

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 автодома на базе автобуса ЛиАЗ-5292

Студент

И.А. Берегов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

ст. преподаватель О.А. Головач

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка автодома на базе автобуса ЛиАЗ-5292». Актуальность темы обусловлена ростом интереса к внутреннему туризму в России, при необходимости обеспечения автономности и независимости от инфраструктуры. Разработанный автодом позволит повысить интерес к внутреннему туризму и способствовать развитию автомобилестроительной отрасли.

Структура дипломной работы представляет собой пять глав, оглавление, введение, заключение, список литературы, включающий иностранные источники. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы. Графическая часть представлена на девяти листах формата А1.

Ключевым значением проекта является разработка автомобильного дома, имеющего собственную автономную систему жизнеобеспечения. При разработке была произведена доработка кузова автобуса под размещение инфраструктуры автомобильного дома.

Целью проекта является проведение модернизации трансмиссии и подвески транспортного средства, в соответствии с назначением автомобильного дома.

Дипломная работа логически может быть разбита на следующие связанные разделы. В первом разделе был произведен анализ истории появления транспортных средств на базе автобусов, включая иностранный опыт проектирования. Во втором разделе произведен подбор транспортного средства, которое может быть взято в качестве базового и выполнен тяговый расчет, подтверждающий возможность использования его в дорожных условиях. Выполнен расчет отдельных узлов и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции.

В третьем разделе ходе выполнения работы была разработана технология и создана технологическая карта на сборку подвески автобуса, который используется в качестве базы для создания автомобильного дома.

В четвертом разделе произведен анализ безопасности производства сборочных работ при проведении доработки кузова автобуса.

Результирующим фактором, подтверждающим эффективность выполненной работы, является расчет себестоимости проведения работ по доработке и оснащению автодома, выполненный в пятом разделе. Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на листах графической части.

## **Abstract**

The theme of the graduation project is "Development of a motorhome based on the LiAZ-5292 bus." The relevance of the topic is due to the growing interest in domestic tourism in Russia, if necessary, to ensure autonomy and independence from infrastructure. The developed motorhome will increase interest in domestic tourism and contribute to the development of the automotive industry.

The structure of the thesis consists of five chapters, a table of contents, an introduction, a conclusion, a list of references, including foreign sources. In the settlement and explanatory note, the work is illustrated with figures, the main calculations and data are summarized in tables.

The thesis can be logically divided into the following related sections. In the first section, an analysis is made of the history of the appearance of vehicles based on buses, including foreign design experience. In the second section, a selection of a vehicle is made, which can be taken as the base one and a traction calculation is performed, confirming the possibility of using it in road conditions. Also we make calculations of individual components and parts, power and strength of the structure.

In the third section of the progress of the work, a technology is developed and a technological map is created for the assembly of the bus suspension, which is used as a base for creating an automobile house.

The fourth section analyzes the safety of assembly work during the completion of the bus body.

The resulting factor confirming the effectiveness of the work performed is the calculation of the cost of carrying out work to finalize and equip the motorhome, performed in the fifth section. The results of the work carried out are presented in the settlement and explanatory note and on the sheets of the graphic part.

## Содержание

Введение .....	4
1 Технический и конструкторский анализ объекта разработки .....	9
1.1 История появления автомобильного дома .....	9
1.2 Анализ различных конструкторских решений для автодомов .....	14
1.2.1 Конструкторское решение для автодома .....	14
1.2.2 Конструкторское решение для кемперванов .....	17
1.2.3 Конструкторское решение для кемпера на базе грузового автомобиля и автобуса .....	21
2 Расчет тягово-экономических характеристик автобуса ЛиАЗ-5292 .....	25
2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства .....	25
2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя .....	26
2.3 Тяговый расчет транспортного средства .....	28
2.4 Расчет параметров трансмиссии транспортного средства .....	30
2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах .....	31
2.6 Определение силы сопротивления дороги .....	33
2.7 Определение силы сопротивления воздуха .....	34
2.8 Определение силы инерции .....	36
2.9 Расчет и построение динамического фактора автомобиля .....	37
2.10 Определение критической скорости .....	38
2.11 Построение динамического паспорта автомобиля .....	39
2.12 Расчет и построение графика разгона автомобиля .....	41
2.13 Расчет и построение графиков времени и пути разгона .....	42
3 Конструкция подвески автодома на базе автобуса ЛиАЗ-5292 .....	45
3.1 Устройство подвески автобуса .....	45
3.2 Анализ патентных документов .....	47
3.3 Расчет элементов подвески автодома .....	59
4 Разработка технологического процесса сборки подвески автобуса .....	65

4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку .....	65
4.2 Технологический процесс сборки подвески .....	66
5 Охрана труда и безопасность объекта проектирования .....	71
5.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ) .....	71
5.2 Идентификация профессиональных рисков .....	71
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	76
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	79
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	81
6 Экономический раздел дипломного проекта .....	83
6.1 Анализ объекта дипломного проектирования .....	83
6.2 Исходные данные для расчета .....	83
6.3 Расчет затрат на материалы .....	84
6.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты .....	85
6.5 Расчет затрат на заработную плату .....	86
Заключение .....	89
Список используемых источников .....	91

## Введение

Разработка автодома на базе автобуса ЛИАЗ-5292 является темой выпускной квалификационной работы – дипломного проекта.

Непростая ситуация в сфере туризма заставляет обращать внимание на виды отдыха, популярные за рубежом, но не имевшие распространения на территории России. В частности, речь идет о путешествиях с использованием автомобильного дома. Подобный вид путешествий очень популярен в Северной Америке, в первую очередь по причине больших пространств, позволяющих совершать значительные переезды и большое разнообразие туристических зон. Россия является страной, в большей степени превосходящей по возможностям внутреннего туризма многие страны мира. В тоже время, отсутствие развитой кемпинговой культуры и инфраструктуры заставляют в путешествиях задуматься о максимальной автономности и возможностях проживания с комфортом даже при отсутствии инфраструктурных объектов. Решением может стать выпуск транспортных средств, рассчитанных на автономное проживание в путешествии семьи или компании из нескольких человек, обычно компании из 4-6 человек. Разработка автодома на базе автобуса является оптимальным решением, также позволяющим положительно сказаться на развитии внутреннего туризма страны.

В рамках выполнения дипломного проекта был выполнен анализ различных разновидностей автомобильных домов. Рассмотрены виды автомобильных домов, выполненных на различных типах автотранспортных средств. Разработка автомобильного дома ведется на основе автобуса ЛИАЗ-5292, который подвергается доработке в части подвески и, конечно, в компоновке кузова. В первую очередь, кузов полностью перекомпоунется под размещение различных объектов, относящихся к системам жизнеобеспечения

и обеспечению длительного пребывания 4-6 человек в течении длительного времени.

Проводимая модернизация в значительной степени влияет на массовые характеристики автобуса, что потребует внесения в трансмиссию и подвеску транспортного средства. Кроме того, это потребует значительных изменений в каркас кузова автобуса, что также будет отражено в дипломном проекте.

Отдельным разделом расчетно-пояснительной записки и графической части будет являться технологический раздел. В рамках произведенной работы будет выполнена разработка технологической карты по доработке кузова автобуса.

«В работе производится расчет параметров безопасности труда при производстве и проектировании автомобильного дома и расчет экономической эффективности объекта дипломного проектирования.

Целью экономического обоснования будет являться расчетное подтверждение эффективности проведенной модернизации автомобиля. Основной целью расчета будет являться определение предельной цены конечного продукта – автодома. Рынок автодомов в России проходит стадию развития, в отличие от рынка Северной Америки и Европы, поэтому конкуренция среди отечественных производителей невысока, но основными игроками выступают производители из-за рубежа.» [12]

Проводимая в рамках работа не будет являться основанием для запуска изделия в серию. Произведенная разработка будет являться мелкосерийной техникой, производимой на дочерних или смежных предприятиях, относящихся к автомобильным ателье или тюнинговым мастерским.

# 1 Технический и конструкторский анализ объекта разработки

## 1.1 История появления автомобильного дома

«Автодомом называется транспортное средство, в котором смонтирован жилой модуль, оснащенный соответствующей инфраструктурой для длительного пребывания людей внутри него.

Наружный экстерьер и дизайн подобного транспортного средства будет напоминать автобус, даже если в качестве основы используется грузовой автомобиль. Пример такого транспортного средства приведен на рисунке 1.»  
[5]



Рисунок 1 – Автодом на базе грузового автомобиля Scania

Подобные транспортные средства являются штучными экземплярами, производимыми по индивидуальным проектам и ориентированными на премиальный сегмент, который ставит его на один уровень с яхтами и люксовыми автомобилями. То есть, данное транспортное средство стоит рассматривать исключительно как предмет роскоши.

«Обязательной и неотъемлемой частью любого автомобильного дома будут являться места для размещения пассажиров, трансформируемые в спальные места объекты интерьера кузова. Для создания комфорта и обеспечения автономного проживания автодома оснащаются душем, санузлом, кухней, системой водоснабжения, автономным отопителем, освещением модуля. В последнее время также наблюдается устойчивая тенденция применения альтернативных источников энергии для снабжения дома. Например, многие производители размещают на крыше дома солнечные панели, устанавливают дополнительные аккумуляторы, заряжаемые от внешних источников и тому подобные устройства.

Транспортное средство класса RV является более комфортно оснащенный транспортным средством, по качеству оснащение таких автодомов приближается к квартирам и индивидуальным домам. Как правило, в составе транспортного средства класса RV присутствует отдельная кухня или кухонная зона, изолированная спальня и санузел, имеющий более качественное оборудование, в сравнении с трейлерами и кэмперами. RV варьируются от утилитарных – которые содержат исключительно помещения для сна и отдыха и минимальный комплект зоны кухни, до уровня «luxury», оборудованные кондиционером, накопительным водонагревательным устройством, приемником телевизионного спутникового сигнала и имеющими внутреннюю отделку из премиумных материалов, применяемых в отделке яхт и жилых помещений частных домов.» [5]

Мобильный дом не является чем-то возникшим недавно, исключительно благодаря появлению автомобиля. Первые образцы подобных видов транспорта в Европе упоминаются еще в средневековье. Своеобразным прародителем идеи жилья на колесах являются «караваны» и «таборы», когда люди используют средства передвижения для проживания. Разумеется, эти образцы были бесконечно далеки в плане технического соответствия, имея, пожалуй, только общий функционал и ничего более с современным понятием «автомобильный дом».

«В Канаде первые автодома были построены на кузовах легковых или грузовых автомобилей примерно с 1910 года.

В Австралии самый ранний известный дом на колесах был построен в 1929 году. Этот дом на колесах признан первым моторизованным караваном в Австралии и в настоящее время находится в музее Гулва, рисунок 2.» [5]



Рисунок 2 – Туристический трейлер на базе легкового автомобиля, Австралия, 1929

«Настоящий бум производства трейлеров и автодомов пришелся на послевоенное время. Пиком стали 70-е года XX века, когда в Европе и Америке наблюдался повышенный спрос на транспортные средства подобного вида. Примером европейского транспорта может являться Ханомаг-Хеншель Орион, рисунок 3» [5]

Как правило, основой для этих транспортных средств уже являлись не легковые автомобили, а грузовики или минивены, получившие в то время широкое распространение в европейских странах и странах Северной Америки и ставшие своеобразным символом того времени.



Рисунок 3 – Автодом Ханомаг-Хеншель Орион, 1970-е годы

«Но настоящей родиной автодомов оставались США, где и по сей день производится большинство известных видов домов на колесах. Типичные образцы, характерные для XX века представлены на рисунках 4 и 5.» [5]



Рисунок 4 – Автодом Dodge Travco, 1970 г



Рисунок 5 – Автодом GMC Motorhome, 1973 г

«Около 85% домов на колесах, производимых в США, производятся в штате Индиана. Согласно официальных данных Industry Association, эта отрасль имеет ежегодный оборот только в штате Индиана в размере 32,4 млрд. долларов США, и обеспечивает 126140 рабочих мест и 7,8 млрд. долларов США в виде заработной платы.

Меры по снижению влажности аналогичны мерам, применяемым для квартир, которые включают аэрацию и вентиляцию в сочетании с отоплением. Также может помочь приготовление пищи и сушка одежды на открытом воздухе. Осушитель может быть введен для того, чтобы понизить уровень влажности, но не удалить основную причину, и как таковой, часто можно рассматривать как временное решение. Следует отметить, что дополнительная теплоизоляция редко является практическим решением для RV, так как редко бывает достаточно места, чтобы сделать изоляцию достаточно толстой, чтобы предотвратить конденсацию и связанный рост плесени.» [27]

## 1.2 Анализ различных конструкторских решений для автодомов

### 1.2.1 Конструкторское решение для автодома

«Автомобильный дом (автодом, автобус), является одним из видов самоходных рекреационных автомобилей (RV), который предлагает жилые отсеки в сочетании с двигателем автомобиля, рисунок 6.» [5]



Рисунок 6 – Съемный жилой модуль микроавтобуса Нумег

Как правило, жилые модули, монтируемые на легкие грузовики, имеют автономную конструкцию, позволяющую выполнять его демонтаж на базу транспортного средства без какой-либо сложной предварительной подготовки. «Разумеется, наиболее подходящими для этого будут являться транспортные средства рамной конструкции, поэтому для модернизации очень часто выбираются автобусы повышенной проходимости и легкие грузовики, рисунок 7, рисунок 8.» [5]

Минусом подобной конструкции будет являться отсутствие связи между кабиной транспортного средства и жилым модулем.



Рисунок 7 – Автодом на шасси грузовика Ford Splinter различных модификаций



Рисунок 8 – Жилой модуль на шасси микроавтобуса Deslex Alkov

«Создание автодома в привычном понимании относится к 1910 году, когда компания по производству автомобилей Pierce-Arrow представила

модель Touring Landau на американском автосалоне, проводимом в Мэдисон Сквер Гарден . Вовремя Второй мировой войны производство автомобильных домов было остановлено. Возобновление производства для внутреннего рынка было начато в 1950-х годах XX века. Именно тогда автомобильные конструкторы решили использовать в качестве базы шасси рамных грузовиков и автобусов, на который монтировался жилой модуль, рисунок 9.

Автомобильный производитель Раймонд Франк дал подобных транспортным средствам наименование «дом на колесах», которое применяется по сей день применительно к жилым модулям различных типов, рисунок 10.» [5]



Рисунок 9 – Дом на колесах на базе микроавтобуса Ultra Van

В целом конструкции автомобильных домов на базе транспортных средств типа микроавтобус обладает простотой, но вместе с тем, ограниченная масса и объём не располагает к проживанию в них более трех человек. В отдельных случаях, бывают экземпляры, рассчитанные на большее количество

людей, но как правило это уже требует более грузоподъемной и большой базы транспортных средств.

### 1.2.2 Конструкторское решение для кемперванов

«Фургоны (или кемпер ван) являются мобильным транспортным средством, которое предоставляет как транспорт, так и спальное место. Термин в основном представляет фургоны, которые были оборудованы, часто с кузовом для кареток для использования в качестве жилья, рисунок 10» [10]



Рисунок 10 – Шевроле Олдтаймер пикап-кемпер

«По большей части, к категории кемперванов относят транспортные средства с колесной формулой 4x4, приспособленные к передвижению вне дорог общего пользования. Зачастую, такие транспортные средства не имеют отдельного жилого модуля, а оснащаются палатками или иными конструкциями, расположенными в кузове или на крыше транспортного средства и легко монтируемые в жилые места.» [5]

«Например, в Европе Citroën H-Van использовался в качестве базы для многих модификаций, и был особо популярен в Бельгии и Голландии. Транспортное средство имело несколько модификаций, отличающихся по

длине и высоте. Общим являлось то, что Citroën H-Van во всех версиях имел низкий пол и высокий потолок кузова, что являлось признаком его первоначальной модификации: первоначально этот транспорт разрабатывался как автомобильная лавка и имел достаточно вместительный кузов, рисунок 11.» [10]



Рисунок 11 – Кемпер ван на базе Citroën H-Van

«Современные среднеразмерные японские фургоны, такие как Toyota Hiace, иногда переделывают, чтобы выглядеть как классический Volkswagen, рисунок 12» [10] Подобное решение также находит свое отражение на тематическом сегменте предложений для транспортных средств и не является массовым на рынке автомобильных домов и транспортных средств. Кроме того, данные транспортные средства не являются вместительными и не располагают полнотой комфорта полноразмерных домов на колесах.



Рисунок 12 – Кемпер ван на базе микроавтобуса Фольксваген Кемпер

При некоторых модификациях кемперов крыша не изготавливается демонтируемой, но при этом производится доработка с целью увеличения общей высоты. Пример такой доработки приводится на рисунке 13, рисунке 14.



