

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 МАЗ

Обучающийся

П.Г. Маханько

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

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

Консультанты

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

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

канд. пед. наук, доцент А.В. Кириллова (Егорова)

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

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2024

Аннотация

В расчетно-пояснительной записке представлена дипломная работа на тему «Разработка автодома на базе автобуса МАЗ».

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к автодомам, что обусловлено стремлением людей к мобильности, комфорту и свободе путешествий. Автодома предоставляют уникальную возможность путешествовать с комфортом, сохраняя при этом домашние удобства. В этом контексте разработка автодома на базе автобуса МАЗ представляет собой актуальную. Спрос на автодома постоянно растет как в России, так и во всем мире. Люди все чаще предпочитают путешествовать на автодомах, поскольку это позволяет избежать ограничений, связанных с отелями и другими видами размещения. Особенно заметен рост популярности автодомов в условиях пандемии COVID-19, когда безопасное и изолированное путешествие стало приоритетом для многих.

Автодома, построенные на базе существующих автобусных платформ, таких как МАЗ, позволяют эффективно использовать ресурсы и снижать затраты на производство. Использование автобуса, который уже находится в эксплуатации, позволяет сократить затраты на создание нового шасси и основных компонентов. Кроме того, переоборудование существующих транспортных средств способствует снижению экологической нагрузки, так как предполагает вторичное использование материалов и узлов. и перспективную задачу.

Разработка автодома на базе автобуса МАЗ является актуальной и востребованной задачей, которая сочетает в себе технические, экономические и социальные аспекты. Проект направлен на удовлетворение растущего спроса на мобильные и комфортные средства для путешествий, улучшение качества жизни пользователей и стимулирование развития внутреннего туризма. Кроме того, он способствует рациональному использованию ресурсов и снижению

экологической нагрузки, что делает его особенно значимым в современных условиях.

Целью дипломного проекта «Разработка автодома на базе автобуса МАЗ» является создание комфортного, функционального и экономически эффективного автодома, способного удовлетворить потребности современных путешественников. Проект предусматривает переоборудование существующего автобуса МАЗ в мобильное жилое пространство, оснащенное всеми необходимыми удобствами для длительных путешествий и проживания.

Логическая структура дипломного проекта представляет совокупность ряда проведенных исследований, а именно:

- анализ конструкции автодомов, в том числе, созданных на базе автобусов;
- формирование предложений по разработке конструкции автодома на базе автобуса МАЗ;
- проведение необходимых конструкторских расчетов;
- разработка необходимых технологических операций сборки подвески автомобильного дома на базе автобуса МАЗ;
- разработка требований по безопасности организации и проведению сборочных работ;
- расчет экономического эффекта от внедрения конструкции в производство;
- формирование заключения по результатам проделанной работы.

Успешная реализация проекта позволит удовлетворить потребности рынка в современных автодомах, стимулировать развитие внутреннего туризма и повысить качество жизни пользователей.

Abstract

The calculation and explanatory note present a thesis on the topic “Development of a motorhome based on a MAZ bus.”

In recent years, there has been a significant increase in interest in motorhomes, driven by people's desire for mobility, comfort and freedom of travel. Motorhomes provide a unique opportunity to travel in comfort while maintaining the comforts of home. In this context, the development of a motorhome based on a MAZ bus is a topical issue. The demand for motorhomes is constantly growing both in Russia and throughout the world. People are increasingly choosing to travel by motorhome as it avoids the restrictions associated with hotels and other types of accommodation. The rise in popularity of motorhomes has been especially noticeable during the COVID-19 pandemic, when safe and isolated travel has become a priority for many.

Motorhomes built on the basis of existing bus platforms, such as MAZ, make it possible to efficiently use resources and reduce production costs. Using a bus that is already in service reduces the cost of creating a new chassis and major components. In addition, the conversion of existing vehicles helps reduce the environmental load, as it involves the recycling of materials and components. and a promising task.

The development of a motorhome based on a MAZ bus is an urgent and sought-after task that combines technical, economic and social aspects. The project aims to meet the growing demand for mobile and comfortable travel facilities, improve the quality of life of users and stimulate the development of domestic tourism. In addition, it promotes the rational use of resources and the reduction of environmental load, which makes it especially significant in modern conditions.

The goal of the diploma project “Development of a motorhome based on a MAZ bus” is to create a comfortable, functional and cost-effective motorhome that can meet the needs of modern travelers. The project involves the conversion of an existing MAZ bus into a mobile living space, equipped with all the necessary amenities for long trips and accommodation.

The logical structure of the diploma project represents the totality of a number of studies conducted, namely:

- analysis of the design of motorhomes, including those created on the basis of buses;
- formation of proposals for the development of a motorhome design based on a MAZ bus;
- carrying out the necessary design calculations;
- development of the necessary technological operations for assembling the suspension of a car house based on a MAZ bus;
- development of requirements for the safety of the organization and assembly work;
- calculation of the economic effect from introducing the design into production;
- drawing up a conclusion based on the results of the work done.

Successful implementation of the project will satisfy the market needs for modern motorhomes, stimulate the development of domestic tourism and improve the quality of life of users.

Содержание

Введение	8
1 Анализ конструкции объекта дипломного проектирования	10
1.1 Автомобильный дом и этапы развития автомобильных домов	10
1.2 Анализ конструкции автомобильного дома	15
1.2.1 Конструкторское решение для автодома	15
1.2.2 Конструкторское решение для кемперванов	19
1.2.3 Конструкторское решение для кемпера на базе грузового автомобиля и автобуса	24
2 Расчет тягово-экономических характеристик автобуса МАЗ	29
2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства	29
2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя	30
2.3 Тяговый расчет транспортного средства	32
2.4 Расчет параметров трансмиссии транспортного средства	34
2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах	36
2.6 Определение силы сопротивления дороги	38
2.7 Определение силы сопротивления воздуха	38
2.8 Определение силы инерции	40
2.9 Расчет и построение динамического фактора автомобиля	41
2.10 Расчет и построение графиков времени и пути разгона	43
3 Конструкция автодома на базе автобуса МАЗ	45
3.1 Устройство подвески автобуса	45
3.2 Анализ патентных аналогов подвески автобуса	47
3.3 Конструкторские расчеты элементов подвески автодома	56
4 Разработка технологического процесса сборки подвески автобуса	63
4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку	63
4.2 Разработка технологического процесса	65

5	Безопасность и экологичность участка механической сборки	68
5.1	Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта	68
5.2	Идентификация профессиональных рисков	71
5.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков	72
5.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	74
5.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта	78
6	Экономический раздел дипломного проекта	80
6.1	Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта	80
6.2	Расчет затрат и экономической эффективности	81
6.3	Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	88
	Заключение	92
	Список используемой литературы и используемых источников	98

Введение

В последние годы наблюдается заметное увеличение интереса к автодомам, что обусловлено стремлением к свободе передвижения, комфорту и независимости во время путешествий. Автодома представляют собой уникальное средство, сочетающее функции транспортного средства и жилого помещения, что позволяет владельцам путешествовать без привязки к конкретному месту проживания и наслаждаться удобствами домашней обстановки. В условиях растущего спроса на индивидуальные и семейные путешествия, особенно в условиях пандемии, автодома становятся все более популярными среди путешественников.

