

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 Разработка конструкции подвески самосвала с колесной формулой 6×6
полной массой 45 тонн

Обучающийся

М.В. Богданов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

(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)

доцент Д.А. Романов

(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)

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

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

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции подвески самосвала с колесной формулой 6×6 полной массой 45 тонн».

Цель работы – разработка конструкции подвески самосвала с колесной формулой 6×6 полной массой 45 тонн.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 85 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрены условия работы самосвала полной массой 45 тонн, схемы подвесок, выполнен анализ схем подвесок методом экспертных оценок, по результатам которого определено, что в качестве упругого элемента эффективнее всего использовать пневматический элемент.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт самосвала.

В третьем разделе рассмотрена конструкция и принцип действия разрабатываемой подвески, выполнены конструкторские расчеты подвески, проведена оценка надежности и долговечности крышки пневмобаллона и штанги на прочность и жесткость.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемой подвески.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The topic of the given graduation project is: «The design development of a suspension of six-wheel drive dump truck with a gross weight of 45 tons».

The graduation project 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 thesis is the design of the six-wheel drive dump truck suspension for improving the vehicle consumer qualities.

We touch upon the problem of development an optimal suspension design for a 6x6 dump truck, taking into account existing safety requirements, ergonomic and aesthetic requirements, comfort, reliability, and reducing the total cost of production, maintenance and operation.

The aim of the work is to develop the design of a suspension of six-wheel drive dump truck with a gross weight of 45 tons.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: consideration of the working conditions of a dump truck with a gross weight of 45 tons; study and analysis of suspension schemes; calculation of the traction-dynamic characteristics of the dump truck; analysis of the design and principle of operation of the developed suspension; suspension design calculation; assessment of the reliability and durability of the pneumocylinder cap and rod for strength and rigidity; selection of the assembly form, determination of the assembly labor intensity, development of the technological process of assembling the designed suspension. We also study the safety and the ecological properties of the project.

In conclusion we'd like to stress, that the results of the study showed that due to the development of the suspension design of six-wheel drive dump truck with a gross weight of 45 tons, it became possible to adjust the suspension without reducing durability, maintainability, and without increasing the cost of manufacturing and maintenance.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	14
3 Конструкторская часть	29
3.1 Конструкция и принцип действия разрабатываемых механизмов и систем	29
3.2 Математическое моделирование и определение конструктивных параметров механизмов.....	32
3.3 Оценки надежности и долговечности основных деталей.....	41
4 Технологический раздел.....	44
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	45
4.2 Проектирование технологического процесса сборки подвески самосвала с колесной формулой 6×6	49
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	54
5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	55
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	56
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	58
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	64
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6	67
6 Экономическая эффективность проекта.....	70
Заключение	77
Список используемой литературы и используемых источников.....	78
Приложение А. Спецификации.....	83

Введение

Широкие потребности современного общества в новых промышленных изделиях, а также быстрые темпы развития науки и техники, обуславливают необходимость выполнения проектных работ большого объёма.

«Требования к качеству проектов и к срокам их выполнения оказываются всё более жёсткими по мере увеличения сложности проектируемых объектов и повышения ответственности выполняемых ими функций.

Процесс проектирования технического объекта включает в себя ряд этапов:

- постановка задач проектирования, т.е. чёткое определение условий эксплуатации;
- исследование состояния проблемы, т.е. анализ серийно выпускаемой и перспективной продукции аналогичной проектируемой;
- на основе принятых критериев оценки и проведённого анализа производится выбор структуры проектируемого механизма или системы, т.е. принимается схемное решение;
- функциональное проектирование механизма (системы), т.е. определения его основных параметров и характеристик;
- конструкторское проектирование, т.е. разработка компоновки механизма (системы), выбор геометрии всех деталей, их материалов и свойств» [21].

«Функциональное проектирование является наиболее важным этапом в процессе проектирования. При функциональном проектировании осуществляется синтез структуры, и определяются основные параметры объекта и его составных частей (элементов), оцениваются показатели эффективности и качества процессов функционирования» [3].

Проектирование ходовых систем автомобиля является одной из основных задач, стоящих перед конструктором, так как характеристики элементов ходовой системы в значительной степени определяют как работоспособность отдельного механизма, так и машины в целом. Поэтому вопросам рационального проектирования ходовых систем как наиболее габаритных, материалоемких и нагруженных следует уделять особое внимание.

Ходовая система автомобиля является одной из основных частей шасси, которая тесно связана с общей компоновкой автомобиля. В состав ходовой системы входят подвеска автомобиля, движитель и несущая система. Параметры ходовой системы оказывают существенное влияние на важнейшие эксплуатационные свойства автомобиля: плавность хода, управляемость, устойчивость и проходимость.

Целью данного дипломного проекта является проектирование задней подвески для грузового дорожного автомобиля-самосвала с полной массой 45 тонн и колесной формулой 6×6.

1 Состояние вопроса

Проектируемый автомобиль – самосвал грузоподъемностью 45 тонн для перевозки грунта на строительстве гидротехнических сооружений и железных дорог, при производстве вскрышных и рекультивационных работ в тяжелых дорожных условиях при отсутствии подготовленных дорог, в том числе в условиях весенне-осенней распутицы.

«Транспортные условия характеризуются совокупностью нескольких факторов, которые зависят от назначения автомобиля. Транспортные условия работы автомобилей-самосвалов имеют специфические особенности.

Они работают по замкнутому циклу экскаватор – отвал – экскаватор, поэтому должны иметь вместимость кузова (с учетом насыпания грунта над уровнем бортов), позволяющую полностью использовать их грузоподъемность при перевозке грунта плотностью от 1,4 до 1,9 т/м³» [5].

Автомобили-самосвалы рационально использовать для транспортировки грунта на расстояние свыше 2000 м, так как для перемещения грунта на меньшие расстояния целесообразно применять самоходные скреперы.

Максимальная скорость полностью груженого автомобиля – 52 км/ч.

Суточный пробег автомобилей данного типажа обычно составляет от 200 до 250 км при 16-часовом рабочем дне, годовой пробег составляет от 55000 до 60000 км.

«Дорожные условия характеризуются прочностью дорожного покрытия, рельефом местности, элементами профиля, ровностью дорожного покрытия, интенсивностью движения и стабильностью состояния проезжей части» [5].

Дороги имеют покрытия четырех основных типов: капитальные (цементобетонные и асфальтобетонные; облегченные (асфальтобетонные и дегтебетонные); переходные (щебеночные, гравийные); низшие.

Возможные значения коэффициентов сопротивления качению для различных поверхностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты сопротивления качению [18]

Дорожные условия	Коэффициент сопротивления качению
Асфальтобетонная дорога	от 0,013 до 0,02
Гравийная дорога	от 0,02 до 0,025
Булыжная дорога	от 0,025 до 0,05
Грунтовая дорога:	
– сухая	от 0,025 до 0,035
– влажная	от 0,05 до 0,015
Песчаная дорога: сухая	от 0,1 до 0,3
влажная	от 0,06 до 0,015
Снежная укатанная дорога	от 0,05 до 0,012

Возможные значения коэффициентов сцепления колес с дорогой для различных поверхностей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициентов сцепления [18]

Дорожное покрытие	Состояние	Коэффициент сцепления
Асфальтобетон	сухой	от 0,7 до 0,8
	мокрый	от 0,45 до 0,55
Булыжное	сухое	от 0,4 до 0,55
Щебенчатое	сухое	от 0,5 до 0,55
Грунтовая дорога	сухая	от 0,4 до 0,6
	мокрая	от 0,2 до 0,45
	в распутицу	от 0,15 до 0,25
Песок	сухой	от 0,2 до 0,4
	мокрый	от 0,35 до 0,5
Снег укатанный		от 0,15 до 0,25
Гладкий лед		от 0,08 до 0,2

Автомобиль-самосвал может применяться в различных климатических условиях. Районы Крайнего севера характеризуются длительным периодом, в течение которого наблюдаются низкие температуры воздуха, доходящие до минус 60°С, и сохраняется снежный покров на дорогах. Тропический климат характеризуется высокими температурами (до плюс 45°С) и влажностью воздуха до 95%. Диапазон рабочих температур составляет от минус 40 до плюс 40°С при атмосферном давлении в диапазоне от 720 до 790 мм.рт.ст,

относительной влажности от 60 до 95%, запыленности воздуха до $0,6 \text{ г/м}^3$ в регионах, расположенных на высоте до 2000 м над уровнем моря.

Карьерные дороги по ровности дорожного полотна, как правило, уступают дорогам общего пользования, особенно участки в забое или подъезды к экскаватору, временные участки и участки на отвале. Основными устройствами, защищающими автомобиль от динамических воздействий дороги, являются шины и подвеска. В зависимости от типа упругого элемента (УЭ) различают подвеску с металлическим упругим элементом и неметаллическим. К металлическим упругим элементам относят: пружины, торсионы, рессоры, а к неметаллическим – пневмогидравлический УЭ (ПГУЭ), пневматический (ПУЭ) и резиновый УЭ.

Основные схемы подвесок представлены на рисунках 1, 2.