Рисунок 13 – Кэмперван с крышей «high top» на базе микроавтобуса

Мерседес



Рисунок 14 – Кэмпervан с крышей «high top» на базе микроавтобуса Mazda

«Современный кемпер может содержать некоторые или все из следующих функций:

- Газ-пропан/электрический приведенный в действие холодильник;
- Газ-пропан / электрическая варочная панель и / или гриль;
- Микроволновая печь;
- Духовка;
- Пропановый газовый или электрический водонагреватель;
- Одна или несколько кроватей, некоторые из которых предназначены для использования и в дневное время;
- Электричество подается от встроенной батареи или от внешнего источника;
- Встроенный или кассетный унитаз со съемным резервуаром для унитаза - смывной унитаз с доступом, как правило, за пределами лагеря для легкого опорожнения. Некоторые модели имеют поворотную систему для дополнительного пространства;
- Душевая кабина;
- Телевидение (с антенной и / или спутниковой антенной );

- Кондиционер (по крайней мере, нормальная система кабины транспортного средства);
- Комнатный обогреватель или центральное отопление;
- Бак для питьевой воды;
- Бак сточных вод для «серой» (промывной) воды и черной (канализационной) воды;
- Выдвижной внешний тент - выдвижной холст, который обеспечивает защиту от солнца;
- Генератор - на бензине, дизеле или пропане;
- Солнечные батареи - для дополнительного производства электроэнергии;
- Подставка для велосипеда - устройство для переноски велосипедов, обычно крепящееся к задней части автофургона» [7]

### **1.2.3 Конструкторское решение для кемпера на базе грузового автомобиля и автобуса**

«В Соединенных штатах Америки термин «Кемпер на базе грузового автомобиля» и его производная аббревиатура ТС (truck camper) применяется ко сем транспортным средствам, жилой модуль в которых монтируется на раме грузового автомобиля или на раме тяжелого пикапа, рисунок 15.

Такой форм-фактор жилого модуля во многом привлекателен тем, что он дает транспортному средству большую мобильность, позволяя проезжать без особых усилий там, где могут проехать обычные автомобили.» [5]

Пример создания и эксплуатации подобных транспортных средств свидетельствует об их высоких характеристиках эксплуатационных параметров. Подобные транспортные средства обладают высоким спросом со стороны сегмента потребителей, заинтересованных в наличии проходимого и комфортабельного транспортного средства. Как правило это охотники, вахтовые команды и прочие потребители. Данные транспортные средства также производятся мелкими сериями, но уже непосредственно на предприятиях автопрома.



Рисунок 15 – Кемпер на базе грузового автомобиля повышенной проходимости Mitsubishi

Другой разновидностью вместительных транспортных средств, совмещающих в себе функции транспорта и жилого помещения являются дома на базе автобусов. Пример такого транспортного средства приводится на рисунке 16.



Рисунок 16 – Дом на колесах на базе пассажирского автобуса

Несомненным плюсом подобного решения является большая вместимость в сравнении с традиционными автотранспортными средствами, а также возможность размещения большого количества оборудования, делающего пребывание в нем на уровне комфорта жилого дома. Образец компоновки автобуса в жилой модуль приводится на рисунке 17.



Рисунок 17 – Компоновка внутреннего пространства жилого модуля автобуса

Как видно из рисунка 17, большое внутренне пространство и возможности несущей рамы автобуса, позволяет разместить большое количество оборудования, направленная на создание комфортабельных условий для проживания людей в автономных условиях, поскольку так же внутри размещается бок с питьевой, технической водой, бак для сбора стоков, электрические сети, спальные места и места для хранения.

Необходимо понимать, что подобное решение применимо как к автобусам большого класса, так к автобусам малого и среднего класса.

Примером такого может являться создание автодома-кемпера на базе автобуса ПАЗ, рисунок 18.



Рисунок 18 – Автодом на базе автобуса ПАЗ

Наиболее перспективным для размещения компании из 4-6 человек будет являться автобус большого класса. Именно такой автобус принят в качестве основного транспортного средства, на базе которого будет производиться разработка.

Выводы по разделу. Был произведен анализ истории появления транспортных средств, предназначенных для размещения людей. На основании имеющейся информации были выявлены несколько классов конструкторских решений транспортных средств данного класса и принято решение о создании дома на колесах на базе автобуса большого класса ЛиАЗ-5292.

## 2 Расчет тягово-экономических характеристик автобуса ЛиАЗ-5292

### 2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства

В тяговом расчете необходимо рассчитать тяговые характеристики автобуса ЛиАЗ-5292. Расчет производится на основании данных, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для тягового расчета

Исходные параметры	Значение параметров
Длина/Ширина/Высота, мм	12410 / 2500 / 2880 (2938 по кондиционеру)
Количество/ширина дверей, мм	1 / 1325
Высота потолка в салоне, мм	2200...2300
Тип кузова	Низкопольный, несущий, цельнометаллический, вагонной компоновки
Мин. радиус разворота, м	11,5
Масса снаряженная/технически допустимая, кг	10500 / 18000
Нагрузка на переднюю/заднюю ось от технически допустимой массы, кг	6500 / 11500
Общее количество мест (в т.ч. посадочных)	108 (28+1 инв.), 114 (28+0 инв.)

## Продолжение таблицы 1

Исходные параметры	Значение параметров
Емкость топливного бака/газовых баллонов, л	297 (220+77)
Шасси/мост	Передний мост: ZF RL-85A зависимый, порталный с дисковыми тормозами, Задний мост: ZF AV-132/870/6.50 порталный, с центральным коническим редуктором, дисковыми тормозами
Рулевой механизм	RB Servocom 8098 с гидравлическим усилителем руля
Тормозная система	Пневматическая, двухконтурная, с ABS, ASR
Вентиляция	Естественная и принудительная
Система отопления	Жидкостная, с использованием тепла системы охлаждения двигателя и независимого жидкостного подогревателя
Шины	275 / 70 R 22,5
База, мм	5960

### 2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя

«Движение автомобиля происходит под воздействием сил и моментов, которые подразделяют на движущие и оказывающие сопротивление движению.» [1]

«Основной движущей силой является крутящий момент на ведущих колесах в виде касательной реакция дороги на ведущее колесо автомобиля

(тяговой силы  $P_m$ ). Она обусловлена взаимодействием колеса с поверхностью дороги.

В расчете используются следующие обозначения параметров.

$N_e$  – эффективная мощность;

$M_e$  – эффективный момент;

$n_e$  – частота вращения коленчатого вала;

На кривых  $N_e$  и  $M_e$  можно отметить четыре характерные точки:

$a$  – минимально устойчивое число оборотов  $n_{min}$  вала двигателя;

$b$  – максимальная мощность двигателя

$c$  – максимальный крутящий момент  $M_{max}$

$d$  – максимальное число оборотов вала двигателя и, соответственно, максимальной скорости движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием.  $n_{max}$ » [2]

«При отсутствии экспериментальных данных пользуются эмпирическими зависимостями, позволяющими по известным координатам одной точки воспроизвести всю кривую мощности.» [1]

$$N_e = N_{max} \cdot \left[ \frac{a \cdot n_e}{n_N} + b \cdot \left( \frac{n_e}{n_N} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{n_e}{n_N} \right)^3 \right] = K \cdot N_{max}, \text{ кВт} \quad (1)$$

«Где  $N_{max}$  и  $n_N$  – соответственно значение максимальной эффективной мощности, кВт, и соответствующее ему значение частоты вращения коленчатого вала,  $c^{-1}$ ;

$N_e$  и  $n_e$  – текущие значения эффективной мощности, кВт и частоты вращения коленчатого вала,  $c^{-1}$ .

$K$  – значение выражения в квадратных скобках.» [2]

«Минимальная частота вращения коленчатого вала двигателя принимается в пределах  $7,8 \dots 13,0 c^{-1}$ , максимальная частота составляет  $1,0 n_N$  для дизельных двигателей.» [1]

$M_e$  – эффективный крутящий момент, Нм;

$$M_e = \frac{1000 \cdot N_e}{\omega} = \frac{159,24 \cdot N_e}{n_e} \text{ Нм} \quad (2)$$

где  $N_e = 132,4$  – эффективная мощность, кВт

$\omega$  - угловая скорость вращения вала двигателя, рад.с<sup>-1</sup>

Расчет значений мощности и крутящего момента двигателя транспортного средства приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет мощности и крутящего момента

Параметры	Отношение частот вращения, $n_e/n_N$								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Частота вращения, $n_e$ , с <sup>-1</sup>	8,83	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
Коэффициент К	0,14	0,25	0,37	0,5	0,62	0,74	0,84	0,93	1
Эффективная мощность $N_e$ , кВт	32	57,2	84,7	114,5	141,9	169,5	192,4	212,9	229
Эффективный момент, $M_e$ , Н.м	587	688,1	763,8	825,7	853,3	872,9	867	853,3	825,7

График внешней скоростной характеристики двигателя приводится в приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

### 2.3 Тяговый расчет транспортного средства

При движении автомобиля тяговая сила  $P_m$  на ведущих колесах затрачивается на преодоление сил сопротивления движению.

Уравнением тягового баланса автомобиля будет являться формула:

$$P_m = P_f + P_y + P_e \pm P_j \quad (3)$$

где  $G$  – вес автомобиля,

« $P_y (G \sin \alpha)$  – сила сопротивления подъему;

$P_f$  – сила сопротивления качению;

$P_e$  – сила сопротивления воздуха;

$P_j$  - сила инерции;

$P_m$  – тяговая сила.» [1]

Сумма сил сопротивления качению и сопротивлению подъема – сопротивлением дороги

$$P_{\partial} = P_f + P_y, \quad (4)$$

Тогда уравнение тягового баланса будет иметь вид:

$$P_m = P_{\partial} + P_{\epsilon} \pm P_j \quad (5)$$

При равномерном движении автомобиля отношение крутящего момента ведущих колес к их радиусу, при равномерном вращении колес, называют тяговой силой  $P_m$ .

Крутящий момент, подводимый к ведущим колесам, при равномерном движении автомобиля:

$$M_m = M_e \cdot I_{mp} \cdot \eta_{mp}, \text{ Н.м,} \quad (6)$$

где  $M_e$  – крутящий момент на первичном валу коробки передач, Нм,

$I_{mp}$  – передаточное число трансмиссии,

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии.

Тяговая сила:

$$P_m = \frac{M_m}{r_k} = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (7)$$

где  $r_k$  – радиус колеса, м.

«Величина тяговой силы  $P_m$  на ведущих колесах автомобиля, необходимая для его движения, ограничивается сцеплением шин ведущих колес с поверхностью дороги.» [2]

Отсюда вытекает основное условие движения автомобиля:

$$P_{mc} \leq P_m \leq P_{cy} \quad (8)$$

«Под силой сцепления  $P_{cy}$  понимают силу, противодействующую скольжению колес относительно поверхности дороги. Она равна силе трения, возникающей в месте контакта шины с дорогой. Величина силы сцепления зависит от нормального давления ведущих колес на дорогу и коэффициента сцепления  $\varphi$ :» [1]

$$P_{cy} = G' \cdot \cos \alpha \cdot \varphi, \quad (9)$$

где  $G'$  - вес автомобиля, приходящийся на ведущие колеса автомобиля,  
 Н

## 2.4 Расчет параметров трансмиссии транспортного средства

«Общее передаточное число трансмиссии рассчитывается по формуле:

$$I_{тр} = I_{кп} \cdot I_{рк} \cdot I_{гл} \quad (10)$$

где  $I_{тр}$  - передаточное число трансмиссии,

$I_{кп}$  - передаточное число коробки передач,

$I_{рк}$  - передаточное число раздаточной коробки на высшей передаче,

$I_{гл}$  – передаточное число главной передачи.

В общем виде КПД трансмиссии автомобиля определяется как

$$\eta_{тр} = \eta_{кп} \cdot \eta_{рк} \cdot \eta_{к}^i \cdot \eta_{гл}^j \quad (11)$$

где  $\eta_{кп}$  – КПД коробки передач,

$\eta_{рк}$  – КПД раздаточной коробки,

$\eta_{к}$  – КПД карданного вала,

$\eta_{гл}$  – КПД главной передачи,

$i$  – количество карданных валов,

$j$  – количество главных передач.

Значения величин коэффициентов полезного действия для различных узлов транспортного средства приводятся в таблице 3.» [10]

Таблица 3 – Значение КПД различных механизмов транспортного средства

Элементы трансмиссии	КПД
Коробка передач	0,96...0,98
Карданная передача	0,98
Главная передача	0,94...0,96

КПД трансмиссии:

$$\eta_{mp} = \eta_{кп} \cdot \eta_{к}^2 \cdot \eta_{зп}^2 = \eta_{mp} = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,92 \cdot 0,90 = 0.84$$

Частоты вращения коленвала двигателя  $n_e$  и соответствующие им значения эффективных моментов  $M_e$  и определённые по формуле

$$P_m = \frac{M_m}{r_K} = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_K} \quad (12)$$

Рассчитанные значения силы тяги для каждой передачи транспортного средства  $P_{mj}$  заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Рассчитанные значения силы тяги  $P_{mj}$

Частота вращения $n_e, c^{-1}$	Расчетные значения						
	$M_e$ Н*М	$P_{m1}$ Н	$P_{m2}$ Н	$P_{m3}$ Н	$P_{m4}$ Н	$P_{m5}$ Н	$P_{m6}$ Н
8,83	578	65322	38098	23307	15865	10789	72489
13,24	688	77756	45231	27854	18876	12908	86287
17,66	764	86356	50203	30786	21145	144210	95789
22,08	826	93376	54245	33379	22897	155421	103567
26,5	853	96511	56123	34465	23490	160611	107031
30,91	873	98697	57432	35346	24113	164290	109521
35,33	867	98011	57025	35198	23908	163201	108841
39,74	853	96456	56167	34434	23621	160567	107111
44,16	826	93467	54378	33321	22811	155431	103521

По результатам расчета строятся графики силы тяги для каждой передачи, которые приводятся в приложении А и на листе графической части

## 2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах

Расчет скорости движения автомобиля следует начать с определения радиуса колеса, так как именно этот параметр во многом оказывает значительное влияние на эту величину.

«Динамический радиус колеса  $r_d$  – расстояние от дороги до оси катящегося колеса. Он увеличивается с увеличением внутреннего давления в шине. При возрастании скорости качения шина под действием центробежных сил растягивается в радиальном направлении и  $r_d$  увеличивается.

Учитывая, что значения обоих статического и динамического радиусов в нормальных условиях движения автомобиля мало отличаются друг от друга, их обычно принимают равными и обозначают  $r_k$ .

Радиус качения колеса  $r_k$  определяется измерением пути  $S_k$ , пройденного колесом за определенное число его оборотов  $n_k$ :» [1]

$$r_k = S_k / 2\pi \cdot n_k \quad (13)$$

$$r_k = 0,0127d + 0,0216B', \text{ м,}$$

$$r_k = 0,0127 \cdot 20 + 0,0216 \cdot 12 = 0,513, \text{ м}$$

где  $d$  – посадочный диаметр обода колеса и  $B'$  - ширина профиля шины в дюймах.

Для определения скорости движения автомобиля используют формулу

$$V_i = 2\pi \cdot r_k \cdot n_e / I_{\text{тр}i}, \text{ м/с,} \quad (14)$$

где  $V_i$  – скорость движения автомобиля на  $i$ -ой передаче, м/с;

$I_{\text{тр}i}$  – передаточное число трансмиссии на  $i$ -ой передаче.

«Значения частоты вращения коленчатого вала двигателя  $n_e$  и величины эффективного крутящего момента  $M_e$  (из таблицы 4), расчетные скорости движения автомобиля  $V_i$  на каждой передаче заносим в таблицу 5.» [2]

Таблица 5 – Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах

Частота вращения, $n_e, \text{ с}^{-1}$	Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах, м/с					
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$
8,8	0,4	0,7	1,1	1,6	2,4	3,6
13,2	0,6	1	1,7	2,5	3,6	5,5
17,7	0,8	1,4	2,3	3,3	4,9	7,3
22,1	1,1	1,7	2,8	4,2	6,1	9,2
26,5	1,2	2,1	3,4	5	7,3	11

Продолжение таблицы 5

Частота вращения, $n_e, c^{-1}$	Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах, м/с					
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>
30,9	1,4	2,4	3,9	5,8	8,5	12,8
35,3	1,6	2,8	4,5	6,6	9,8	14,7
39,7	1,8	3,1	5,1	7,5	11	16,5
44,2	2	3,5	5,7	8,3	12,2	18,3

Для каждой из передач (1, 2, 3, 4, 5, 6) по найденным значениям  $P_m$  в зависимости от скорости движения автомобиля, приведенной в таблице 4, строим кривые, которые образуют тяговую характеристику автомобиля.

## 2.6 Определение силы сопротивления дороги

Сумму сопротивлений качению и подъему автомобиля называют силой сопротивлению дороги  $P_{\partial}$ :

$$P_{\partial} = P_f \pm P_y = G \cdot \cos a \cdot f \pm G \cdot \sin a = G \cdot (f \cdot \cos a \pm \sin a). \quad (15)$$

где  $G = 115 \text{ кН}$  – вес автомобиля с нагрузкой, отличающейся от номинальной, Н;

$f = 0,04$  - коэффициент сопротивления качения

Угол  $a$  считают положительным при движении на подъеме и отрицательным при движении на спуске.

$$\alpha_1 = 10 \text{ град.}$$

$$\alpha_2 = 3 \text{ град.}$$

$P_{\partial 0} = 115 \text{ кН}$  - вес автомобиля в снаряженном состоянии, с водителем. без нагрузки.

$P_{\partial 100} = 260 \text{ кН}$  – вес автомобиля с полной (номинальной) нагрузкой.