Автобусы МАЗ зарекомендовали себя как надежные и долговечные транспортные средства, широко используемые в различных регионах. Высокая прочность конструкции, надежность узлов и агрегатов, а также доступность запчастей делают автобусы МАЗ привлекательной платформой для переоборудования в автодома. Использование уже существующей базы позволяет существенно снизить затраты на производство и адаптацию, а также сократить время разработки нового продукта.

Целью данного дипломного проекта является разработка автодома на базе автобуса МАЗ, который будет отвечать современным требованиям комфорта, функциональности и экономической эффективности. Проект предусматривает проведение комплексного анализа и проектирования всех необходимых систем и компонентов автодома, включая жилое пространство, системы жизнеобеспечения, энергетические установки и системы безопасности.

В рамках проекта планируется провести следующие этапы работы:

- анализ существующих решений и тенденций на рынке автодомов;
- разработка технического задания и требований к автодому;
- проектирование интерьера и планировка жилых зон;

- разработка конструктивных изменений и адаптация шасси автобуса МАЗ;

- проектирование и интеграция систем жизнеобеспечения и энергоснабжения;

- тестирование и оценка прототипа автодома;

Данный проект обладает высокой актуальностью, поскольку он направлен на удовлетворение растущего спроса на мобильные и комфортные средства для путешествий. Создание автодома на базе автобуса МАЗ позволит предложить потребителям доступное и надежное решение для организации путешествий и проживания. Реализация проекта также будет способствовать развитию внутреннего туризма и популяризации автопутешествий, что является важным фактором в условиях современных экономических и социальных изменений.

«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]

Таким образом, разработка автодома на базе автобуса МАЗ представляет собой актуальную и перспективную задачу, направленную на создание продукта, который сочетает в себе преимущества мобильности, комфорта и экономической эффективности. Успешная реализация данного проекта позволит удовлетворить потребности рынка и повысить качество жизни пользователей.

1 Анализ конструкции объекта дипломного проектирования

1.1 Автомобильный дом и этапы развития автомобильных домов

Автомобильный дом, или автодом, представляет собой транспортное средство, специально оборудованное для длительного проживания и путешествий. Он сочетает в себе функции автомобиля и жилого помещения, предоставляя пользователям возможность комфортного передвижения и проживания без необходимости останавливаться в гостиницах или других местах размещения. Автодома могут быть различных типов, включая кемперы, фургоны и автобусы, переоборудованные в жилые помещения.

«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

«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]

В начале 20-го века появились первые автодома, представляющие собой обычные автомобили с примитивными жилыми модулями. Они были весьма простыми и часто использовались для кратковременных поездок.

Кемперы на базе автомобилей: В 1920-х годах начали появляться кемперы на базе грузовиков и легковых автомобилей, оснащенные спальными местами и минимальными удобствами.

«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

«После Второй мировой войны в США и Европе начался бум автотуризма. Появились специализированные компании, занимающиеся производством автодомов и трейлеров. Автодома стали более комфортабельными и функциональными. Они оснащались кухнями, санузлами и системами отопления.

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]



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.» [25]

Развитие автодомов прошло долгий путь от простых автомобилей с минимальными удобствами до современных высокотехнологичных транспортных средств, обеспечивающих высокий уровень комфорта и мобильности. Современные автодома становятся все более популярными благодаря своей универсальности, удобству и возможности путешествовать в любом направлении. В условиях растущего спроса на индивидуальные и семейные путешествия, а также стремления к экологичности и экономичности, автодома продолжают эволюционировать, предлагая новые решения и возможности для пользователей.

1.2 Анализ конструкции автомобильного дома

1.2.1 Конструкторское решение для автодома

Конструкторские решения для автомобильного дома (автодома) включают в себя множество аспектов, которые необходимо учитывать для создания комфортного, безопасного и функционального транспортного средства. Важными аспектами являются компоновка интерьера, системы жизнеобеспечения, материалы и технологии, а также энергоэффективность и безопасность. Рассмотрим основные конструкторские решения и подходы, используемые при разработке автодомов.

«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

Планировка должна предусматривать удобные и трансформируемые спальные места. Обычно используются раскладные диваны, кровати-трансформеры или двухъярусные кровати. Кухонная зона обычно включает в себя мини-кухню с плитой, раковиной, холодильником и шкафчиками для хранения. Кухонное оборудование должно быть компактным и экономичным по потреблению энергии. Санузел представляет собой компактный санузел с туалетом, раковиной и душевой кабиной, возможный для размещения в ограниченном пространстве автомобильного кузова. Возможны варианты с химическим туалетом или биотуалетом для мобильности и автономности.

Гостиная и обеденная зона представляют собой пространство для отдыха и приема пищи. Часто обеденные столы и сиденья также служат дополнительными спальными местами.

«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]



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

Анализ конструкторских решений автомобильного дома показывает, что создание комфортного, функционального и безопасного автодома требует комплексного подхода, включающего продуманную планировку интерьера,

использование современных систем жизнеобеспечения, инновационных материалов и технологий, а также внедрение энергоэффективных и экологических решений. Важно учитывать все аспекты эксплуатации автодома для обеспечения максимального комфорта и удовлетворения потребностей пользователей.

1.2.2 Конструкторское решение для кемперванов

Кемперваны (campervans) — это компактные и мобильные автодома, созданные на базе фургонов или микроавтобусов, которые предлагают гибкость и удобство для путешествий. Конструкторские решения для кемперванов должны учитывать ограниченное пространство, обеспечивая при этом комфорт, функциональность и безопасность, рисунок 10.



Рисунок 10 – Кемпер на базе пикапа GMC

«По большей части, к категории кэмперванов 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. 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.» [10]



Рисунок 12 – Кемпер ван на базе микроавтобуса Фольксваген Кемпер

Спальные зоны в кемперванах предполагают использование раскладных диванов, кроватей-трансформеров или подвесных кроватей для экономии пространства. Популярно решение с использованием задней части фургона для размещения кровати.

Кухонная зона в кемперване либо отсутствует, либо представляет сверхкомпактные кухни, включающие в себя плиту, раковину и мини-холодильник. Часто в конструкции кухни используются складные или выдвигаемые элементы для увеличения рабочей площади.

В кемперванах санузел обычно ограничен портативным туалетом и, в некоторых моделях, компактной душевой кабиной. Иногда душ располагается снаружи.

Трансформируемые столы и сиденья, которые могут превращаться в спальные места. Использование вращающихся передних сидений для увеличения полезного пространства. Очень часто в кемперванах, построенных на базе серийных микроавтобусов, используют надставки из пластика, увеличивающие объём пространства за счет поднятия крыши. Также могут применяться складывающиеся крыши. Пример такой доработки приводится на рисунке 13 и рисунке 14.



