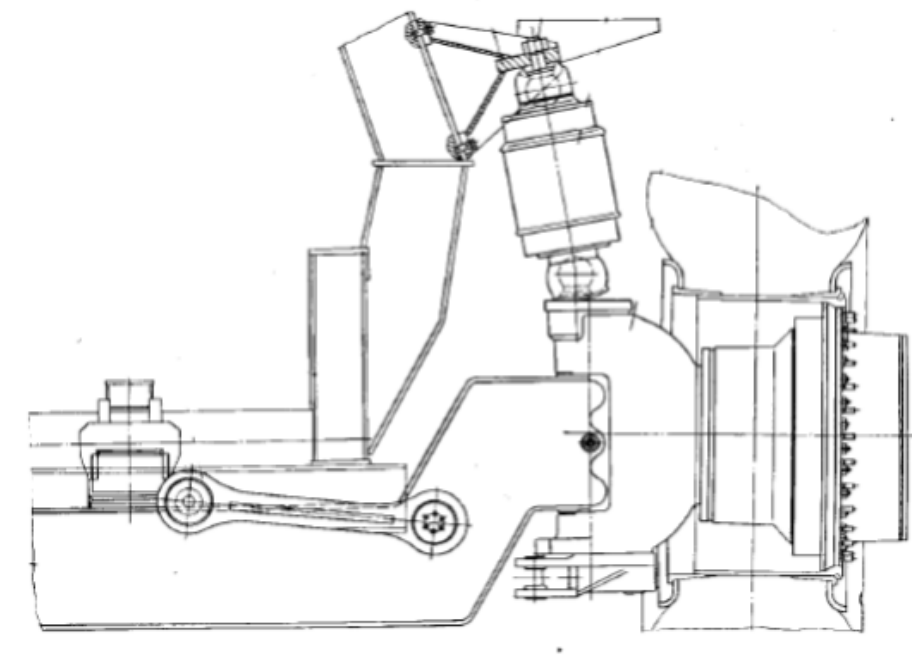


Рисунок 18 – Передняя подвеска

3.4 Расчет упруго-демпфирующих характеристик

Выполним расчет заднего пневмогидравлического цилиндра подвески.

«В расчете необходимо определить нагрузки на цилиндр, построить кривые для давления, нагрузки, жесткостей, частот колебаний, а также определить основные размерные параметры для демпфирующей системы, построить демпфирующие характеристики.

Исходные данные:

- F – площадь штока цилиндра подвески, 0,0491 м²;
- G_c – нагрузка на ось снаряженного автомобиля; 450000 Н;
- G_n – нагрузка на ось автомобиля полной массы, 1400000 Н;
- q – вес неподрессоренных масс моста автомобиля, 320000 Н;
- l_0 – высота приведенного столба газа для цилиндра подвески снаряженного автомобиля, 0,095 м;
- X – ход штока цилиндра подвески;
- p_0 – давление в цилиндре при $X=0$;
- p_x – текущее значение давления в основном цилиндре;
- P_x – нагрузка на цилиндр;
- C_x – жесткость цилиндра подвески;
- n_x – частота колебаний цилиндра подвески;
- k_1 – коэффициент, учитывающий влияние схемы подвески (отношение расстояния от центрального шарнира до вертикальной плоскости нижних опор цилиндров к расстоянию от центрального шарнира до вертикальной плоскости оси колес), 1,4;
- k_2 – коэффициент, учитывающий количество шин колеса, 2;
- P_n – приведенная к оси колеса величина P_x ;
- $P_{ш}$ – нагрузка на одну шину колеса;
- P_k – нагрузка на колесо автомобиля;

- C_n – жесткость цилиндра, приведенная к оси (приведенная жесткость);
- $C_{ш}$ – жесткость одной шины;
- C_k – жесткость шин колес;
- C_a – жесткость подвески;
- n_y – частота собственных колебаний цилиндра;
- n_a – частота колебаний подвески автомобиля» [13].

Определение нагрузок на цилиндры:

Нагрузка на цилиндр определяется по формуле:

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

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

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

Порядок расчета и расчетные формулы для построения характеристических кривых.

Кривую давления в цилиндре подвески получим по формуле:

$$p_x = \frac{P_x}{F} = \frac{p_0 \cdot l_0}{l_0 + X}. \quad (2)$$

Кривую нагрузок на цилиндр подвески получим по формуле:

$$P_x = p_x \cdot F = \frac{p_0 \cdot l_0 \cdot F}{l_0 + X}. \quad (3)$$

Кривую нагрузок на шину получим по формуле:

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

Нагрузка на колесо:

$$P_k = k_2 \cdot P_u. \quad (5)$$

Жесткость колеса зависит от количества шин в нем:

$$C_k = k_2 \cdot C_u. \quad (6)$$

Кривую жесткости цилиндра подвески получим по формуле:

$$C = \frac{p_0 \cdot l_0 \cdot F}{(l_0 + X)^2} = \frac{P_x}{l_0 + X}. \quad (7)$$

Приведенная к оси жесткость цилиндра:

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

Кривую жесткости подвески в целом получим по формуле, учитывающей влияние поддрессоренных и неподдрессоренных масс:

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

Кривую частот собственных колебаний цилиндра подвески получим по формуле:

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

Кривую частот колебаний подвески в целом получим по формуле:

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

Результаты расчёта характеристик гидропневмоцилиндра представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты расчёта характеристик гидропневмоцилиндра

$X, м$	$P_x, МПа$	$F_x, кН$	$F_k, кН$	$F_{ш}, кН$	$C, \frac{кН}{м}$	$C_{II}, \frac{кН}{м}$	$C_k, \frac{кН}{м}$	$C_a, \frac{кН}{м}$	$n_{ц}, Гц$	$n_a, Гц$	$P_{зар}, МПа$
-0,092	29,951	1470,2	2218,3	1109,2	490079,0	960556,0	5400,0	5372,0	9,129	0,778	38,584
-0,087	11,232	551,3	931,9	465,9	68917,4	135078,0	5400,0	5226,9	5,590	1,184	14,469
-0,084	7,858	385,7	700,0	350,0	33730,5	66111,7	5400,0	5079,9	4,676	1,347	10,122
-0,082	6,912	339,3	635,0	317,5	26098,9	51153,8	5400,0	5004,8	4,385	1,404	8,904
-0,077	4,992	245,0	503,1	251,5	13613,3	26682,1	5400,0	4745,1	3,727	1,536	6,431
-0,072	3,907	191,8	428,5	214,2	8337,8	16342,2	5400,0	4473,7	3,297	1,616	5,033
-0,067	3,209	157,5	380,5	190,3	5625,9	11026,8	5400,0	4206,2	2,988	1,662	4,134
-0,062	2,723	133,7	347,1	173,6	4050,2	7938,5	5400,0	3951,2	2,752	1,687	3,508
-0,057	2,365	116,1	322,5	161,2	3054,5	5986,8	5400,0	3712,7	2,565	1,696	3,046
-0,052	2,090	102,6	303,6	151,8	2385,5	4675,5	5400,0	3492,2	2,411	1,696	2,692
-0,047	1,872	91,9	288,6	144,3	1914,4	3752,2	5400,0	3289,8	2,282	1,688	2,411
-0,042	1,695	83,2	276,5	138,3	1570,2	3077,6	5400,0	3104,7	2,172	1,675	2,184
-0,037	1,549	76,0	266,5	133,2	1311,2	2569,9	5400,0	2935,5	2,076	1,660	1,996
-0,032	1,426	70,0	258,0	129,0	1111,3	2178,1	5400,0	2780,9	1,992	1,642	1,837
-0,027	1,321	64,9	250,8	125,4	953,9	1869,6	5400,0	2639,6	1,917	1,622	1,702
-0,022	1,231	60,4	244,6	122,3	827,7	1622,3	5400,0	2510,2	1,851	1,602	1,586
-0,017	1,152	56,5	239,2	119,6	725,0	1420,9	5400,0	2391,6	1,790	1,581	1,484
-0,012	1,083	53,1	234,4	117,2	640,3	1254,9	5400,0	2282,5	1,736	1,560	1,395
-0,007	1,021	50,1	230,2	115,1	569,6	1116,3	5400,0	2182,1	1,685	1,540	1,315
-0,002	0,966	47,4	226,4	113,2	510,0	999,5	5400,0	2089,4	1,640	1,519	1,245
0,003	0,917	45,0	223,0	111,5	459,3	900,1	5400,0	2003,7	1,597	1,499	1,181
0,008	0,872	42,8	220,0	110,0	415,8	814,9	5400,0	1924,3	1,558	1,479	1,124
0,013	0,832	40,8	217,2	108,6	378,1	741,2	5400,0	1850,5	1,521	1,460	1,072
0,018	0,795	39,0	214,6	107,3	345,4	677,0	5400,0	1781,8	1,487	1,441	1,024
0,023	0,761	37,4	212,3	106,2	316,8	620,9	5400,0	1717,8	1,456	1,422	0,981
0,028	0,731	35,9	210,2	105,1	291,5	571,4	5400,0	1658,0	1,426	1,404	0,941
0,033	0,702	34,5	208,2	104,1	269,2	527,6	5400,0	1602,0	1,398	1,387	0,904
0,038	0,676	33,2	206,4	103,2	249,3	488,7	5400,0	1549,4	1,371	1,370	0,870

Продолжение таблицы 15

$X, м$	$P_x, МПа$	$F_x, кН$	$F_k, кН$	$F_{ш}, кН$	$C, \frac{кН}{м}$	$C_{II}, \frac{кН}{м}$	$C_k, \frac{кН}{м}$	$C_a, \frac{кН}{м}$	$n_{ц}, Гц$	$n_a, Гц$	$P_{zap}, МПа$
0,043	0,651	32,0	204,7	102,4	231,6	453,9	5400,0	1500,1	1,346	1,353	0,839
0,048	0,628	30,8	203,2	101,6	215,7	422,8	5400,0	1453,7	1,322	1,337	0,809
0,053	0,607	29,8	201,7	100,9	201,4	394,7	5400,0	1410,0	1,300	1,322	0,782
0,058	0,587	28,8	200,4	100,2	188,4	369,3	5400,0	1368,7	1,278	1,307	0,757
0,063	0,569	27,9	199,1	99,5	176,7	346,3	5400,0	1329,7	1,258	1,292	0,733
0,068	0,551	27,1	197,9	98,9	166,0	325,4	5400,0	1292,7	1,238	1,278	0,710
0,073	0,535	26,3	196,8	98,4	156,3	306,3	5400,0	1257,7	1,220	1,264	0,689
0,078	0,519	25,5	195,7	97,8	147,4	288,9	5400,0	1224,5	1,202	1,251	0,669
0,083	0,505	24,8	194,7	97,3	139,2	272,9	5400,0	1193,0	1,185	1,238	0,650
0,088	0,491	24,1	193,7	96,9	131,7	258,1	5400,0	1163,0	1,169	1,225	0,633
0,093	0,478	23,5	192,8	96,4	124,8	244,6	5400,0	1134,4	1,153	1,213	0,616
0,098	0,466	22,9	192,0	96,0	118,4	232,1	5400,0	1107,2	1,138	1,201	0,600

Строим графики рабочего давления в цилиндре подвески (рисунок 19), нагрузки на цилиндр (рисунок 20), нагрузки на колесо (рисунок 21), нагрузки на шину (рисунок 22), жесткость цилиндра (рисунок 23), жесткости цилиндра приведенной к колесу (рисунок 24), жесткости подвески (рисунок 25), частоты собственных колебаний цилиндра (рисунок 26), частоты собственных колебаний подвески (рисунок 27), зарядного давления (рисунок 28).