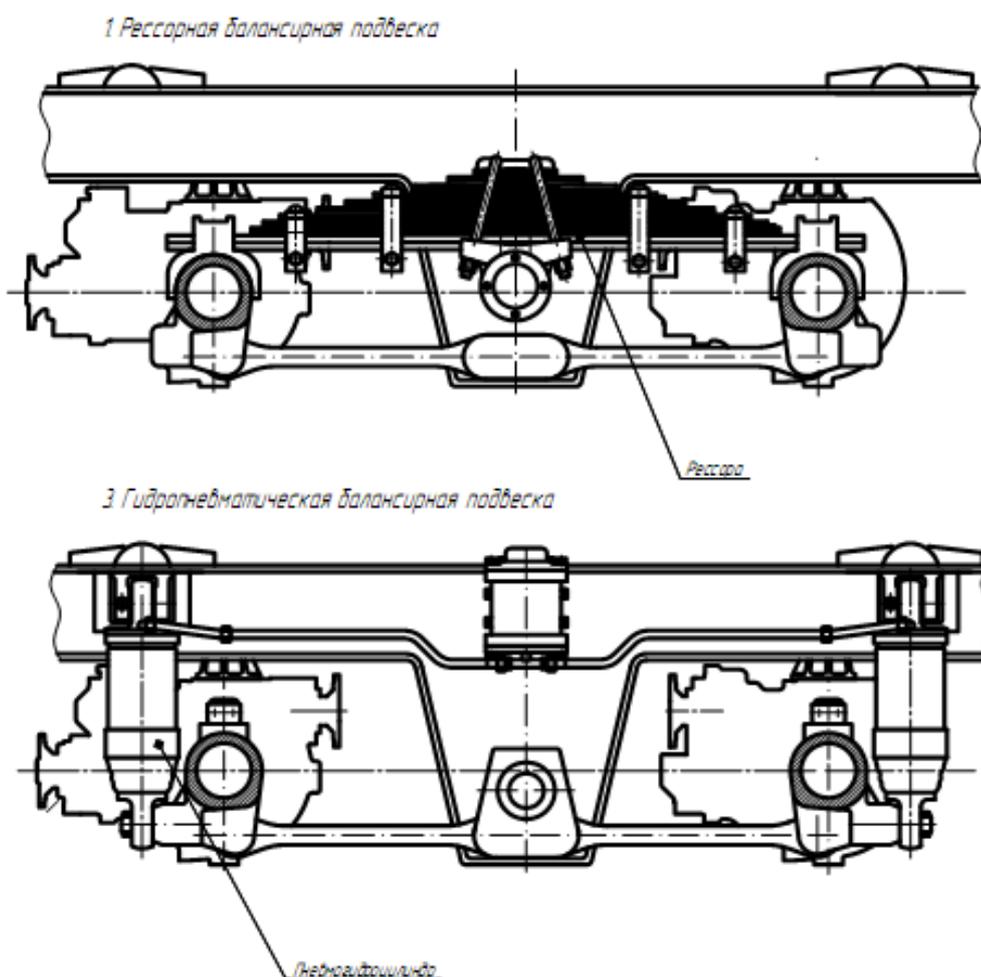


Рисунок 1 – Основные схемы подвесок

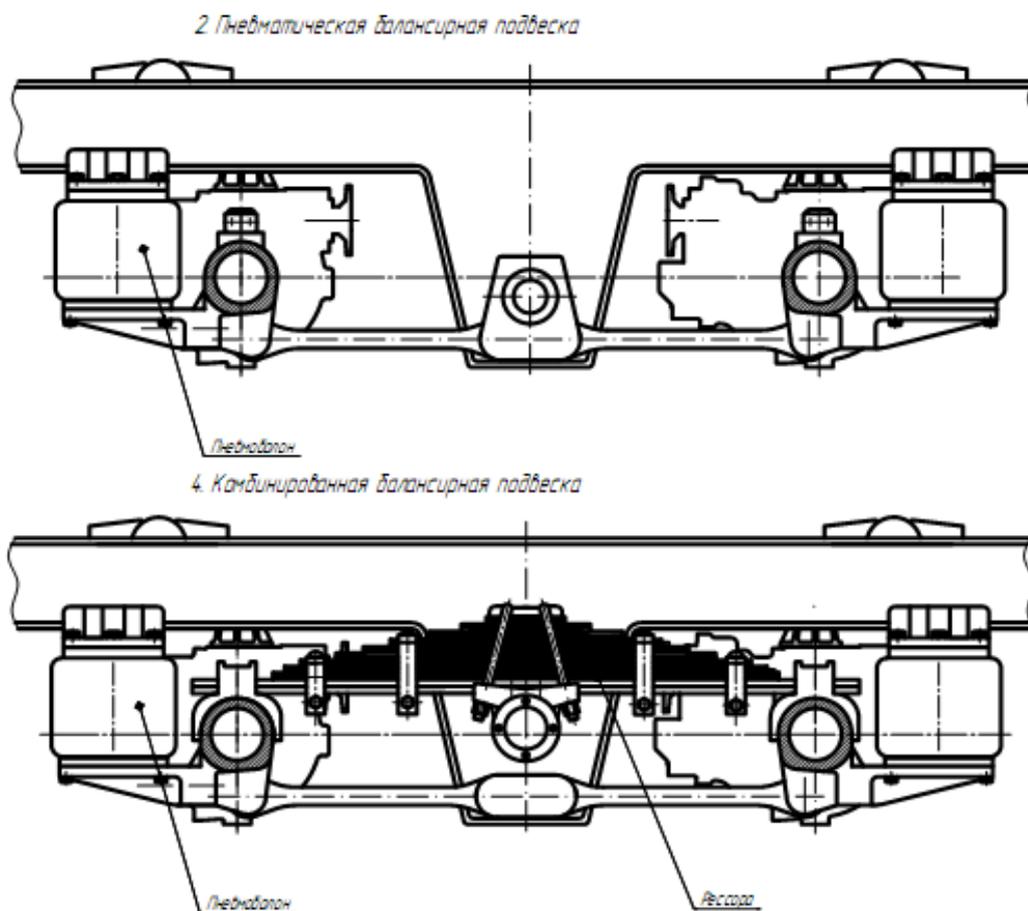


Рисунок 2 – Основные схемы подвесок (продолжение)

«Рессорная подвеска имеет следующие достоинства: стоимость, простота изготовления и обслуживания, равенство нормальных реакций колес связанных рессорой.

Недостатки: невозможность регулирования жесткости подвески, наличие межлистового трения, что негативно сказывается на долговечности подвески» [15].

«Пневматическая подвеска. Достоинства возможность регулирования жесткости, надежность, не требует ремонта и обслуживания долгое время.

Недостатки: для автомобиля с большой полной массой необходимо использовать как минимум 4 пневмобалона на один мост, что усложняет конструкцию подвески и увеличивает ее габариты» [15].

«Гидропневматическая подвеска имеет малые габариты в связи с совмещением упругого и диссипативного элементов в одном корпусе. Также

она обладает высокой нагрузочной способностью. К недостаткам данной подвески можно отнести следующее: отклонять от вертикальной оси гидропневмоцилиндр можно на угол не более 30°. Так как может произойти смешивание рабочих жидкости и газа, что приведет к выходу из строя гидропневмоцилиндра, сложность изготовления, высокая стоимость, необходимость в дозарядке и перезарядке. Также требуется наличие квалифицированных специалистов и специального оборудования для обслуживания» [15].

Комбинированная подвеска.

«Комбинированная подвеска состоит из рессоры работающей совместно с пневмоцилиндром.

Данная подвеска имеет плюсы рессорной и позволяет пневматической подвески, а также частично устраняет недостатки обеих схем. А главное есть возможность регулирование жесткости подвески» [15].

Результаты анализа схем подвесок методом экспертных оценок приведены таблице 3.

Таблица 3 – Результаты анализа схем подвесок [15]

Показатели качества	Упругий элемент			
	Металлический	Пневматический	Гидро-пневматический	Комбинированный
Плавность хода	3	5	5	5
Надежность	4	5	4	4
Демпфирующие свойства	3	3	5	3
Технологичность	5	4	3	4
Сложность при обслуживании и ремонте	5	5	3	5
Стоимость	5	4	3	4
Сумма баллов	25	26	23	25

Рассмотрим требования, предъявляемые к подвеске автомобиля.

«Благоприятная характеристика жесткости. Характеристика жесткости подвески представляет собой зависимость между нормальной

(перпендикулярной опорной поверхности) нагрузкой на колесо и деформацией (прогибом) подвески, измеренной как нормальное перемещение центра колеса» [10].

«Благоприятная кинематика. Работа направляющего устройства подвески при вертикальных перемещениях, крене либо галопировании (продольные угловые колебания) кузова автомобиля вызывает не только вертикальные перемещения колес, но также боковые и угловые, причем как относительно дороги, так и относительно кузова. Поскольку, перемещаясь, колеса находятся под воздействием реакций дороги, которые могут либо препятствовать, либо способствовать этим перемещениям, то такая работа направляющего устройства подвески влияет также и на перемещение кузова» [10].

Поэтому важным требованием к направляющему аппарату является наименьшее изменение базы и колеи автомобиля.

Необходимые характеристики демпфирования.

«Гашение колебаний колес и кузова автомобиля, возникших в результате воздействия главным образом, дорожных неровностей, может происходить вследствие трения в некоторых типах упругих элементов и в шарнирах направляющего устройства подвески. Однако трение в этих элементах обычно нестабильно и невелико, а закон его изменения не оптимален. Кроме того, повышение трения в названных узлах привело бы к их быстрому изнашиванию, старению резины и т.п. Поэтому трение в упругих элементах, направляющих устройствах стремятся свести до минимума и оборудовать подвески отдельными гасящими элементами - амортизаторами, работающими по принципу дросселирования потока жидкости. Характеристики гидравлических амортизаторов достаточно стабильны и при правильном их подборе позволяют удовлетворить целому ряду требований плавности хода и управляемости автомобиля» [25].

«Минимальная величина неподрессоренных частей. Чем больше

масса неподрессоренной части конструкции, тем большее влияние она оказывает на колебания поддрессоренной части и тем больше вероятность, в силу значительной инерционности, ее отрыва от поверхности дороги. В первом случае ухудшается плавность хода автомобиля, а во втором – его управляемость и устойчивость. Поэтому массу неподрессоренных частей стремятся всемерно снижать» [23].

«Собственная бесшумность и хорошие виброизолирующие свойства. Для устранения шумов подвески широко применяются соответствующей конструкции резино-металлические шарниры либо совершенствуют смазку металлических шарниров, устанавливают противоскрипные прокладки и тому подобное. При движении возникают вибрации шин и колес, которые через подвеску и рулевое управление передаются на кузов, что снижает комфортабельность автомобиля. Для получения высокой комфортабельности автомобиля, сглаживающие, поглощающие свойства шины и подвески должны быть согласованы» [24].

«Рациональная компоновочная схема. В подвеску автомобиля входят отдельные детали, имеющие большие размеры и перемещающиеся в пространстве. Поэтому правильный выбор типа и геометрии как передней, так и задней подвесок автомобиля позволяет не только в той или иной мере удовлетворить перечисленным выше требованиям, но и повлиять на компоновочную схему автомобиля в целом» [22].

Общими требованиями являются: низкая металлоемкость и трудоемкость изготовления, низкие затраты на техническое обслуживание при обеспечении заданной долговечности.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены условия работы самосвала грузоподъемностью 45 тонн, схемы подвесок, выполнен анализ схем подвесок методом экспертных оценок, по результатам которого определено, что в качестве упругого элемента эффективнее всего использовать пневматический элемент.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

«Задачей тягового расчёта является определение характеристик двигателя и трансмиссии, обеспечивающих требуемые тягово-скоростные свойства и топливную экономичность автомобиля в заданных условиях эксплуатации. Исходные данные для расчёта определяются в техническом задании, которое устанавливает основное назначение, условия эксплуатации, технические характеристики, показатели качества разрабатываемого автомобиля» [18].

Для грузового автомобиля полная масса – главный параметр. Ее значение указывается в техническом задании на проектирование автомобиля. Определению подлежат массы m_0 и m_r . Для их определения можно использовать статистическую информацию о значениях коэффициента грузоподъемности k_z или коэффициента удельной грузоподъемности $k_{z,yd}$, вычисляемых по формулам (1, 2):

$$k_r = \frac{m_z}{m_a}, \quad (1)$$

$$k_{r,yd} = \frac{m_z}{m_0}. \quad (2)$$

В нашем случае, при массе автомобиля равной 45000 кг, получаем $m_z=25000$ кг, $m_0=20000$ кг.

Распределение веса грузовых автомобилей по мостам определяется целесообразностью полного использования грузоподъёмности шин, а также необходимостью соблюдения норм, ограничивающих максимальную допустимую нагрузку на дорогу.

Для данной развесовки выбираем шины 23,5-25 с диаметром без нагрузки $D=1620\pm 10$ мм, шириной профиля без нагрузки $B=595$ мм и статическим радиусом $r_{cm}=725$ мм.

Необходимую максимальную мощность двигателя находят из условия обеспечения максимальной скорости движения автомобиля при заданном дорожном сопротивлении. Поскольку при максимальной скорости ускорение автомобиля равно нулю, то исходя из уравнения мощностного баланса, необходимая мощность двигателя определяется по выражению:

$$P_{ev} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_v + k_w \cdot A \cdot v_{max}^2}{k_{om} \cdot \eta_{mp}} \cdot v_{max} \quad (3)$$

где ψ_v – коэффициент суммарного дорожного сопротивления, при предварительном расчёте рассчитывается по формуле (4);

k_w – коэффициент сопротивления воздуха, принимается равным от 0,5 до 0,7 Н·с²/м⁴;

A – лобовая площадь;

η_{mp} – КПД трансмиссии;

k_{om} – коэффициент отбора мощности.

$$\psi_v = f_v = f_0 \cdot \left[1 + (0,0216 \cdot v)^2 \right], \quad (4)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению при малой скорости, принимается равным 0,015.

$$P_{ev} = \frac{45000 \cdot 9,81 \cdot 0,0123 + 2014,81}{0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,97} \cdot 22,2 = 199 \text{ кВт}.$$

Для проектируемого автомобиля выбираем двигатель Cummins со следующими характеристиками: максимальной мощностью 261 кВт при частоте вращения коленчатого вала 2100 об/мин, максимальным моментом 1400 Нм.

«К характеристикам трансмиссии, подлежащим определению относятся: передаточное число главной передачи u_o , диапазон передаточных

чисел $D_{кп}$, количество ступеней n в коробке передач и ряд передаточных чисел.

Передаточное число главной передачи выбирают из условия обеспечения максимальной кинематической скорости движения автомобиля $v_{кmax}$. Кинематическая скорость – это скорость, соответствующая максимальной частоте вращения двигателя при высшей ступени в коробке передач» [18].

В данном случае для проектируемого автомобиля кинематическая скорость совпадает с максимальной скоростью автомобиля, поэтому можно записать в виде формулы (5):

$$U_v = \frac{\omega_p \cdot r_k}{U_{кр.в} \cdot v_{max}}. \quad (5)$$

Полученное по формуле (5) передаточное число представляет собой произведение передаточного числа главной передачи и передаточного числа колёсного редуктора.

$$U_v = \frac{230 \cdot 0,725}{0,625 \cdot 14,2} = 18.$$

Передаточное число низшей ступени коробки передач выбирают исходя из трёх условий:

- 1) преодоление максимального дорожного сопротивления

$$u_{кп1} \geq \frac{r_{ко} \cdot m_a \cdot g \cdot \psi_{max}}{M_{e max} \cdot k_{отб} \cdot u_o \cdot u_{кр} \cdot \eta_{тр}}. \quad (6)$$

- 2) предотвращение буксования ведущих колёс

$$u_{\text{кп1}} \leq \frac{r_{\text{ко}} m_a g \varphi}{M_{e \text{ max}} k_{\text{отб}} u_o u_{\text{кр}} \eta_{\text{тр}}} . \quad (7)$$

3) обеспечение возможности движения с заданной минимальной устойчивой скоростью

$$u_{\text{кп1}} = \frac{\omega_{\text{д min}} r_{\text{ко}}}{u_o u_{\text{кр}} v_{\text{min}}} . \quad (8)$$

Подставляя известные величины в формулы (6-8) получаем значение передаточного числа низшей шестой передачи – 5,35.