Сила сопротивления груженого автомобиля на I участке дороги

$$P_{\partial 100} = G(f \cos 10 + \sin 10) = 260 (0,04 * 0,98 + 0,17) = 55,39 \text{ кН}$$

Сила сопротивления груженого автомобиля на II участке дороги

$$P_{\partial 100} = G(f \cos 0 + \sin 0) = 260 (0,04 * 1 + 0) = 10,4 \text{ кН}$$

Сила сопротивления груженого автомобиля на III участке дороги

$$P_{\partial 100} = G( f \cos 3 - \sin 3 ) = 260 ( 0,04 * 0,99 - 0,052 ) = -3,22 \text{ Кн}$$

Сила сопротивления порожнего автомобиля на III участке дороги

$$P_{\partial 0} = G( f \cos 3 + \sin 3 ) = 115 ( 0,04 * 0,99 + 0,052 ) = 10,61 \text{ Кн}$$

Сила сопротивления порожнего автомобиля на II участке дороги

$$P_{\partial 0} = G( f \cos 0 + \sin 0 ) = 115 ( 0,04 * 1 + 0 ) = 4,6 \text{ Кн}$$

Сила сопротивления порожнего автомобиля на I участке дороги

$$P_{\partial 0} = G( f \cos 10 - \sin 10 ) = 115 ( 0,04 * 0,98 - 0,17 ) = -15,46 \text{ Кн}$$

«Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ( $P_{\partial 100}$ ) и порожнего ( $P_{\partial 0}$ ) автобуса согласно схемы движения автомобиля на участках I, II и III дороги сводим в таблицу 6.» [2]

Таблица 6 – Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ( $P_{\partial 100}$ ) и порожнего ( $P_{\partial 0}$ ) автобуса

Участок	Уклон, $\alpha$ , град	$P_{\partial 0}$	$P_{\partial 100}$
I	10	10,6	55,4
II	0	4,6	10,4
III	4	-15,4	-3,2

## 2.7 Определение силы сопротивления воздуха

«При движении автомобиль преодолевает сопротивление воздуха, которое складывается из нескольких сопротивлений. Передней частью автомобиля воздух сжимается и раздвигается, в то время как в задней части автомобиля создается разрежение, которое вызывает образование завихрений.

Наибольшая часть мощности при преодолении сопротивления воздуха затрачивается на образование воздушных вихрей. Если все сопротивление воздуха принять за 100%, то на образование воздушных вихрей будет приходиться примерно 60%. Около 25% составляет сопротивление, создаваемое передней и выступающими частями автомобиля (крылья,

подножки и т. д.), а также сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через радиатор. Около 15% общего сопротивления воздуха приходится на трение поверхности автомобиля об обтекающие его слои воздуха.» [1]

Опытным путем установлено, что сила сопротивления воздуха равна

$$P_{\text{с}} = K_{\text{с}} \cdot F \cdot V^2, \quad (16)$$

где  $K_{\text{с}}$ —коэффициент обтекаемости, принимается в соответствии со значениями по таблице 7.

Таблица 7 – Значения коэффициента обтекаемости

Автомобили	$K_{\text{с}}$ , Н.сек <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>
Легковые	0,15-0,35
Грузовые	0,6-0,7
Автобусы	0,3-0,4

«Принимаем по таблице коэффициент  $K_{\text{с}}$  равный 0,65 Н·сек<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;

$F$ —лобовая площадь автомобиля, м<sup>2</sup>;

$V$ —скорость движения автомобиля в м/сек.

Произведение  $K_{\text{с}} \cdot F$  принято называть фактором обтекаемости и обозначать  $W$ , тогда:» [1]

$$P_{\text{с}} = W \cdot V^2, \quad (17)$$

«Фактор обтекаемости определяет зависимость силы сопротивления воздуха от размеров и формы автомобиля.

Лобовую площадь грузового автомобиля с достаточной степенью точности можно вычислить по формуле

$$F = B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (18)$$

где  $H$  — наибольшая высота автомобиля, м,

$B$  — колея автомобиля, м.

$$F = 1,97 * 2,49 = 4,9 \text{ м}^2$$

Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей движения автомобиля (8-10 значений) сводим в таблицу 8.» [2]

$$P_{\epsilon} = W \cdot V^2 = 0,6 * 4,9 * 5^2 = 73$$

Таблица 8 – Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей

Точки графика	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>7</sub>	V <sub>8</sub>
V, м/с	5	10	15	20	22	25	27	30
P <sub>ε</sub> , Н	73	294	1177	1424	1839	2145	2648	3013

## 2.8 Определение силы инерции

«График тягового баланса строят на графике тяговой характеристики следующим образом:

На оси ординат отмечают значения  $P_{\partial 100}$  и  $P_{\partial 0}$  для каждого участка пути и из этих точек проводят тонкие горизонтальные линии. На этих линиях, как на осевых, строят кривые ветровой нагрузки. Таким образом силы сопротивления  $P_{\partial}$  и  $P_{\epsilon}$  графически суммируются. Для наглядности кривые  $P_{\partial 100} + P_{\epsilon}$  наносят сплошной линией, а  $P_{\partial 0} + P_{\epsilon}$  — пунктирной. Кривая  $(P_{\partial} + P_{\epsilon})$  определяет тяговую силу, необходимую для равномерного движения автомобиля в заданных нагрузочных и дорожных условиях. Эта сила тяги обеспечивается регулированием подачи топлива или изменением передаточного числа трансмиссии.

Если при определенной скорости автомобиля и передаче сила тяги больше суммарной силы сопротивления дороги и ветровой нагрузки (кривая  $P_m$  лежит выше кривой  $P_{\partial} + P_{\epsilon}$ ), то для равномерного движения автомобиля нужно уменьшить подачу топлива настолько, чтобы тяговая кривая для этой скорости снизилась и пересекла кривую  $(P_{\partial} + P_{\epsilon})$  в точке, ордината которой соответствует этой скорости. В этой точке  $P_m = P_{\partial} + P_{\epsilon}$  – условие равномерного движения.» [2]

Точки пересечения кривых  $P_m$  и  $(P_\delta + P_\epsilon)$  определяют максимальную скорость автомобиля на соответствующей передаче и на соответствующем участке пути. Эти значения сводятся в таблицу 9.

Таблица 9 – Максимальные скорости движения автомобиля на различных участках пути

Загрузка автомобиля, в %	Участки		
	I	II	III
100	3,3	12,8	14,0
0	11	16,0	11,3

## 2.9 Расчет и построение динамического фактора автомобиля

На основании уравнения тягового баланса автомобиля можно вывести следующее соотношение сил:

$$P_m - P_\epsilon = P_{cu} + P_j, \quad (19)$$

где  $P_j$  - сила сопротивления разгону.

Вместо  $P_{cu}$  и  $P_j$  подставим их значения, тогда

$$P_m - P_\epsilon = G_a \cdot \varphi + \delta j G_a / g, \quad (20)$$

где  $\delta$  – коэффициент учета вращающихся масс, который показывает, во сколько раз энергия, затраченная на разгон автомобиля больше энергии поступательного движения

$$\delta = 1,05 + 0,07 I_{кп}^2, \quad (21)$$

«где  $I_{кп}$  – передаточное число коробки передач;

$j$  – ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>,

$\varphi$  – коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги,

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Разделим обе части уравнения на вес автомобиля  $G$ » [2]

$$(P_m - P_\epsilon) / G = \varphi + \delta j / g \quad (22)$$

Отношение избыточной силы тяги  $(P_T - P_B)$  к весу автомобиля  $G$  называется динамическим фактором и обозначается буквой  $D$

$$D = (P_m - P_e) / G \quad (23)$$

Результаты расчета представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет динамического фактора

Параметры	Частота вращения $n_e \text{ c}^{-1}$								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_1; \text{ м/с}$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$P_{m1}$	65'357	77'806	86'365	93'368	96'480	98'703	98'036	96'480	93'368
$P_{в1}$	0,5	1,1	1,9	3,0	4,4	5,9	7,8	9,8	12,2
$D_1$	0,25	0,29	0,33	0,34	0,37	0,38	0,377	0,371	0,36
$V_2; \text{ м/с}$	0,7	1,0	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5
$P_{m2}$	38'010	45'250	50'228	54'300	56'110	57'403	57'015	56'110	54'300
$P_{в2}$	1,4	3,2	5,7	9,0	12,9	17,6	23,1	29,2	36,1
$D_2$	0,146	0,174	0,193	0,208	0,215	0,22	0,22	0,215	0,208
$V_3; \text{ м/с}$	1,1	1,7	2,3	2,8	3,4	3,9	4,5	5,1	5,7
$P_{m3}$	23'357	27'807	30'865	33'368	34'480	35'275	35'036	34'480	33'368
$P_{в3}$	3,3	5,0	6,7	8,4	10,1	11,7	13,4	15,1	16,7
$D_3$	0,089	0,107	0,118	0,128	0,133	0,135	0,135	0,132	0,128
$V_4; \text{ м/с}$	1,6	2,5	3,3	4,6	5,0	5,8	6,7	7,5	8,3
$P_{m4}$	15'959	18'998	21'088	22'798	23'558	24'101	23'938	23'558	22'798
$P_{в4}$	4,9	7,3	9,8	12,3	14,7	17,2	19,6	22,1	24,5
$D_4$	0,0614	0,073	0,0811	0,0876	0,0906	0,0926	0,092	0,0905	0,0876
$V_5; \text{ м/с}$	2,4	3,6	4,9	6,1	7,3	8,5	9,8	11,0	12,2
$P_{m5}$	10'881	12'953	14'378	15'544	16'062	16'432	16'321	16'062	15'544
$P_{в5}$	7,2	10,8	14,4	17,9	21,6	25,2	28,8	32,4	35,9
$D_5$	0,0418	0,0498	0,0552	0,0597	0,0617	0,0631	0,0627	0,0617	0,0596
$V_6; \text{ м/с}$	3,7	5,5	7,3	9,2	11,0	12,8	14,7	16,5	18,3
$P_{m6}$	7'253	8'635	9'585	10'363	10'708	10'955	10'881	10'708	10'363
$P_{в6}$	10,8	16,2	21,6	26,9	32,4	37,8	43,2	48,6	53,9
$D_6$	0,0279	0,0332	0,0368	0,0398	0,0411	0,042	0,0417	0,041	0,0396

По данным таблицы 10 строим график изменения динамического фактора в зависимости от скорости движения на различных передачах.

## 2.10 Определение критической скорости

При движении автомобиля со скоростью, меньшей  $V_D$ , например  $V_3$ , увеличение коэффициента сопротивления дороги вызовет снижение скорости,

что, в свою очередь, приведет к уменьшению динамического фактора. Во избежание дальнейшего уменьшения скорости (до остановки) необходимо включить низшую передачу.

Если принять, что  $D_x$  – динамический фактор автомобиля при его новой силе тяжести, равной  $G_x$ , то

$$D_x = D_{100} \cdot G_{100} / G_x \quad , \quad (24)$$

где  $D_{100}$  – динамический фактор автомобиля с полной нагрузкой,  $G_{100}$  – вес автомобиля с полной нагрузкой.

«Следовательно, зная вес и динамический фактор автомобиля с полной нагрузкой и вес автомобиля с нагрузкой, отличающейся от полной, можно определить динамический фактор для этого состояния.

Для того чтобы, при изменении степени загрузки автомобиля каждый раз не пересчитывать значения динамического фактора, динамическую характеристику дополняют номограммой нагрузок.» [1]

## 2.11 Построение динамического паспорта автомобиля

Как было указано выше, сила сцепления  $P_{cy}$  колес автомобиля с дорогой зависит от нормального давления ведущих колес на дорогу и коэффициента сцепления

$$P_{cy} = \varphi \cdot G_e, \quad (25)$$

где  $G_e$  - вес, приходящийся на ведущие колеса автомобиля, Н.

Из условия движения автомобиля без буксования имеем  $P_m \leq P_{cy}$ .

Подставляя предельное значение  $P_m$  из условия движения автомобиля без буксования в формулу , получим значение динамического фактора по сцеплению

$$D_\varphi = P_m - P_w / G = (\varphi G_e - P_w) / G \quad (26)$$

Так как при буксовании автомобиля скорость его движения относительно невелика, можно принять, что  $P_w = 0$ . Тогда

$$D_\varphi = \varphi G_e / G. \quad (27)$$

Динамический паспорт автомобиля строят по следующим формулам

$$D_{\varphi 0} = \varphi G_{\epsilon 0} / G_0 \quad (28)$$

$$D_{\varphi 100} = \varphi G_{\epsilon 100} / G_{100} , \quad (29)$$

где  $D_{\varphi}$  - динамический фактор по сцеплению порожнего автомобиля;  
 $D_{\varphi 100}$  - динамический фактор по сцеплению автомобиля с полной нагрузкой;

$G_{\epsilon 0}$  – нагрузка, на ведущие колеса порожнего автомобиля, Н;

$G_{\epsilon 100}$  – нагрузка, на ведущие колеса полностью груженого автомобиля, Н.

Для автомобилей с одной ведущей осью можно принять  $G_{\epsilon 0}/G_0 = 0,35 - 0,55$  и  $G_{\epsilon 100}/G_{100} = 0,6 - 0,75$ , а для машин повышенной проходимости  $G_{\epsilon 0}/G_0 = 0,65 - 0,75$  и  $G_{\epsilon 0}/G_0 = 0,8 - 1,0$ . Примерные величины коэффициента сцепления  $\varphi$  для дорог с различным покрытием приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Примерные величины коэффициента сцепления  $\varphi$  для дорог с различным покрытием

Покрытие дороги	Коэффициент сцепления $\varphi$
Асфальто- или цементобетонное	0,7 – 0,8
Гравийное	0,6 – 0,7
Грунтовая дорога: сухая укатанная	0,5 – 0,6
после дождя	0,2 – 0,4

Задаваясь значениями  $\varphi = 0,1; 0,2; 0,3$  и т.д. и принимая значения отношений  $G_{\epsilon 100}/G_{100}$  и  $G_{\epsilon 0}/G_0$ , по формулам и определяем значения  $D_{\varphi 100}$  и  $D_{\varphi 0}$ . Затем откладываем их по шкале  $D_{100}$  и  $D_0$ . Точки с одинаковыми значениями коэффициента сцепления соединяют штриховыми линиями.

## 2.12 Расчет и построение графика разгона автомобиля

«Величина ускорения, развиваемого автомобилем, в значительной мере характеризует его тяговые свойства: чем выше ускорение, тем выше средняя скорость движения, а следовательно, и тяговые свойства автомобиля.

График ускорения в зависимости от скорости движения строят для полностью груженого автомобиля при условии его движения по горизонтальной дороге с асфальтобетонным покрытием в хорошем состоянии при условии максимального использования мощности и отсутствия буксования колес. Расчеты сведем в таблицу 12» [1]

Принимаем  $P_m = P_{cu}$ ;  $\psi = f = 0,015$ .

$$J = (D - f)g/\delta, \text{ м/с}^2. \quad (30)$$

Коэффициент  $\delta$  учета вращающихся масс определяется для каждой передачи по формуле  $\delta = 1,05 + 0,07 * i_{кп}^2$

$$J = (D - f)g/\delta, \text{ м/с}^2 \quad (31)$$

Таблица 12 – Таблица значений для построения графика ускорений автомобиля

Параметры	Частота вращения $n_e \text{ с}^{-1}$								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
$V_1 \text{ м/с}$	0,41	0,61	0,81	1,02	1,22	1,43	1,63	1,83	2,04
$J_1 \text{ м/с}^2$	0,34	0,41	0,46	0,5	0,52	0,53	0,53	0,52	0,5
$V_2 \text{ м/с}$	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15	3,5
$J_2 \text{ м/с}^2$	0,43	0,52	0,59	0,64	0,66	0,68	0,67	0,66	0,64
$V_3 \text{ м/с}$	1,14	1,71	2,28	2,85	3,42	3,99	4,56	5,13	5,7
$J_3 \text{ м/с}^2$	0,41	0,51	0,57	0,63	0,65	0,67	0,66	0,65	0,63
$V_4 \text{ м/с}$	1,67	2,5	3,34	4,17	5	5,84	6,67	7,5	8,34

Продолжение таблицы 12

Параметры	Частота вращения $n_e \text{ c}^{-1}$								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
$J_4 \text{ м/с}^2$	0,33	0,41	0,47	0,51	0,53	0,55	0,54	0,53	0,51
$V_5 \text{ м/с}$	2,45	3,67	4,89	6,11	7,34	8,56	9,78	11	12,2
$J_5 \text{ м/с}^2$	0,22	0,28	0,33	0,36	0,38	0,39	0,39	0,38	0,36
$V_6 \text{ м/с}$	3,67	5,5	7,34	9,17	11	12,8	14,7	16,5	18,3
$J_6 \text{ м/с}^2$	0,11	0,16	0,19	0,22	0,23	0,24	0,23	0,23	0,22

По данным таблицы 12 строим график ускорений при разгоне, который отображается в приложении А и на листе графической части.

### 2.13 Расчет и построение графиков времени и пути разгона

«Кривую ускорений разбивают на ряд одинаковых участков (кроме участков переключения передач), которые для удобства обозначают буквами а, б, в и т.д., и считают, что в каждом интервале скорости автомобиль разгоняется с постоянным ускорением» [1]

$$J_{cp} = (J_{in} + J_{ik})/2 \quad (32)$$

где  $J_{in}$  и  $J_{ik}$  – ускорения, соответственно, в начале и в конце выбранного  $i$ -го участка (интервала скорости).