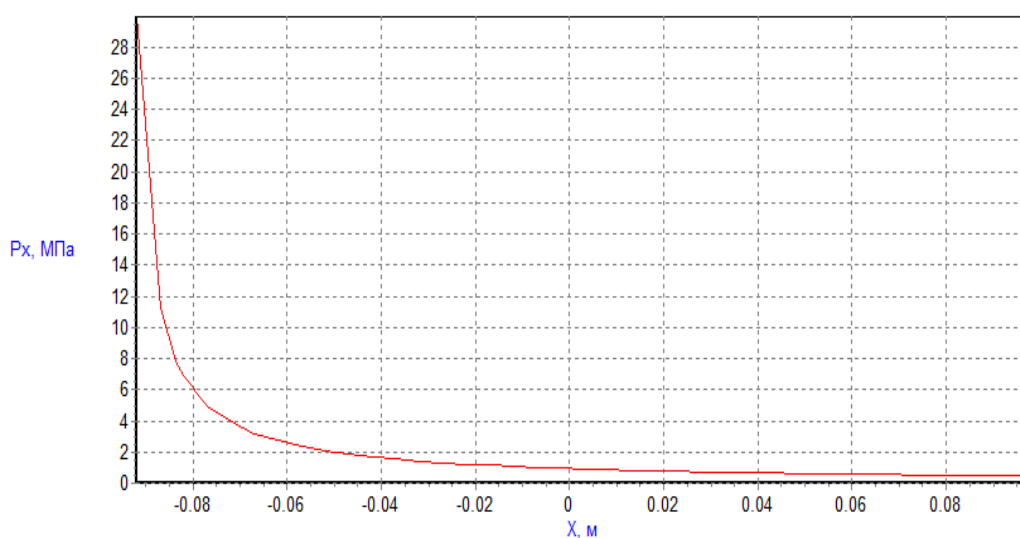


Рисунок 19 – Рабочее давление в цилиндре подвески

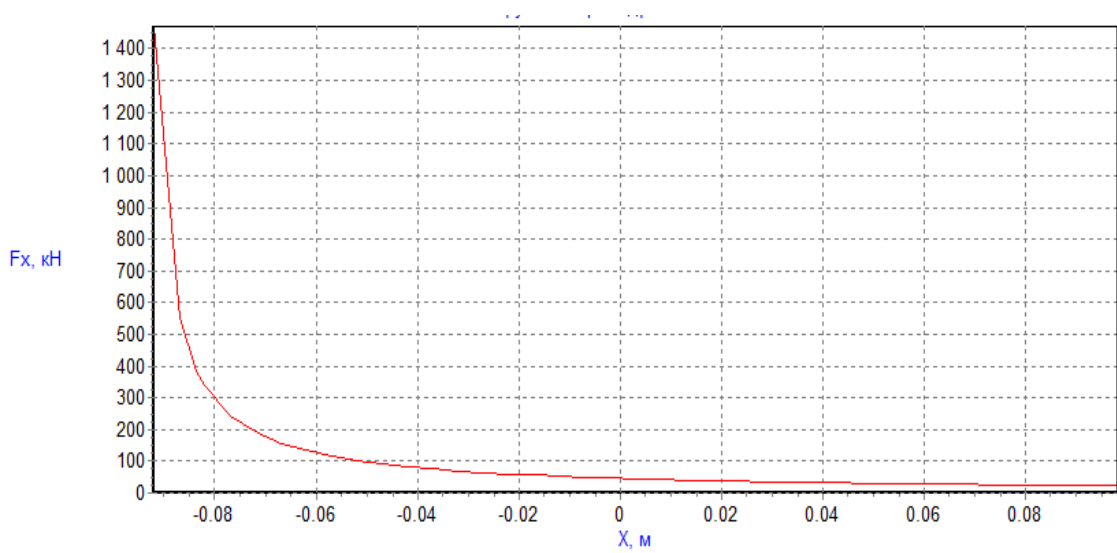


Рисунок 20 – Нагрузка на цилиндр

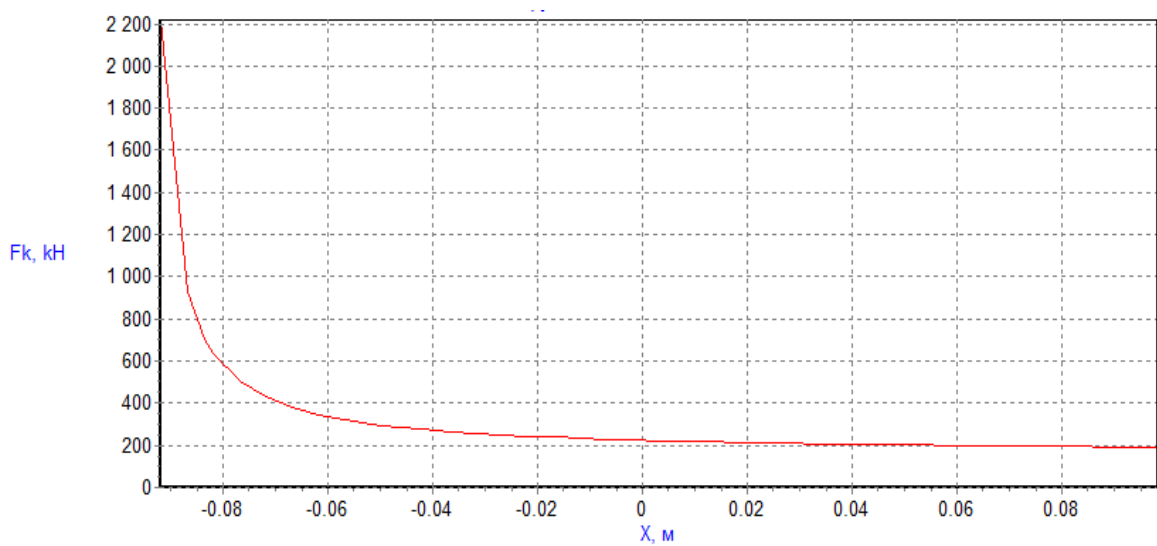


Рисунок 21 – Нагрузка на колесо

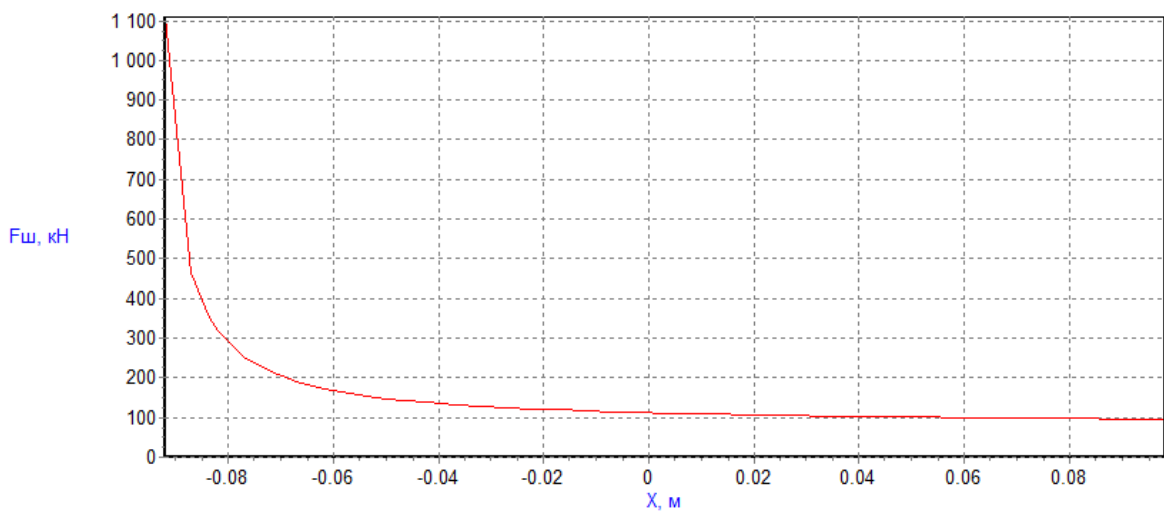


Рисунок 22 – Нагрузка на шину

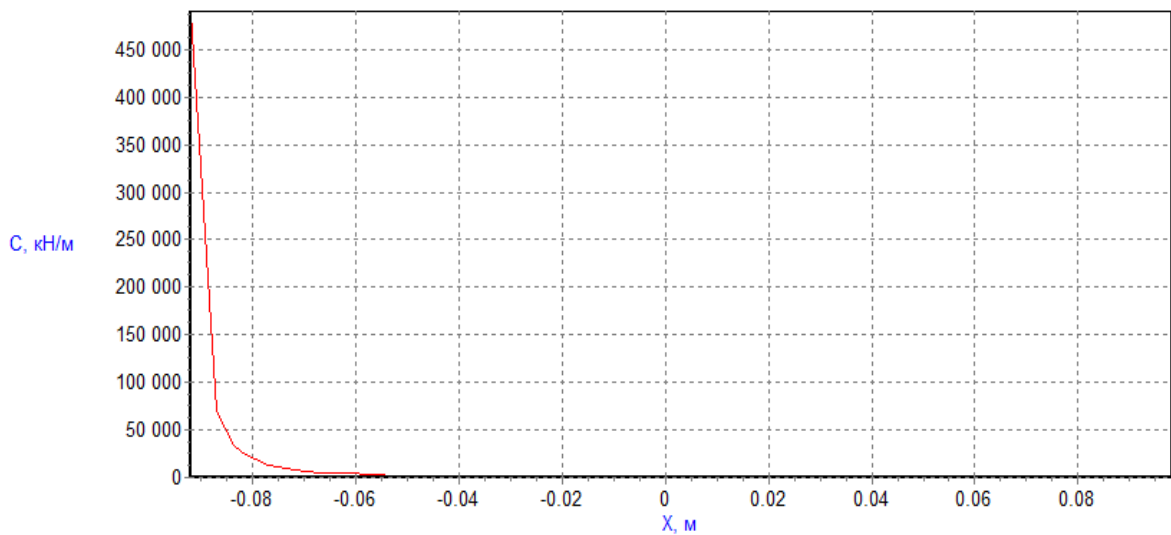


Рисунок 23 – Жесткость цилиндра

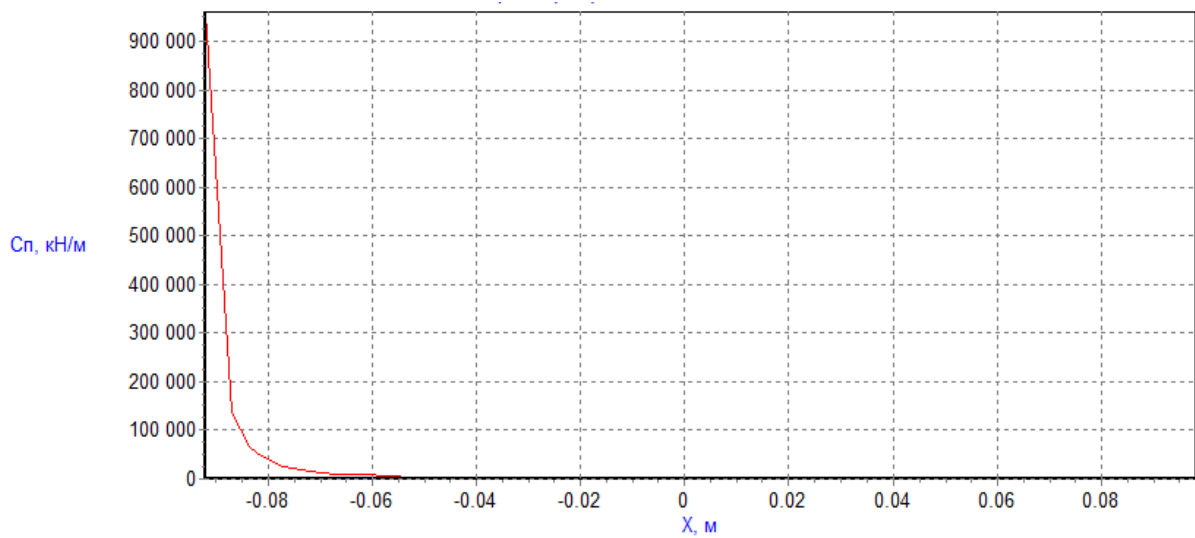


Рисунок 24 – Жесткость цилиндра приведенная к колесу

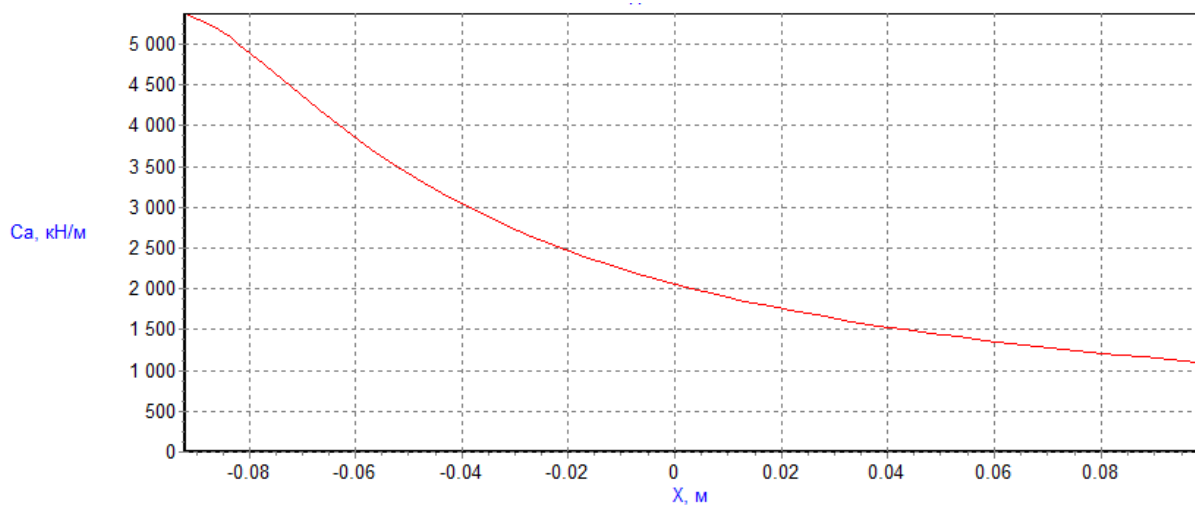