Диапазон передаточных чисел коробки передач определяется отношением передаточных чисел низшей и высшей ступеней.

$$D_{\text{кп}} = \frac{u_{\text{кпн}}}{u_{\text{кпв}}} = \frac{5,35}{0,625} = 8,56 . \quad (9)$$

«Число ступеней и передаточные числа промежуточных ступеней коробки передач выбираются из условия оптимального использования мощности двигателя с целью обеспечения высоких показателей тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля. При этом должно обеспечиваться устойчивое движение автомобиля во всём диапазоне скоростей и исключаться возможность возникновения критической скорости.

Для того чтобы в процессе разгона двигатель работал с наибольшей средней мощностью, его частота вращения должна быть в диапазоне частот, близком к частоте максимальной мощности. Допустим, этот диапазон определяется угловыми скоростями ω_1 и ω_2 . Тогда после начала движения автомобиля при достижении угловой скорости двигателя ω_1 должен произойти переход на вторую ступень. При этом угловая скорость двигателя

в начале движения на второй ступени в коробке передач составит ω_2 . Если пренебречь уменьшением скорости за время переключения ступеней, скорость в конце движения на первой ступени должна быть равна начальной скорости движения на второй ступени. Очевидно, что при переходе со второй на третью ступень, с третьей на четвертую и т.д. это условие будет сохраняться. Следовательно, при постоянном диапазоне угловых скоростей двигателя передаточное число каждой последующей ступени получается из предыдущего умножением на постоянный множитель» [18].

«Если ряд промежуточных передаточных чисел выбран по геометрической прогрессии, средняя мощность двигателя при разгоне автомобиля будет максимальной в случае одинакового использования ступеней по времени и мощности на каждой ступени. В действительности же время движения автомобиля на двух высших передачах составляет около 90% общего времени разгона. Примерно такую же долю составляет и путь, проходимый автомобилем на этих передачах. Поэтому ряд передаточных чисел целесообразно скорректировать таким образом, чтобы шаг между высшими ступенями был меньше, чем между низшими. У большинства выпускаемых в настоящее время коробок передач передаточные числа высших ступеней сближены на 5..15% по сравнению со значениями, получаемыми из геометрической прогрессии, а между низшими – соответственно на 5..15% увеличены» [18].

На основании сделанных выводов, а также исследуя коробки передач современных автомобилей-аналогов принимаем $q=1,6$. Таким образом, передаточные числа коробки передач проектируемого автомобиля будут следующие для первой передачи – 5,35, для второй – 3,3, для третьей – 2,256, для четвертой – 1,4, для пятой – 0,969, для шестой – 0,625.

Значения подрессоренных и неподрессоренных масс определяют по эмпирическим формулам:

$$m_{ni}^{\Gamma} = A_{mi} \cdot m_i^{\Gamma} / (1 + A_{mi}), \quad (10)$$

$$m_{ni} = m_i^{\Gamma} - m_{ni}^{\Gamma}, \quad (11)$$

$$m_{ni}^{\Pi} = m_i^{\Pi} - m_{ni}, \quad (12)$$

где A_{mi} – коэффициент, равный отношению подрессоренной массы к неподдресоренной для груженого и порожнего автомобиля, для переднего и заднего мостов, его значение представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Распределение подрессоренных и неподдресоренных масс автомобиля [18]

Колеса	Груженный автомобиль	Порожний автомобиль
Передние	5,5	5,5
Задние	6,5	6,5

В формулах (4-6) верхний индекс "г" соответствует груженому автомобилю, а индекс "п" — порожнему; нижний индекс "п" — подрессоренной массе, а индекс "н" — неподдресоренной.

Коэффициенты жесткости упругих элементов подвески [18]

$$c_{pi} = m_{ni}^{\Gamma} \cdot \omega_{ni}^2 = m_{ni}^{\Gamma} \cdot (2\pi \cdot f_i)^2, \quad (13)$$

где ω_{ni}^2 – собственная парциальная частота, рад/с;

f_i – рекомендуемое значение частоты собственных колебаний подрессоренной массы кузова автомобиля, Гц.

«Значения f_i должны находиться в следующих пределах: для легковых автомобилей $f = 0,8 - 1,3$ Гц; для грузовых $f = 1,2 - 1,8$ Гц. Для передней части кузова собственная частота должна быть меньше, чем для задней, в 1,05–1,15 раза» [18].

Коэффициент жесткости шины.

$$c_{ш} = F_{н} / (r_{с} - r_{ст}) = F_{н} / \Delta_{ш,ст}, \quad (14)$$

где $r_{с}$ – свободный радиус колеса, равен 1/2 диаметра шины;

$r_{ст}$ – статический радиус колеса, м.

Коэффициенты жесткости колес автомобиля определяется по формуле:

$$c_{шиi} = c_{ш} n_{шиi}, \quad (15)$$

где $n_{шиi}$ – количество шин i -го моста.

Коэффициенты сопротивления амортизаторов подвески и шин:

$$\mu_{п} = 2 \cdot \gamma_{п} \cdot m_{п} \cdot \omega_{п}, \quad (16)$$

$$\mu_{ш} = 2 \cdot \gamma_{ш} \cdot m_{ш} \cdot \omega_{ш}. \quad (17)$$

Относительный коэффициент затухания колебаний подрессоренной массы у грузовых 0,2, для шин – 0,02.

Статические деформации упругих элементов подвески

$$\Delta_{сти} = g / \omega_{пи}^2 = g / (2 \cdot \pi \cdot f_i)^2. \quad (18)$$

Ход сжатия упругих элементов подвески выбираются в зависимости от назначения автомобиля.

Для полноприводных автомобилей принимают $\Delta_{сжи} = \Delta_{сти}$, а для прочих автомобилей $\Delta_{сжи} < \Delta_{сти}$. Чем благоприятнее дорожные условия и выше комфортабельность автомобиля, тем меньше отношение $\Delta_{сжи} / \Delta_{сти}$.

Значения основных параметров подвески представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения основных параметров подвески

Показатель	Передние	Задние
$m_{II}^I, кг$	12690	26000
$m_{II}^{II}, кг$	4359	9333
$m_H, кг$	2308	4000
$c_p, Н/м$	721500	1630000
$c_p, Н/м$	1400000	1400000
$c_{ш}, Н/м$	2800000	5600000
$\mu_p, Н \cdot м / с$	15010	30060
$\mu_u, Н \cdot м / с$	3215	5987
$\Delta, м$	0,173	0,157

Синтез структуры и кинематической схемы трансмиссии.

Исходными данными для синтеза структуры кинематической схемы коробки передач является требования функционального назначения, заключающиеся в обеспечении заданных передаточных чисел коробки передач.

Кинематическая схема, представленная в графической части, раскрывает количественный состав всех основных элементов коробки передач и их взаимодействие. При построении кинематической схемы следует учитывать продолжительность работы автомобиля на различных диапазонах скоростей движения. Для часто используемых диапазонов необходимо создавать как можно более короткие кинематические цепи с наименьшим числом пар зубчатых зацеплений, обеспечивая более высокие значения КПД по сравнению с КПД ступеней других диапазонов.

В общем случае гидромеханическая трансмиссия включает следующие механизмы: гидротрансформатор, механическую коробку передач, межосевой дифференциал, карданные передачи, главную передачу, межколесный дифференциал, валы ведущих колес и колесный редуктор.

В трансмиссии разрабатываемого автомобиля используется комплексный, одноступенчатый, блокируемый, четырехколесный гидротрансформатор. Блокировка гидротрансформатора осуществляется

соединением насосного и турбинного колеса посредством фрикционной муфты.

Коробка передач четырехвальная выполнена в одном корпусе с гидротрансформатором. Имеет шесть передач вперед и три передачи заднего хода. Имеется шесть элементов управления коробкой передач. Также в одном корпусе с коробкой выполнен несимметричный межосевой дифференциал.

ГМП связана с двигателем посредством карданной передачи. Посредством карданной передачи ГМП связывается с передним и средним ведущими мостами. Часть мощности поступившей на средний мост передается на задний мост с помощью карданной передачи.

Ведущие мосты содержит центральную главную передачу в виде гипоидного зацепления. Внутри главной передачи расположен конический блокируемый межколесный дифференциал. В силу большого передаточного числа главной передачи используем колесные редукторы. Колесный редуктор представляет собой планетарный механизм типа А с четырьмя сателлитами.

«Тягово-скоростные свойства автомобиля оцениваются системой показателей. Каждый показатель количественно оценивает определённые свойства в регламентируемых условиях движения, а их совокупность позволяет оценить технический уровень автомобиля в сравнении с лучшими мировыми образцами, а также возможность и целесообразность использования в конкретных условиях» [18].

Тягово-скоростные свойства проектируемого автомобиля, а также его топливную экономичность проанализируем с помощью программного обеспечения кафедры «Автомобили» RAZGON.

«Комплекс показателей для оценки тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля включает следующие показатели:

- максимальная скорость автомобиля;
- динамический фактор при максимальной скорости;
- максимальный динамический фактор на высшей передаче;

- максимальный динамический фактор на низшей передаче;
- максимальный подъем дороги, преодолеваемый автомобилем;
- условная максимальная скорость;
- время разгона на участке пути 400 м;
- время разгона на участке пути 1000 м;
- время разгона до заданной скорости;
- время разгона на высшей передаче от начальной скорости до скорости 0,9 от максимальной;
- контрольные расходы топлива (при двух значениях скоростей автомобиля)» [18].

Показатели тягово-скоростных свойств автомобиля определяются для прямолинейного движения на горизонтальном участке дороги с цементобетонным или асфальтобетонным покрытием. Показатели тягово-скоростных свойств и топливной экономичности определим для первых 6-ти передач коробки передач.

Движение автомобиля описывается двумя дифференциальными уравнениями первого порядка. Интегрирование дифференциальных уравнений дает возможность определять изменение скорости и перемещения автомобиля во времени. Разгон автомобиля осуществляется с переключением передач. Переключение с предыдущей передачи на последующую осуществляется с учетом прогнозирования ускорения на последующей передаче. Если ускорение на последующей передаче выше, чем на предыдущей, то осуществляется переключение на эту передачу. В противном случае разгон на предыдущей передаче осуществляется до тех пор, пока угловая скорость коленчатого вала двигателя не достигнет своего максимального значения. После этого включается следующая передача.

Во время переключения передач двигатель отключается от трансмиссии и энергия к ведущим колесам не подводится, вследствие чего скорость автомобиля уменьшается.

Условная максимальная скорость $V_{y\max}$ определяется как среднее значение скорости автомобиля на последних 400 м участка разгона. Эта скорость меньше максимальной скорости автомобиля V_{\max} . В процессе интегрирования уравнений движения автомобиля фиксируется значение времени разгона на пути 400 и 1000 м, время разгона до заданной скорости и время разгона на высшей передаче в диапазоне заданных скоростей.

«Динамическая характеристика автомобиля представляет собой графики зависимостей динамического фактора D от скорости V . Динамическая характеристика автомобиля представляет собой графики зависимостей динамического фактора D от скорости движения автомобиля V на всех передачах трансмиссии. Динамический фактор – безразмерная величина, которая характеризует потенциальные возможности автомобиля по преодолению дорожных сопротивлений и сообщению ему ускорения в данных дорожных условиях» [18].

Динамический фактор автомобиля с механической трансмиссией определяется по формуле:

$$D = \left(\frac{M_d \cdot u_p \cdot \eta_p}{r_{\text{h}0}} - F_w \right) / (m_e \cdot g), \quad (19)$$

где F_w – сила сопротивления воздуха, которая определяется по формуле:

$$F_w = k_B \cdot F \cdot V^2. \quad (20)$$

Скорость автомобиля вычисляется по формуле:

$$V = \frac{\omega_D r_K}{u_{\text{Гр}}}. \quad (21)$$

«Передаточное число трансмиссии на i -ой передаче определим по формуле:

$$u_{TP_i} = u_{КП_i} \cdot u_0, \quad (22)$$

где $u_{КП_i}$ – передаточное число коробки передач на i -ой ступени» [18].