При изменении скорости от  $V_{in}$  до  $V_{ik}$  (от начальной до конечной в  $i$ -ом участке) среднее ускорение равно приращению скорости  $\Delta V$ , деленному на время  $t_n$  движения на участке, т.е для участка  $a$ :

$$J_{cp} = (V_{ak} - V_{an}) / t_a \quad (33)$$

Следовательно, время разгона в том же интервале  $a$  скорости

$$t_a = (V_{ak} - V_{an}) / J_{cp} \quad (34)$$

Определяем среднее ускорение по участкам

$$J_{сра} = (0,34+0.41) / 2 = 0.38$$

$$J_{срб} = (0.41+0.46) / 2 = 0,43$$

$$J_{срв} = (0.46+0.52) / 2 = 0,48$$

$$J_{ср2} = (0.52+0.53) / 2 = 0,525$$

$$J_{срд} = (0.53+0.5) / 2 = 0,51$$

$$J_{сре} = (0.5+0.43) / 2 = 0,47$$

$$J_{срж} = (0.43+0.59) / 2 = 0,5$$

$$J_{сри} = (0.59+0.66) / 2 = 0,62$$

$$J_{срк} = (0.66+0.41) / 2 = 0,52$$

$$J_{срл} = (0.41+0.57) / 2 = 0,45$$

$$J_{срм} = (0.57+0.65) / 2 = 0,61$$

$$J_{срн} = (0.65+0.66) / 2 = 0,65$$

$$J_{срп} = (0.66+0.63) / 2 = 0,64$$

$$J_{срр} = (0.63+0.33) / 2 = 0,46$$

$$J_{срс} = (0.33+0.47) / 2 = 0,4$$

$$J_{срт} = (0.47+0.53) / 2 = 0,45$$

$$J_{сру} = (0.53+0.54) / 2 = 0,53$$

$$J_{срф} = (0.54+0.51) / 2 = 0,53$$

$$J_{срх} = (0.51+0.22) / 2 = 0,35$$

$$J_{срц} = (0.22+0.33) / 2 = 0,27$$

$$J_{сри} = (0.33+0.38) / 2 = 0,35$$

$$J_{срэ} = (0.38+0.39) / 2 = 0,38$$

$$J_{срю} = (0,11+0.19) / 2 = 0,15$$

$$J_{сря} = (0.19+0.22) / 2 = 0,2$$

Определяем время разгона в тех же интервалах

$$t_a = (0.8-0,4) / 0.38 = 1.05 \text{ с } (V_{ак} - V_{ан}) / J_{ср}$$

«Общее время разгона от минимально устойчивой скорости  $V_{min}$  ( $V_{ан}$ ) до конечной  $V_{max}$  ( $V_{ук}$ ) получается суммированием времени разгона отдельных участков» [2]

$$T_p = t_a + t_b + \dots + t_n \quad (35)$$

«По значениям  $t$ , определяемым для различных скоростей строим кривую времени разгона, начиная строить ее от минимального значения  $V_{ан}$ , для которого  $t = 0$ . Для скорости  $V_{ак} = V_{бн}$  откладываем значение  $t_a$ , для скорости  $V_{бк}$  – значение  $t_a + t_b$  и т.д. до первого переключения передач.» [1]

$$T_p = 58 \text{ сек.}$$

Величина уменьшения скорости в процессе переключения передачи:

$$\Delta V_n = 9,3 * t_n = 0,93 * 1 = 0,93 \text{ с}$$

Таким образом, координаты точки конца переключения равны:

- скорость (абсцисса) -  $V_{кн} = V_{нн} - \Delta V_n$
- время (ордината) для первого переключения -  $\Sigma t_1 + t_n$ ,

где  $\Sigma t_1$  – время разгона до 1-го переключения.

Общий путь разгона равен:

$$S_p = 574 \text{ м}$$

Путь, пройденный автомобилем за время переключения:

$$s_n = V_{cp}^n t_n = 0,4 * 1,0 = 0,4 \text{ м}$$

где  $V_{cp}^n$  – средняя скорость автомобиля за время переключения.

$$V_{cp}^n = (V_n^n - V_k^n) / 2 = (4,4 - 3,6) / 2 = 0,4 \text{ м/с}$$

где  $V_n^n$  – начальная скорость при переключении передачи принимается равной скорости предыдущего участка;

$V_k^n$  – скорость автомобиля в конце переключения

Выводы по разделу. В разделе был произведен расчет тягово-динамических характеристик автобуса. Расчет был произведён на основании исходных данных. Определены силы, воздействующие на автобус при движении. На основании этого произведен расчёт тяговой характеристики двигателя транспортного средства. Определены силовые характеристики для каждой передачи автобуса. Рассчитаны ускорения автобуса для каждой передачи. Результаты расчетов представлены на листе графической части дипломного проекта.

### 3 Конструкция подвески автодома на базе автобуса ЛИАЗ-5292

#### 3.1 Устройство подвески автобуса

«Подвеска автобуса (рисунок 19) соединяет раму или кузов подвески с узлами проезжей части, воспринимает динамические нагрузки от дороги; обеспечивает комфорт автомобиля. К подвескам предъявляются следующие требования: обеспечивает эффективное колебание кузова и затухание амплитуды колебаний; неблагоприятное воздействие на автомобильный кран при поворотах, превышении скорости и торможении; угловая стабилизация блока рулевого колеса; соответствие кинематики колес кинематике поворота рулевого механизма; обеспечение надежности, простоты конструкции и простоты обслуживания. В состав подвески входят цельные элементы, направляющие, амортизаторы. В автомобиле масса подвески - это кузов (рама) и его крепления, а не масса подвески: колеса, некоторых частей подвески.» [10]

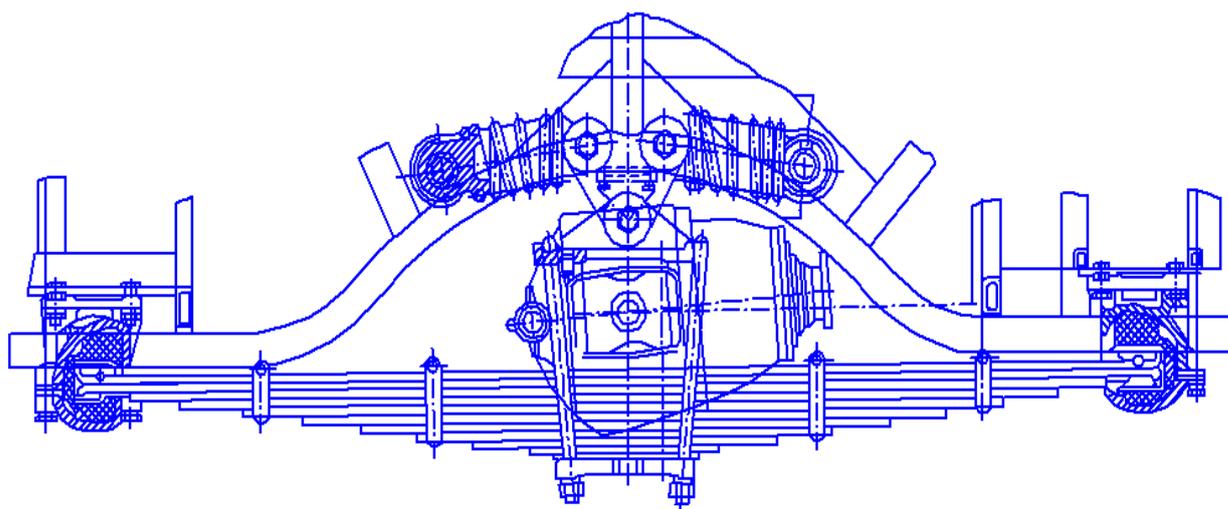


Рисунок 19 – Подвеска автобуса ЛиАЗ-5292

«Жесткие элементы воспринимают динамические нагрузки от дороги. Жесткие элементы с пружиной (листовая, пружина Витуса, торсион), пневматическая и резиновая (работает на вращение или сжатие).» [12]

«На направляющее устройство воспринимаются продольные и поперечные силы и моменты. Принципиальная схема направляющего устройства определяет зависимую и независимую подвески.

Другие элементы подвески. Широко распространены листовые рессоры. Их легко подготовить и отремонтировать. В отличие от пружинных и торсионных они не имеют рычажного направляющего устройства. Листовые рессоры бывают трех типов» [10]: плоские эллипсы, консольный, в четвертях. Формат сбора листов соответствует эксцентриситету изгибающих моментов, т.е. Пружины похожи на резистор равного сопротивления.

Передняя и задняя подвески автобуса построены по разным схемам, поэтому имеют существенные конструктивные особенности. Кроме того, существенными особенностями являются две или три задние оси подвески автомобиля. Подвеска автомобилей получает динамические нагрузки под воздействием неровностей дороги.

Передние концы пружин крепятся к кронштейнам съемными проушинами и пальцами. Съемные выступы выполнены из антифрикционного материала для увеличения контактного сопротивления пружинных пальцев. Задние концы передних рессор подвижны и заменяемы защитное снаряжение опирается на боковые кишки.

Основной лист рессоры имеет прямоугольное сечение, а остальные листы имеют Т-образное сечение. Всего 15 листов. Принципиально торец скользящего листа крепится заклепками, предохраняющими его от износа. Масло наносится на пружинные пальцы.

С помощью пальцев и резиновых втулок амортизаторы передней подвески соединяются с рамой автомобиля и передним мостом. Втулки компенсируют погрешности, передаваемые на раму от оси автомобиля, и смягчают удары нагрузки.

Амплитуда отклонения подвески невелика при небольшом количестве препятствий на дороге. На неровных дорогах амплитуда подвески колеблется, что не дает автомобилю прыгать и поглощает энергию. Резиновые полые буферы используются для ограничения движения передней подвески.

Стабилизатор поперечной устойчивости посередине крепится к резиновой подушке передней оси с помощью меток и стремянок.

### **3.2 Анализ патентных документов**

В данном разделе необходимо проанализировать патентные документы с целью выявления наиболее прогрессивного технического решения. На основании произведенного патентного поиска будет определено наиболее прогрессивное техническое решение для подвески автобуса.

Рассмотрим патент RU 2 245 812 C1 K17/24 Подвеска передняя. Автор(ы): Гаронин Л.С. (RU), Гируцкий О.И. (RU), Медведков С.И. (RU), Рижский А.А. (RU), Соловьев В.И. (RU).

Техническое решение включает колесные машины пассажирского транспорта. Решаемой задачей является изготовление городского автобуса большой вместимости, используемого в промышленном производстве, с простой и надежной опорной балкой моста, рисунок 20. Решение этих технических задач заключается в следующем: опорная балка состоит из пневмоупругих элементов и снабжена направляющей подвеской, состоящей из продольной тяги, соединенной шарнирной скобой, соединенной с пневмоупругими элементами и находящейся в криволинейной тяге.

«Характеристики такого набора производительности приведены в описании автобуса. Обеспечение размещения опорной опоры, подвески существующих элементов на колесной балке и надежности моста, ведущего к ведущим колесам трансмиссии, креплением их к колесной балке на разных уровнях. Кронштейн расположен по диагонали на пластинах в виде

диагонального стыка, под которым расположен ребристый П-образный горизонтальный профиль, врезка которого вставляет в них этот стык, состоящий из упругой втулки. Промежуточными опорами корпуса являются крепления из стыков сборного кронштейна, фланцевого с пластиной, снабженной пластиной. Например, различные отмеченные балки поддерживаются сбоку с помощью крепежа с винтами. Промежуточный вал за отверстием оснащен карданным валом промежуточного вала.» [10]

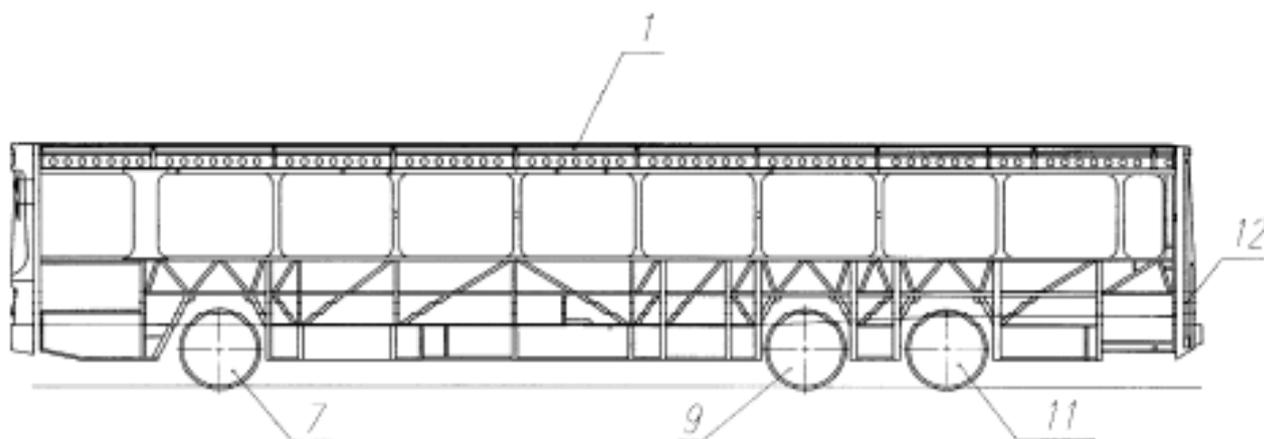


Рисунок 20 – Городской автобус по патенту RU 2 245 812 С1 К17/24

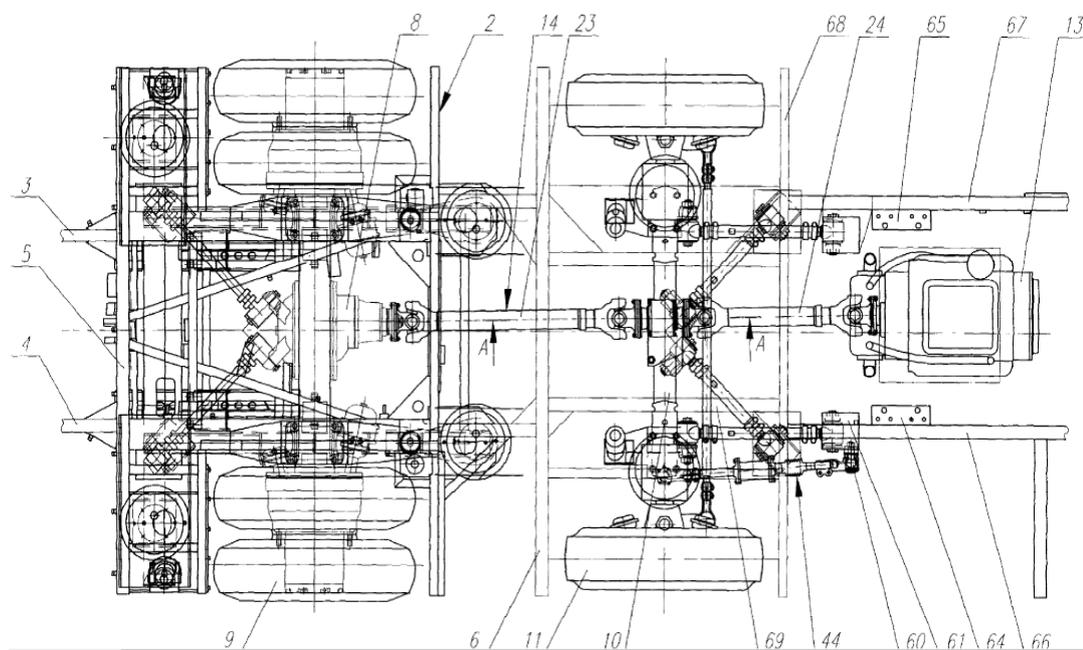


Рисунок 21 – Колесная тележка автобуса по патенту RU 2 245 812 С1 К17/24

Автобус (рисунок 20) состоит из кузова 1, рамы 2, пролета 3,4 и опор 5, 6 (рисунок 21).