Рисунок 25 – Жесткость подвески

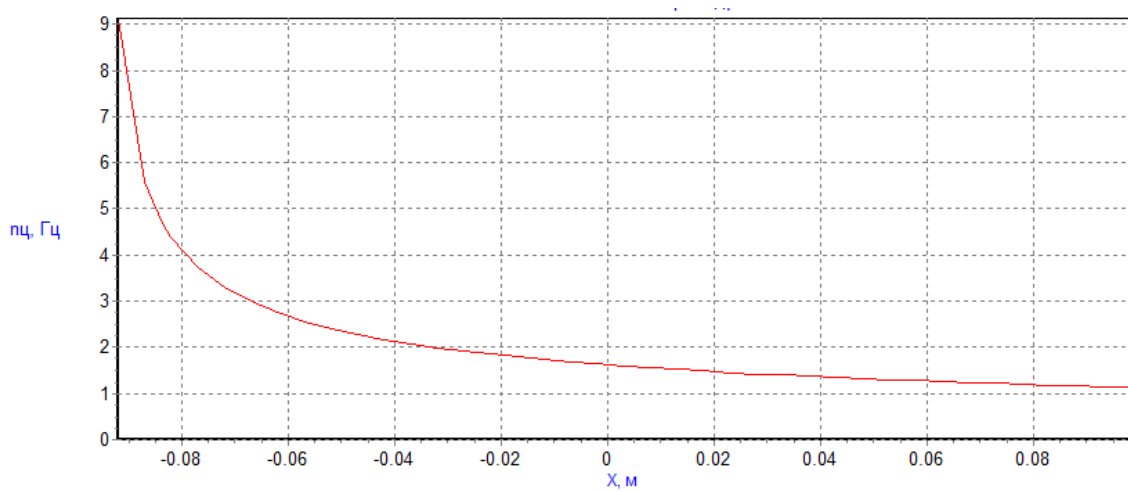


Рисунок 26 – Частота собственных колебаний цилиндра

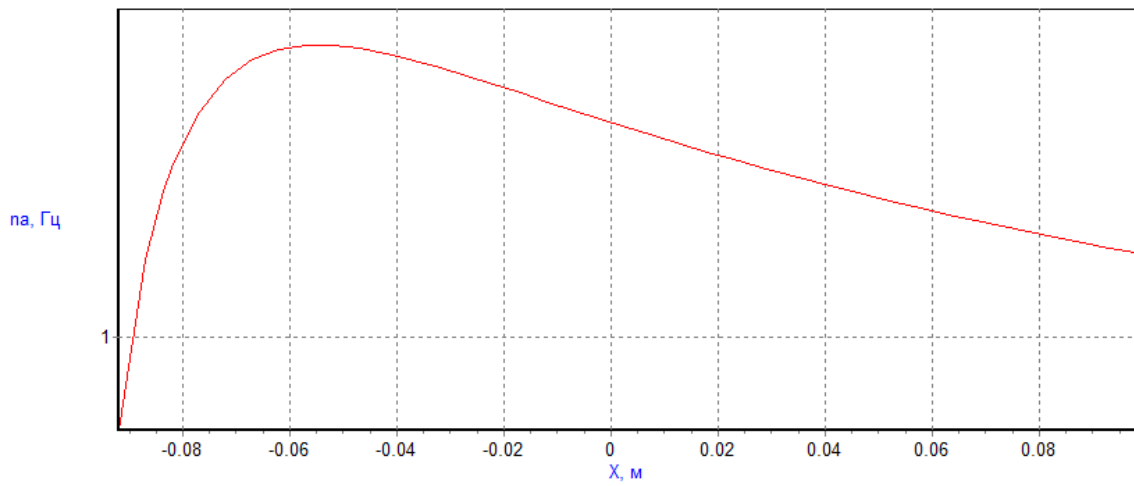


Рисунок 27 – Частота собственных колебаний подвески

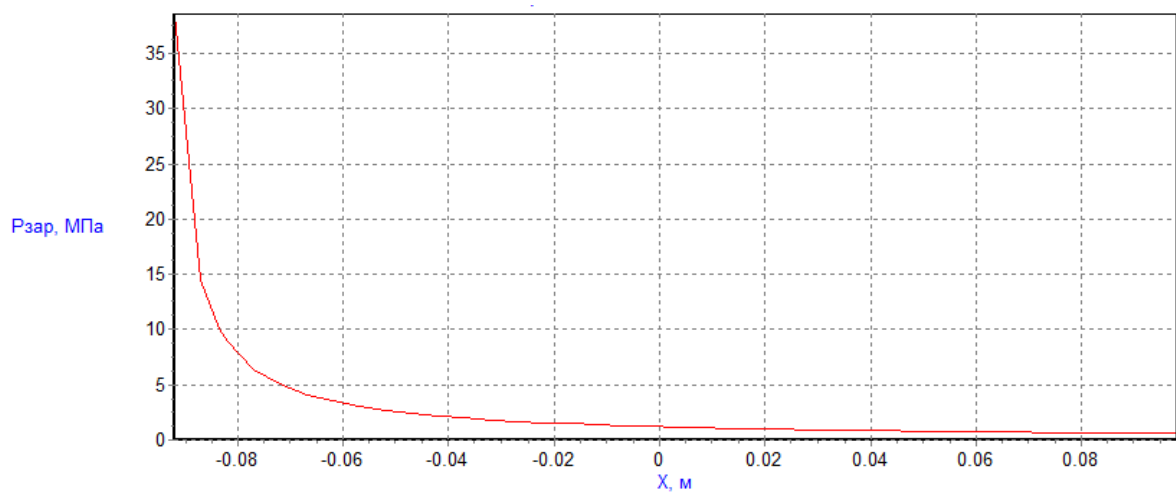


Рисунок 28 – Зарядное давление

Определение зарядных характеристик:

«Количество газа, растворяющееся в масле:

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

где P_x – давление в цилиндре;

$V_{ж}$ – объем масла в цилиндре;

n_p – коэффициент растворимости» [4].