Ускорение автомобиля определяется по формуле:

$$a = (D - \psi) \cdot g / \delta, \quad (23)$$

где δ – коэффициент учета вращающихся масс.

$$\delta = 1,05 + 0,001 \cdot u_{КП}^2. \quad (24)$$

Показатели, характеризующие приемистость автомобиля, определяются по характеристикам разгона $V=f(t)$ и $V=f(s)$.

Показатели тягово-скоростных свойств автомобиля представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели тягово-скоростных свойств автомобиля

Наименование показателя и единица измерения	Значение	
	Проектируемый автомобиль	МоА3-7504
1.Максимальная кинематическая скорость, км/ч	52	46
2.Условная максимальная скорость, км/ч	56,03	49,8
3.Динамический фактор при максимальной скорости	0,038	0,038
4.Максимальный динамический фактор на высшей передаче	0,046	0,046
5.Максимальный динамический фактор низшей передаче	0,5	0,5
6.Максимальный подъём дороги, преодолеваемый автомобилем на низшей передаче коробки передач	0,24255	0,25
7.Время разгона на участке пути 400 м, с	38,2	40,4
8.Время разгона на участке пути 1000 м, с	76,7	83,9
9.Время разгона до заданной скорости, с	19	21

Измерителем топливной экономичности автомобиля является путевой расход топлива, которые определяются при установившемся движении автомобиля.

Для определения контрольных расходов топлива вычисляются значения мощностей нагрузки двигателя при заданных скоростях движения и оцениваются степени использования мощности и угловой скорости коленчатого вала двигателя. Затем по эмпирическим формулам вычисляются коэффициенты, характеризующие степени использования мощности и угловой скорости. Эти коэффициенты характеризуют степень уменьшения или увеличения удельного расхода топлива по сравнению с удельным расходом при максимальной мощности двигателя.

«Топливная характеристика установившегося движения представляет собой графики зависимостей путевого расхода топлива от скорости автомобиля на всех его передачах.

Путевой расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{g_{eP} \cdot k_H \cdot k_E \cdot P_{дн}}{36 \cdot V \cdot \rho_t} \quad (25)$$

где g_{eP} – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя;

k_H – коэффициент, характеризующий степень использования мощности;

k_E – коэффициент, характеризующий степень использования угловой скорости коленчатого вала;

$P_{дн}$ – мощность нагрузки двигателя на данном скоростном режиме;

ρ_t – плотность топлива, кг/м³» [18].

Коэффициент k_H для дизельного двигателя определяется по формуле:

$$k_{И} = 1,2 + 0,14И - 1,8И^2 + 1,46И^3, \quad (26)$$

где $И$ – степень использования мощности двигателя, которая определяется по формуле (27).

$$И = P_{ДН} / P_E. \quad (27)$$

Коэффициент k_E определяется по формуле:

$$k_E = 1,25 - 0,99E + 0,98E^2 - 0,24E^3, \quad (28)$$

где E – степень использования угловой скорости, которая определяется по формуле (29).

$$E = \omega_{Д} / \omega_P, \quad (29)$$

$$P_{ДН} = P_{ОТБ} + P_{ТР} + P_h + P_W, \quad (30)$$

где $P_{ОТБ}$ – отбираемая мощность, Вт;

$P_{ТР}$ – мощность потерь в трансмиссии, Вт;

P_h – мощность, затрачиваемая на преодоление дорожного, Вт,

P_W – мощность, затрачиваемая на преодоление силы сопротивления воздуха, Вт,

$$P_{ОТБ} = (1 - k_{ОТБ}) \cdot P_e, \quad (31)$$

где $k_{ОТБ}$ – коэффициент отбора мощности,

$$P_{ТР} = P_{Д} \cdot (1 - \eta_{ТР}), \quad (32)$$

$$P_h = m_a \cdot g \cdot \Psi \cdot V, \quad (33)$$

$$P_W = F_W \cdot V, \quad (34)$$

Контрольный расход топлива определяется при двух значениях скорости: 30 и 50 км/ч.

Значения контрольного расхода топлива представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели топливной экономичности автомобиля

Наименование показателя и единица измерения	Значение	
	Проектируемый автомобиль	МоА3-7504
1.Контрольный расход топлива при скорости 30 км/ч, л/100км	32,12	36,35
2.Контрольный расход топлива при скорости 50 км/ч, л/100км	39,11	54,38

Выводы по разделу.

В данном разделе произведен тягово-динамический расчет, построена внешняя скоростная характеристика, проведен расчет передаточных чисел трансмиссии, определены тяговые, динамические характеристики, а также характеристики разгона автомобиля.

Определены топливо-экономические параметры автомобиля.

3 Конструкторская часть

3.1 Конструкция и принцип действия разрабатываемых механизмов и систем

«Подвеска среднего и заднего мостов балансирного типа и состоит из четырех пневмобаллонов 1 и двух рессор 4, четырех амортизаторов 6 и шести реактивных штанг 7. Пневмобаллон крепится болтовым соединением к опоре пневмобаллона 1, которая в свою очередь приварена к лонжерону рамы, сверху и к опоре снизу 5, выполненной заодно с балкой моста. Пневмобаллон состоит из верхней 13 и нижней 12 крышек, резинового рукава 15 и буфера сжатия 14» [1].

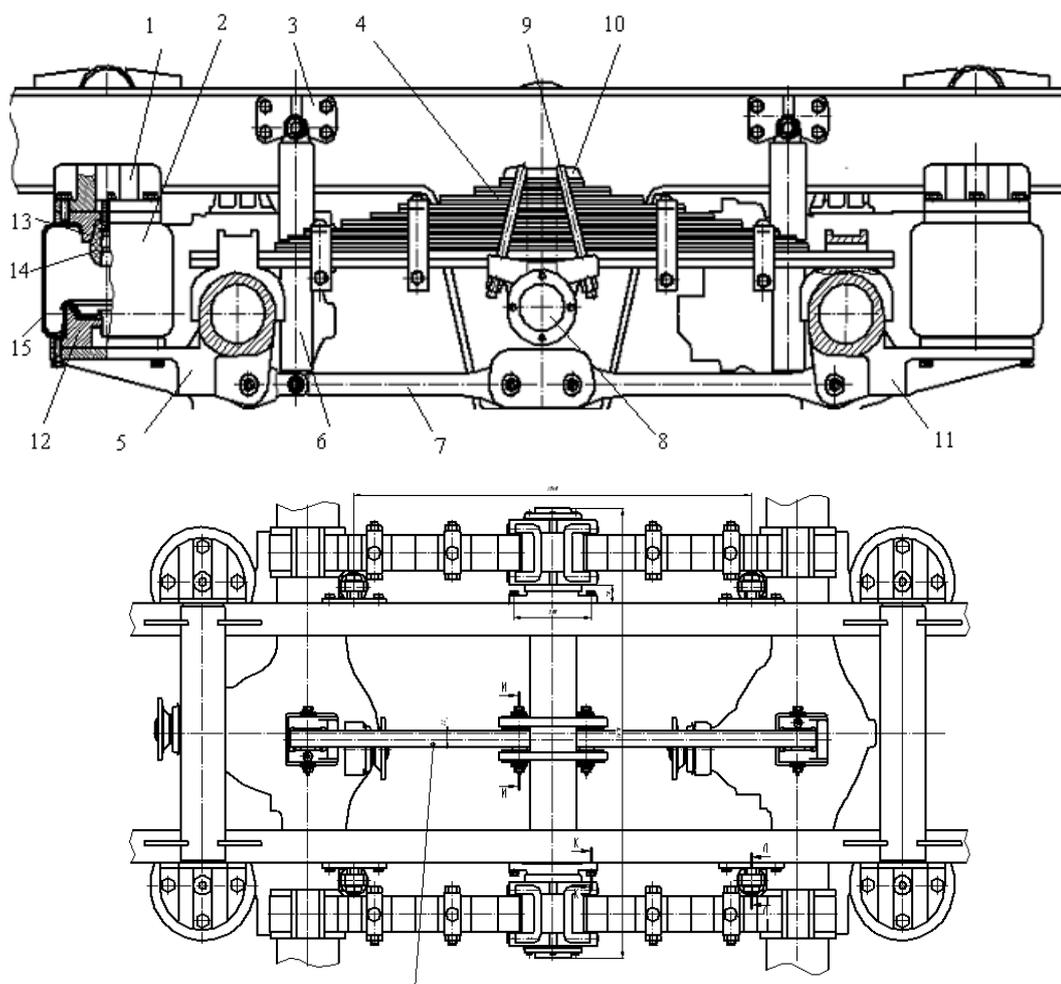


Рисунок 3 – Установка подвески среднего и заднего мостов

«Рессора собрана из одиннадцати листов разной длины и радиуса кривизны. Все листы собраны на опоре рессоры 8 и стянуты с помощью стремянок 9 и накладки 10. Опора может проворачиваться вокруг своей оси за счет посадки ее на подшипниках. Ось опоры рессоры закреплена к лонжерону рамы восемью болтами. Амортизатор 6 крепится с одной стороны к кронштейну 3, с другой - к балке моста. Кронштейн четырьмя болтами прикручен к раме. Направляющий аппарат состоит из четырех нижних 7 и двух верхних штанг 16, которые шарнирно соединены с рамой автомобиля» [1].

«Пневмобаллон работает следующим образом. При ходе сжатия поршень перемещается и сжимает газ в верхней полости за счет увеличения давления газа над поршнем. Ход сжатия упруго ограничивается. Кроме этого, ход сжатия ограничивается при помощи ограничительных буферов, установленных на мосту. При ходе отбоя поршень перемещается в обратном направлении, при этом давление газа над поршнем уменьшается, а под поршнем увеличивается. За счет увеличения противодействия упруго ограничивается ход отбоя.

Для гашения колебаний, возникающих при движении автомобиля по неровной дороге, пневмогидравлический цилиндр имеет гидравлический амортизатор, расположенный в цилиндре противодействия. Принцип действия гидравлического амортизатора заключается в том, что при колебаниях автомобиля масло дросселируется одной полости в другую через дроссельные отверстия.

Реактивные штанги всех мостов шарнирно соединены с лонжеронами рам и балками мостов при помощи пальцев с шарнирными сферическими подшипниками» [8].

Спецификации на общий вид автомобиля-самосвала и его заднюю подвеску представлены в Приложении А (рисунки А.1, А.2, А.3).

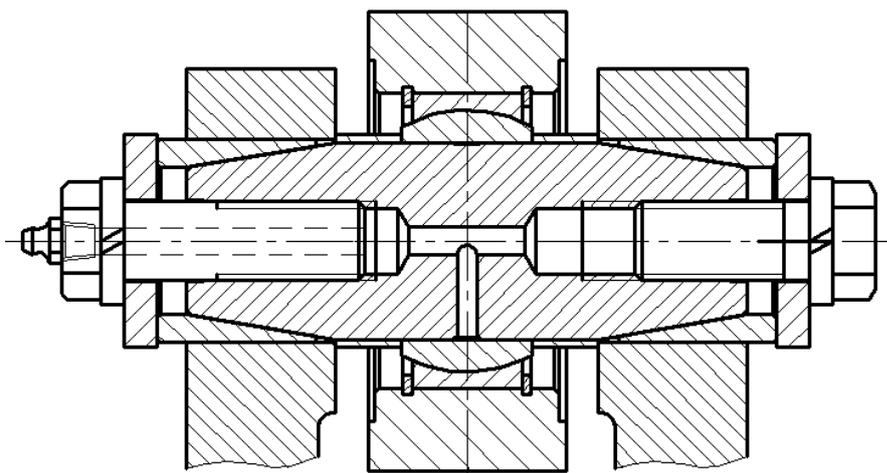


Рисунок 4 – Соединение реактивных штанг подвески автомобиля

«Смазка всех шарнирных подшипников производится через масленки, ввернутые в торцы пальцев или специальные болты в торцах пальцев. Шарнирные подшипники в цилиндрах подвески и штангах уплотнены специальными сальниками. При нагнетании смазки необходимо следить за тем, чтобы сальники не выпрессовывались из посадочных гнезд» [11].

«Подвеска работает следующим образом. При наезде на препятствие одного из мостов тележки происходит мгновенное нагружение пневмобаллонов этого моста и рессор. Под действием вертикальной нагрузки пневмобаллоны выталкивают часть воздуха через трубопроводы в цилиндры другого моста тележки, тем самым происходит растягивание баллонов и выравнивание нагрузки между мостами. При этом рессора проворачивается относительно своего центра вращения. При изменении режима движения и массы автомобиля, изменяется давление в полости пневмобаллона. Этим производится регулирование коэффициента жесткости упругих элементов» [18].