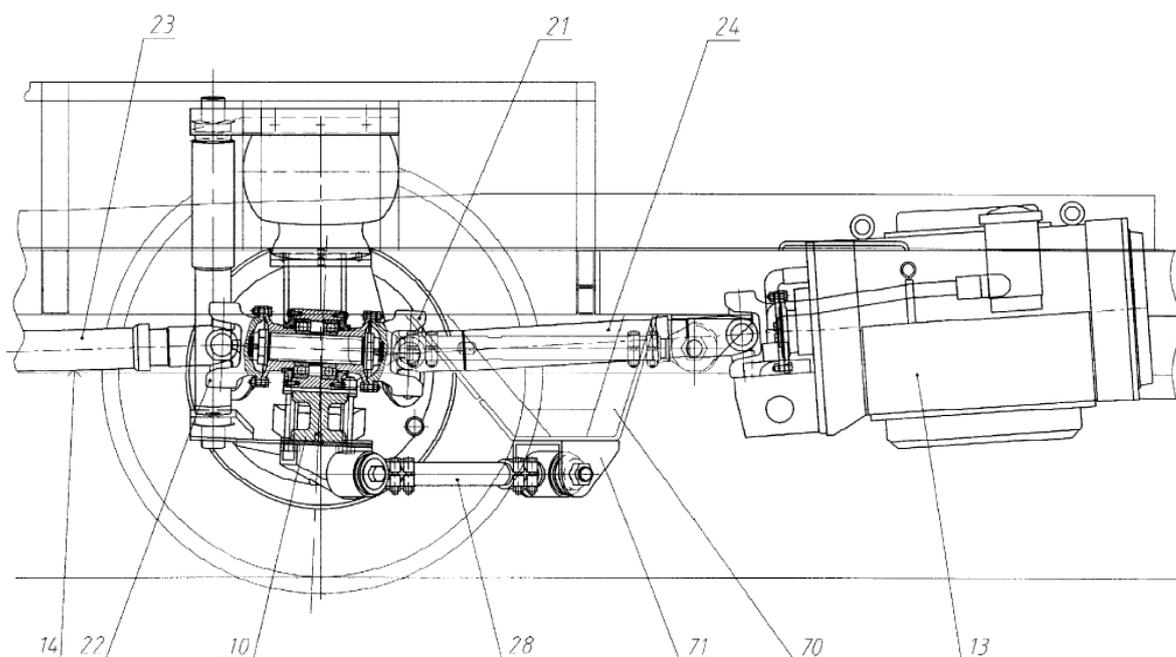


Рисунок 22 – Задняя подвеска автобуса

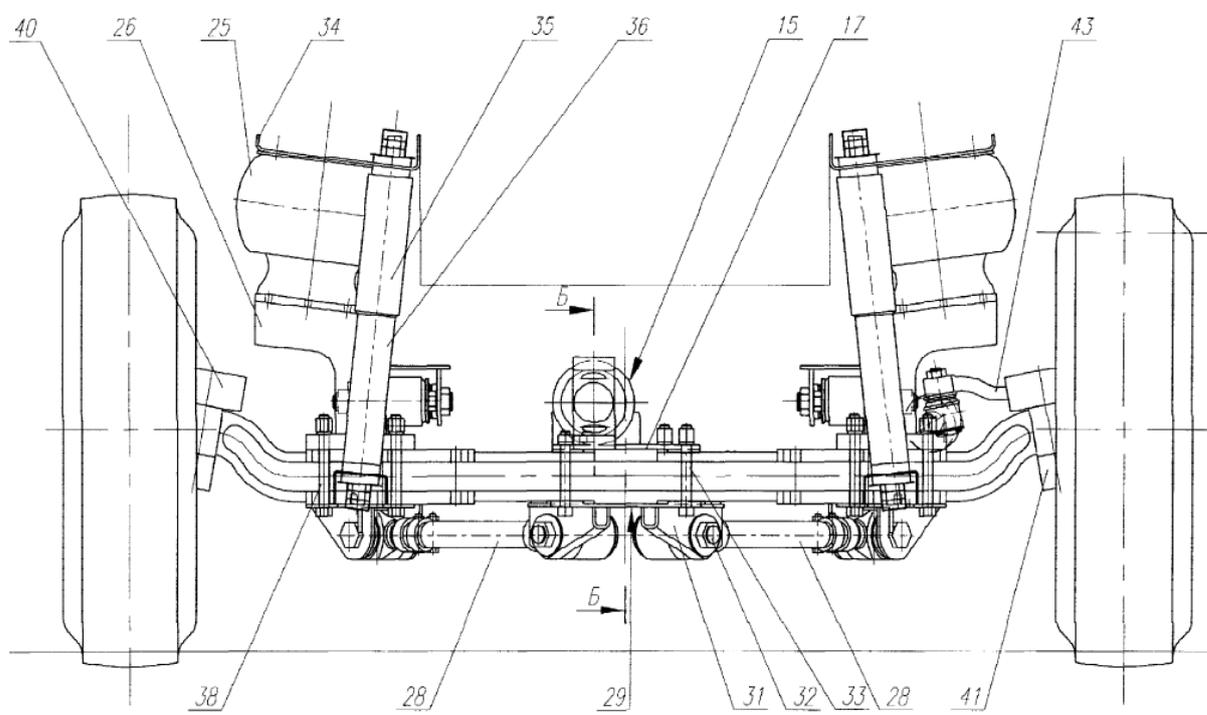


Рисунок 23 – Балка промежуточной оси автобуса

Вал 15 крепится к корпусу карданной передачи 16 (рисунок 22) фланцем 17, поверх которого крепится колесная балка 10 (рисунок 23). В корпусе имеется 16 пазов 18, куда устанавливается шарикоподшипник 19, промежуточный вал соединен карданами 20, главные шарниры 21, 22 другими валами 23, 24 карданами.

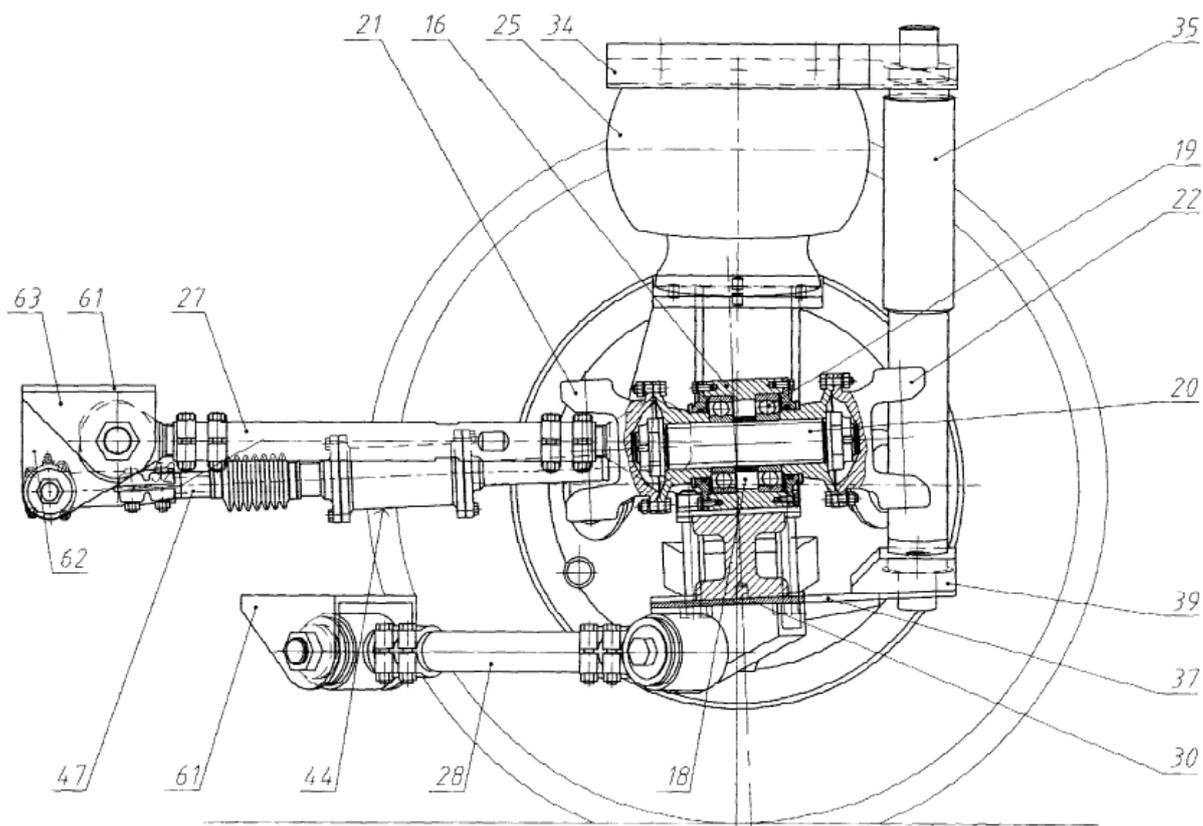


Рисунок 24 – Поперечный разрез балки промежуточной оси автобуса

Пневматическая подвеска смонтирована на колесной балке 10, в состав которой входят пневмоцилиндры в виде упругих элементов 25, кронштейны 26, направляющее устройство, закрепленное на балке 10, шарнирная рама 1 продольной тяги 27 (рисунок 24), комбинированный шарнирный пневмобаллонный кронштейн 26. и шарнирно-сочлененной цапфы 28 продольной оси. Криволинейный вал 28 соединен с шарнирной скобой 29, расположенной на балке 10 под колесом, а под ней промежуточная опора 15

соединена с корпусом 16 карданной передачи 14 посредством скоб 16 29. Кронштейн 29 выполнен в виде 28 пластин 30 с криволинейными валами, в которых расположены горизонтальные диагональные гребни П-образного профиля 31, их вставные пальцы 32 прикреплены к ним шарниром, состоящим из упругой втулки.

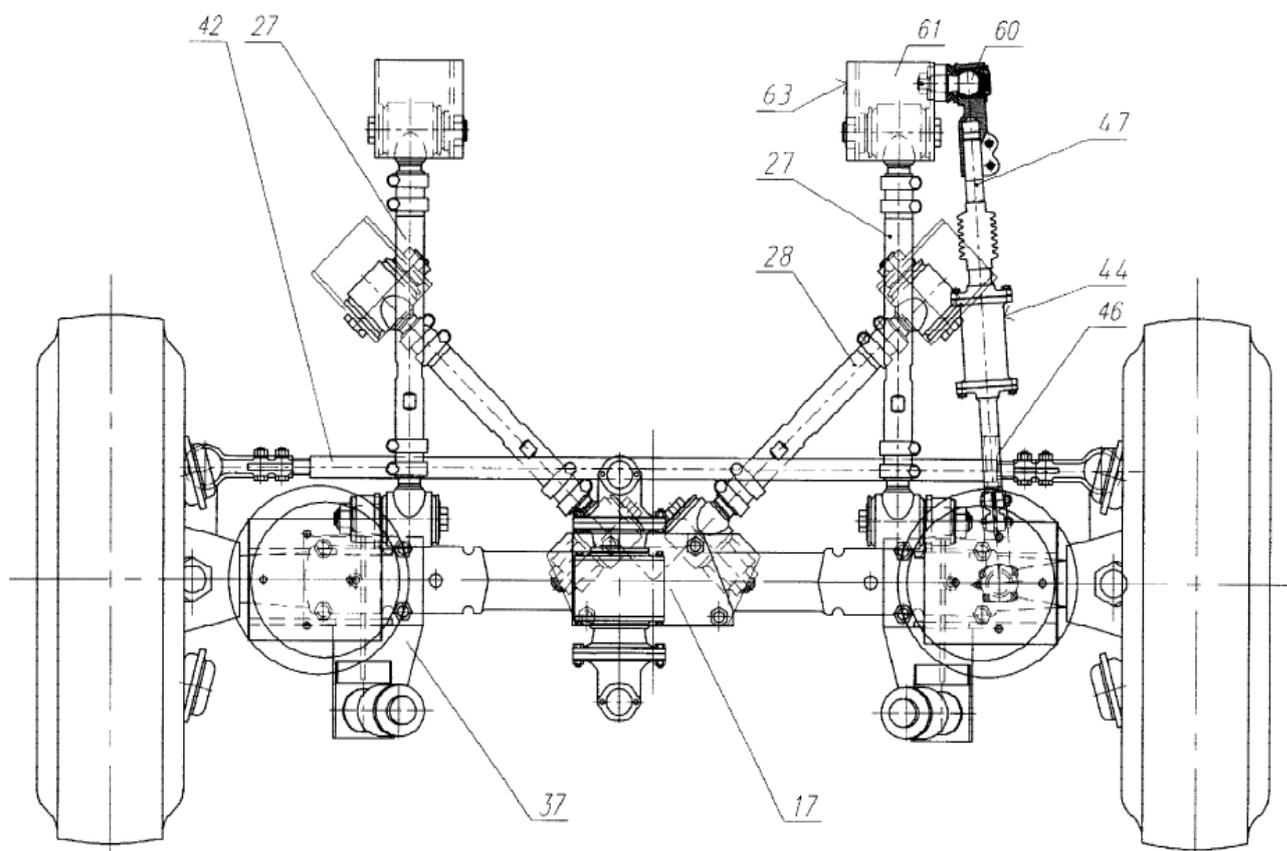


Рисунок 25 – Опора колес и карданный привод

«Верхние опоры связаны пневмоцилиндрами 34 (рисунок 25), гидравлическими телескопическими амортизаторами 35 штоками. Корпус 36 снабжен каждым амортизатором, пластины 37 размещены в виде собственной опоры, пневмоцилиндры 10 соединены с нижней колесной балкой 26 нижним кронштейном 26. Крепление элементов 38, 10 колес балки выполнено через различные вертикально расположенные пазовые профили. На пластинах 37

сварными швами закреплены прижимные гвозди 39, которые соединены с корпусом амортизаторов 35.» [12]

«Колеса установлены на 11 опорных балках с 10 поворотными шкворнями 40, 41, соединенными с колесной балкой посредством шарнирного шарнирного соединения на 10 бар. Пальцы 40, 41 соединены друг с другом двумя самоходными колесами 11 с горизонтальными фиксаторами 42. К цапфе 43 крепятся поворотные кулаки 41, соединенный с ними телескопический пружинный механизм 44, предназначенный для улучшения управления автобусом, рисунок 26. Пружинный механизм состоит из 46 и 47 сжатых трубчатых стержней с 45 возвратно-боевыми пружинами.

Шток соединен с плавающим кулачком 43 шаровыми шарнирами из 46. К штанге прикреплены 46 неподвижных элементов 49, неподвижные фланцы 48, барабан 50 цилиндрического корпуса. Между барабанами 50 закреплены диски 51 и 52 с предварительно сжатой пружиной 45. Диск размещен на 48 из 51 фланца. Другой диск 52 имеет 53 фланца, 53 составных крепежа 54 и барабан 50.» [12]

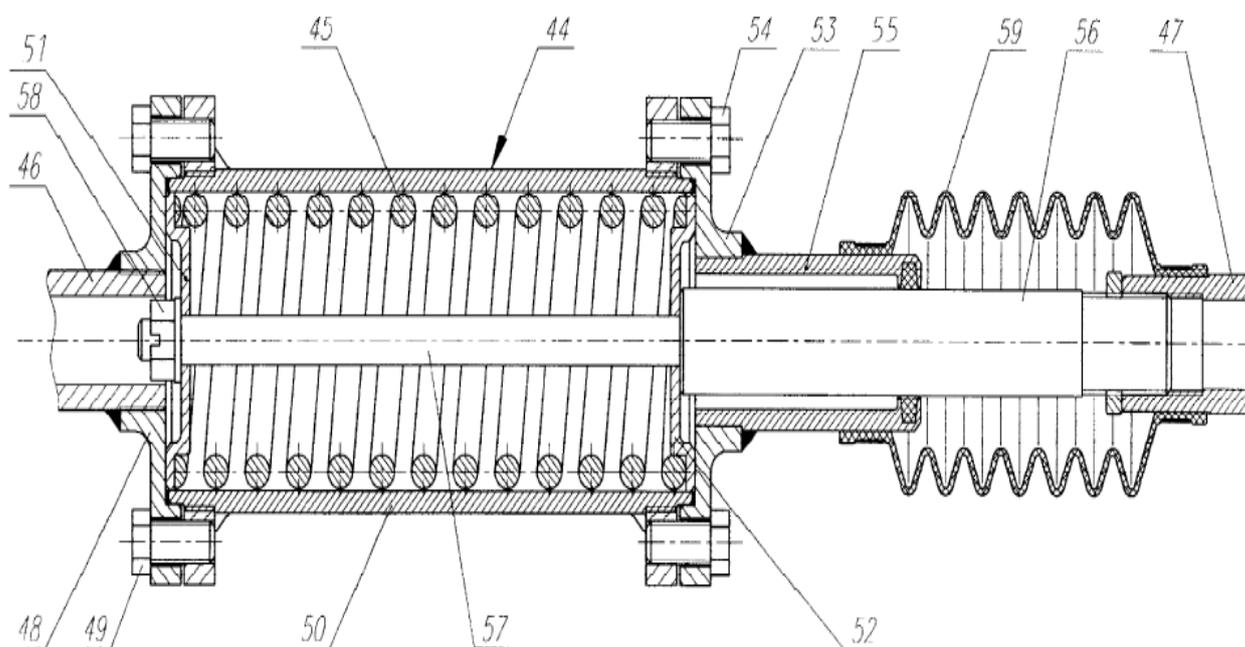


Рисунок 26 – Компенсационный механизм

«Фланец 53 трубчатого стержня 55 трубчатой части, содержащий клеевой элемент 56, закреплен на стержне 56. Части трубы прикреплены к стержню 57 концами, образующими стержни 56. Концы стержней 57 расположены на дисках 51 и 52 с 47 центральными канавками. Резьба на концевом участке наконечник 57 расположен примерно на приводе 51 в виде опорной гайки 58 с отверстиями 46, размещенными внутри стержня. Хвостовик 55 скреплен фланцем 53 из гибкого материала 53 и стержнем 47 с манжетой из гибкого материала, контактный хвостовик 55 закрыт 56 трубчатой частью 56.» [12]

Тяга связана с подвеской тяги посредством 47 шаровых пальцев и 60 шаровых шарниров под полкой с 61 продольной тягой с продольной тягой 63.

Еще одним патентным аналогом будет являться описание изобретения к авторскому свидетельству RU 236 955 В60G 11/46, Подвеска автомобиля, П.А. Горин А.В., Савостин С.Г. Якубов С.С. Бутаков Б.Е. Кабиров Ф.З. и Беляев А.Р.

«Решаемой задачей является обеспечение высокого энергопотребления при высоких скоростях, а также высокой надежности при высоких скоростях.