Коэффициент растворимости определяем по графику, для давления p_0 , то есть для снаряженного автомобиля, как наиболее продолжительного по времени. Для цилиндра при $p_0 = 0,946$ МПа: $n_p = 0,090$, $V_{ж} = 0.015$ м³.

Рабочее количество газа в цилиндре определяется по формуле (13), а общее количество газа, нагнетаемого в цилиндр во время заправки по формуле (14):

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

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

Определим, во сколько раз зарядное давление должно быть больше рабочего давления при зарядке цилиндров:

$$n = 1 + 0,0900 \cdot 0.015 / (0,09500491) = 1,288.$$

Для получения значений давлений зарядных характеристик достаточно значение давлений рабочих характеристик умножить на n .

Расчет демпфирующей системы:

«Коэффициент гидравлического трения демпфирующей системы в подвеске:

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

где M – подрессоренная масса, приходящаяся на сторону;

ω – частота колебаний подвески;

F_{TP} – сила сухого трения в подвески;

$\sigma_{x'}$ – среднее квадратичное отклонение.

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

где A – амплитудная скорость деформации подвески» [9].

Для снаряженного состояния: $M = 6626$ кг, $\omega = 9,49$ рад/с, $F_{TP} = 1950$ Н, $A = 0,2$ м/с², $\sigma_{x'} = 0,141$; $\psi = 0,2$; тогда $k_{1CH} = 75083,9$; Н·с²/м². Для груженого состояния: $M = 55046$ кг, $\omega = 8,46$ рад/с, $F_{TP} = 16200$ Н, $A = 0,15$ м/с², $\sigma_{x'} = 0,106$; $\psi = 0,2$. Тогда $k_{1ГР} = 383516,4$ Н·с²/м²;

Коэффициент гидравлического трения демпфирующей системы, приведенный к цилиндру:

$$k_{1Ц} = k_1 / U^3, \quad (17)$$

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

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

«Площадь проходных сечений демпфирующей системы на ходе отбоя:

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

где S_k – площадь кольцевой камеры;

ρ – плотность жидкости;

μ – коэффициент расхода жидкости;

γ – отношение силы отбоя к силе сжатия» [2].

Площадь проходных сечений на ходе сжатия:

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

«Диаметр клапана сжатия определяется по выражению:

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

где $n_{сж}$ – число клапанов» [2].

«Глубина канавки на штоке под скользящей втулкой клапана отбоя определяется по формуле:

$$h = \frac{S_{отб}}{2 \cdot n_{от} \cdot b} . \quad (21)$$

где $n_{от}$ – число канавок;

b – ширина канавки» [24].

Площади проходных сечений на ходах отбоя и сжатия, диаметр клапана сжатия и глубина канавки считаются для разных γ . Принимаем для снаряженного состояния 1,7, для груженого 3.

«Коэффициент сопротивления на ходе сжатия определяется по формуле (22), а коэффициент сопротивления на ходе отбоя по формуле (23):

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

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

Строится демпфирующая характеристика цилиндра по двум зависимостям – на ходе сжатия (формула 24) и отбоя (формула 25):

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

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

где \dot{X} – скорость перемещения штока цилиндра» [11].

Тогда в снаряженном состоянии демпфирующая характеристика имеет вид, представленный на рисунке 29.

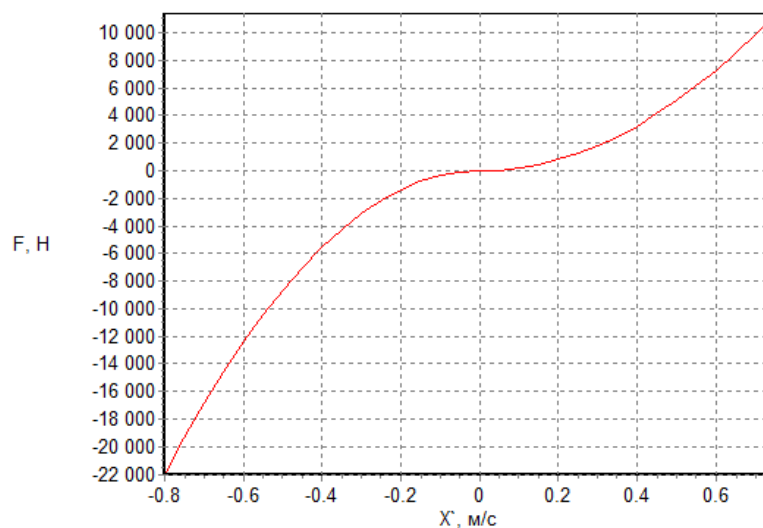


Рисунок 29 – Демпфирующая характеристика цилиндра в снаряженном состоянии

В груженом состоянии демпфирующая характеристика цилиндра имеет вид, представленный на рисунке 30.

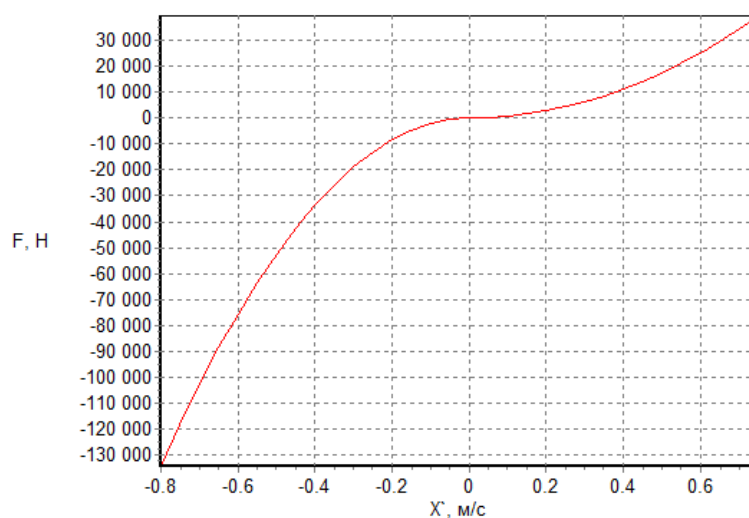


Рисунок 30 – Демпфирующая характеристика цилиндра в груженом состоянии

Перестраиваем демпфирующую характеристику цилиндра в демпфирующую характеристику подвески, используя формулы (26, 27) и переносим характеристику на график (рисунок 31):

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

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

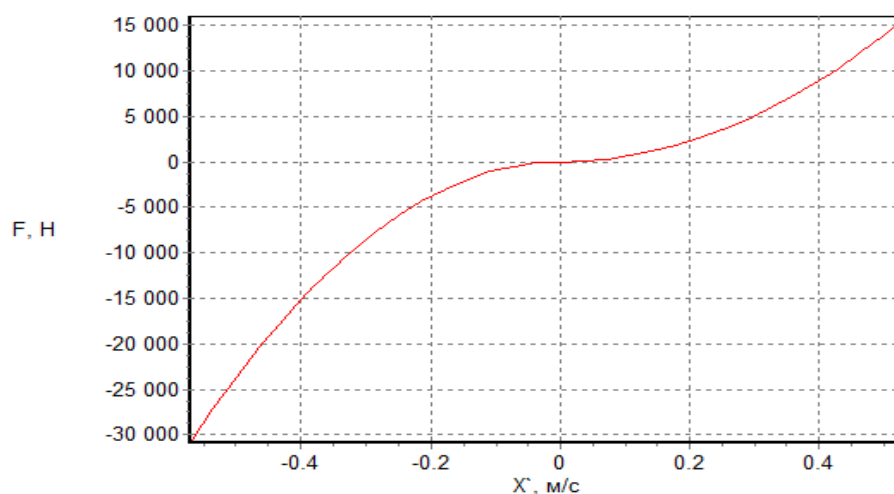


Рисунок 31 – Демпфирующая характеристика подвески в снаряженном состоянии

Для груженого состояния демпфирующая характеристика подвески имеет вид, представленный на рисунке 32.

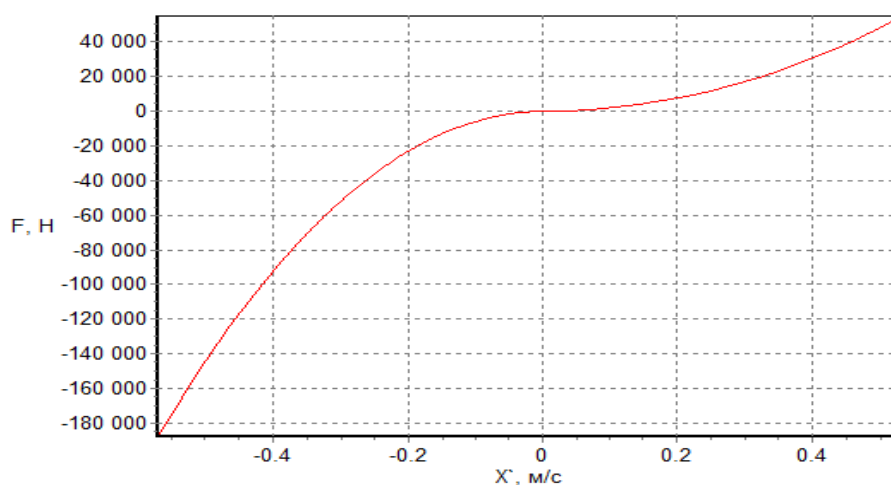


Рисунок 32 – Демпфирующая характеристика подвески в груженом состоянии

Рассчитаны основные параметры для снаряженного и груженого состояний для данного цилиндра и подвески, представленные в таблице 16.