При постановке задач функционального проектирования подвески автомобиля (как и любого механизма автомобиля) необходимо определить исходные данные, управляемые (определяемые) параметры, критерии оценки и ограничения, накладываемые на управляемые параметры.

1) В качестве исходных данных для расчета используются:

- полная масса автомобиля,
- масса порожнего автомобиля,
- база автомобиля,
- координаты центра масс.

2) Управляемыми параметрами при проектировании системы управления являются:

- коэффициент жесткости упругих элементов;
- коэффициент сопротивления диссипативных элементов;
- коэффициент жесткости шин;
- коэффициент сопротивления шин.

3) Критерии оценки системы управления следующие:

- собственные частоты передней и задней частей автомобиля;
- вертикальные виброускорения;
- максимальные ускорения;
- среднеквадратические ускорения.

4) Ограничения вводим:

- ход подвески;
- база тележки.

3.2 Математическое моделирование и определение конструктивных параметров механизмов

На основании проведенного анализа существующих конструкций выбирается комбинированная схема задней балансирной подвески.

На каждой оси устанавливается по два однотрубных амортизатора. Это связано с тем, что однотрубные амортизаторы имеют большую эффективность по сравнению с двухтрубными. Направляющими элементами являются рессоры и шесть продольных тяг.

Упругими элементами являются пневматический баллон и рессора.

Рессора способна выполнять одновременно функции упругого и направляющего устройств подвески. Листовые рессоры просты в изготовлении, легкодоступны для ремонта и эксплуатации. Но в связи с большой разницей между порожним и автомобилем и полной массой, для обеспечения высоких показателей плавности хода необходимо изменять коэффициент жесткости в широком диапазоне. С этой целью совместно с рессорой будет использоваться пневматический упругий элемент, по два на ось.

«Пневматические упругие элементы имеют нелинейную характеристику, которую можно изменять в широком диапазоне, небольшую массу, значительно большую долговечность по сравнению с металлическими упругими элементами и позволяют регулировать высоту кузова автомобиля над полотном дороги при изменении нагрузки за счёт накачки (выпуска) в них воздуха.

Рукавный ПУЭ представляет собой резинокордную оболочку, заполненную воздухом под давлением, и соединенный с ней поршень. При ходе сжатия поршень перемещается вверх, и воздух сжимается; при ходе отбоя поршень перемещается вниз, и воздух расширяется» [17].

«При определении параметров рукавного ПУЭ примем следующие допущения:

- поршень имеет цилиндрическую форму;
- длина образующей оболочки и ее диаметр не зависят от внутреннего давления;
- профиль свободной нижней части оболочки, не прилегающей к поршню, описывается другой окружности, касательной к профилю поршня и наружному диаметру оболочки.

При этих допущениях эффективный диаметр ПУЭ с изменением внутреннего давления остается постоянным» [11].

Порядок определения параметров и конструктивных размеров рукавного ПУЭ с пневматическим регулированием:

1) определяем статическую нагрузку на ПУЭ при груженом автомобиле по формуле:

$$F_{y.cm} = \frac{m_{II} \cdot g \cdot l_{a1}}{l_{a1} + l_{a2}} = 40220 \text{ Н}, \quad (35)$$

где m_{II} – подрессоренная масса груженого автомобиля, приходящаяся на ПУЭ.

2) выбирает ПУЭ в соответствии со статической нагрузкой (определить давление воздуха p_0 , эффективный диаметр d_3 и наружный диаметр D). Если статическая нагрузка не совпадает, то принимают размеры d_3 и D ближайшего по статической нагрузке типоразмер ПУЭ и уточняют давление воздуха в нем p_0 из выражения (35), подставив в него значение $A_s = (\pi \cdot d_s^2) / 4 = 0,08$.

Если утоненное значение $p_0 > 7 \cdot 10^5$ Па, то принимают p_0 равное $6 \cdot 10^5$ Па и определяют d_3 из этого же выражения. После определения p_0 , d_3 и D находят диаметр поршня по формуле

$$d = 2 \cdot d_3 - D = 2 \cdot 0,32 - 0,4 = 0,024 \text{ м}. \quad (36)$$

Для обеспечения долговечности оболочки необходимо соблюдать условие $0,06 < (D \sim d) < 0,12$. Если это условие не соблюдается, следует выбрать другой ПУЭ большей грузоподъемности.

3) определяем высоту столба воздуха в ПУЭ из выражения:

$$h = \frac{n \cdot g \cdot P_0}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_0^2 \cdot (P_0 - P_a)} = 0,259 \text{ м}, \quad (37)$$

где n – показатель политропы, принимаем равным 1,25,

P_a – нормальное атмосферное давление, равно 10^5 Па.

Задавая частотой собственных колебаний $f_0 = 1,3$.

4) определяем максимальный ход сжатия ПУЭ из выражения:

$$\Delta_{y.сж} = \frac{p_0 \cdot \left[\frac{h}{h - \Delta_{y.сж}} \right]^n - p_a}{p_0 - p_a} - \kappa_{nc} = 0,099 \text{ м.} \quad (38)$$

5) вычисляем энергоёмкость ПУЭ на ходе сжатия по формуле:

$$E_{y.сж} = \left\{ \frac{h}{h-1} \cdot \left[\left(\frac{h}{h - \Delta_{y.сж}} \right)^{n-1} - 1 \right] - \Delta_{y.сж} \right\} = 1,64 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (39)$$

6) определяем максимальный ход отбоя ПУЭ из выражения:

$$E_{y.отб} = \left\{ \frac{h}{h-1} \cdot \left[\left(\frac{h}{h - \Delta_{y.отб}} \right)^{n-1} - 1 \right] - \Delta_{y.отб} \right\}. \quad (40)$$

Подставляя в него вместо $E_{y.отб}$ приблизительно равное ей значение $E_{y.сж}$ получаем, что $\Delta_{y.отб} = 0,095 \text{ м}$.

7) находим полный ход ПУЭ по формуле:

$$\Delta_{y.n} = \Delta_{y.сж} + |\Delta_{y.отб}| = 0,195 \text{ м.} \quad (41)$$

8) определяем статическую нагрузку на ПУЭ при негруженом автомобиле по формуле:

$$F_{y.cm} = \frac{m_{II} \cdot g \cdot l_{a1}}{l_{a1} + l_{a2}} = 39,24 \text{ Н.} \quad (42)$$

где m_n – подрессоренная масса негруженого автомобиля, приходящаяся на ПУЭ.

9) определяем давление воздуха в ПУЭ p_0^* при статической нагрузке $F_{y.ct}^*$ из выражения:

$$p_0 = \frac{F_{y.cm}}{A_3} + p_a = 100500 \text{ Па.} \quad (43)$$

10) определяем коэффициент поглощающей способности ПУЭ для негруженого автомобиля по формуле:

$$k_{nc}^* = \frac{p_0 \cdot \left[\frac{h}{h - \Delta_{y.cжe}} \right]^n - p_a}{p_0^* - p_a} = 172,6. \quad (44)$$

11) определяем коэффициенты жесткости ПУЭ в положении статического равновесия для груженого и негруженого автомобилей соответственно по формулам:

$$c_{y0} = \frac{n \cdot p_0 \cdot A_3}{h} = 2,331 \cdot 10^5 \text{ Н/м,} \quad (45)$$

$$c_{y0}^* = \frac{n \cdot p_0^* \cdot A_3}{h} = 3,903 \cdot 10^4 \text{ Н/м.} \quad (46)$$

12) определяем частоту собственных колебаний подрессоренной массы при нагрузке $F_{y.ct}^*$ по формуле:

$$f^*_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c^*_{y0} \cdot g}{F^*_{y.cm}}} = 15 \text{ Гц}. \quad (47)$$

13) находим коэффициент изохронности колебаний по формуле:

$$\lambda = \sqrt{\frac{p^*_0 \cdot (p_0 - p_a)}{p_0 \cdot (p^*_0 - p_a)}} = 13,1. \quad (48)$$

14) построим характеристики ПУЭ при статических нагрузках $F_{y.ct}$ и $F_{y.ct}^*$ соответственно по уравнениям

$$F_y = \left[p_0 \cdot \left[\frac{h}{h - \Delta_y} \right]^n - p_a \right] \cdot A_y, \quad (49)$$

$$F^*_y = \left[p^*_0 \cdot \left[\frac{h}{h - \Delta^*_y} \right]^n - p_a \right] \cdot A_y. \quad (50)$$

Характеристики в рабочем диапазоне ходов ПУЭ показаны на рисунке 5. Так как при изменении статической нагрузки высота ПУЭ остается постоянной, то при построении характеристик для статических нагрузок нагрузках $F_{y.ct}$ и $F_{y.ct}^*$ перемещения поршня Δ_y и Δ^*_y отсчитывают от одного начала отсчета 0.

Упругие элементы подвески автомобиля служат для защиты водителя, пассажиров, грузов и элементов конструкции от вибрационных и ударных воздействий неровностей дороги. От степени совершенства упругих элементов подвески в значительной мере зависят виброзащитные свойства автомобиля.

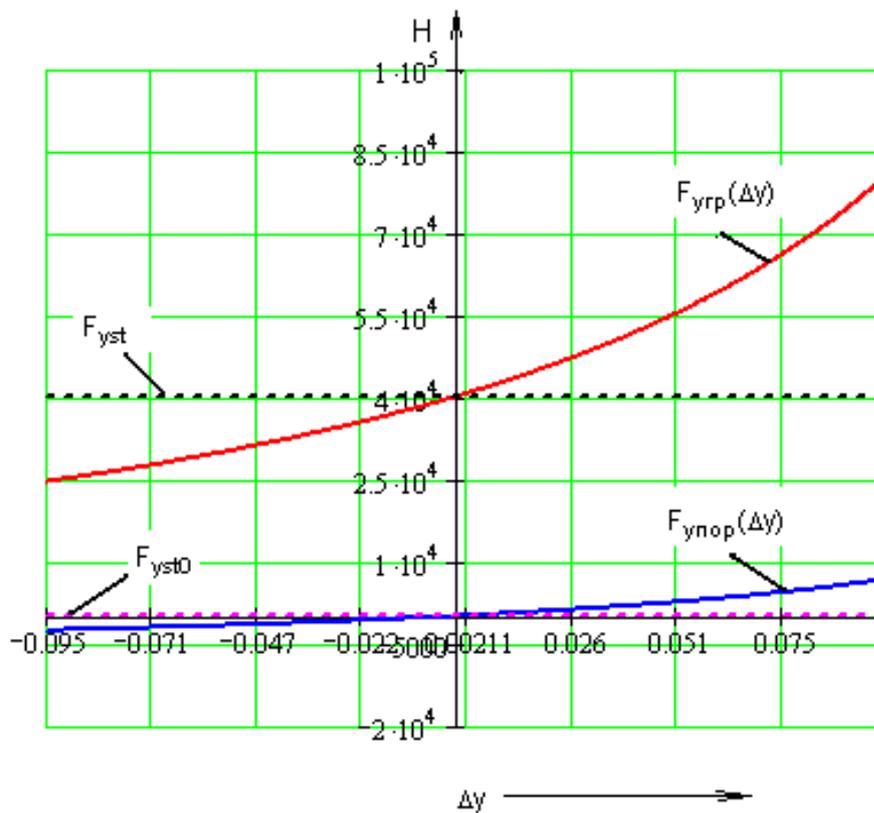


Рисунок 5 – Характеристики ПУЭ заднего моста

В качестве упругого элемента подвески применяем пневматический элемент рукавного типа. Принципиальная схема рукавного пневматического упругого элемента (ПУЭ) показана на рисунке 6.