Рисунок 13 – Кэмпervан 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]

Конструкторские решения для кемперванов требуют тщательного планирования и оптимизации пространства для создания комфортного, функционального и безопасного транспортного средства. Важными аспектами являются зонирование интерьера, системы жизнеобеспечения, использование современных материалов и технологий, энергоэффективность и безопасность. Успешная реализация этих решений позволяет создать кемперваны, которые удовлетворяют потребности современных путешественников и обеспечивают высокий уровень комфорта и автономности.

1.2.3 Конструкторское решение для кемпера на базе грузового автомобиля и автобуса

«Кемперы на базе грузового автомобиля и автобуса представляют собой многофункциональные транспортные средства, созданные для длительных путешествий и проживания. Эти кемперы отличаются большим внутренним пространством и возможностью размещения всех необходимых удобств. Рассмотрим основные конструкторские решения для кемперов на базе

грузового автомобиля и автобуса, включая зонирование интерьера, системы жизнеобеспечения, материалы и технологии, энергоэффективность и безопасность.

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]



Рисунок 15 – Кемпер на базе грузового автомобиля повышенной проходимости Mitsubishi

Спальные зоны в таких автодомах уже могут включать одну или несколько спальных зон, оборудованных стационарными или трансформируемыми кроватями. Также присутствует возможность установки двухъярусных кроватей или раскладных диванов для увеличения числа спальных мест.

Кухонная зона представляет полноценную кухню с плитой, раковиной, холодильником, микроволновой печью и местом для хранения продуктов. В интерьере кухонной зоны широко применяются выдвижные и складные элементы для экономии пространства и удобства использования.

Благодаря наличию свободного пространства, появляется возможность установки полноценного санузла с туалетом, раковиной и душевой кабиной. Возможна установка компактных биотуалетов и систем для экономии воды.

Гостиная и обеденная зона представляет просторную зону для отдыха и приема пищи, включающая стол, стулья или скамейки. Как правило, имеется возможность трансформации этой зоны в дополнительные спальные места.

«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.» [10]



Рисунок 16 – Автомобильный дом 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.» [23]



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.» [22]

В первом разделе дипломного проекта был произведен анализ истории появления автомобильных домов. История автомобильных домов началась с простых и примитивных решений в начале 20-го века. Первые автодома

представляли собой автомобили с минимальными удобствами для кратковременных поездок. Послевоенный период стал этапом значительного развития автодомов, когда массовый спрос на автотуризм привел к появлению специализированных компаний и усовершенствованию конструкций. В 1960-е и 1970-е годы автодома стали массовым продуктом с улучшенной эргономикой и комфортом, что способствовало росту популярности кемперов и автоприцепов. Современные автодома характеризуются использованием высоких технологий, таких как солнечные панели, системы управления энергопотреблением и экологически чистые материалы, что делает их более удобными и экологически безопасными.

Современные автодома имеют тщательно продуманное зонирование пространства, обеспечивающее удобство и комфорт. Основные зоны включают спальные места, кухонные зоны, санузлы и зоны отдыха. В автодомах используются автономные системы водоснабжения, электроснабжения и отопления, что обеспечивает независимость от внешних источников и удобство в эксплуатации. В конструкции современных автодомов применяются легкие и прочные материалы, обеспечивающие долговечность и снижение массы транспортного средства.

Анализ истории появления и развития автомобильных домов, а также различных конструкторских решений, показал, что современные автодома представляют собой высокотехнологичные и комфортные транспортные средства, отвечающие требованиям современных пользователей. Тщательно продуманное зонирование интерьера, использование современных систем жизнеобеспечения и материалов, а также высокая энергоэффективность и безопасность делают автодома привлекательными для длительных путешествий и проживания. Дальнейшее развитие в этой области будет направлено на улучшение экологичности, комфорта и функциональности автодомов.

2 Расчет тягово-экономических характеристик автобуса МАЗ

2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства

Тяговый расчет автобуса является важным этапом проектирования и оптимизации транспортного средства. Он позволяет определить основные параметры, влияющие на динамические характеристики автобуса, такие как ускорение, максимальная скорость, расход топлива и способность преодолевать подъемы. В данном проекте будет проведен тяговый расчет автобуса марки МАЗ, который предназначен для эксплуатации в условиях городского и пригородного движения.

Актуальность проведения тягового расчета для автобуса МАЗ обусловлена необходимостью повышения эффективности и надежности транспортного средства. Современные условия эксплуатации требуют от автобусов высокой маневренности, экономичности и экологичности. Тяговый расчет позволяет выявить слабые места в конструкции и предложить пути их улучшения, что особенно важно в условиях жесткой конкуренции на рынке общественного транспорта и требований к снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Объектом исследования является автобус МАЗ, один из популярных моделей городского и пригородного транспорта. Конструкция данного автобуса включает в себя множество элементов и систем, влияющих на его тягово-динамические характеристики: двигатель, трансмиссия, ходовая часть и т.д. В рамках данного проекта будут рассмотрены основные параметры и характеристики, необходимые для выполнения тягового расчета. Расчет производится на основании данных, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для тягового расчета

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
Масса снаряженная/технически допустимая, кг	10500 / 18000
Нагрузка на переднюю/заднюю ось от технически допустимой массы, кг	6500 / 11500
Тормозная система	Пневматическая, двухконтурная, с ABS, ASR
Вентиляция	Естественная и принудительная
Шины	275 / 70 R 22,5

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...13,0 с⁻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

ω - угловая скорость вращения вала двигателя, рад.с⁻¹

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

Таблица 2 – Расчет мощности и крутящего момента

Параметры	Отношение частот вращения, ne/nN								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Частота вращения, ne, с ⁻¹	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 Ne, кВт	32	57,2	84,7	114,5	141,9	169,5	192,4	212,9	229
Эффективный момент, Me, Н.м	587	688,1	763,8	825,7	853,3	872,9	867	853,3	825,7

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:» [1]

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

«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], [9]

Сумма сил сопротивления качению и сопротивлению подъема – сопротивлением дороги

$$P_d = P_f + P_y, \quad (4)$$

Тогда уравнение тягового баланса будет иметь вид:

$$P_m = P_d + P_e \pm P_j \quad (5)$$

«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:» [1]

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

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

I_{mp} – передаточное число трансмиссии,

η_{mp} – КПД трансмиссии.» [2]

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 φ :» [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:

$$I_{mp} = I_{kp} \cdot I_{pk} \cdot I_{zl} \quad (10)$$

где I_{mp} - передаточное число трансмиссии,

I_{kp} - передаточное число коробки передач,

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

I_{zl} – передаточное число главной передачи.» [2]

В общем виде КПД трансмиссии автомобиля определяется как

$$\eta_{mp} = \eta_{kn} \cdot \eta_{pk} \cdot \eta_{\kappa}^i \cdot \eta_{zl}^j \quad (11)$$

«Где η_{kn} – КПД коробки передач,

η_{pk} – КПД раздаточной коробки,

η_{κ} – КПД карданного вала,

η_{zl} – 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:

$$\eta_{mp} = \eta_{kn} \cdot \eta_{\kappa}^2 \cdot \eta_{zl}^2 = \eta_{mp} = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,92 \cdot 0,90 = 0,84$$

«Частоты вращения коленвала двигателя n_e и соответствующие им значения эффективных моментов M_e и определённые по формуле» [4]

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

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

2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах

«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 :

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

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

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

где d – посадочный диаметр обода колеса и B' - ширина профиля шины в дюймах.» [1]

«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.» [3]

«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
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

2.6 Определение силы сопротивления дороги

«Сумму сопротивлений качению и подъему автомобиля называют силой сопротивлению дороги P_{∂} »:

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

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

$f = 0,04$ – коэффициент сопротивления качения

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], [11]

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

Участок	Уклон, a , 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

приходится 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.