Эта задача решается следующим образом: известная подвеска автомобиля, состоящая из рессор, направляющих, звездчатых элементов, амортизаторов, средняя часть которых жестко связана с ремнем, снабжена горизонтальным стабилизатором, состоящим из шарнирно закрепленных стоек и стержней. на раме, выполненной в виде пары гидропневматических компрессоров, верхний конец которых шарнирно закреплен кронштейнами, закрепленными на раме, а нижний — ремнем, а пружины одноушковые и имеют скользящую опору сзади, где подвеска находится на одном конце редуктора, может быть оснащена шарнирной неподвижной реактивной тягой.

Наличие реактивного стержня предотвращает скатывание ремня из-за тягового и тормозного моментов на колесе. Размещение элементов подвески между рамой автомобиля и ремнем позволяет обеспечить лучшую защиту

деталей подвески и, как следствие, надежность подвески при очень интенсивной езде.» [10]

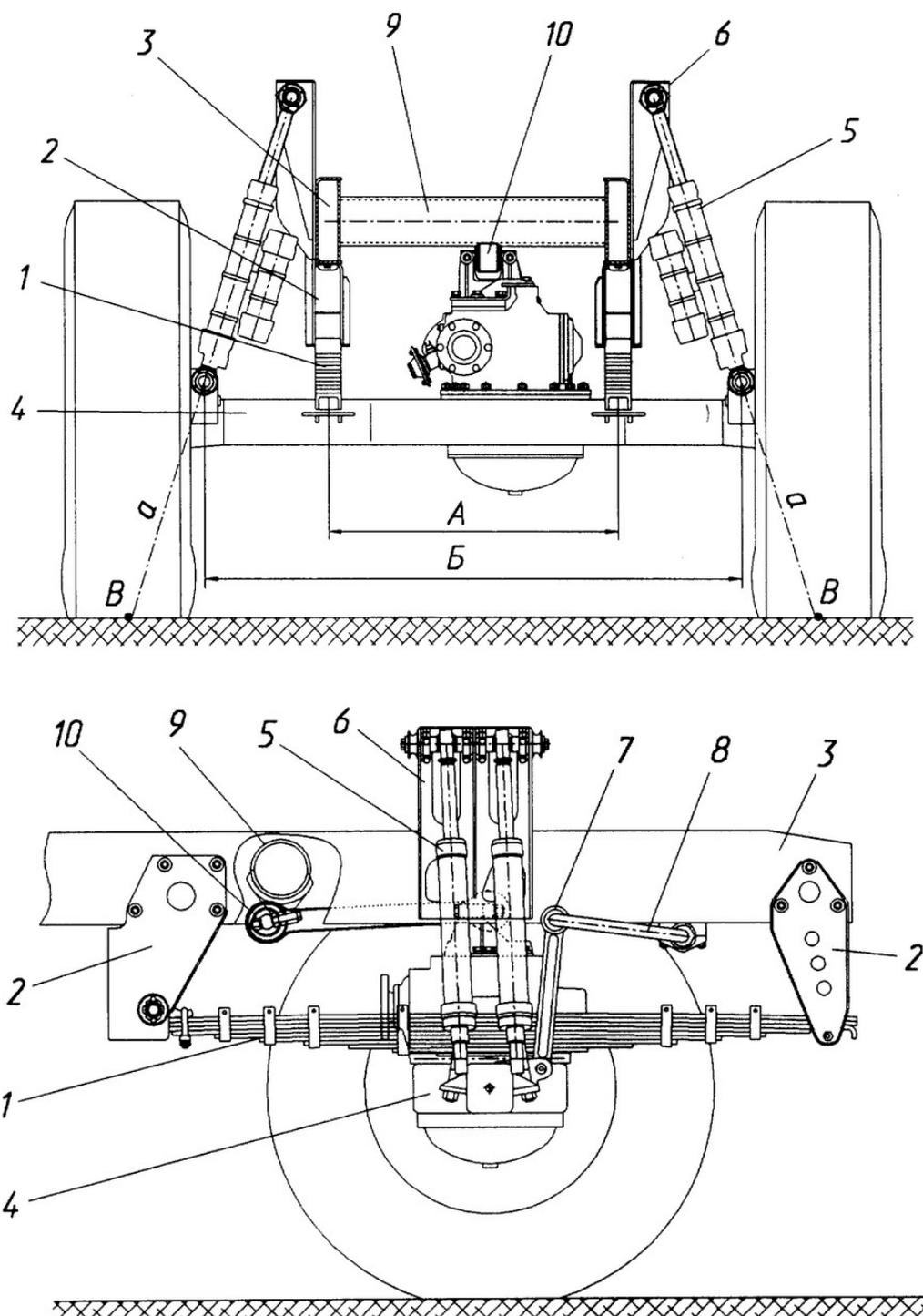


Рисунок 27 – Подвеска транспортного средства по патенту

RU 236 955 B60G 11/46

Подвеска предлагаемого автомобиля представлена на рисунке 27: подвеска автомобиля, вид сзади; подвеска автомобиля, вид сбоку.

«Предлагаемая подвеска автомобиля состоит из горизонтальных одноушковых полуэлектрических рессор 11, установленных на кронштейнах 3, закрепленных на раме. Пружины 1 жестко соединены с ремнем 4 посередине, а их задняя часть имеет скользящую опору, обеспечивающую горизонтальное перемещение пружин.

Две пары гидропнеumoкомпрессоров со встроенными клапанами амортизаторов 5 соединены нижним концом ремнем 4, а верхним - скобами 6, прочно прикрепленными к раме 3.

Ремень 4 и рама 3 шарнирно соединены со стойками 7 и тягами 8 озерного стабилизатора.

Рама имеет трехтрубную балку 9, на одном конце которой шарнирно закреплен реактивный стержень 10. Остальные 10 концов струйного штока шарнирно закреплены в верхней части 4 ременного редуктора.

Часть продольных, поперечных и вертикальных усилий воспринимают продольные одноушковые полуэлектрические рессоры 1. Остальные вертикальные силы воспринимаются гидропневматическими компрессорами 5 со встроенными клапанами амортизаторов. Стабилизатор горизонтальной устойчивости уменьшает горизонтальный наклон автомобиля за счет 8 жесткости тяги.» [12]

Третий аналог, обнаруженный в результате патентного поиска, это авторское свидетельство к патенту RU 2 280 565 C1 B60 G11/26, Гидропневматическая подвеска, П.А. Якубов С.С. Бутаков Б.Е. Кабиров Ф.З. и Чагин В.Г. Схема представлена на рисунке 28.

Гидропневматическая подвеска автомобиля состоит из гидроцилиндра с демпфером, соединенного с пневматическим элементом с пневматической и гидравлической полостями. Пневматический элемент выполнен в виде пневмоцилиндра, который снабжен гидropolостью и поршнем, образующим пневмополость, которая соединена с поршневой полостью гидроцилиндра

гибким патрубком. Пневмоцилиндр имеет охлаждающую оболочку, образованную кожухом. Поршень и поршневые полости гидроцилиндра соединены перепускным каналом с демпфером. Техническим результатом является создание простого и компактного структурированного неба с высокими динамическими характеристиками и расширенными функциональными возможностями.

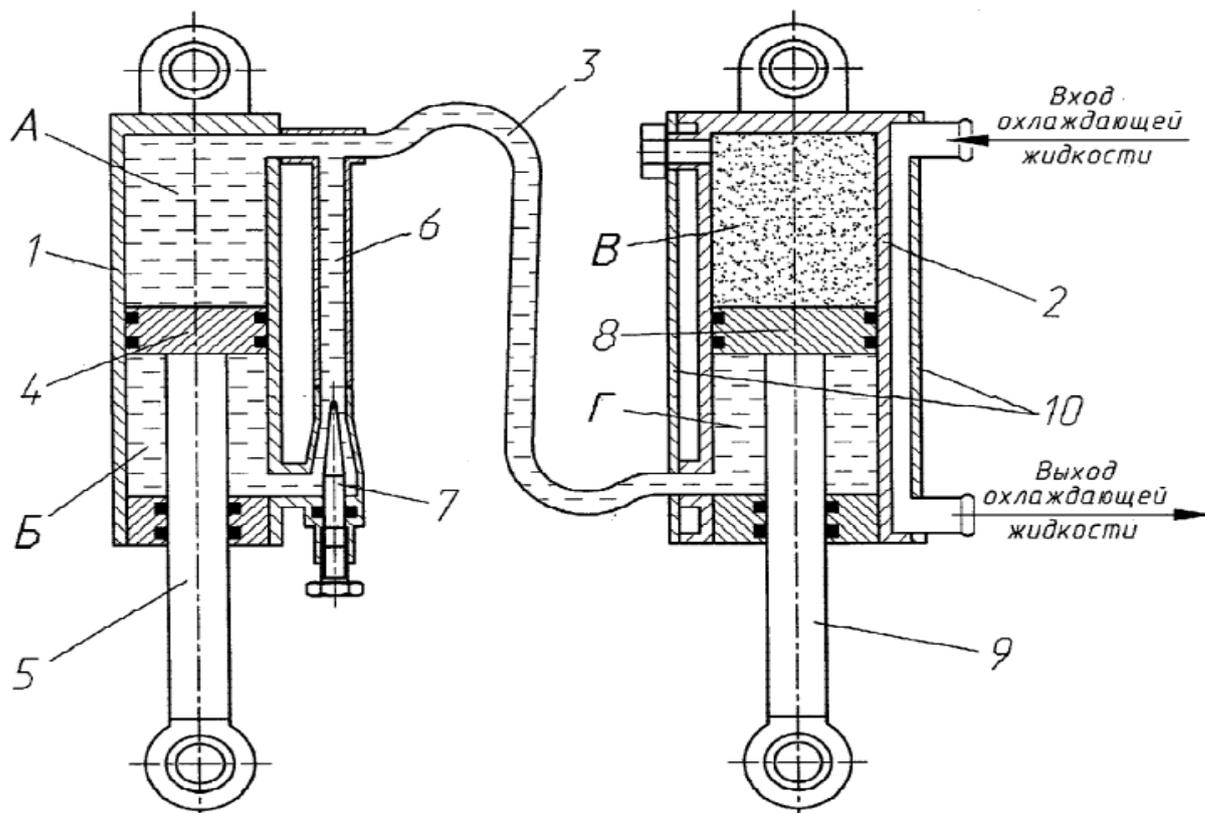


Рисунок 28 – Гидропневматическая подвеска по патенту RU 2 280 565 С1

B60 G11/26

Эта задача решается следующим образом: на известной гидропневматической подвеске транспортного средства, состоящей из гидроцилиндра с демпфером, соединенного с пневматическими элементами с пневматической и гидравлической полостями, пневматический элемент выполнен в виде пневмоцилиндра. Поршневая полость гидроцилиндра соединена с гибким трубопроводом с гидropolостью и образующим

пневмопоршень поршнем, где пневмоцилиндр имеет охлаждающую оболочку, образованную кожухом, а поршневая и поршневая полости гидроцилиндра соединены к вращающемуся каналу с демпфером.

Гидропневматическая подвеска автомобиля, состоящая из гидроцилиндра с демпфером, соединенного с пневматическим элементом с пневматической и гидравлической полостями где пневмоэлемент выполнен в виде пневмоцилиндра с установкой гидрополости и пневматического полообразующего поршня, соединенного с поршневой полостью гидроцилиндра гибким трубопроводом, где пневмоцилиндр имеет охлаждающую оболочку, образованную кожухом, а поршневая и поршневая полости гидроцилиндра соединен с поворотным каналом с заслонкой.

Также в разработке можно использовать описание изобретения к патенту RU 2 387 550 B60G 7/00, Подвеска автомобиля, П.А. Якубов С.С. Бутаков Б.Е. Кабиров Ф.З. Беляев А.Р. и Чагин В.Г. хема представлена на рисунке 29.

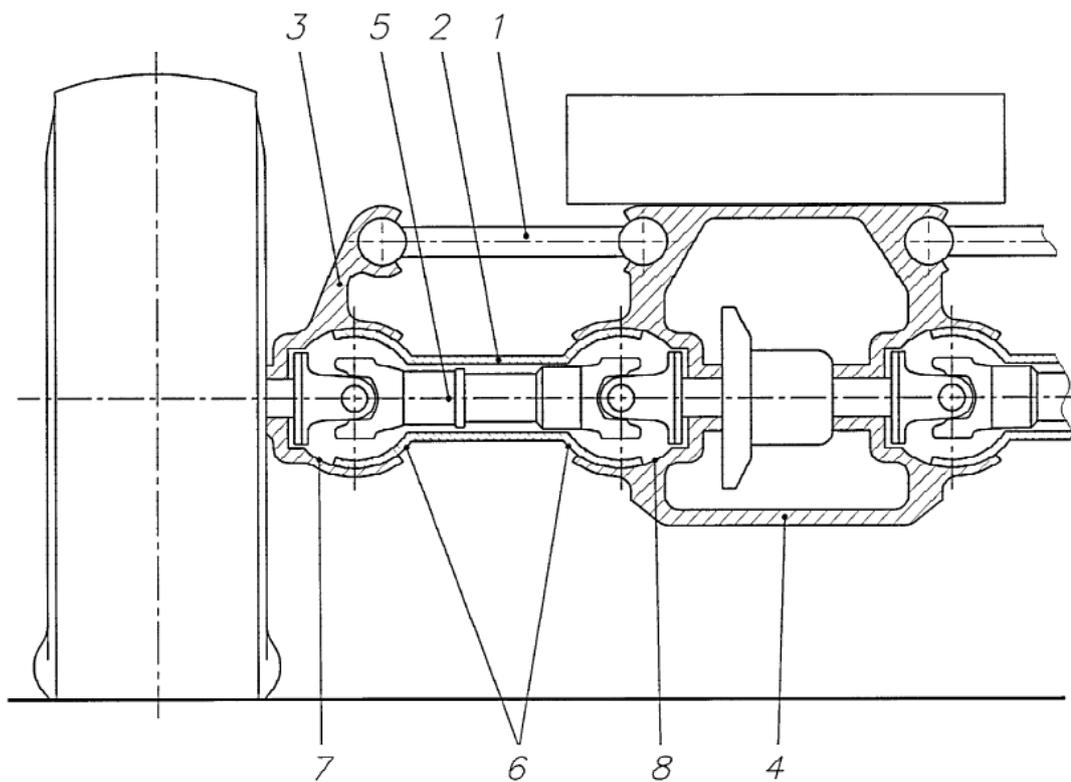


Рисунок 29 – Подвеска автомобиля по патенту RU 2 387 550 B60G 7/00

Изобретение подвески независимых колес, используемых в машиностроении и транспортных средствах.

Подвеска автомобиля состоит из верхнего и нижнего рычагов, вращающегося кулака, прикрепленного к ступице колес, и главного редуктора. Особенность в том, что в нижней рукоятке используется защитный корпус вала, вращающийся кулак и корпус головки выполнены из сферических элементов, отвечающих за соединение шарниров.

Сферические элементы за счет подвесов позволяют выполнять с большим диаметром по отношению к шарнирным соединениям. Направление трения снижает удельную нагрузку на грунт, что положительно сказывается на их долговечности.

Еще одним патентом, подходящим к разрабатываемой тематике, является описание изобретения к патенту RU 2 414 373 C1 B62 D 33/077 Автоподвеска, П.А. Якубов С.С. Бутаков Б.Е. Кабиров Ф.З. и Чагин В.Г. Схема представлена на рисунке 30.

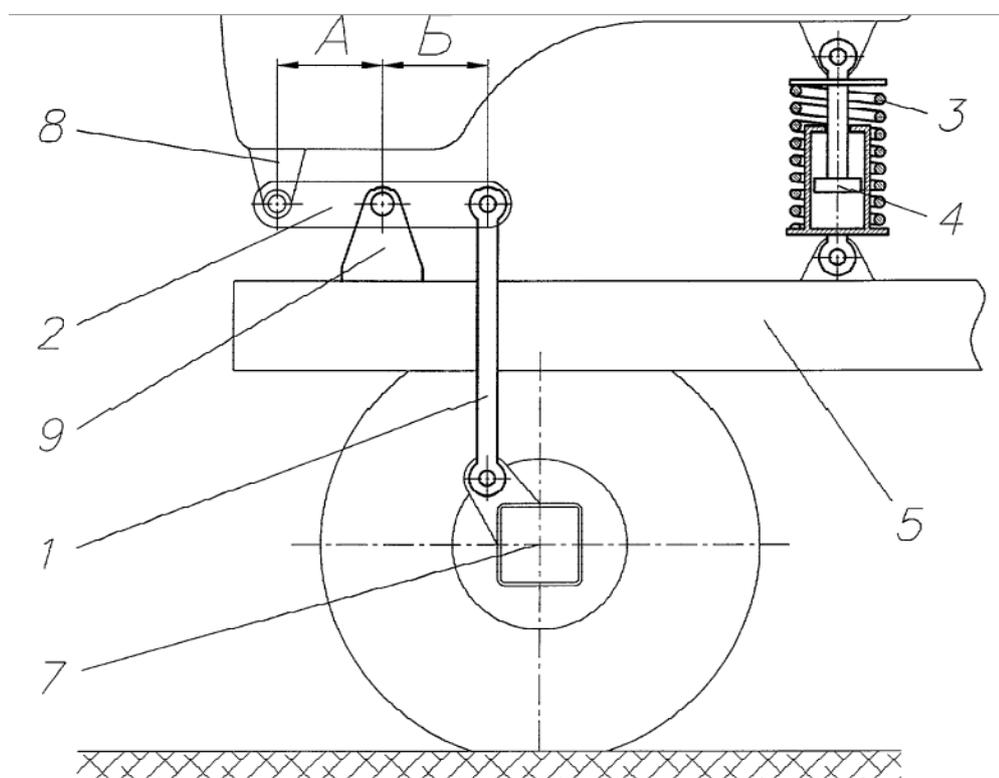


Рисунок 30 – Подвеска автомобиля по патенту RU 2 414 373 C1 B62 D 33/077

Подвеска доступна в трех и четырех вариантах, автомобиль состоит из независимой колесной пары. Эта конструкция обеспечивает очень простые рабочие характеристики, когда автомобиль подвешен к кабине.