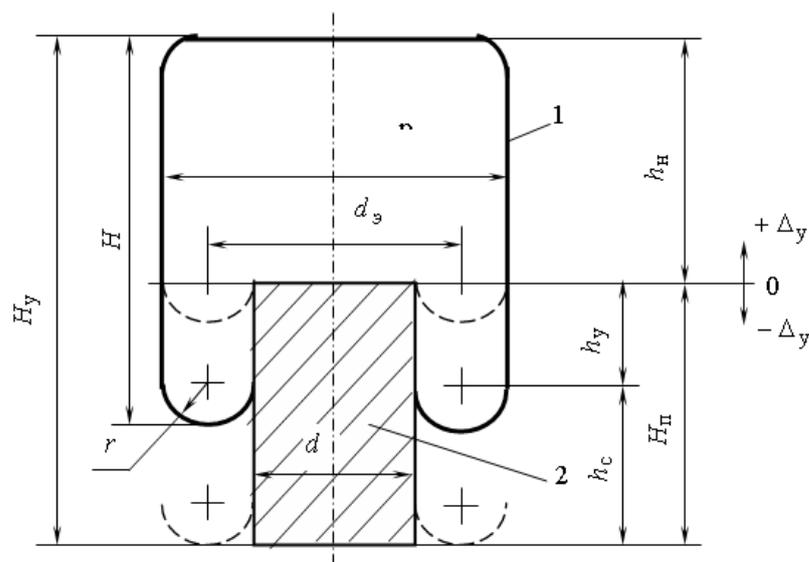


Рисунок 6 – Принципиальная схема рукавного пневматического упругого элемента (ПУЭ)

Рукавный ПУЭ крепится одной своей стороной к лонжерону рамы, а второй (поршнем) к мосту. ПУЭ такого типа получили широкое применение. За счет регулирования давления в пневмоэлементах появляется возможность создания адаптивной системы подпрессоривания.

В разделе определяются конструктивные параметры, обеспечивающие проектируемому механизму требуемое значение основных параметров.

Определяем основные конструктивные размеры ПУЭ в начальном положении

«Из рисунка 6 очевидна следующая зависимость:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h_n}{4} + \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot h_y}{4} + \frac{\pi^2 \cdot r^2 \cdot d_э}{2}, \quad (51)$$

где h_n – расстояние на высоте от верхней части оболочки до днища поршня в начальном положении;

r – радиус окружности свободной нижней части оболочки, равен 0,04 м;

h_y – свес оболочки в начальном положении, равен 0,076 м» [16].

Для исключения возможности повреждения оболочки поршнем при максимальном ходе сжатия до ограничителя $\Delta_{у.сж}$ необходимо обеспечить выполнение условия $\Delta_{у.сж} < h_n$.

Затем находят остальные конструктивные размеры ПУЭ в начальном положении:

– свободную длину поршня:

$$h_c = \Delta_{у.сж} / 2 + r = 0,09 \text{ м}, \quad (52)$$

– высоту поршня:

$$H_{II} = h_c + h_y = 0,097 \text{ м}, \quad (53)$$

– высоту оболочки:

$$H = h_n + h_y + r = 0,281 \text{ м}. \quad (54)$$

После определения основных параметров и конструктивных размеров начинается конструирование ПУЗ, в процессе которого некоторые параметры и размеры могут корректироваться в небольших пределах с учетом принимаемых конструктивных решений. На рисунке 7 представлен пневматический баллон.

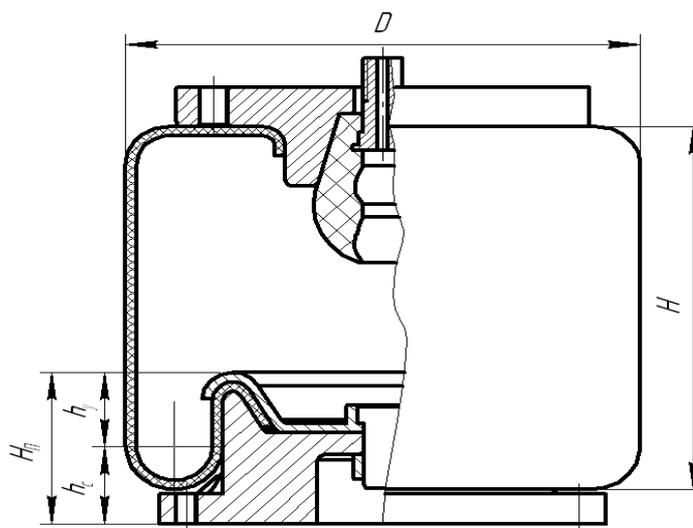


Рисунок 7 – Пневматический баллон

Анализ разрабатываемой подвески проведен с помощью программного продукта САПР VIBRAVTO, разработанного на кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета. При проведении анализа были получены характеристики вибронагруженности человека, АЧХ перемещений и ускорений человека, подрессоренной и непрессоренной частей автомобиля, значения ускорений. Результаты функционального проектирования приведены в графической части.

3.3 Оценки надежности и долговечности основных деталей

Анализ крышки пневмобаллона и штанги на прочность и жесткость произвели в программном продукте SolidWorks, осуществляющем параметрическое твердотельное моделирование машиностроительных конструкций и прикладным пакетом с методом конечных элементов CosmosWorks 6.0. В результате были построены трехмерные модели крышки пневмобаллона и штанги подвески с соответствующими значениями показателей физических свойств. После построения трехмерной модели элементов было проведено разбиение крышки пневмобаллона и штанги подвески на дискретные элементы после чего модели стали готовы для проведения анализа нагруженности.

Рассмотрим результаты анализа моделей.

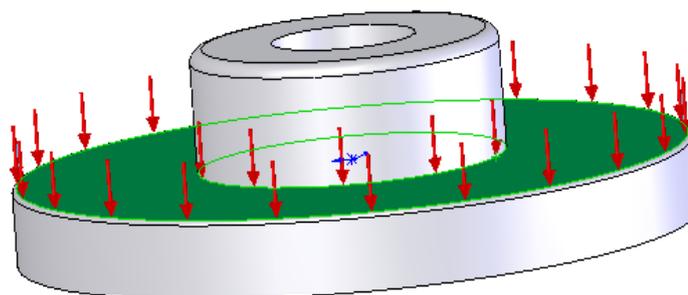


Рисунок 8 – Объемная модель крышки пневмобаллона

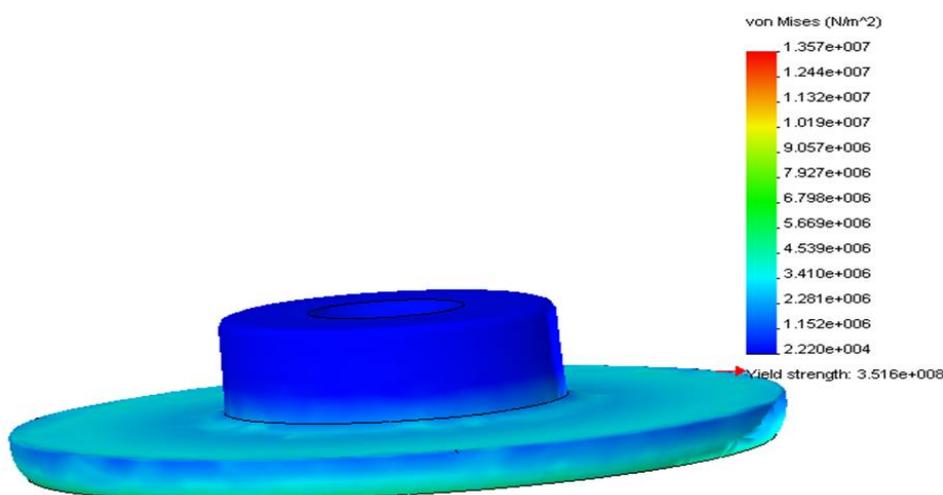


Рисунок 9 – Напряжение, действующее на крышку

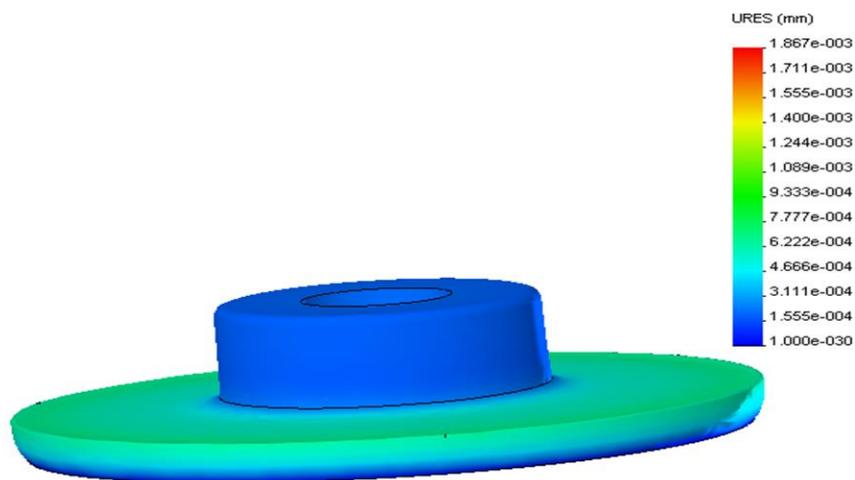


Рисунок 10 – Деформация на крышке

Далее проводится анализ жесткости и прочности штанги с помощью программного обеспечения «COSMOSWorks».

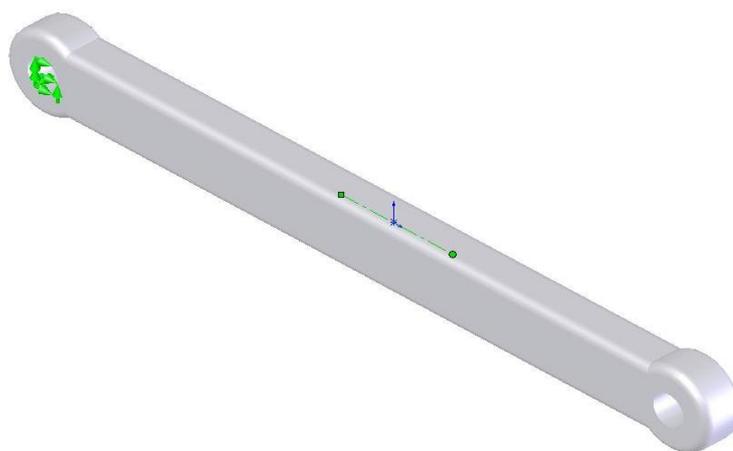


Рисунок 11 – Объемная модель штанги

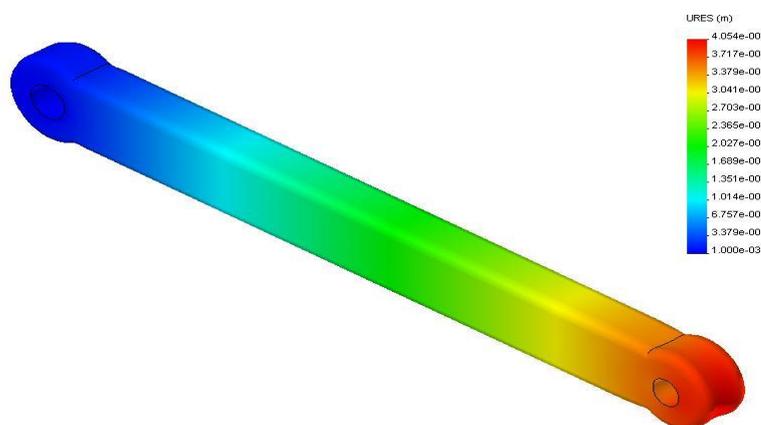


Рисунок 12 – Напряжение, действующее на штангу

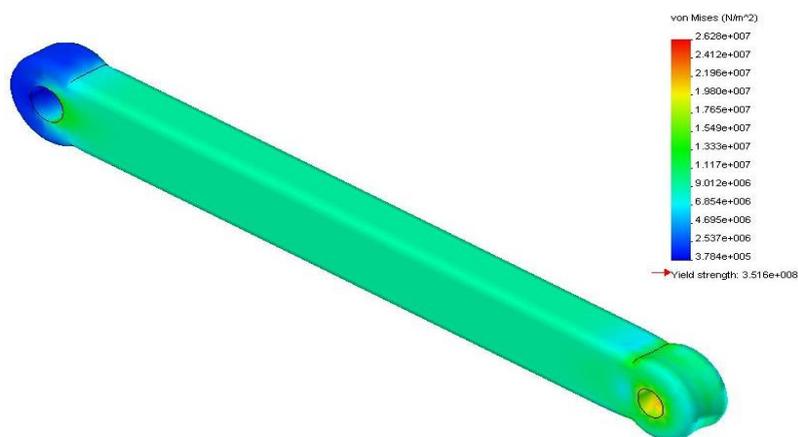


Рисунок 13 – Деформация на штанге

Допускаемые напряжения сжатия 650 МПа, допускаемый прогиб 0,2 мм.