Таблица 16 – Основные параметры для снаряженного и груженого состояний для данного цилиндра и подвески

Основные параметры	Снаряженное	Груженое состояние
Давление в цилиндре, МПа	945833	7857689
Жесткость цилиндра, Н/м	488722	33730480
Жесткость подвески, Н/м	2054348	5079914
Частота колебаний цилиндра, Гц	1,622	4,676
Частота колебаний подвески, Гц	1,511	1,347

Спецификация на переднюю, заднюю подвески, цилиндр подвески представлены в Приложении А (рисунки А.1, А.2, А.3, А.4, А.5, А.6).

Выводы по разделу.

Выбран цилиндр с диаметром штока 0,250 м, диаметром основной трубы 0,305 м, ходом сжатия 0,092 м, ходом отбоя 0,095 м и приведенной высотой столба газа 0,095 м.

На основании расчета зарядных характеристик следует выполнять зарядку цилиндров подвески при изготовлении их на заводе и при обслуживании их в автохозяйствах.

4 Технологический раздел

В процессе сборки автомобилей и тракторов происходит объединение деталей в определенной последовательности для создания узлов, механизмов или готового транспортного средства в соответствии с установленными техническими требованиями. Этот процесс может осуществляться как на заводе, где производятся детали, так и на специализированном сборочном предприятии. В настоящее время в автотракторостроении преобладает первый способ организации производства.

Сборочные работы требуют больше затрат труда по сравнению с литейными, сварочными и другими видами работ. Однако механизация процесса сборки может существенно снизить трудоемкость и является важным резервом для улучшения производства. В автотракторостроении часто используется массовое и крупносерийное производство, что способствует механизации и автоматизации сборочных процессов.

Несмотря на то, что трудоемкость в других цехах снижается быстрее, чем в сборочных, значение сборочных работ остается значительным, порядка 25% от общей трудоемкости.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

При выборе технологического процесса сборки необходимо учитывать следующие факторы:

- требования к качеству продукции: необходимо выбрать технологию, которая обеспечит высокое качество сборки изделий и минимизирует возможность дефектов;
- сроки производства: выбор технологии должен обеспечить выполнение заказов в заданные сроки и обеспечить эффективность процесса сборки;

- себестоимость производства: необходимо выбрать технологию, которая позволит снизить затраты на производство и повысить прибыльность предприятия;
- объем производства: технология должна быть масштабируемой и способной обеспечить производство большого количества изделий;
- технические возможности оборудования: необходимо учитывать наличие необходимого оборудования и его технические характеристики при выборе технологии сборки.

Исходя из вышеперечисленных факторов, выбор технологического процесса сборки должен быть обоснован и основан на комплексном анализе всех аспектов производства.

Таким образом, при выборе технологического процесса необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить оптимальное производство продукции.

Кроме того, размеры изделия также оказывают влияние на выбор технологического процесса. Производство крупных изделий может потребовать применения кранов и другой тяжелой техники, в то время как для мелких изделий могут применяться автоматизированные линии сборки.

В случае с разработкой передней и задней подвески для карьерного самосвала, вероятно, спрос будет невелик, поэтому рационально организовать сборку по принципу мелкосерийного производства.

«При этом используется стационарная непоточная сборка с разделением процесса на узловую и общую сборку. Работы выполняются бригадами рабочих, специализирующихся в соответствующих областях сборки» [23].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

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

где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 60 шт» [23].

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{60} = 2070 \text{ ч.}$$

После этапа разработки создаем план технологического процесса сборки, который включает в себя графическое изображение последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта.

«План описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием. Важные компоненты этого плана включают получение материалов, подготовительные операции (например, разметка, нарезка, обработка), сборку изделия из деталей, окончательную обработку (включая шлифовку, полировку, окраску), контроль качества (проверку соответствия требованиям) и упаковку и хранение готового продукта» [6].

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки центрального шарнира передней подвески представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень сборочных работ узловой и общей сборки центрального шарнира передней подвески

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Взять крышку (2 шт.)	2
Осмотреть крышку на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	7
Взять сальник (2 шт.)	2
Осмотреть сальник на наличие трещин или повреждений	2
Запрессовать сальник в крышку	4

Продолжение таблицы 18

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Взять болт М20 (24 шт.)	3
Закрепить крышку на кронштейне рамы при помощи болтов М20	10
Взять подшипник шарнирный (2 шт.)	2
Осмотреть подшипник шарнирный на наличие трещин или повреждений	2
«Перед сборкой сферические поверхности шарнирного подшипника смазать смазкой Литол-24. Наружное кольцо шарнирного подшипника установить на герметик УГ-9 ТУ 2257-407-00208947. Плоскость разъема наружного кольца шарнирного подшипника должна быть под углом 90°, при этом маркировка на торцах обоих полуколец должна быть с одной стороны подшипника, а полукольца одного порядкового номера. Внутреннее кольцо подшипника после установки должно проворачиваться на угол не менее 150° от усилия (20±5) Н, приложенного перпендикулярно плечу (200±50) мм от торца внутреннего кольца до установки сальника» [16].	5
Запрессовать подшипник шарнирный в крышку	6
Взять шплинт-проволоку (24 шт.)	2
Зафиксировать шплинт-проволоку на болтах	5
Взять центральный рычаг	1
Осмотреть центральный рычаг на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	4
Взять болт (2 шт.)	0,5
Взять палец (2 шт.)	0,5
Закрепить центральный рычаг на кронштейне рамы при помощи пальца и болта	7
Взять стопорную пластину	0,5
Осмотреть стопорную пластину на наличие трещин или повреждений	1
Взять болт (8 шт.)	1
Взять шайбу (8 шт.)	1
Закрепить стопорную пластину при помощи болтов и шайб	3
Взять диск (2 шт.)	2
Осмотреть диск на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	5
Взять болт (10 шт.)	1
Взять шайбу (10 шт.)	1
Закрепить диск при помощи шайб и болтов на центральном рычаге	6
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку при необходимости	30
Итого:	130,7

Определим общее оперативное время на все виды работ:

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

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

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

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

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимается равным 3%;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимается равным 5%» [23].

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

4.2 Разработка технологического процесса сборки

Составим порядок выполнения технологических операций, укажем используемые приспособления и занесем время, требуемое для выполнения каждой операции, в таблицу 19.

Таблица 19 – Технологический процесс сборки центрального шарнира передней подвески

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
005	Сборочная	1	Взять крышку (2 шт.)	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR	100,7
		2	Осмотреть крышку на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину,		

Продолжение таблицы 19

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			соответствие размеров и геометрии заданным	S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец	
		3	стандартам		
		4	Взять сальник (2 шт.)		
		5	Осмотреть сальник на наличие трещин или повреждений		
		6	Запрессовать сальник в крышку		
		7	Взять болт М20 (24 шт.)		
		8	Закрепить крышку на кронштейне рамы при помощи болтов М20		
		9	Взять подшипник шарнирный (2 шт.)		
		10	Осмотреть подшипник шарнирный на наличие трещин или повреждений		
		11	«Перед сборкой сферические поверхности шарнирного подшипника смазать смазкой Литол-24. Наружное кольцо шарнирного подшипника установить на герметик «УГ-9» ТУ 2257-407-00208947. Плоскость разъема наружного кольца шарнирного подшипника должна быть под углом 90°, при этом маркировка на торцах обоих полуколец должна быть с одной стороны подшипника, а полукольца одного порядкового номера. Внутреннее кольцо подшипника после		

Продолжение таблицы 19

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			установки должно проворачиваться на угол не менее 150° от усилия (20±5) Н, приложенного перпендикулярно плечу (200±50) мм от торца внутреннего кольца до установки сальника» [12].		
		11	Запрессовать подшипник шарнирный в крышку		
		12	Взять шплинт-проволоку (24 шт.)		
		13	Зафиксировать шплинт-проволоку на болтах		
		14	Взять центральный рычаг		
		15	Осмотреть центральный рычаг на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		16	Взять болт (2 шт.)		
		17	Взять палец (2 шт.)		
		18	Закрепить центральный рычаг на кронштейне рамы при помощи пальца и болта		
		19	Взять стопорную пластину		
		20	Осмотреть стопорную пластину на наличие трещин или повреждений		
		21	Взять болт (8 шт.)		

Продолжение таблицы 19

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		22	Взять шайбу (8 шт.)		
		23	Закрепить стопорную пластину при помощи болтов и шайб		
		24	Взять диск (2 шт.)		
		252	Осмотреть диск на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		26	Взять болт (10 шт.)		
		27	Взять шайбу (10 шт.)		
		28	Закрепить диск при помощи шайб и болтов на центральном рычаге		
010	Регулировочная	1	«Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку при необходимости» [12].	–	30

Технологическая схема сборки центрального шарнира передней подвески представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, разработан технологический процесс сборки центрального шарнира передней подвески и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

Производственная и экологическая безопасность играют ключевую роль при разработке и реализации любого дипломного проекта.

Ниже перечислены основные меры, которые могут быть применены для обеспечения безопасности производства и окружающей среды в рамках дипломного проекта:

- использование безопасного оборудования и технологий: необходимо убедиться, что все используемые в проекте материалы, оборудование и технологии соответствуют безопасным стандартам и требованиям;
- обучение персонала: все участники проекта должны быть обучены правилам безопасного труда и экологической ответственности;
- соблюдение законов и нормативов: необходимо следить за тем, чтобы все действия в рамках проекта соответствовали законодательству в области охраны труда и охраны окружающей среды;
- выбор экологически безопасных материалов: при проектировании и изготовлении продукции необходимо отдавать предпочтение материалам, которые меньше вредят окружающей среде;
- ответственная утилизация отходов: необходимо правильно управлять отходами, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

В настоящее время проявляется все больший интерес к человеческим ресурсам, и условия работы на производстве стали более благоприятными и обеспечивают высокие стандарты по охране труда. В перспективе благополучие работников становится источником стабильности, процветания и повышения производительности.