Технологии и материалы осваиваются на штатном оборудовании. Предлагаемая подвеска может быть использована и изготовлена в соответствии с требованиями промышленности.

Подвеска кабины установлена на передних шарнирных опорах автомобиля, ручки выполнены в виде задней опоры, пружины крепятся к амортизатору, одним концом рамы, а другой особенностью являются шарниры. Кабина двухшарнирная и навесная со свободными краями, причем средний элемент шарнирно прикреплен к раме, как и задние стойки к раме.

Подвеска кабины - эти опоры, отличающиеся наличием опорных рукояток в неподвижной кабине, снабжены дополнительной шарнирной тягой, охватывающей автомобиль, шарнир выполнен двусторонним верхним и нижним рычагами, одно из тяговых соединений закреплено верхними плечевыми рычагами. Нижние рычаги и шарниры крепятся к детали. Шарниры закреплены на раме с возможностью поворота, а в кабине со свободным шарнирным соединением остальные шарниры закреплены с вращающимися кулачными колесами.

Рассмотренные описания изобретений будут использованы в разработке конструкции автомобильного дома на базе автобуса.

### **3.3 Расчет элементов подвески автодома**

В качестве элемента, наиболее отвечающего требованиям ответственности и безопасности, произведем расчет амортизатора подвески автодома.

Для расчета параметров амортизатора сначала выберем периодический коэффициент  $y = 0,15 \dots 0,3$ , принимаем значение  $y = 0,2$ .

$$\Psi = \frac{K}{\sqrt{\frac{M}{2}} c} = 0.2$$

где, рассчитываем коэффициент жесткости амортизатора  $K$  по следующей формуле.

$$K = \Psi \sqrt{\frac{M}{2}} c = 0.2 \sqrt{\frac{5975}{2}} \cdot 271363 = 5694.5$$

где  $M$  — вес в середине подвески, центрированный на колесе;

$c = 271363$  Н/м - жесткость подвески с центром на колесе;

Учитываем коэффициент жесткости при езде

$$K_{отб} = \beta \cdot K_{сж} ,$$

здесь,  $K_{сж}$  - коэффициент жесткости при сжатии ( $\beta = 4 \dots 8$ , мы принимаем:  $\beta = 6$ ).

$$K = \frac{K_{сж} + K_{отб}}{2} = \frac{K_{сж} + \beta \cdot K_{сж}}{2} ,$$

Определяем коэффициент жесткости при сжатии:

$$K_{сж} = \frac{2 \cdot K}{1 + \beta} = \frac{2 \cdot 5694}{1 + 6} = 1627 ,$$

Определить коэффициент жесткости амортизатора при движении:

$$K_{отб} = \beta \cdot K_{сж} = 6 \cdot 1627 = 9762 ,$$

Характеристики амортизатора складываются из максимальной силы сопротивления, определяемой коэффициентами:

$$F_{\max} = K_i \cdot \dot{\Delta}_{\max}$$

куда,  $\dot{\Delta}_{\max}$  Примем, что = 0,6 м/с.

$$F_{\max \text{ омс}} = K_{\text{омс}} \cdot \dot{\Delta}_{\max} = 9762 \cdot 0.6 = 5857.2$$

$$F_{\max \text{ смс}} = K_{\text{смс}} \cdot \dot{\Delta}_{\max} = 1627 \cdot 0.6 = 976.2$$

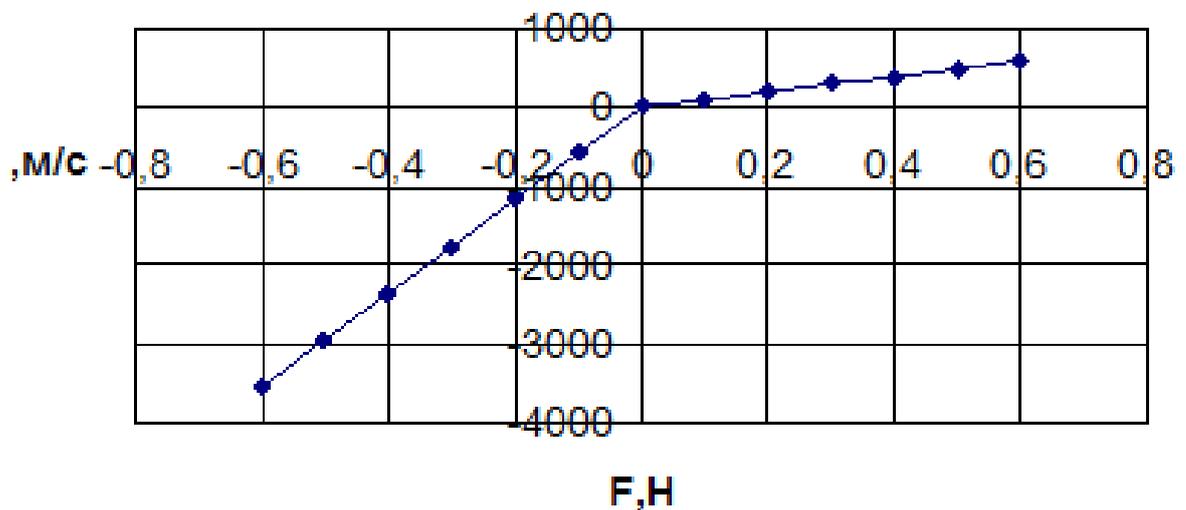


Рисунок 31 – Характеристики амортизатора

Расчет параметров амортизатора

Писпекский район

$$S = \frac{F_{\max}}{P_{\max}} = \frac{5857.2}{4} = 1464.3 \text{ мм}^2,$$

Диаметр бисквита

$$dn = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1464.3}{\pi}} = 43.1 \approx 44 \text{ мм,}$$

где  $p_{\max} = 4$  МПа - максимальное давление амортизатора;

$F_{\max} = F_{\max}(\text{отб}) = 5857,2$  Н - максимальное усилие амортизатора при движении;

Определяем диаметр ячейки (примем длину ячейки  $L = 300$  мм)

Расчет прочности ячейки при максимальном осевом сжатии:

$$F_{\text{сж (max)}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \pi \cdot d_{\text{шт}}^4}{64 \cdot L^2} \text{ ЧАС,}$$

$$d_{\text{шт}} \geq \sqrt[4]{\frac{F_{\text{сж (max)}} \cdot 64 \cdot L^2}{\pi^2 \cdot E \cdot \pi}} = \sqrt[4]{\frac{976.2 \cdot 64 \cdot 0.3^2}{\pi^2 \cdot 2.05 \cdot 10^5 \cdot \pi}} = 17.3 \text{ мм.}$$

Пиковая площадь во время вождения:

$$S_{\text{отб}} = \frac{(dn^2 - d_{\text{шт}}^2) \pi}{4} = \frac{(44^2 - 17.3^2) \pi}{4} = 1284.8 \text{ мм}^2,$$

Площадь вращения при сжатии:

$$S_{\text{сж}} = \frac{dn^2 \cdot \pi}{4} = \frac{44^2 \cdot \pi}{4} = 1519.8 \text{ мм}^2,$$

Вместе с каркасом амортизатора выбираем диаметр по МЭСТ:  $D=70$  мм.

Гидравлический расчет амортизатора

Подбор площади сечения проходов для получения заданной характеристики

Поток жидкости:

$$Q = k_y \cdot S_s \cdot V,$$

$$Q = \mu \cdot S_{OTB} \cdot \sqrt{\frac{2p}{\rho}},$$

$$p = \frac{F}{S}$$

$$S_{OTB(СЖ)} = \frac{k_y \cdot V}{\mu} \sqrt{\frac{S_{СЖ}^3 \cdot \rho}{2 \cdot F_{СЖ}}} = \frac{0.98 \cdot 0.6}{0.65} \sqrt{\frac{(1519.8 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 760}{2 \cdot 976.2}} = 33.4$$

$$S_{OTB(OTB)} = \frac{k_y \cdot V}{\mu} \sqrt{\frac{S_{OTB}^3 \cdot \rho}{2 \cdot F_{OTB}}} = \frac{0.98 \cdot 0.6}{0.65} \sqrt{\frac{(1284.8 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 760}{2 \cdot 5857.2}} = 10.6$$

где,  $kU = 0,98$  - коэффициент утечки;

$S_{в} = S_{вСЖ} = 1519,8$  мм<sup>2</sup> - площадь жидкости при сжатии;

$S_{в} = S_{вОТБ} = 1284,8$  мм<sup>2</sup> - площадь жидкости при движении;

$m = 0,65$  - коэффициент потерь;

$r = 760$  кг/м<sup>3</sup> - объем.

Произведем тепловой расчет амортизатора.

Атмосферная мощность амортизатора

$$N = k\tau \cdot S\tau \cdot \Delta t,$$

где,  $kt = 55$  Втм<sup>2</sup>/с - коэффициент теплоотдачи;

$Dt$  — разница температур воздуха между верхом и низом амортизатора.

Площадь надувной поверхности

Вентилируемая зона на высоте амортизатора

$$S_{об} = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0.070 \cdot 0.3 = 0.065 \text{ м}^2,$$

Накопленная мощность:

$$N = k_{cp} \cdot V_{cp}.$$

Среднее сопротивление амортизатора:

$$k_{cp} = \frac{k_0 + k_c}{2} = \frac{9762 + 1627}{2} = 5694.5$$

$$\Delta t = \frac{k_{cp} \cdot V_{cp}^2}{k_c \cdot S_{OB}} = \frac{5694.5 \cdot 0.3^2}{55 \cdot 0.065} = 143.4$$

$V_{cp} = 0,3$  м/с - средняя скорость пистолета.

Температура стенки амортизатора:

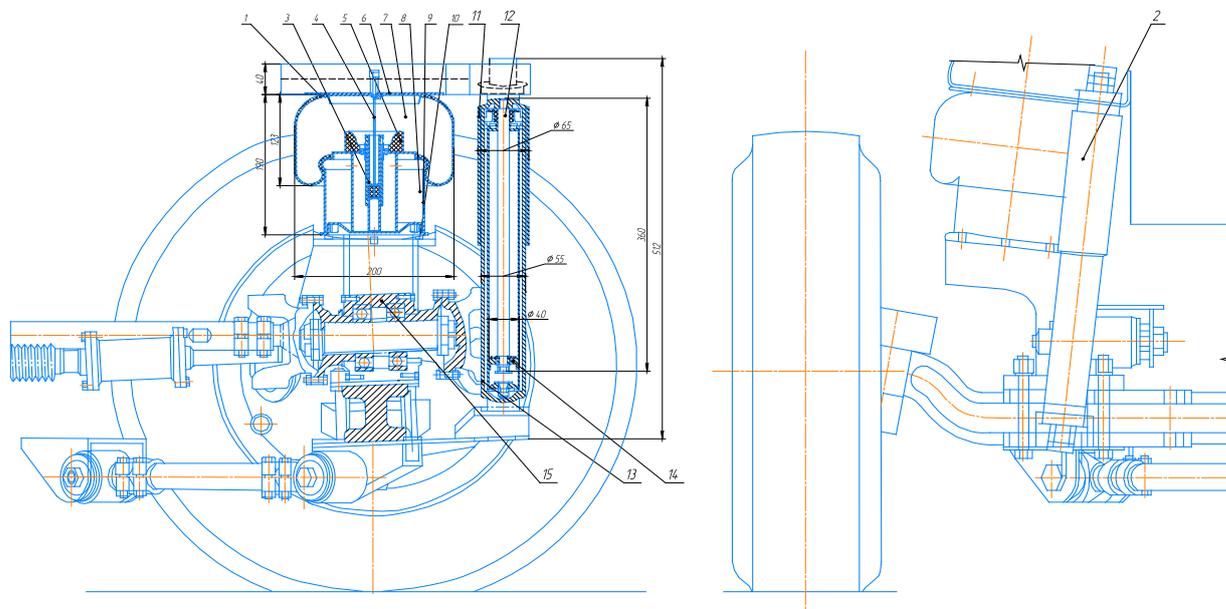
$$t = t_0 + \Delta t = 20 + 143.4 = 163.4^{\circ}\text{C}.$$

В разделе произведен обзор патентных решений по подвеске автобуса. На основании произведенного анализа отобраны наиболее прогрессивные технические решения, которые могут быть использованы при модернизации подвески автобуса при доработке его под размещение автомобильного дома. На основании проведенного анализа определена наиболее подходящая с технической точки зрения компоновочная схема. Определены наиболее ответственные узла конструкции. В соответствии с компоновочной схемой и нагрузками выполнен проверочный силовой и прочностной расчет элементов конструкции подвески.

## 4 Разработка технологического процесса сборки подвески автобуса

### 4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку

В технологическом разделе производится разработка технологического процесса сборки подвески автобуса автомобильного дома на базе автобуса ЛИАЗ. Необходимо спроектировать последовательность выполнения сборочных работ, обозначить необходимые технические условия на проведение сборочных работ и произвести подбор необходимого технологического оборудования.



1 – подушка; 2 – амортизатор; 3 – ниппель; 4 – соединительная трубка; 5 – площадка; 6 – оболочка; 7 – рабочая полость; 8 – нижняя полость; 9 – корпус; 10 – прокладка; 11 – корпус амортизатора; 12 – шток; 13 – внутренний корпус; 14 – поршень амортизатора.

Рисунок 32 – Конструкция подвески автодома

Процесс разработки технологического процесса начинается с ознакомлением рабочего чертежа конструкции узла. Это необходимо для формирования понимания того, из каких узлов и деталей состоит конструкция,

на какие элементы стоит расчленить изделие и в какой последовательности производить их сборку. Конструкция подвески, принятой для окончательной разработки представлена на рисунке 32.

«Подвеска автобуса реализована на все три оси в одном положении: зависимая, пневматическая, с регуляторами высоты кузова. На переднюю ось – по два гидравлических амортизатора, на заднюю ось – по четыре» [16]

В качестве конструкции подвески для автомобильного дома принимается пневматическая подвеска с гидравлическим амортизатором. Тип подвески – зависимая с неразрезной балкой. В качестве направляющих элементов подвески выступают косые рычаги. В качестве упругого элемента выступает пневматическая подушка, которая накачивается от бортового компрессора до необходимого для работы давления. Ввиду того, что давление может быть изменено, подвеска таким образом получается регулируемой. Изменение и адаптация производится при помощи изменения давления в подушке пневматической подвески. Гашение колебаний подвески при наезде на препятствие производится при помощи газонаполненного амортизатора, являющегося элементом подвески автомобильного дома на базе автобуса.

Таким образом, при разработке технологического процесса, необходимо произвести разработку технологии сборки зависимой пневматической подвески с неразрезной балкой.

#### **4.2 Технологический процесс сборки подвески**

Разработка технологического процесса сборки подвески автобуса является частью выпускной квалификационной работы, которая выносится на лист графической части в виде технологической схемы.

На проработку технологии сборки берется узел «Передняя подвеска автодома на базе автобуса ЛИАЗ». В качестве исходных данных при проектировании технологии принимаются:

- сборочные чертежи автодома на базе автобуса и рабочие чертежи подвески;

- в качестве объёма производства подвески принимаем количество 100 единиц, что объясняется перспективой годового сбыта на рынке России.

«К конструкции предъявляются общие требования технологичности, типичные для большинства узлов транспортных средств.

- изделие должно иметь возможность сборки по узлам;

- все узлы могут присоединяться к базовой детали независимо друг от друга;

- работы по сборке должны иметь возможность механизации;

- все детали должны иметь инструментальную доступность, каждая из деталей по возможности должна иметь возможность без демонтажа сопутствующих, либо их число должно быть минимизировано;

- изделие должно обладать свойством контролепригодности;

- детали и сборочные единицы должны быть унифицированы;

- сборочные работы должны вестись без применения специнструмента и спецоснастки.

- обеспечение расчленения его на отдельные узлы и сборочные единицы, сборка которых может иметь примерно одинаковые по длительности и по возможности однородные по технологическому содержанию этапы;

- обеспечение свободного инструментального доступа к деталям узла.» [16]

В таблицу 13 сведем все сборочные работы, которые необходимо произвести при проведении сборочных операций по подвески транспортного средства, автомобильного дома на базе автобуса ЛИАЗ.

Указанные в таблице работы будут использованы при разработки технологической схемы сборки подвески автодома на базе автобуса.