Опытным путем установлено, что сила сопротивления воздуха равна

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

где $K_{\text{в}}$ —коэффициент обтекаемости, принимается в соответствии со значениями по таблице 7.» [1]

Таблица 7 – Значения коэффициента обтекаемости

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

«Принимаем по таблице коэффициент $K_{\text{в}}$ равный 0,65 Н·сек²/м⁴;

F —лобовая площадь автомобиля, м²;

V —скорость движения автомобиля в м/сек.

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

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

«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]

$$P_в = W \cdot V^2 = 0,6 * 4,9 * 5^2 = 73$$

Таблица 8 – Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей

Точки графика	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
$V, \text{ м/с}$	5	10	15	20	22	25	27	30
$P_в, \text{ Н}$	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_{∂} и $P_в$ графически суммируются. Для наглядности кривые $P_{\partial 100} + P_в$ наносят сплошной линией, а $P_{\partial 0} + P_в$ пунктирной. Кривая $(P_{\partial} + P_в)$ 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 $P_\delta + P_\epsilon$), то для равномерного движения автомобиля нужно уменьшить подачу топлива настолько, чтобы тяговая кривая для этой скорости снизилась и пересекла кривую $(P_\delta + P_\epsilon)$ в точке, ордината которой соответствует этой скорости. В этой точке $P_m = P_\delta + P_\epsilon$ – условие равномерного движения.

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.» [2]

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» [1]

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

«где δ – коэффициент учета вращающихся масс, который показывает, во сколько раз энергия, затраченная на разгон автомобиля больше энергии поступательного движения» [2]

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

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

j – ускорение автомобиля, м/с²,

φ – коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги,

g – ускорение силы тяжести, м/с².

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

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

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

$$D = (P_m - P_с) / G \quad (23)$$

Результаты расчета представлены в таблице 10.» [1]

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
D1	0,25	0,29	0,33	0,34	0,37	0,38	0,377	0,371	0,36
D2	0,146	0,174	0,193	0,208	0,215	0,22	0,22	0,215	0,208
D3	0,089	0,107	0,118	0,128	0,133	0,135	0,135	0,132	0,128
D4	0,0614	0,073	0,0811	0,0876	0,0906	0,0926	0,092	0,0905	0,0876
D5	0,0418	0,0498	0,0552	0,0597	0,0617	0,0631	0,0627	0,0617	0,0596
D6	0,0279	0,0332	0,0368	0,0398	0,0411	0,042	0,0417	0,041	0,0396

2.10 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

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

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 ΔV , 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 время разгона в тех же интервалах» [1]

$$t_a = (0.8-0.4) / 0.38 = 1.05 \text{ с } (V_{ak} - V_{an}) / J_{cp}$$

«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]

Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автобуса МАЗ тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автобуса, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

Результаты тягового расчета демонстрируют не только технические возможности автобуса, но и его эксплуатационные характеристики, такие как динамика разгона, максимальная скорость, экономичность и поведение на различных участках дороги. Важно учитывать не только тяговые характеристики двигателя, но и передачи, дифференциала и других компонентов трансмиссии, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью и моментом на колесах.

Проведенная расчетная работа играет важную роль в проектировании и оптимизации ходовых качеств автомобиля, что в конечном итоге повлияет на его эффективность, надежность и удовлетворенность пользователей. Регулярное совершенствование методов расчета и анализа проведенных расчетов позволит улучшить качество и конкурентоспособность транспортного средства на современном рынке транспортных средств.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

3 Конструкция автодома на базе автобуса МАЗ

3.1 Устройство подвески автобуса

Подвеска автобуса представляет собой одну из ключевых систем, обеспечивающих комфорт и безопасность при движении транспортного средства. Подвеска смягчает удары и вибрации, возникающие при движении по неровным дорогам, и обеспечивает устойчивость и управляемость автобуса. Рассмотрим основные компоненты и принципы работы подвески автобуса.

«Подвеска автобуса (рисунок 18) 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.» [10]

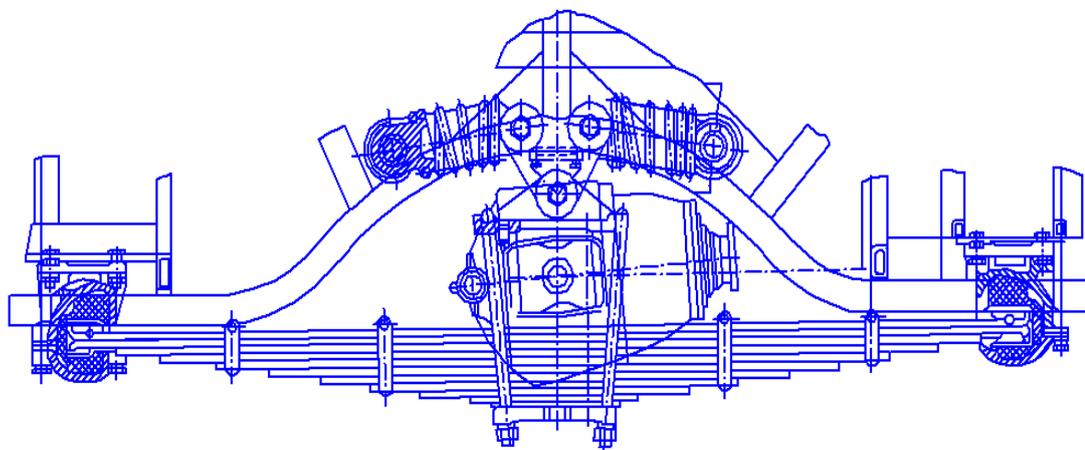


Рисунок 18 – Подвеска автобуса МАЗ

«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: плоские эллипсы, консольный, в четвертях. Формат сбора листов соответствует эксцентриситету изгибающих моментов, т.е. Пружины похожи на резистор равного сопротивления.» [10]

В зависимой подвеске колеса одной оси соединены жесткой балкой, и движение одного колеса влияет на движение другого. Это более простая и прочная конструкция, часто используемая на задней оси автобусов.

В независимой подвеске каждое колесо крепится к кузову отдельно, и движение одного колеса не влияет на движение другого. Это обеспечивает лучший комфорт и управляемость, часто используется на передней оси.

Полузависимая подвеска сочетает элементы как зависимой, так и независимой подвески, обеспечивая баланс между простотой конструкции и комфортом.