Коэффициент запаса прочности определим по следующему выражению:

$$n = K_{\varepsilon T} \sigma_B / \sigma_{ИЗ} = 0,85 \cdot 650 \cdot 10^6 / 39 \cdot 10^6 = 14, \quad (55)$$

где $K_{\varepsilon T}$ – коэффициент, учитывающий влияние абсолютных размеров 0,85

Проанализировав результаты расчетов в «COSMOSWorks» можно сделать вывод, крышка удовлетворяет пределу прочности и текучести, прогибы и перекосы также являются меньше допускаемых.

Выводы по разделу.

В технической части работы рассмотрены различные виды конструкций подвесок, применяемых в самосвалах с колесной формулой 6х6. Представлены основные преимущества и их недостатки. Также проведены конструкторские расчеты основных элементов, а также изучен вопрос математического моделирования конструкции.

В заключительной части данного раздела проведена оценка надежности и долговечности основных элементов подвески на примере программного обеспечения Solidworks.

4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что модернизация подвески самосвала с колесной формулой 6×6 не будет иметь большого спроса сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [9].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (56)$$

где $F_{д}$ – 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 100 шт» [12].

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{100} = 1242 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки подвески самосвала с колесной формулой 6×6 представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень сборочных работ [20]

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Осмотреть раму самосвала на наличие повреждений и дефектов	10
Взять амортизатор (4 шт.)	4
Осмотреть амортизатор на наличие повреждений и дефектов	4
Взять болт М30-6g×50 UJCN 7808-70 (4 шт.), шайбу 32 65Г ГОСТ 6402-70 (8 шт.), гайку М30-6Н.22 ОСТ 98-074-72 (8 шт.)	1
Взять мост задний при помощи грузоподъемного приспособления	3
Осмотреть мост задний на наличие повреждений и дефектов	5
Установить мост задний на раму	30
Взять мост средний при помощи грузоподъемного приспособления	3
Осмотреть мост средний на наличие повреждений и дефектов	5
Установить мост средний на раму	30
Установить амортизатор на раму, мост задний, мост средний при помощи болтов М30-6g×50 UJCN 7808-70, шайб 32 65Г ГОСТ 6402-70, гаек М30-6Н.22 ОСТ 98-074-72	8
Взять пневмобаллон (4 шт.)	4
Осмотреть пневмобаллон на наличие повреждений и дефектов	8
Взять болт М20-6g×50 ГОСТ 7808-70 (16 шт.), шайбу 22 65Г ГОСТ 6402-70 (16 шт.)	3
Установить пневмобаллон на предусмотренные места крепления на раме, мосту заднем и среднем при помощи болтов М20-6g×50 ГОСТ 7808-70, шайбу 22 65Г ГОСТ 6402-70	25
Взять опору рессоры (2 шт.)	2
Осмотреть опору рессоры на наличие повреждений и дефектов	2
Взять рессоры при помощи грузоподъемного приспособления	4
Осмотреть рессоры на наличие повреждений и дефектов	2
Взять ось балансира (2 шт.)	3
Осмотреть ось балансира на наличие повреждений и дефектов	2
Взять шайбу 48 65Г ГОСТ 6402-70 (2 шт.), шайбу С 48.31 ГОСТ 10450-78 (2 шт.), гайка М48-6Н.22 ОСТ 98-0743-72 (2 шт.), шайбу 12 65Г ГОСТ 6402-70 (4 шт.), болт М10-6g×50 (4 шт.)	2
Установить ось балансира на раму при помощи шайб 48 65Г ГОСТ 6402-70, шайб С 48.31 ГОСТ 10450-78, гайка М48-6Н.22 ОСТ 98-0743-72, шайб 12 65Г ГОСТ 6402-70, болтов М10-6g×50	10
Взять стремянку (4 шт.)	2
Осмотреть стремянку на наличие повреждений и дефектов	2
Взять гайку М30 ГОСТ 15525-70 (8 шт.)	1
Установить рессоры на опору рессоры	2
Установить стремянку на рессоры и ось балансира	6
Закрутить гайку М30 ГОСТ 15525-70	5
Взять буфер подвески (4 шт.)	2
Осмотреть буфер подвески на наличие повреждений и дефектов	2
Взять палец (4 шт.), кронштейн (2 шт.)	1
Установить буфер подвески при помощи пальцев и кронштейнов	8
Взять штангу подвески (4 шт.)	2
Осмотреть штангу подвески на наличие повреждений и дефектов	4

Продолжение таблицы 8

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять штангу подвески (2 шт.)	1
Осмотреть штангу подвески на наличие повреждений и дефектов	2
Взять втулку (42 шт.)	2
Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов	3
Взять втулку распорную (36 шт.)	2
Осмотреть втулку распорную на наличие повреждений и дефектов	3
Взять палец (12 шт.)	1
Осмотреть палец на наличие повреждений и дефектов	2
Взять болт М24-6g×50 ГОСТ 7808-70 (30 шт.), шайбу 24 65Г ГОСТ 6402-70 (30 шт.)	3
Установить штанги к кронштейну, заднему и среднему мостам при помощи втулок, втулок распорных, пальцев, болтов М24-6g×50 ГОСТ 7808-70, шайб 24 65Г ГОСТ 6402-70	40
Взять масленку 1.3Ц6 ГОСТ 19853-74 (14 шт.)	2
Осмотреть масленку 1.3Ц6 ГОСТ 19853-74 на наличие повреждений и дефектов	3
Установить масленки 1.3Ц6 ГОСТ 19853-74 в места предназначенные для крепления	20
Проверить качество выполненных операций и при необходимости выполнить регулировку	30
Итого:	207

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (57)$$

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

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{sum}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (58)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [13].

$$t_{ум}^{общ} = 321 + 321 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 346,68 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки подвески самосвала с колесной формулой 6×6

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 9.

Таблица 9 – Технологический процесс сборки подвески самосвала с колесной формулой 6×6 [2]

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Осмотреть раму самосвала на наличие повреждений и дефектов	Грузоподъемное приспособление, гайковерт, набор головок, рожковые ключи, динамометрический ключ, вороток	291
		2	Взять амортизатор (4 шт.)		
		3	Осмотреть амортизатор на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять болт М30-6g×50 UJCN 7808-70 (4 шт.), шайбу 32 65Г ГОСТ 6402-70 (8 шт.), гайку М30-6Н.22 ОСТ 98-074-72 (8 шт.)		
		5	Взять мост задний при помощи грузоподъемного приспособления		
		6	Осмотреть мост задний на наличие повреждений и дефектов		
		7	Установить мост задний на раму		
		8	Взять мост средний при помощи грузоподъемного приспособления		

Продолжение таблицы 9

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		9	Осмотреть мост средний на наличие повреждений и дефектов		
		10	Установить мост средний на раму		
		11	Установить амортизатор на раму, мост задний, мост средний при помощи болтов М30-6g×50 UJCN 7808-70, шайб 32 65Г ГОСТ 6402-70, гаек М30-6Н.22 ОСТ 98-074-72		
		12	Взять пневмобаллон (4 шт.)		
		13	Осмотреть пневмобаллон на наличие повреждений и дефектов		
		14	Взять болт М20-6g×50 ГОСТ 7808-70 (16 шт.), шайбу 22 65Г ГОСТ 6402-70 (16 шт.)		
		15	Установить пневмобаллон на предусмотренные места крепления на раме, мосту заднем и среднем при помощи болтов М20-6g×50 ГОСТ 7808-70, шайбу 22 65Г ГОСТ 6402-70		
		16	Взять опору рессоры (2 шт.)		
		17	Осмотреть опору рессоры на наличие повреждений и дефектов		
		18	Взять рессоры при помощи грузоподъемного приспособления		
		19	Осмотреть рессоры на наличие повреждений и дефектов		

Продолжение таблицы 9

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		20	Взять ось балансира (2 шт.)		
		21	Осмотреть ось балансира на наличие повреждений и дефектов		
		22	Взять шайбу 48 65Г ГОСТ 6402-70 (2 шт.), шайбу С 48.31 ГОСТ 10450-78 (2 шт.), гайка М48-6Н.22 ОСТ 98-0743-72 (2 шт.), шайбу 12 65Г ГОСТ 6402-70 (4 шт.), болт М10-6g×50 (4 шт.)		
		23	Установить ось балансира на раму при помощи шайб 48 65Г ГОСТ 6402-70, шайб С 48.31 ГОСТ 10450-78, гайка М48-6Н.22 ОСТ 98-0743-72, шайб 12 65Г ГОСТ 6402-70, болтов М10-6g×50		
		24	Взять стремянку (4 шт.)		
		25	Осмотреть стремянку на наличие повреждений и дефектов		
		26	Взять гайку М30 ГОСТ 15525-70 (8 шт.)		
		27	Установить рессоры на опору рессоры		
		28	Установить стремянку на рессоры и ось балансира		
		29	Закрутить гайку М30 ГОСТ 15525-70		
		30	Взять буфер подвески (4 шт.)		
		31	Осмотреть буфер подвески на наличие повреждений и дефектов		
		32	Взять палец (4 шт.), кронштейн (2 шт.)		

Продолжение таблицы 9

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		33	Установить буфер подвески при помощи пальцев и кронштейнов		
		34	Взять штангу подвески (4 шт.)		
		35	Осмотреть штангу подвески на наличие повреждений и дефектов		
		36	Взять штангу подвески (2 шт.)		
		37	Осмотреть штангу подвески на наличие повреждений и дефектов		
		38	Взять втулку (42 шт.)		
		39	Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов		
		40	Взять втулку распорную (36 шт.)		
		41	Осмотреть втулку распорную на наличие повреждений и дефектов		
		42	Взять палец (12 шт.)		
		43	Осмотреть палец на наличие повреждений и дефектов		
		44	Взять болт М24-6g×50 ГОСТ 7808-70 (30 шт.), шайбу 24 65Г ГОСТ 6402-70 (30 шт.)		
		45	Установить штанги к кронштейну, заднему и среднему мостам при помощи втулок, втулок распорных, пальцев, болтов М24-6g×50 ГОСТ 7808-70, шайб 24 65Г ГОСТ 6402-70		
		46	Взять масленку 1.3Ц6 ГОСТ 19853-74 (14 шт.)		
		47	Осмотреть масленку		

Продолжение таблицы 9

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			1.3Ц6 ГОСТ 19853-74 на наличие повреждений и дефектов		
		48	Установить масленки 1.3Ц6 ГОСТ 19853-74 в места предназначенные для крепления		
010	Реулировочная	1	Проверить качество выполненных операций и при необходимости выполнить регулировку		30

Технологическая схема сборки подвески самосвала с колесной формулой 6×6 представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки подвески самосвала с колесной формулой 6×6 и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 10).

Таблица 10 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6 =

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание подвески самосвала с колесной формулой 6×6	1 Установка автомобиля на пост. 2 Проверить состояние амортизаторов, пружин, стабилизаторов, рычагов, шаровых опор и других элементов подвески. 3 Убедиться в отсутствии трещин, деформаций, коррозии и износа. 4 Проверить уровень масла в	«Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, специальный ключ, индикатор, набор щупов, плоскогубцы	Перчатки, краска, ветошь, масло трансмиссионное» [14]

Продолжение таблицы 10

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	гидравлических амортизаторах и при необходимости произвести замену масла. 5 Проверить состояние крепежных элементов и болтов подвески, а также правильность регулировки углов установки колес			

Рассмотрев вопрос характеристики технологического процесса, предлагается перейти к идентификации профессиональных рисков.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван

нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте. Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 11 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания подвески самосвала.

Таблица 11 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка автомобиля на пост. 2 Проверить состояние амортизаторов, пружин, стабилизаторов, рычагов, шаровых опор и других элементов подвески.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции автомобиля» [4].

Продолжение таблицы 11

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
3 Убедиться в отсутствии трещин, деформаций, коррозии и износа.	«Запыленность и загазованность воздуха»	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
4 Проверить уровень масла в гидравлических амортизаторах и при необходимости произвести замену масла.	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	«Электроинструмент» [19].
5 Проверить состояние крепежных элементов и болтов подвески, а также правильность регулировки углов установки колес	«Возможность поражения электрическим током»	Электроинструмент
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [4]
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой»	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [14].
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

Рассмотрев вопрос идентификации профессиональных рисков предлагается перейти к рассмотрению методов и средств их снижения.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [4].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [4].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [19].

Для решения выявленных проблем, используем методы и средства, соответствующие действующим нормативным документам. Также предлагаем меры, указанные в таблице 12, для уменьшения профессиональных рисков.

Таблица 12 – 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 (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [14].