Таблица 13 – Сборочные работы, производимые при сборке подвески автодома

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
<b>Сборка балки переднего моста</b>				
005	Сборка балки с поворотными цапфами	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запрессовать в поворотную цапфу втулку верхнюю и нижнюю</li> <li>2. Установить распорную втулку</li> <li>3. Установить подшипник</li> <li>4. Произвести запрессовку шкворня</li> <li>5. Присоединить рычаги рулевых тяг к цапфе</li> <li>6. Затянуть стопорную гайку цапфы</li> <li>7. Установить крышку с сальником и затянуть болты крепления</li> <li>8. Убедиться в отсутствии заеданий</li> <li>9. Повторить операции для второй стороны балки</li> <li>10. Переместить сборочную единицу на следующую позицию</li> </ol>	Стенд сборочный Пресс 20т Ключ на 17 Ключ на 27 Смазка консистентная	30,45
<b>2. Монтаж балки на раму</b>				
010	Сборка балки с элементами крепления	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить подушки на балку</li> <li>2. Закрутить фиксирующие болты 5256- 1/13438/33 ключом на 19</li> <li>3. Запрессовать сайлент-блоки тяг балки моста</li> <li>4. Запрессовать сайлент-блок тяги поперечной устойчивости</li> <li>5. Установить подшипники в корпус крепления тяг</li> <li>6. Присоединить продольные рычаги тяг</li> <li>7. Присоединить тягу поперечной устойчивости</li> <li>8. Убедитесь в отсутствии заеданий при перемещении тяг</li> </ol>	Ключ на 17 Ключ на 27 Стойка канавная 5т Смазка	15,25
015	Присоединение балки к раме	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Присоединить продольные тяги к кронштейну рамы</li> <li>2. Присоединить тягу поперечной устойчивости к кронштейнам рамы</li> <li>3. Произвести затяжку болтов 5256-1/13438/33</li> <li>4. Затянуть болты крепления подушек</li> <li>5. Установить амортизаторы и произвести затяжку болтов</li> <li>6. Присоединить разъемы пневматической системы</li> </ol>	Ключ на 17 Ключ на 27 Стойка канавная 5т Смазка	22,87

Произведем расчет времени проведения работ по сборке балки переднего моста автодома.

«Техническое нормирование слесарно-сборочных работ, определение типа производства и формы организации технологического процесса сборки

Нормы времени на переходы операций сборки определяем по приложениям 1-47. Суммируем нормы времени на каждый вспомогательный и технологический переход операции и заносим в таблицу 3.

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия:» [16]

$$t_{\text{опобщ}} = \Sigma t_{\text{оп}} = 68,57 \text{ мин.} \quad (61)$$

Суммарная трудоемкость сборки:

$$t_{\text{штобщ}} = t_{\text{опобщ}} + t_{\text{опобщ}} (\alpha/100 + \beta/100), \quad (62)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, принимаем  $\alpha = 3\%$ ;

$\beta$  – часть оперативного времени на перерывы для отдыха, принимаем  $\beta = 5\%$ .

$$t_{\text{штобщ}} = 68,57 + 68,57 \cdot (3/100 + 5/100) = 68,57 + 68,57 \cdot 0,08 = 116,10 \text{ мин.}$$

Определение типа производства

Определяем тип производства, основываясь на данных о годовом объеме выпуска  $N = 100$  шт. и  $t_{\text{штобщ}} = 116,10$  мин. – производство мелкосерийное.

«Для мелкосерийного производства такт выпуска определяем по формуле:

$$T_{\text{в}} = F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot m / N, \quad (63)$$

где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимаем  $F_d = 2030$  час.;

$m$  – количество рабочих смен в сутки, принимаем  $m = 1$ ;

$N$  – годовой объем выпуска.» [32]

$$T_v = 2030 \cdot 60 \cdot 1 / 100 = 1218 \text{ мин.}$$

Выводы по разделу. В технологическом разделе был определен состав работ при производстве сборочных работ балки моста разрабатываемого автомобильного дома. Произведен подбор основного оборудования и использованы аналитические данные для определения трудоемкости каждой отдельной операции. Исходя из отдельной трудоемкости каждой операции определена трудоемкость всего технологического процесса и определен такт производства, исходя их программы выпуска. На основании разработанной технологической карты произведена разработка технологической схемы, которая выносится на лист графической части.

## **5 Охрана труда и безопасность объекта проектирования**

### **5.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)**

В разделе безопасности и охраны труда рассматривается технологический процесс проведения сборочных работ. В качестве технологического процесса принимается сборка и монтаж балки переднего моста автобуса. Работы производятся на сборочной площадке сборочного участка. Сборка ведется на канаве, поскольку для проведения работ необходим доступ к днищу автобуса. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также пресовое и подъемное оборудование. Все вышеописанное требует условий по охране труда, поскольку их использование может повлечь риск получения травмы или потерю трудоспособности при нарушении правил и требований к проведению работ.

### **5.2 Идентификация профессиональных рисков**

Идентификация профессиональных рисков проводится в соответствии с нормативными документами и государственными стандартами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выделить следующие производственные риски, характерные для рассматриваемого участка.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям,

поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [6]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

– факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.).» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами

и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;

- прямая и отраженная блескость;

- повышенная пульсация светового потока» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:»

[6]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [6]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного производства и тех условий труда, в которых производится работа.

Следовательно, указанные риски являются в применении средств и методов охраны труда для нейтрализации негативных последствий.

### **5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Методы снижения профессиональных рисков в целом направлены на нейтрализацию негативных последствий, вызываемых негативным воздействием.

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [8]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;
- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [6]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 14.

Таблица 14 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 14

1	2	3
Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы

Продолжение таблицы 14

1	2	3
Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;	Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия производственных рисков на работающих значительно снижают негативные последствия. Между тем, значительного результата можно достичь исключительно комплексным подходом к вопросу защиты рабочих в условиях сборочного цеха, когда административные и инженерные мероприятия дополняют и усиливают действия друг друга.

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности является важным элементом безопасности всего предприятия. Огонь наиболее опасный фактор при проведении работ, что особенно актуально для предприятия автомобильной промышленности, где используется большое количество легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, которые могут послужить негативным фактором возникновения пожара.

Факторы пожарной опасности приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>А – горение твердых веществ</p> <p>А1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>А2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением</p>	<p>горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга и искры сварочного оборудования</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения</p>	<p>Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны</p>
<p>В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ</p>	<p>топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и т.п.</p>
<p>С - горение газообразных горючих веществ</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)</p>

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;

- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;

- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;

- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;

- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;

- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Рассматриваемый участок не относится к категории производств, представляющих повышенную антропогенную опасность для окружающей среды. Тем не менее, участок, как и любое производство производит отходы, образующиеся в результате своей деятельности, которые могут выступать в роли загрязнителей, поэтому требуется их определение. К загрязняющим отходам следует отнести следующее:

- отходы сборочного производства кузовов (обрезки листового металла, обрезки древесины, обрезки пластика);
- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;
- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в результате обработки элементов кузова;
- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников сборочного участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [8]

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку автодома на базе автобуса ЛИАЗ. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации.

Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности.

Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

## **6 Экономический раздел дипломного проекта**

### **6.1 Анализ объекта дипломного проектирования**

В дипломном проекте была произведена доработка кузова автобуса ЛИАЗ под размещение автомобильного дома. Доработка заключается в изменении конструкции каркаса кузова, а также доработке подвески автобуса с целью внедрения пневматических подушек, что позволит повысить плавность и комфортабельность поездки, а также увеличить грузоподъемность узла. Управление давлением подвески, а значит и его жёсткостью осуществляется из кабины водителя. Накачка системы производится из пневмосистемы автобуса.

Сама конструкция может быть изготовлена в условиях мелкосерийного производства. В процессе производства применяются операции литейные, токарные, фрезерные, шлифовальные. Работы проводятся в условиях специализированного предприятия. Также в условиях специализированного предприятия производится монтаж разработанного узла.

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо произвести расчет себестоимости модернизации конструкции. Себестоимость будет являться отражением экономических затрат на производство, понесенных предприятием в процессе модернизации конструкции. Поэтому, расчет себестоимости будет являться главным показателем того, насколько разработанная конструкция будет влиять на стоимость изделия в целом.

### **6.2 Исходные данные для расчета**

Исходные данные для расчета экономических показателей проекта сведем для удобства восприятия в таблицу 16. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.

Таблица 16 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР <sub>год</sub>	1000
Штучное время сборки, мин	ВР <sub>шт</sub>	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд	С <sub>час</sub>	160,45
4 разряд		185,25
5 разряд		210,30
6 разряд		250,50
Доплата часового фонда, %	Кд	8
Доплата за профессиональный навык, %	Кпф	12
Доплата за вредные условия труда, %	Квр	12
Премияльный фонд, %	Прем	20
Отчисления в фонд социального страхования, %	ФСС	30
Транспортно-заготовительные расходы, %	К <sub>т-з</sub>	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К <sub>с-эк</sub>	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВПР	3

Общие исходные данные будут использованы при выполнении расчетов

### 6.3 Расчет затрат на материалы

Произведем расчет материальных затрат, которые предприятие несет в процессе модернизации кузова и подвески автобуса. Расчет выполняется исходя из разработанной технологии производства конструкции, а также исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет материальных затрат на производство

Материал	Единицы	Расход	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Заготовка поковка	кг	8	230,20	1841,60
Чугун литейный	кг	12	180,00	2160,00
Двутавр 16	кг		13,50	0,00
Грунтовка	кг	0,1	75,00	7,50
Краска	кг	0,2	120,00	24,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	кг	6	95,00	570,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	кг	4	95,00	380,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	кг	4,25	95,00	403,75
Круг, бронза	кг	2,5	750,50	1876,25
Масло промышленное	кг	0,5	115,00	57,50
Прочие				750,00
ИТОГО				8070,60
Транспортно-заготовительные расходы				242,12
ВСЕГО				8312,72

Рассчитана общая сумма затрат на материалы.

#### 6.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Произведем расчет затрат на приобретение покупных изделий и полуфабрикатов, которые предприятие несет в процессе модернизации кузова и подвески. Расчет выполняется исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 18.

Таблица 18 – Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10	8	25,00	200,00
Болты М8	8	14,00	112,00
Винты М8	10	10,00	100,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	2	350,00	700,00
Подшипник 302 ГОСТ 5720-76	4	275,00	1100,00

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4
Шайбы	26	0,50	13,00
Прочие			350,00
ИТОГО			2575,00
Транспортно-заготовительные расходы			77,25
ВСЕГО			2652,25

Рассчитана общая сумма затрат на покупные изделия и полуфабрикаты, затрачиваемые на производство кузовных панелей.

### 6.5 Расчет затрат на заработную плату

Произведем расчет затрат заработную плату и сопутствующие издержки, таких как цеховые и производственные расходы, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчет затрат на заработную плату

Операция	Разряд	Трудоемкость, ч/час	Тарифная ставка	Заработная плата
Литейная	5	8,0	210,30	1682,40
Сварочная	5	12,0	210,30	2523,60
Токарная	6	8,0	250,50	2004,00
Фрезерная	6	8,0	250,50	2004,00
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1002,00
Долбежная	5	10,0	210,30	2103,00
Термическая	5	2,5	210,30	525,75
Сверлильная	4	0,5	185,25	92,63
Слесарная	4	0,5	185,25	92,63
Сборочная	4	1,1	185,25	203,78
Окрасочная	3	1,0	160,45	160,45
Испытательная	5	1,5	210,30	315,45
ИТОГО				12709,68
Премияльные доплаты				3050,32
Основная заработная плата				15760,00

Рассчитана общая сумма затрат на основную заработную плату, затрачиваемые на производство единицу конструкции. Дальнейшие затраты рассчитываются исходя из суммы основной заработной платы.

Затраты по дополнительной заработной плате рассчитываются по формуле:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зосн} \cdot \text{Кд}, \quad (64)$$

где Кд – доплата часового фонда, Кд = 8%

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = 15\,760 \cdot 0,08 = 1\,260,00 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (65)$$

где ФСС – Отчисления в фонд социального страхования, ФСС = 30%

$$\text{СОЦ} = (15\,760,00 + 1\,260,00) \cdot 0,30 = 5\,106,24 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (66)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

$$\text{Робщ} = 15\,760,00 \cdot 0,25 = 3\,940,00 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (67)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

$$\text{Рохр} = 15\,760,00 \cdot 0,3 = 4\,728,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости доработки кузова и подвески автобуса представим в таблице 20.

Таблица 20 – Себестоимость доработки автобуса

Статьи затрат	Значение	
	Сумма	%
Сырье и материалы	8312,72	13,9%
Покупные изделия и полуфабрикаты	2652,25	4,4%
Зарплата основная	15760,00	26,3%
Зарплата дополнительная	1260,80	2,1%
Отчисления на соцстрах	5106,24	8,5%
Расходы на содержание оборудования	16390,40	27,4%
Общепроизводственные расходы	3940,00	6,6%
Общехозяйственные расходы	4728,00	7,9%
Производственная себестоимость	58150,40	97,1%
Внепроизводственные расходы	1744,51	2,9%
Полная себестоимость	59894,91	100,0%

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости доработки конструкции кузова автобуса и его подвески. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство автомобильного дома на базе автобуса ЛИАЗ. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция автомобильного дома будет являться конкурентной по цене.

## Заключение

В дипломном проекте была выполнена разработка автомобильного дома на базе автобуса ЛиАЗ. Работа проводилась в рамках выполнения дипломного проекта, результаты представлены в шести разделах, взаимосвязанных между собой.

В первом разделе дипломного проекта произведен анализ истории появления транспортных средств, предназначенных для размещения людей. На основании имеющейся информации были выявлены несколько классов конструкторских решений транспортных средств данного класса и принято решение о создании дома на колесах на базе автобуса большого класса ЛиАЗ-5292.

Во втором разделе дипломного проекта произведен расчет тягово-динамических характеристик автобуса. Расчет выполнен на основании исходных данных, определенных заданием. Рассчитаны силы, воздействующие на автобус при движении. На основании этих расчетов произведен расчет тяговой характеристики двигателя транспортного средства. Определены силовые характеристики для каждой передачи автобуса. Рассчитаны ускорения автобуса для каждой передачи. Результаты расчетов представлены на листе графической части дипломного проекта.

В третьем разделе произведен обзор патентных решений по подвеске автобуса. На основании произведенного анализа отобраны наиболее прогрессивные технические решения, которые могут быть использованы при модернизации подвески автобуса при доработке его под размещение автомобильного дома. На основании проведенного анализа определена наиболее подходящая с технической точки зрения компоновочная схема. Определены наиболее ответственные узлы конструкции. В соответствии с компоновочной схемой и нагрузками выполнен проверочный силовой и прочностной расчет элементов конструкции подвески.

В технологическом разделе был определен состав работ при производстве сборочных работ балки моста разрабатываемого автомобильного дома. Произведен подбор основного оборудования и использованы аналитические данные для определения трудоемкости каждой отдельной операции. Исходя из отдельной трудоемкости каждой операции определена трудоемкость всего технологического процесса и определен такт производства, исходя их программы выпуска. На основании разработанной технологической карты произведена разработка технологической схемы, которая выносится на лист графической части.

В разделе, посвященном охране труда и безопасности жизнедеятельности, произведен анализ работ на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку автодома на базе автобуса ЛИАЗ. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации. Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности. Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости доработки конструкции кузова автобуса и его подвески. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство автомобильного дома на базе автобуса ЛИАЗ. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция автомобильного дома будет являться конкурентной по цене.

На основании изложенного, можно сделать заключение о том, что все поставленные в рамках дипломного проекта выполнены в полном объеме.

## Список используемых источников

1. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник. Москва : ИНФРА-М, 2019. 655 с. (Высшее образование: Бакалавриат). [www.dx.doi.org/10.12737/2530](http://www.dx.doi.org/10.12737/2530). - ISBN 978-5-16-101092-1.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие. М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. 320 с.: ил.; . (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. Текст : электронный.
3. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. Заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 528 с.
4. Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие. Москва: СтГАУ - "Агрус", 2016. 64 с.
5. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию. Ставрополь, 2013. 68 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция». Изд-во Инфра-М, 2013. 313 с.
8. Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. Москва: [б.и.], 2018. Режим доступа [http://www.kornienko-ev.ru/teoria\\_auto/page233/page276/index.html](http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html), свободный
9. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс]: большое практ. справ. пособие. Москва: Флинта, 2012. 210 с. ISBN 978-5-9765-1369-3.
10. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов: учебник. Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. 284 с. ISBN 978-5-9729-0364-1.

11. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://automend.ru/>

12. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие. Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2020. 445 с.: ил. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-104362-2.

13. Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей. Минск : БНТУ, 2016. 61 с.

14. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие. Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. 368 с. (Среднее профессиональное образование). ISBN 978-5-16-101654-1.

15. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие. 2-е изд., испр. Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. 448 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-101224-6.

16. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник. - Гриф МО. Москва : Academia, 2003. 477 с.: ил. (Среднее профессиональное образование). Библиогр.: с. 473. Прил.: с. 421-472. ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

17. Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие. Москва : ИНФРА-М, 2019. 225 с. ISBN 978-5-16-108275-1.

18. G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

19. Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146: SAE International, 1995. 890 p. [8], [9], [10]. ISBN 1560915269, 9781560915263.

20. Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics: S Chand & Co Ltd, 2004 532 p.

21. Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition: Routledge, 2017. 378p. ISBN 9780415725781

22. Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ Электрон. текстовые данные. Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. 350 с.