Подвеска автобуса работает, поглощая и демпфируя удары и вибрации, возникающие при движении по неровной дороге. Когда колесо сталкивается с препятствием, энергия удара передается через рессоры и амортизаторы, которые сжимаются и затем восстанавливают свою форму, смягчая удары и уменьшая колебания кузова.

Подвеска автобуса представляет собой сложную систему, включающую различные компоненты и механизмы, работающие вместе для обеспечения комфорта и безопасности при движении. Современные автобусы оснащаются подвесками, сочетающими в себе надежность, долговечность и высокую

эффективность, что позволяет им успешно справляться с вызовами, которые предъявляют современные дорожные условия и требования к качеству перевозок.

3.2 Анализ патентных аналогов подвески автобуса

Анализ патентных аналогов подвески автобуса имеет высокую актуальность, поскольку подвеска является одним из ключевых элементов, определяющих комфорт, безопасность и управляемость транспортного средства. С учетом постоянно растущих требований к пассажирскому транспорту в части экологичности, энергоэффективности и комфортности, поиск и внедрение новых решений в области подвески является неотъемлемой частью процесса разработки и модернизации автобусов.

Для проведения анализа были использованы следующие методы:

- поиск и отбор патентов, относящихся к конструкции и усовершенствованию подвески автобусов.
- классификация найденных патентов по типу конструктивных решений и их функциональному назначению.
- сравнительный анализ технических характеристик и инновационных решений, представленных в патентной документации.
- оценка возможностей применения патентных решений в реальных условиях эксплуатации автобусов.

Объектом исследования являются патенты, зарегистрированные в различных странах и охватывающие различные аспекты конструкции подвески автобусов, такие как амортизаторы, рессоры, стабилизаторы поперечной устойчивости, системы регулировки высоты кузова и другие компоненты. Анализируются как патенты на отдельные элементы подвески, так и на комплексные системы.

Рассмотрим патент RU 2 245 812 C1 K17/24 Подвеска передняя (рисунок 19). Автор(ы): Гаронин Л.С. (RU), Гируцкий О.И. (RU), Медведков С.И. (RU), Рижский А.А. (RU), Соловьев В.И. (RU).

«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]

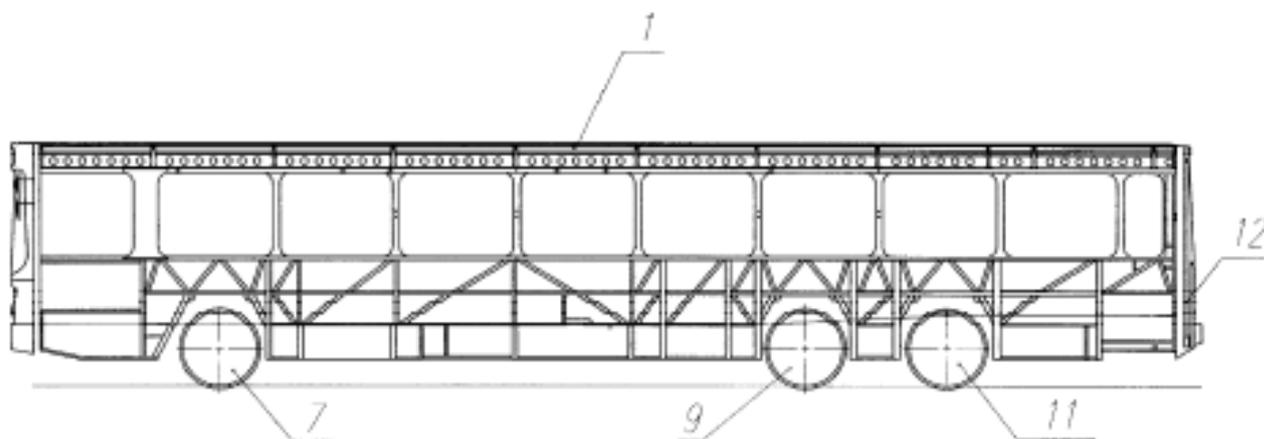


Рисунок 19 – Городской автобус по патенту RU 2 245 812 C1 K17/24

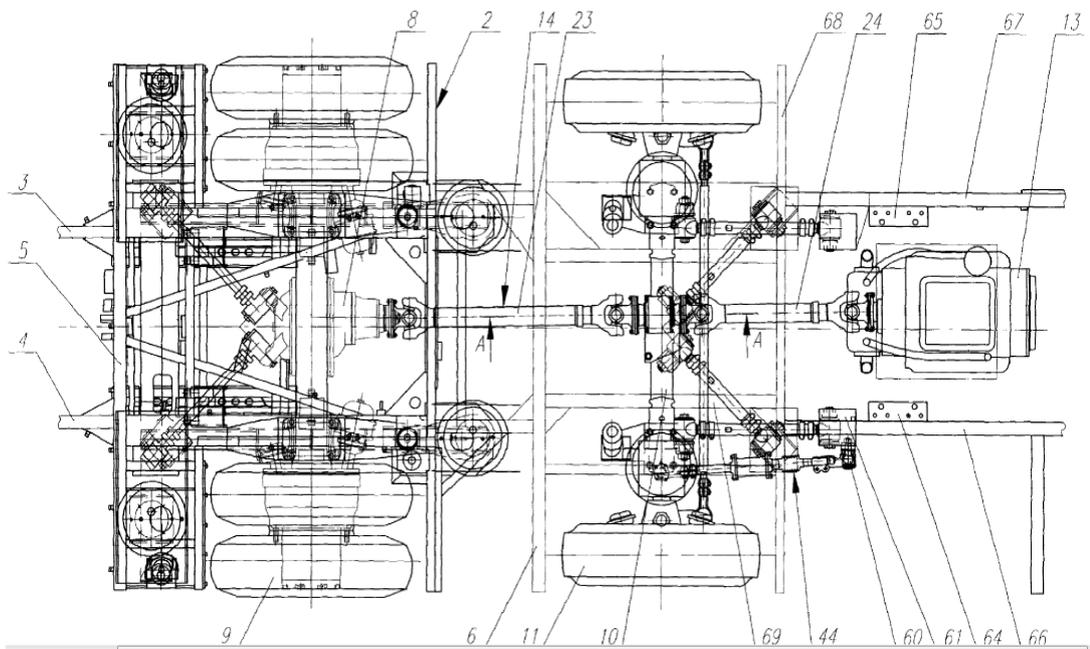


Рисунок 20 – Колесная тележка автобуса по патенту RU 2 245 812 С1 К17/24

Автобус (рисунок 19) состоит из кузова 1, рамы 2, пролета 3,4 и опор 5, 6 (рисунок 20).