Согласно статистике, затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте в различных странах колеблются от 2,6% до 3,8% от валового национального продукта.

Затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте могут включать в себя следующие расходы:

- медицинские расходы на лечение работников, пострадавших в результате несчастного случая на рабочем месте;
- компенсации и выплаты пострадавшим работникам, включая возмещение утраты заработка и компенсацию за временную нетрудоспособность;
- затраты на профилактику и обучение работников по предотвращению несчастных случаев и профессиональных рисков.
- юридические расходы на расследование и урегулирование случаев несчастных случаев на рабочем месте;
- расходы на страхование ответственности работодателя за несчастные случаи на рабочем месте.

Эффективное управление профессиональными рисками и безопасностью на рабочем месте может помочь снизить затраты на несчастные случаи и повысить производительность и уровень удовлетворенности работников.

5.1 Описание технологического процесса сборки центрального шарнира передней подвески

Для того чтобы тщательно изучить технологический процесс сборки центрального шарнира передней подвески, включая его конструктивные особенности и организационно-технические аспекты, требуется подготовить технологический паспорт (таблица 20).

Технологический паспорт обязателен для многих видов продукции, особенно технически сложных или подлежащих обязательному

сертификационному контролю. Он помогает упростить процесс технического управления и обеспечить безопасное использование и обслуживание продукции.

Таблица 20 – Технологический паспорт технологического процесса сборки центрального шарнира передней подвески

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность сотрудника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка центрального шарнира передней подвески	1. Подготовка деталей к сборке. 2. Установка втулок и подшипников в корпус шарнира. 3. Установка внутреннего и внешнего кольца. 4. Установка шаровой опоры. 5. Закрепление корпуса центрального шарнира передней подвески на шасси автомобиля 6. Проверка работоспособности и правильности установки	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец, пресс для установки подшипников, динамометрический ключ для правильного затягивания болтов	Солидол «с», графитная смазка, перчатки

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важно проводить анализ идентификации профессиональных рисков для обеспечения безопасности и здоровья работников, а также обеспечения нормального функционирования организации.

Для этого необходимо провести следующие шаги:

- идентификация опасностей: определение всех потенциальных и реальных опасностей, которые могут быть причиной

профессиональных рисков. Это может включать физические, химические, биологические, психологические и эргономические опасности;

- оценка риска: определение вероятности возникновения негативных событий, связанных с опасностями, и их потенциальных последствий на здоровье и безопасность работников;
- управление рисками: разработка и внедрение мер по уменьшению и контролю рисков, включая обучение сотрудников, использование персональных защитных средств, технические улучшения, проведение аудитов и так далее;
- мониторинг и анализ: регулярное проведение анализа профессиональных рисков, оценка эффективности принятых мер по управлению рисками и корректировка стратегии при необходимости.

Идентификация профессиональных рисков позволит организации эффективно управлять ими, минимизировать потенциальные угрозы для здоровья и безопасности работников и обеспечить бесперебойное функционирование

Таблица 21 содержит результаты идентификации профессиональных рисков сборки центрального шарнира передней подвески.

Таблица 21 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
1. Подготовка деталей к сборке. 2. Установка втулок и подшипников в корпус шарнира. 3. Установка внутреннего и внешнего кольца. 4. Установка шаровой опоры. 5. Закрепление корпуса центрального шарнира передней подвески на шасси автомобиля 6. Проверка работоспособности и правильности установки	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции рабочего оборудования

Продолжение таблицы 21

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [7]
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
	Возможность поражения электрическим током	«Электроинструмент» [31]
	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [16].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [7].
	«Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию» [30].	

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Факторы, противодействующие производственному риску и повышающие безопасность труда:

- совершенная организация охраны труда;
- высокий профессиональный уровень персонала предприятия, соответствие профессиональных качеств выполняемым трудовым обязанностям;

- высокая дисциплинированность, ответственность, соответствие личностных, психофизиологических, идеологических качеств характеру выполняемых работ;
- соответствие условий труда нормативным требованиям;
- соответствие технических средств (машины, механизмы, оборудование, оснастка, инструмент и другое), инженерных сооружений и СИЗ требованиям безопасности.

Для более глубокого понимания рабочих процессов и принятия обоснованных решений необходимо проводить обучение персонала. Правильное планирование рабочих задач способствует снижению рисков и уменьшает вероятность возникновения проблем в рабочей сфере.

Использование защитной экипировки и оборудования, особенно в определенных профессиях, является обязательным для снижения рисков. Например, использование шлемов и защитных очков на строительных площадках.

Регулярные проверки оборудования и проведение технического обслуживания помогают выявить и устранить потенциальные проблемы до их возникновения.

Для решения выявленных проблем следует использовать методы и средства, соответствующие нормативным требованиям, а также принимать меры, направленные на снижение профессиональных рисков, как указано в соответствующей таблице 22.

Таблица 22 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].

Продолжение таблицы 22

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях рабочего оборудования»	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015. 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].</p>
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> – проведение аудиометрического исследования сотрудников, работающих в условиях повышенного шума, для раннего выявления проблем со слухом; – обучение сотрудников правильным методам защиты от шума, включая использование наушников или берушей. – регулярная проверка и обслуживание оборудования, чтобы предотвратить его излишний шум; – организация периодических перерывов для отдыха от шумного окружения и возможность работать в тишине; – проведение обучающих программ по управлению стрессом и релаксации для сотрудников, работающих в условиях повышенного шума; – внедрение технологий снижения шума на производстве, таких как звукопоглощающие материалы или звукопоглощающие 	<p>«Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].</p>

Продолжение таблицы 22

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
<p>Возможность поражения электрическим током</p>	<p>экраны.</p> <ul style="list-style-type: none"> – обучение сотрудников правилам безопасности при работе с электричеством. Включает в себя обучение о том, как правильно обращаться с электрическими приборами, как избегать контакта с обнаженными проводами и как правильно использовать средства защиты; 	<p>«Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [15].</p>
	<ul style="list-style-type: none"> – проведение регулярных инструктажей и тренировок по безопасной работе с электричеством. Это поможет сотрудникам освежить знания и навыки, а также позволит им узнать о последних изменениях в правилах безопасности; – установка специального оборудования и средств защиты на рабочих местах. Это могут быть изоляционные материалы, предохранители, заземляющие устройства и другие средства, которые помогут предотвратить поражение электрическим током; – проведение регулярной проверки электрооборудования и проводов на предмет повреждений и износа. Это позволит выявить потенциально опасные ситуации и предотвратить аварии; – организация системы контроля за соблюдением правил безопасности при работе с электричеством. Это может включать в себя проведение аудитов, проверок и инспекций, а также наказание за нарушения правил; – проведение регулярных медицинских осмотров 	

Продолжение таблицы 22

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>сотрудников, работающих с электричеством. Это позволит выявить возможные заболевания или состояния, которые могут увеличить риск поражения электрическим током;</p> <ul style="list-style-type: none"> – создание системы экстренной помощи и обучение сотрудников оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Это поможет быстро и эффективно реагировать на аварийные ситуации и минимизировать возможные последствия. 	
Отсутствие или недостаток естественного света	<ul style="list-style-type: none"> – организация рабочих мест таким образом, чтобы максимально использовать естественное освещение. Размещение рабочих столов и рабочих зон у окон или вблизи них; – установка специальных светопрозрачных перегородок или стен, которые позволяют естественному свету проникать внутрь помещения. 	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и 	–

Продолжение таблицы 22

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	рационально расположены на столе» [7].	
Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – обучение и развитие сотрудников: организация тренингов, семинаров, курсов повышения квалификации помогут работникам развивать свои навыки и умения, что сделает их работу более интересной и разнообразной; – ротация рабочих мест: периодическое изменение рабочих обязанностей и рабочих мест поможет работникам избежать монотонности и рутины, а также приобрести новый опыт и знания. – внедрение новых технологий и методов работы: использование современных технологий и инструментов поможет сотрудникам выполнять свою работу более эффективно и интересно; – организация командных проектов и задач: работа в команде над общим проектом или задачей способствует разнообразию и дает возможность общения и взаимодействия с коллегами; – проведение корпоративных мероприятий и мероприятий по «team building»: организация различных мероприятий, таких как выездные тренинги, корпоративные вечеринки, спортивные соревнования и так далее, поможет работникам расслабиться, отдохнуть и наладить отношения с коллегами; – поддержка и стимулирование саморазвития: компания может предоставлять сотрудникам доступ к литературе, курсам и тренингам по саморазвитию и личностному росту, что поможет им расширить свои горизонты и избежать монотонности в работе. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – документ, в котором излагаются все аспекты процедур предотвращения пожара, процедур эвакуации и политики реагирования на пожар. Он включает планы действий в чрезвычайных ситуациях и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые необходимо соблюдать в случае пожара.

План пожарной безопасности содержит рекомендации, позволяющие всем на рабочем месте знать, что делать, чтобы свести к минимуму ущерб, причиненный пожаром. Это важный документ, необходимый для любого здания, содержащий важную информацию о том, как бороться с пожаром.

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 23).

Таблица 23 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТР	Технологическое оборудование, применяемое в агрегатном отделении	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [32].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды

- огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [16].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [16].

Разработка планов действий для соблюдения требований пожарной безопасности является необходимой процедурой, чтобы обеспечить безопасность людей и имущества в случае возникновения пожара. В таких планах должны быть определены конкретные шаги и процедуры, которые необходимо выполнить в случае пожара, а также ответственные лица и их обязанности.

Планы действий должны включать такие меры, как эвакуация людей, использование пожаротушения, вызов пожарной службы, обучение персонала и проведение учебных тренировок. Кроме того, важно регулярно

проверять и обновлять планы действий, чтобы они были актуальными и эффективными.

Соблюдение требований пожарной безопасности и разработка соответствующих планов действий помогут предотвратить возникновение пожаров, а в случае их возникновения минимизировать ущерб и обеспечить безопасность всех присутствующих.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке центрального шарнира передней подвески и заносим мероприятия по пожарной безопасности в таблицу 24.