Продолжение таблицы 12

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	<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; – обеспечение дистанционного управления оборудованием 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [14].</p>
«Повышенный уровень шума	<p>Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров</p>	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [19].</p>
«Возможность поражения электрическим током	<p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p>	<p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [14].</p>
«Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [4]</p>	<p>–</p>
«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; 	<p>–</p>

Продолжение таблицы 12

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [19]. 	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. длительность объединённых операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечёт снижение производственных показателей; – чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии» [6]. – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, 	–

Продолжение таблицы 12

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности;</p> <ul style="list-style-type: none"> – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина» [4]; – «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [6]. 	

Рассмотрев вопрос методов и средств для снижения профессиональных рисков предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению пожарной безопасности объекта

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 13).

Таблица 13 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	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» [б].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 № 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» [4].

«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» [4].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании подвески самосвала с колесной формулой 6×6 (таблица 14), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 14 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании подвески самосвала с колесной формулой 6×6

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» [4]

Продолжение таблицы 12

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«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» [19]
«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» [14]
«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» [4].
«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» [19]
«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» [4]

Рассмотрев вопрос обеспечения пожарной безопасности предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению экологической безопасности.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов.

Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;

- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6 и сведем их в таблицу 15.

Таблица 15 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание подвески самосвала с колесной формулой 6×6»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [4].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании подвески самосвала с колесной формулой 6×6:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия,

- ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее) ;
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [22];
 - литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт производственно-технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6;
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технологического процесса обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6 и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе обслуживания подвески самосвала с колесной формулой 6×6 и разработаны мероприятия по их снижению.

6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку конструкции подвески самосвала необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания конструкции, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на разработку конструкции подвески, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания конструкции (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

«Затраты на изготовление конструкции подвески самосвала определяем по формуле:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{н.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (59)$$

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

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

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

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

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р» [7].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_{к} \cdot C_{к}, \quad (60)$$

где $Q_{к}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{к}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 120,0 р./кг» [7].

Корпусные детали для данной конструкции подвески не разрабатывались.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_{м}, \quad (61)$$

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

$C_{м}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р» [7].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_{ч} \cdot \kappa_t, \quad (62)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, (опора пневморессоры 1,0 чел.-ч.; крышка 0,3 чел.-ч.; опора пневмобаллона 0,7 чел.-ч.);

$C_{ч}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду;

κ_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимается равным 1,03» [7].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р. Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [7].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$ р./ч.

$$C_{np} = 2 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 323,17 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\partial} = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (63)$$

$$C_{\partial} = 10 \cdot 323,17 / 100 = 32,31 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_{\partial}) / 100, \quad (64)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (323,17 + 32,31) / 100 = 106,64 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma np} = 323,17 + 32,31 + 106,64 = 462,12 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 462,12 р.

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (65)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [7].

$$C_m = 160 \cdot 34 = 5440 \text{ р.}$$

$$C_{o.d} = 462,12 + 5440 = 5902,12 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 622,12 р.

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

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (66)$$

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» [7].

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

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (67)$$

где $T_{сб}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч.

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (68)$$

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

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [7].

По справочным данным трудоемкость сборки принимаем равную 16,0 чел.-ч.

$$T_{сб} = 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 20 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 3231,72 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 3231,72 = 323,17 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (3231,72 + 323,17) = 1066,46 \text{ р.},$$

$$C_{сб.н} = 3231,72 + 323,17 + 1066,46 = 4621,35 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 4621,35 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C'_{np} \cdot R_{он})}{100}, \quad (69)$$

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

$R_{он}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [7].

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{сб}), \quad (70)$$

$$C'_{np} = 323,17 + 3231,72 = 3554,89 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(3554,89 \cdot 15)}{100} = 533,23 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Числовое значение, руб.
Амортизатор (4 шт.)	14000
Штанги подвески (6 шт.)	66000
Рессоры	60000
Втулка (78 шт.)	7800
Пневмобаллон (4 шт.)	22000
Ось балансира (2 шт.)	12000
Буфер подвески (4 шт.)	8000
Метизы	2500
Итого:	192300

$$C_{нд} = 14000 + 66000 + 60000 + 7800 + 22000 + 12000 + 8000 + 2500 = 192300 \text{ р.}$$

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости нашей разработки.

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 0 + 5902,12 + 192300 + 4621,35 + 533,23 = 203356,7 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление конструкторской разработки подвески самосвала сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Затраты на изготовление конструкторской разработки подвески самосвала

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	0
Стоимость изготовления оригинальных деталей	5902,12
Общая заработная плата на сборку	4621,35
Общепроизводственные накладные расходы	533,23
Стоимость покупных изделий	192300
Итого:	203356,7

Общие затраты на изготовление конструкции подвески самосвала равны 203356,7 р.

Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_Г &= C_{ПР} - C_{КОН}, \\ \mathcal{E}_Г &= 250000 - 203356,7 = 46643,3 \text{ р.} \end{aligned} \quad (71)$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$\begin{aligned} O_{ОК} &= \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \\ O_{ОК} &= \frac{203356,7}{46643,3} = 4,36 \text{ года.} \end{aligned} \quad (72)$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{ЭФ} &= \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}, \\ \mathcal{E}_{ЭФ} &= 46443,3 - 0,15 \cdot 203356,7 = 15939,79 \text{ р.} \end{aligned} \quad (73)$$

В таблице 18 представлены основные показатели проекта.

Таблица 18 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	250000	203356,7
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	46643,3
Экономический эффект при внедрении конструкции	р.	–	15939,79
Срок окупаемости	год	–	4,36

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки конструкции подвески самосвала с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции подвески самосвала составляет 203356,7 р., срок окупаемости равен 4,36 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана конструкция подвески самосвала с колесной формулой 6×6 полной массой 45 тонн. Ключевым вопросом дипломного проекта является проектирование подвески самосвала 6х6 для повышения потребительских качеств автомобиля.

В работе затрагивается проблема разработки оптимальной конструкции подвески для самосвала 6х6 с учетом существующих требований безопасности, эргономических и эстетических требований, комфортабельности, надежности, снижения совокупных затрат на производство, обслуживание и эксплуатацию.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены условия работы самосвала полной массой 45 тонн, схемы подвесок, выполнен анализ схем подвесок методом экспертных оценок, по результатам которого определено, что в качестве упругого элемента эффективнее всего использовать пневматический элемент;
- выполнен тягово-динамический расчёт самосвала;
- рассмотрена конструкция и принцип действия разрабатываемой подвески, выполнены конструкторские расчеты подвески, проведена оценка надежности и долговечности крышки пневмобаллона и штанги на прочность и жесткость;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемой подвески;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции подвески самосвала с колесной формулой 6×6 с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. «Автомобили». - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с

2 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

3 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине «Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

4 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

5 Гребнев В. П. Тракторы и автомобили [Электронный ресурс] : теория и эксплуатационные свойства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия"

/ В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин ; под общ. О. И. Поливаева.
- 2-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2015. - 260 с.

6 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

7 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

8 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации «Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

9 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

10 Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке : [монография] / П. Л. Мариев [и др.] ; Российская акад. наук, Ин-т проблем трансп. - Санкт-Петербург : Наука, 2006. - 386, [1] с.

11 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста «Полиграфкнига»). - Обл., 179 с.

12 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

13 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 15.03.01 «Машиностроение» (квалификация (степень) «бакалавр») / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

14 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

15 Основные характеристики и тенденции развития современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов : учебное пособие / А. П. Иншаков [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Мордовский гос. ун-т им. Н. П. Огарева». - Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2007. - 162, [4]с.

16 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

17 Уханов, А. П. Конструкция и основы теории транспортных машин [Текст] : учебное пособие / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. В. Рыблов ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. - Пенза : РИО ПГСХА, 2015. - 226 с.

18 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

19 Школьников, А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

20 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология производства наземных транспортно-технологических средств» / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, сор. 2018. - 65 с.

- 21 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.
- 22 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.
- 23 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.
- 24 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.
- 25 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А
Спецификации

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<i>Документация</i>					
А4		23.ДП.01.1516.101.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
А1		23.ДП.01.1516.101.000.В0	Чертёж общего вида	1	
<i>Заемствованные изделия</i>					
1		7504В-2300000	Мост передний	1	
2		7504В-2400000	Мост задний	1	
3		7504В-2500000	Мост средний	1	
4		7504В-2800000	Рама	1	
5		7504В-3400000	Управление рулевое	1	
6		7504В-3500000	Тормоза	1	
7		7504В-5000000	Кабина	1	
8		7504В-6000000	Кузов	1	
<i>Покупные изделия</i>					
9			Двигатель "Cummins"	1	
10			Коробка передач "ZF" 6WG 310	1	
11			Шины 24.00R35	6	
<i>Вновь разрабатываемые изделия</i>					
12		23.ДП.01.1516.112.000.СБ	Подвеска	1	
23.ДП.01.1516.101.000					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Богданов М.В.			
Пров.		Угарова Л.А.			
Н.контр.		Угарова Л.А.			
Утв.		Бодровский А.В.			
Автомобиль-самосвал			Лит.	Лист	Листов
			Д	1	1
			ТГУ, АТс-1801z		
<i>Копировал</i>			<i>Формат А4</i>		

Рисунок А.1 – Спецификация на автомобиль-самосвал

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			23.ДП.01.151.61.12.000.СБ	Сборочный чертеж	2	
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	23.ДП.01.151.61.01.000	Амортизатор	4	
		2	23.ДП.01.151.61.02.000	Мост задний	1	
		3	23.ДП.01.151.61.03.000	Мост средний	1	
		4	23.ДП.01.151.61.04.000	Опора рессоры	2	
		5	23.ДП.01.151.61.05.000	Пневмобаллон	4	
		6	23.ДП.01.151.61.06.000	Рессора	2	
<i>Детали</i>						
		7	23.ДП.01.151.61.12.007	Буфер подвески	4	
		8	23.ДП.01.151.61.12.008	Втулка	42	
		9	23.ДП.01.151.61.12.009	Втулка распорная	36	
		10	23.ДП.01.151.61.12.010	Кронштейн	2	
		11	23.ДП.01.151.61.12.011	Ось балансира	2	
		12	23.ДП.01.151.61.12.012	Палец	12	
		13	23.ДП.01.151.61.12.013	Палец	4	
		14	23.ДП.01.151.61.12.014	Стремянка	4	
		15	23.ДП.01.151.61.12.015	Штанга подвески	4	
		16	23.ДП.01.151.61.12.016	Штанга подвески	2	
			23.ДП.01.151.61.12.000			
Изм./Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Богданов МВ				
Пров.		Угарова ЛА				
Н.контр.		Угарова ЛА				
Утв.		Бодоровский АВ				
Подвеска задняя				ТГУ, АТс-1801z		
				Лит. Лист Листов Д 1 1		
				Копировал Формат А4		

Рисунок А.2 – Спецификация на заднюю подвеску

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A1			23.ДП.01.151.61.12.000.СБ	Сборочный чертеж	2		
<i>Сборочные единицы</i>							
		1	23.ДП.01.151.61.01.000	Амортизатор	4		
		2	23.ДП.01.151.61.02.000	Мост задний	1		
		3	23.ДП.01.151.61.03.000	Мост средний	1		
		4	23.ДП.01.151.61.04.000	Опора рессоры	2		
		5	23.ДП.01.151.61.05.000	Пневмобаллон	4		
		6	23.ДП.01.151.61.06.000	Рессора	2		
<i>Детали</i>							
		7	23.ДП.01.151.61.12.007	Буфер подвески	4		
		8	23.ДП.01.151.61.12.008	Втулка	42		
		9	23.ДП.01.151.61.12.009	Втулка распорная	36		
		10	23.ДП.01.151.61.12.010	Кронштейн	2		
		11	23.ДП.01.151.61.12.011	Ось балансира	2		
		12	23.ДП.01.151.61.12.012	Палец	12		
		13	23.ДП.01.151.61.12.013	Палец	4		
		14	23.ДП.01.151.61.12.014	Стремянка	4		
		15	23.ДП.01.151.61.12.015	Штанга подвески	4		
		16	23.ДП.01.151.61.12.016	Штанга подвески	2		
			23.ДП.01.151.61.12.000				
Изм./лист		№ докум.		Подп.		Дата	
Разраб.		Богданов МВ					
Пров.		Угарова ЛА					
Н.контр.		Угарова ЛА					
Утв.		Бодоровский АВ					
Подвеска задняя				Лит		Лист	
				Д		1	
				ТГУ, АТс-1801z			
Копировал				Формат А4			

Рисунок А.3 – Спецификация на заднюю подвеску