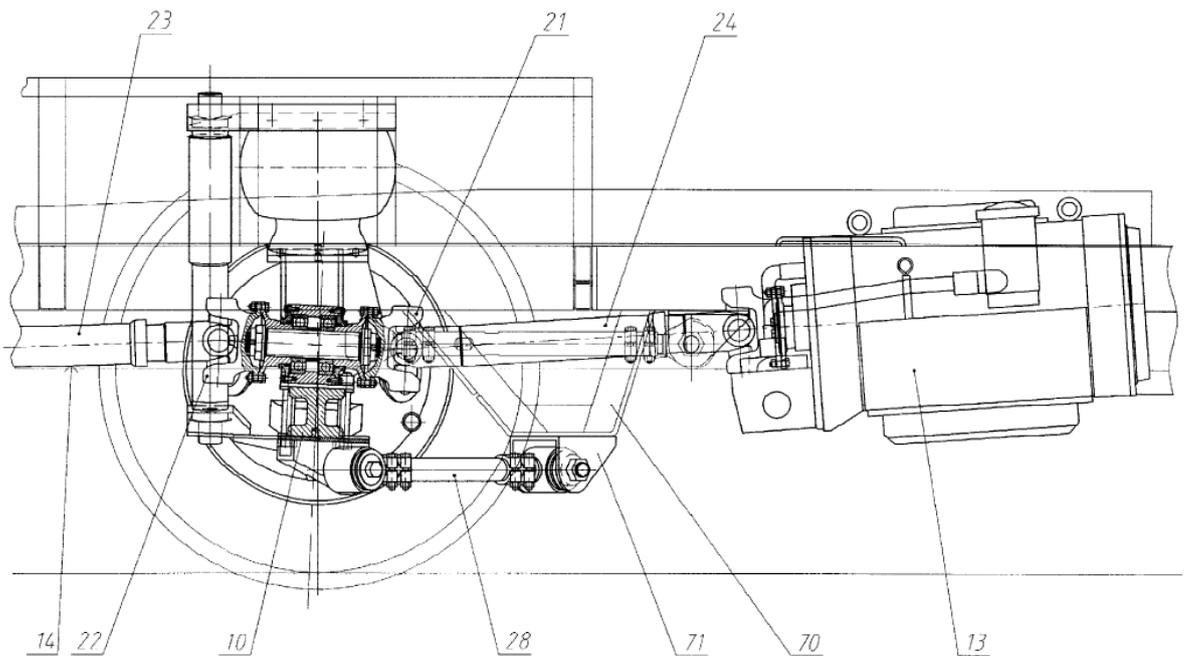


Рисунок 21 – Задняя подвеска автобуса

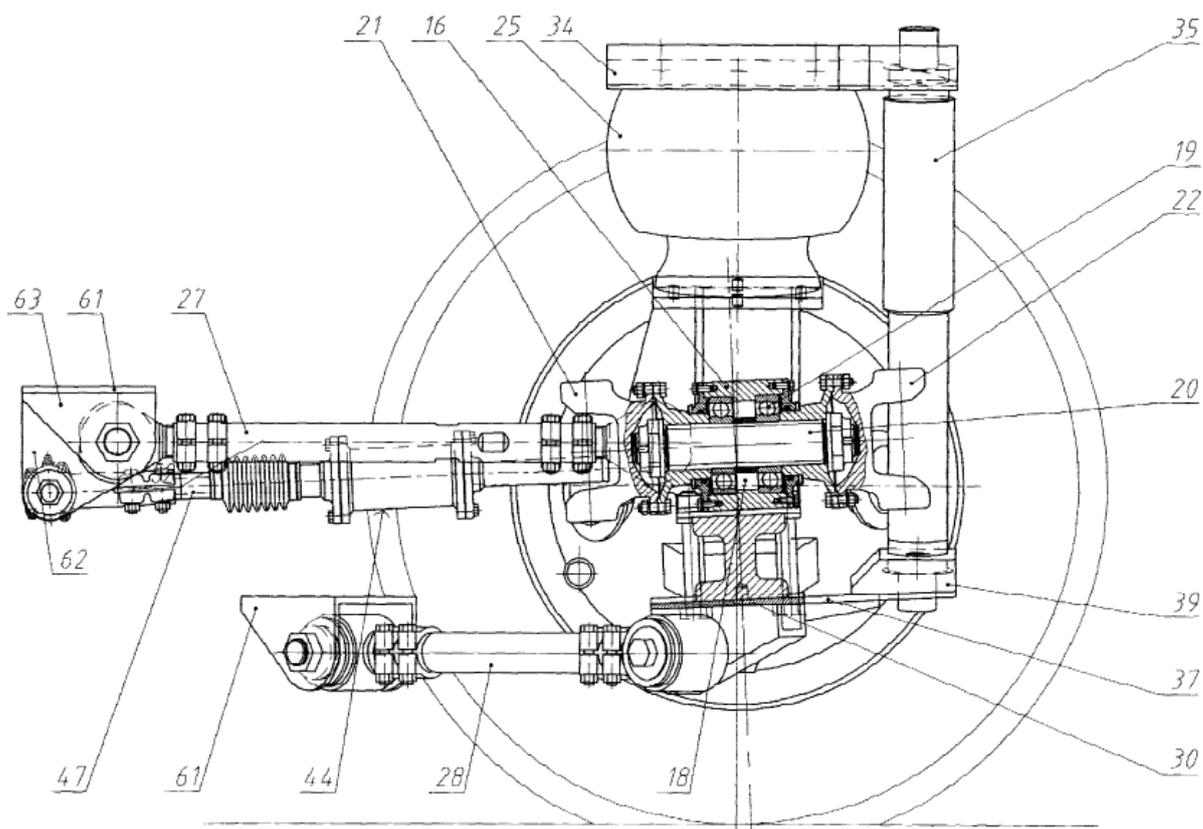


Рисунок 23 – Поперечный разрез балки промежуточной оси автобуса

«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 23), 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.» [12], [13]

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]