Таблица 24 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке центрального шарнира передней подвески

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [20]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [15]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [16]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [7]

Все работодатели также должны:

- контролировать накопление легковоспламеняющихся и горючих отходов, чтобы они не способствовали возникновению пожарной ситуации, и включать санитарные процедуры в план противопожарной защиты;
- информировать сотрудников об опасностях материалов и процессов, которым они подвергаются;
- пересмотреть с каждым новым сотрудником те части плана противопожарной защиты, которые сотрудник должен знать, чтобы защититься в случае возникновения чрезвычайной ситуации;
- регулярно и надлежащим образом обслуживать оборудование или системы, установленные на тепловыделяющем оборудовании, чтобы предотвратить случайное возгорание горючих материалов.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса

Экологическая безопасность, часто используемая как синоним защиты окружающей среды, относится к практике защиты мира природы и ее ресурсов от вреда, деградации или загрязнения. Она охватывает различные аспекты человеческой деятельности, влияющие на окружающую среду, и направлена на смягчение этих последствий для благополучия нынешнего и будущих поколений.

Необходимость экологической безопасности невозможно переоценить, так как она имеет решающее значение для сохранения экосистем, здоровья живых организмов и устойчивости планеты. Более того, она играет ключевую роль в обеспечении доступности природных ресурсов в долгосрочной перспективе.

Внедрение устойчивых практик предполагает сокращение отходов, сохранение ресурсов и минимизацию углеродного следа. Предприятия и

частные лица могут применять устойчивые методы, чтобы уменьшить свое воздействие на окружающую среду.

Поддержание чистоты воздуха имеет важное значение для экологической безопасности. Усилия по контролю загрязнения воздуха включают стандарты выбросов, продвижение чистых источников энергии и сокращение промышленных выбросов.

Вода – ограниченный ресурс, и ее сохранение имеет решающее значение для экологической безопасности. Внедрение методов водосбережения дома, в сельском хозяйстве и промышленности может помочь сохранить этот драгоценный ресурс.

Сокращение отходов и переработка материалов являются эффективными способами повышения экологической безопасности. Эти методы уменьшают нагрузку на свалки и уменьшают потребность в сырье.

Биоразнообразие имеет важное значение для сбалансированной экосистемы. Усилия по сохранению включают защиту исчезающих видов, сохранение естественной среды обитания и содействие устойчивому землепользованию.

Повышение энергоэффективности имеет жизненно важное значение для сокращения выбросов парниковых газов. Переход на возобновляемые источники энергии и внедрение энергоэффективных технологий – шаги к экологической безопасности.

Транспорт вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды. Варианты экологически чистого транспорта, такие как электромобили и общественный транспорт, могут снизить воздействие транспорта на окружающую среду.

Многие предприятия сейчас переходят на корпоративную социальную ответственность, осознавая свою ответственность перед окружающей средой, тем самым сокращая выбросы и продвигая устойчивые методы работы.

Частные лица могут внести свой вклад в экологическую безопасность. Простые действия, такие как сокращение потребления воды и энергии,

поддержка экологически чистых продуктов и участие в общественных мероприятиях по уборке, – все это способствует более чистой планете.

Будущее экологической безопасности – за инновациями и коллективными усилиями. Достижения в области технологий и растущее осознание экологических проблем обещают сделать мир более зеленым и безопасным.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при сборке центрального шарнира передней подвески и сведем их в таблицу 25.

Таблица 25 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка центрального шарнира передней подвески»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло	Спецодежда, пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выводы по разделу.

В разделе, посвященном производственной и экологической безопасности проекта разработан паспорт производственно-технологического процесса сборки центрального шарнира передней подвески; выявлены профессиональные риски и определены методы и средства их снижения; идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по их снижению.

6 Экономическая эффективность проекта

Экономическая эффективность проекта определяется как способность проекта приносить прибыль или экономическую выгоду в сравнении с затратами, вложенными в него.

Для оценки экономической эффективности проекта обычно используются различные показатели, такие как инвестиционная привлекательность, внутренняя норма доходности, чистая приведенная стоимость и другие.

Для того чтобы проект был экономически эффективным, необходимо соблюдать баланс между затратами и ожидаемой прибылью, а также учитывать риски и неопределенность, которые могут повлиять на результаты проекта.

Также важно проводить регулярный мониторинг и оценку экономической эффективности проекта на протяжении всего его жизненного цикла.

Экономическая эффективность проекта оценивается путем сравнения затрат на его реализацию с полученными результатами и выгодами от него. Для этого проводится анализ затрат и выручки, оценка рисков и прогнозирование доходов. Важно также учитывать факторы, влияющие на экономическую эффективность, такие как инфляция, валютные курсы, налоги и т.д.

Критерии экономической эффективности могут включать в себя такие показатели, как чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, срок окупаемости проекта и другие.

В результате анализа экономической эффективности проекта можно принять решение о его целесообразности и дальнейших действиях.

В целом, экономическая эффективность проекта является ключевым критерием успеха и позволяет оценить целесообразность его реализации и вложения ресурсов в него.

«Для определения финансовых затрат на проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн воспользуемся формулой:

$$C_{\text{КОН}} = C_{\text{К.Д}} + C_{\text{О.Д}} + C_{\text{СБ.П}} + C_{\text{П.Д}} + C_{\text{О.Н}}, \quad (31)$$

где $C_{\text{К.Д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{О.Д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{СБ.П}}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{П.Д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{О.Н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [15].

В данной конструкторской разработке по проектированию передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн корпусные детали не изготавливаются, поэтому $C_{\text{К.Д}} = 0$ р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{\text{О.Д}} = C_{\text{ПРН}} + C_{\text{М}}, \quad (32)$$

где $C_{\text{ПРН}}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

$C_{\text{М}}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [15].

«Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{пр}} = t \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_t, \quad (33)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей. В разрабатываемой конструкции необходимо изготовить шток гидропневмоцилиндра подвески, трудоёмкость изготовления составляет 0,4 чел.-ч.

$$t = 2 \cdot t_{\text{штук}}, \quad (34)$$

$$t = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ чел.-ч.}$$

$C_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [23].

Для того чтобы определить тарифную ставку на оплату труда воспользуемся установленным Федеральным законом от 27.11.2023 № 548-ФЗ минимальным размером оплаты труда 19242 р. и примем следующую градацию в зависимости от разряда рабочего:

- первый разряд: $19242 / (7 \cdot 21) = 130,9$ р./ч.;
- второй разряд: $1,12 \cdot 130,9 = 146,6$ р./ч.;
- третий разряд: $1,26 \cdot 130,9 = 164,93$ р./ч.;
- четвертый разряд: $1,42 \cdot 130,9 = 185,88$ р./ч.;
- пятый разряд: $1,60 \cdot 130,9 = 209,44$ р./ч.;
- шестой разряд: $1,80 \cdot 130,9 = 235,62$ р./ч.

Для удобства и упрощения расчетов используем тарифную ставку по четвертому разряду.

$$C_{\text{пр}} = 0,8 \cdot 185,88 \cdot 1,03 = 153,16 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{д} = (5...12) \cdot C_{ПР} / 100, \quad (35)$$

$$C_{д} = 10 \cdot 153,16 / 100 = 15,32 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{ПР} + C_{д}) / 100, \quad (36)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (153,16 + 15,32) / 100 = 50,54 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma ПР} = 153,16 + 15,32 + 50,54 = 219,02 \text{ р.}$$

В таблице 12 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 12 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Показатель	Значение, руб.
Заработная плата	153,16
Дополнительная заработная плата	15,32
Начисления на заработную плату	50,54
Итого:	219,02

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{М} = Ц \cdot Q_{з}, \quad (37)$$

где $Ц$ – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

$Q_{з}$ – масса заготовки, кг» [20].

В таблице 13 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 13 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Деталь	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Шток гидропневмоцилиндра подвески	Сталь 45	2	10	48	480

$$C_M = 48 \cdot 10 = 480 \text{ р.}$$

$$C_{ОД} = 153,16 + 480 = 633,16 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{СБ.П} = C_{СБ} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (38)$$

где $C_{СБ}$ – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{Д.СБ}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{СОЦ.СБ}$ – страховые взносы в фонды, р» [23].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{СБ} = T_{СБ} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_t, \quad (39)$$

где $T_{СБ}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч» [23].

«Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (40)$$

где t_{CB} – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, «1,1...1,5» [25].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 4 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 50 = 62,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 62,5 \cdot 185,88 \cdot 1,03 = 11966,02 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 11966,02 = 1196,6 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (11966,02 + 1196,6) = 3948,78 \text{ р.}$$

$$C_{сб.л} = 11966,02 + 1196,6 + 3948,78 = 17111,4 \text{ р.}$$

В таблице 14 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 14 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Показатель	Значение, руб.
Основная заработная плата	11966,02
Дополнительная заработная плата	1196,6
Страховые взносы в фонды	3948,78
Итого	17111,4

«Общепроизводственные накладные расходы определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C_{PP}' \cdot R_{OH})}{100}, \quad (41)$$

где C'_{PP} – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [26].

$$C'_{PP} = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (42)$$

$$C'_{PP} = 153,16 + 17111,4 = 17264,56 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(17264,56 \cdot 15)}{100} = 2589,68 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести цилиндр подвески, штанги подвески, масленки, болты, гайки, сальник штанги, чехол, кожух датчика. Перечень покупных деталей представлен в таблице 15 [27].

Таблица 15 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Цилиндр подвески	4	200000	800000
Штанга подвески	2	12000	24000
Рычаг	4	5300	21200
Масленка угловая 90 градусов M10×1 MANSONS	7	86	602
Болт	20	20,0	400
Шайба	20	8,0	160
Гайка	20	18,0	360
Сальник штанги	4	700,0	2800
Кожух датчика	4	500	2000
Чехол	4	900	3600
Итого:			855122

$$C_{ИД} = 800000 + 24000 + 21200 + 602 + 400 + 160 + 360 + 2800 + 2000 + 3600 = 855122 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 16.

$$C_{\text{кон}} = 0 + 633,16 + 17111,4 + 2589,68 + 855122 = 875456,24 \text{ р.}$$

Таблица 16 – Затраты на изготовление конструкции

Показатель	Значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	0
Затраты на изготовление оригинальных деталей	633,16
Затраты на сборку	17111,4
Общепроизводственные накладные расходы	2589,68
Стоимость покупных изделий (деталей)	855122
Итого:	875456,24

Общие затраты на проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн равны 875456,24 р. Стоимость комплекта с установкой на автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж) 984888,27 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{\text{пр}} - C_{\text{кон}}, \quad (43)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость прототипа, р.» [15];

$$\mathcal{E}_Г = 1150000 - 875456,24 = 274543,76 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{кон}}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (44)$$

$$O_{\text{ок}} = \frac{875456,24}{274543,76} = 3,2 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{\text{кон}} \quad (45)$$

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 274543,76 - 0,15 \cdot 875456,24 = 143225,32 \text{ р.}$$

В таблице 17 представлены основные показатели проекта.