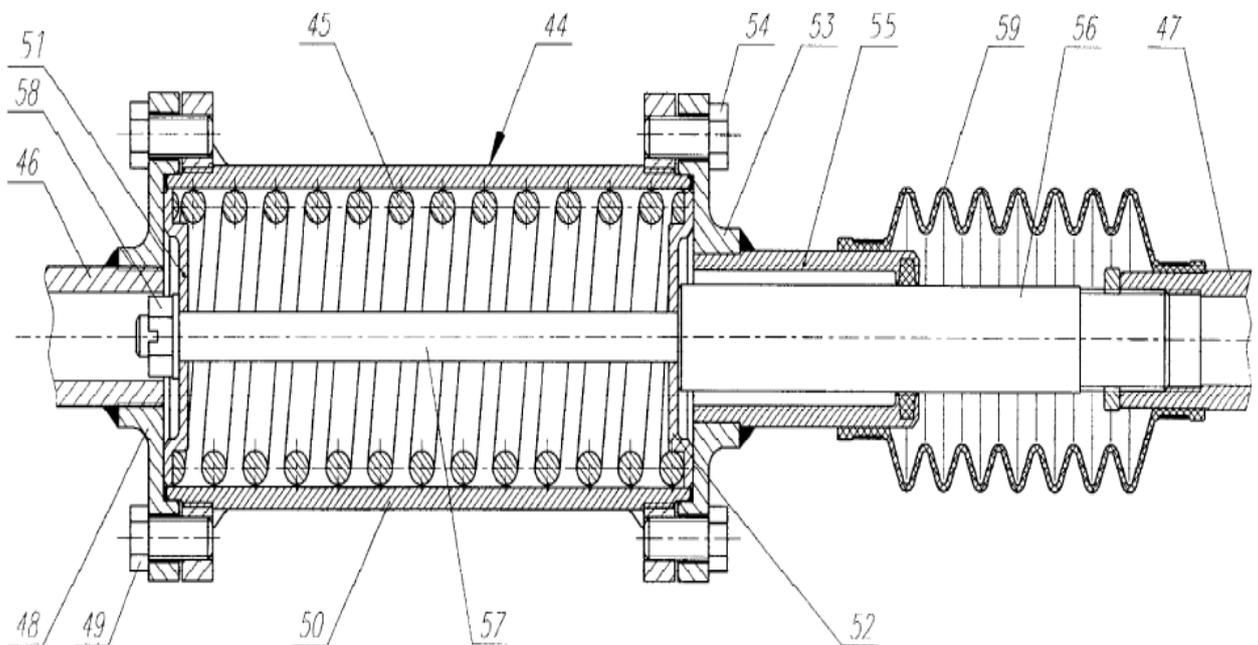


Рисунок 25 – Компенсационный механизм

«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.» [8], [12]

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.» [6], [10]

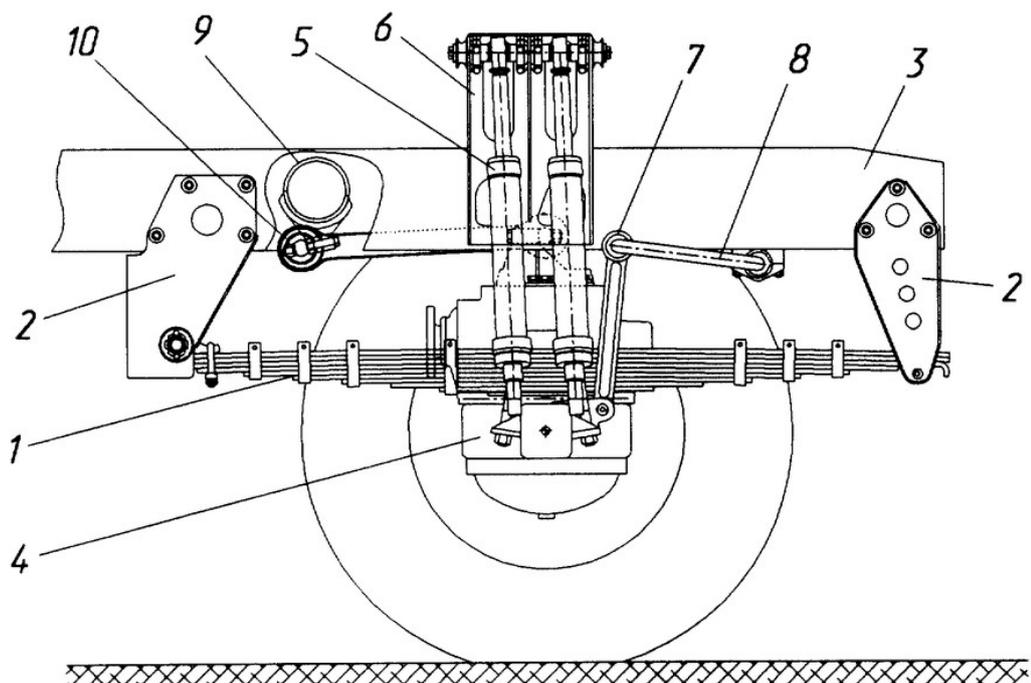
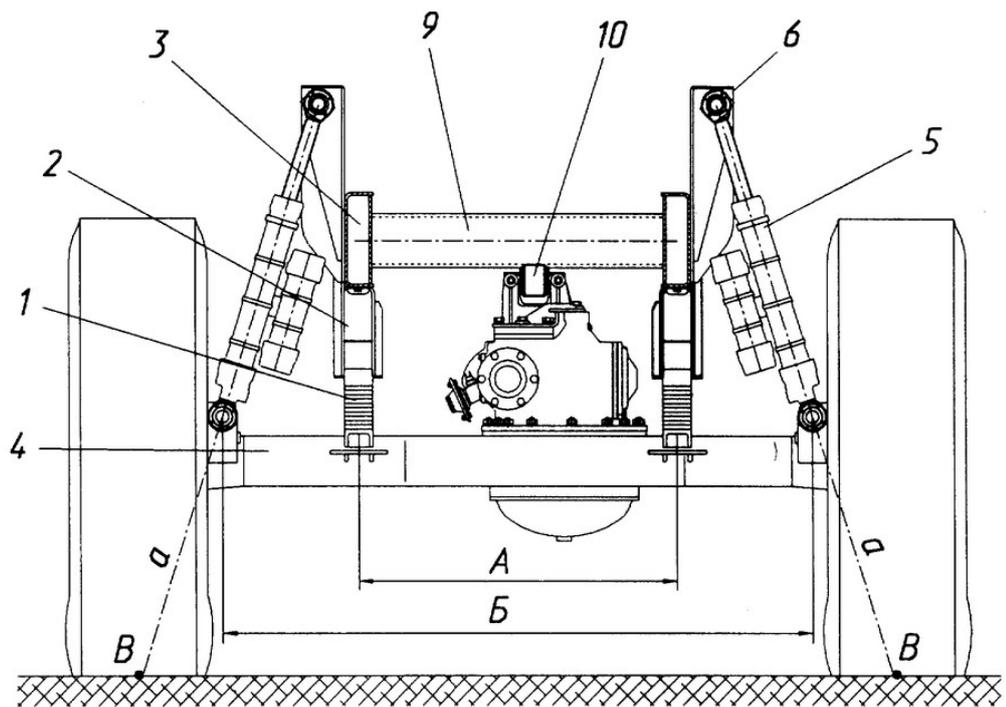


Рисунок 26 – Подвеска транспортного средства по патенту

RU 236 955 B60G 11/46

Подвеска предлагаемого автомобиля представлена на рисунке 26:
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]

3.3 Конструкторские расчеты 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 $y = 0,2$.» [14], [23]

$$\Psi = \frac{K}{\sqrt{\frac{M}{2}c}} = 0.2 \quad (36)$$

«Рассчитываем коэффициент жесткости амортизатора К по следующей формуле.

$$K = \Psi \sqrt{\frac{M}{2}c} = 0.2 \sqrt{\frac{5975}{2} \cdot 271363} = 5694.5 \quad (37)$$

где М — вес в середине подвески, центрированный на колесе;
с = 271363 Н/м - жесткость подвески с центром на колесе;» [21]

«Учитываем коэффициент жесткости при езде

$$K_{отб} = \beta \cdot K_{сж} , \quad (38)$$

здесь, $K_{сж}$ - коэффициент жесткости при сжатии ($\beta = 4 \dots 8$, мы принимаем: $\beta = 6$).» [24]

$$K = \frac{K_{сж} + K_{отб}}{2} = \frac{K_{сж} + \beta \cdot K_{сж}}{2} , \quad (39)$$

Определяем коэффициент жесткости при сжатии:

$$K_{сж} = \frac{2 \cdot K}{1 + \beta} = \frac{2 \cdot 5694}{1 + 6} = 1627 \quad (40)$$

Определить коэффициент жесткости амортизатора при движении:

$$K_{отб} = \beta \cdot K_{сж} = 6 \cdot 1627 = 9762 , \quad (41)$$

Характеристики амортизатора складываются из максимальной силы сопротивления, определяемой коэффициентами:

$$F_{\max} = K_i \cdot \dot{\Delta}_{\max} \quad (42)$$

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

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

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

Линейные характеристики амортизатора представлены на рисунке 27.