Таблица 17 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	1150000	875456,24
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	274543,76
Экономический эффект	р.	–	143225,32
Срок окупаемости	год	–	3,2

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» посчитаны общие затраты на проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн – 875456,24 р., срок окупаемости равен 3,2 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

Проектирование передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн является критически важным для обеспечения безопасности, надежности и эффективности работы транспортного средства. Подвеска играет ключевую роль в поддержании стабильности и управляемости грузовика, особенно при перевозке тяжелых грузов на неровных дорогах и в условиях карьера.

В качестве передней и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 110 тонн была выбрана зависимая пневмогидравлическая подвеска.

Пневмогидроцилиндры позволяют обеспечить необходимую плавность хода, хорошую устойчивость и при этом не предъявляют существенных требований к компоновке автомобиля.

Кроме того, пневмогидравлическая подвеска обладает долгим сроком службы и надёжностью в эксплуатации.

В целом, выбор пневмогидравлической подвески для передней и задней оси автомобиля обеспечивает оптимальное сочетание комфорта, управляемости и безопасности на дорог

Выбран задний цилиндр с диаметром штока 0,250 м, диаметром основной трубы 0,305 м, ходом сжатия 0,092 м, ходом отбоя 0,095 м и приведенной высотой столба газа 0,095 м. Передний цилиндр выбран цилиндр с диаметром штока 0,220 м, диаметром основной трубы 0,250 м, ходом сжатия 0,127 м, ходом отбоя 0,130 м и приведенной высотой столба газа 0,130 м.

Получены частоты собственных колебаний:

- передней подвески 1,082 Гц для снаряженного состояния и 1,115 Гц для груженого состояния;
- задней подвески 1,511 Гц для снаряженного состояния и 1,347 Гц для груженого состояния.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Ахметов Л.А., Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономическая эффективность и эксплуатационные свойства газобаллонных автомобилей. - М.: Высшая школа, 2010. – 272 с.
- 2 Беляев С.В., Беляев В.В. Топлива для современных и перспективных автомобилей: Учебное пособие. - Петрозаводский Гос. университет, 2005. - 236 с.
- 3 Вахламов В.К. Автомобили конструкция и элементы расчета. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 480 с.
- 4 Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.
- 5 ГОСТ 27577-2000. Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия.
- 6 Графкина М.В. Михайлов В.А. Нюнин Б.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов ВУЗов. – М.: «Велби Проспект», 2014. – 608 с.
- 7 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.
- 8 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 9 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 10 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
- 11 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей:

III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

12 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.

13 Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Ф.Дунаев, О.П. Леликов. - 12-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 496 с.

14 Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика). Учебник для ВУЗов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 598 с.

15 Жуков С.А. Природный газ - моторное топливо XXI века / Промышленность сегодня. 2009. № 2. С. 12-16.

16 Золотницкий В.А. Автомобильные газовые топливные системы. - М.: АСТ Астрель, 2009. - 128 с.

17 Косиловой А.Г. Мещерякова Р.К. Справочник технолога - машиностроителя. В 3-х т. - М.: Машиностроение, 2012. – 407с.

18 Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Расчет автомобильных двигателей. / Учебное пособие. Киров: Вятская ГСХА, 2008. - 174 с.

19 Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования: Учебное пособие. - Киров, Вятская ГСХА, 2006. - 183 с.

20 Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования: Учебное пособие. – Киров: Вятская ГСХА, 2006. - 183 с.

21 Лиханов В.А., Лопатин О.П. Экологическая безопасность: Учебное пособие. - Киров: ВГСХА, 2006. – 126 с.

22 Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.

23 Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Габсалихова Л.М., Валиев И.И. Перспективы и риски перевода автомобильного транспорта на газомоторное топливо. – Фундаментальные исследования. №10, 2013, С. 1209-1214

24 Никифоров, Л.Л. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для бакалавров / Л.Л. Никифоров, В.В. Персиянов. - М.: Дашков и К, 2015. - 496 с.

25 Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей: учебное пособие. 5-е изд., стер. - М.: Академия, 2012. – 160 с.

26 Петренко А.М. Устойчивость специальных транспортных средств: учеб. пособие / А.М. Петренко. - М.: МАДИ, 2013. – 41 с.

27 Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе. Руководящий документ Р 3112199-1095-03.

28 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

29 Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

30 Эрдеди А.А. Детали машин: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Академия, 2012. - 106 с.

31 David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.

32 Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

33 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

34 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

35 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А Спецификации

Перый приме-ч.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
					<u>Документация</u>		
	A4			24.ДП.01.182.6101.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
	A1			24.ДП.01.182.6101.000.СБ	Сборочный чертеж	2	
					<u>Сборочные единицы</u>		
			1	24.ДП.01.182.6101.01.000	Кронштейн цилиндра передней подвески	2	
			2	24.ДП.01.182.6101.02.000	Чехол	4	
			3	24.ДП.01.182.6101.03.000	Штанга с пальцами	1	
			4	24.ДП.01.182.6101.04.000	Трубка смазки шаровой опоры	1	
			5	24.ДП.01.182.6101.05.000	Сальник центрального шарнира	2	
			6	24.ДП.01.182.6101.06.000	Рукав высокого давления	4	
			7	24.ДП.01.182.6101.07.000	Цилиндр подвески пневмогидравлический	2	
					<u>Детали</u>		
			9	24.ДП.01.182.6101.009	Диск	4	
			10	24.ДП.01.182.6101.010	Кронштейн цилиндра подвески нижний	2	
			11	24.ДП.01.182.6101.011	Палец	2	
			12	24.ДП.01.182.6101.012	Втулка	2	
					24.ДП.01.182.6101.000.СБ		
				Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Разработ	Сусак М.Е.		
				Пров.	Горохова Д.А.		
				Н.контр.	Горохова Д.А.		
				Утв.	Бабровский А.В.		
					Установка передней подвески		
						Лит.	Лист
						Д	1
							Листов
							2
							ТГУ, АТс-1901а
							Копировал
							Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на установку передней подвески

Продолжение Приложения А

Лист	Формат	Экз	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
<i>Документация</i>								
А1				24.ДП.01.182.02.000.СБ	Сборочный чертеж	2		
<i>Сборочные единицы</i>								
1				24.ДП.01.182.01.000	Гайка М3х2 самоотпоряющаяся	18		
2				24.ДП.01.182.02.000	Гайка М7х3 самоотпоряющаяся	4		
3				24.ДП.01.182.03.000	Чехол верхний	2		
4				24.ДП.01.182.04.000	Чехол	2		
5				24.ДП.01.182.05.000	Штанга подвески	1		
6				24.ДП.01.182.06.000	Сальник штанги	4		
6				24.ДП.01.182.07.000	Кольцо уплотнительное	4		
7				24.ДП.01.182.08.000	Проушина с основанием	1		
8				24.ДП.01.182.09.000	Сальник центрального шарнира	2		
<i>Детали</i>								
11				24.ДП.01.182.02.011	Диск	4		
12				24.ДП.01.182.02.012	Втулка	2		
13				24.ДП.01.182.02.013	Кольцо стопорное	4		
14				24.ДП.01.182.02.014	Палец штанги	2		
15				24.ДП.01.182.02.015	Втулка	2		
16				24.ДП.01.182.02.016	Пластина	4		
24.ДП.01.182.02.000								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Сузак М.Е.							Лит
Проб.	Горохова Д.А.							Лист
Исконтр.	Горохова Д.А.							Листов
Утв.	Бабровский АВ							1
Установка задней подвески.								2
					ТГУ, АТс-1901а			

Копировал

Формат А4

Рисунок А.3 – Спецификация на установку задней подвески

Продолжение Приложения А

	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
			11	24.ДП.01.182.610107.011	Лента СТх 1060-10,5-8,5 ГОСТ 288-72	1		
			12	24.ДП.01.182.610107.012	Вставка	1		
			13	24.ДП.01.182.610107.013	Крышка верхняя	1		
			14	24.ДП.01.182.610107.014	Крышка нижняя	1		
			15	24.ДП.01.182.610107.015	Пластина	1		
			16	24.ДП.01.182.610107.016	Корпус клапана отбоя амортизатора	1		
			17	24.ДП.01.182.610107.017	Корпус клапана сжатия амортизатора	1		
			18	24.ДП.01.182.610107.018	Пробка клапана сжатия	1		
			19	24.ДП.01.182.610107.019	Шток	1		
			20	24.ДП.01.182.610107.020	Фланец	1		
			21	24.ДП.01.182.610107.021	Кольцо	1		
			22	24.ДП.01.182.610107.022	Уплотнитель	1		
			23	24.ДП.01.182.610107.023	Вкладыш подпятника	1		
			24	24.ДП.01.182.610107.024	Крышка	1		
			25	24.ДП.01.182.610107.025	Прокладка	1		
			26	24.ДП.01.182.610107.026	Кольцо уплотнительное	2		
			27	24.ДП.01.182.610107.027	Опора шаровая	2		
			28	24.ДП.01.182.610107.028	Прокладка уплотнительная	5		
			29	24.ДП.01.182.610107.029	Ограничитель поворота	1		
					<i>Прочие изделия</i>			
			32		Клапан предохранительный 6422-3515006	1		
					<i>Материалы</i>			
			35		Азот жидкий особой чистоты первый сорт ГОСТ 9293-74	0,138	кг	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	24.ДП.01.182.01.017			Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал			2
						Формат	А4	

Рисунок А.6 – Спецификация на цилиндр подвески пневмогидравлический