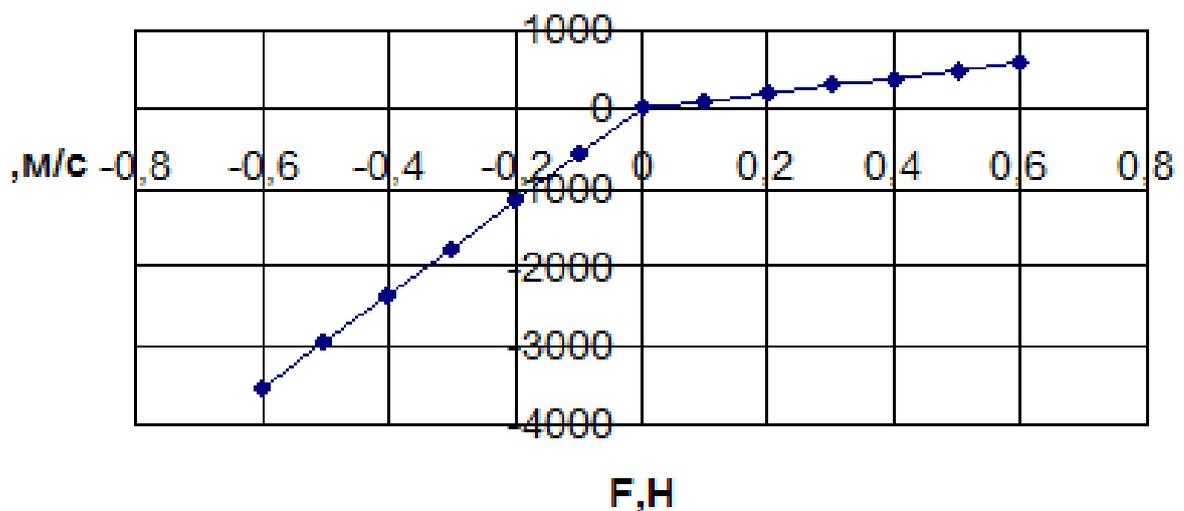


Рисунок 27 – Характеристики амортизатора

Расчет параметров амортизатора

Площадь поршня амортизатора

$$S = \frac{F_{\max}}{P_{\max}} = \frac{5857.2}{4} = 1464.3 \quad (43)$$

«Диаметр поршня

$$dn = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1464.3}{\pi}} = 43.1 \approx 44, \quad (44)$$

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

$F_{\max} = F_{\max}(\text{отб}) = 5857,2$ Н - максимальное усилие амортизатора при движении;» [22]

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

Расчет прочности ячейки при максимальном осевом сжатии:» [25]

$$F_{\text{сж}(\text{max})} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \pi \cdot d_{\text{шт}}^4}{64 \cdot L^2}, \quad (45)$$

$$d_{\text{шт}} \geq \sqrt[4]{\frac{F_{\text{сж}(\text{max})} \cdot 64 \cdot L^2}{\pi^2 \cdot E \cdot \pi}} = \sqrt[4]{\frac{976.2 \cdot 64 \cdot 0.3^2}{\pi^2 \cdot 2.05 \cdot 10^5 \cdot \pi}} = 17.3 \quad (46)$$

Эффективная площадь поршня при отбое:

$$S_{\text{отб}} = \frac{(dn^2 - d_{\text{шт}}^2) \pi}{4} = \frac{(44^2 - 17.3^2) \pi}{4} = 1284.8, \quad (47)$$

Эффективная площадь поршня при сжатии:

$$S_{\text{сж}} = \frac{dn^2 \cdot \pi}{4} = \frac{44^2 \cdot \pi}{4} = 1519.8, \quad (48)$$

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

Гидравлический расчет амортизатора

Подбор площади сечения проходов для получения заданной характеристики

Поток жидкости:

$$Q = k_y \cdot S_{\varepsilon} \cdot V, \quad (49)$$

$$Q = \mu \cdot S_{\text{ОТБ}} \cdot \sqrt{\frac{2p}{\rho}}, \quad (50)$$

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

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

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

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

$S_{\text{в}} = S_{\text{вСЖ}} = 1519,8 \text{ мм}^2$ - площадь жидкости при сжатии;

$S_{\text{в}} = S_{\text{вОТБ}} = 1284,8 \text{ мм}^2$ - площадь жидкости при движении;

$m = 0,65$ - коэффициент потерь;

$r = 760 \text{ кг/м}^3$ - объем.» [25]

Произведем тепловой расчет амортизатора.

Атмосферная мощность амортизатора

$$N = kt \cdot S_{\tau} \cdot \Delta t, \quad (51)$$

«где, $kt = 55 \text{ Втм}^2/\text{с}$ - коэффициент теплоотдачи;

Δt — разница температур воздуха» [15], [17]

Вентилируемая зона на высоте амортизатора

$$S_{OБ} = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0.070 \cdot 0.3 = 0.065, \quad (52)$$

Накопленная мощность:

$$N = k_{cp} \cdot V_{cp}, \quad (53)$$

Среднее сопротивление амортизатора:

$$k_{cp} = \frac{k_0 + k_c}{2} = \frac{9762 + 1627}{2} = 5694.5 \quad (54)$$

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

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

Температура стенки амортизатора:» [15]

$$t = t_0 + \Delta t = 20 + 143.4 = 163.4 \quad (56)$$

По итогам выполнения конструкторского раздела дипломного проекта можно сделать следующие выводы. Проведенный анализ патентных аналогов подвески автобуса позволил выявить современные тенденции и инновации в данной области. В частности, были отмечены разработки, направленные на улучшение амортизационных свойств, повышение комфорта и снижение износа компонентов подвески. Особое внимание было уделено системам подвески, которые способны адаптироваться к дорожным условиям в режиме реального времени, а также системам, обеспечивающим регулировку высоты кузова и повышенный комфорт для пассажиров.

Все проанализированные патентные решения были классифицированы по функциональному назначению и конструктивным особенностям. Это позволило систематизировать информацию и выделить наиболее перспективные направления для дальнейшего изучения и внедрения. Были оценены преимущества и недостатки каждого из проанализированных патентов, что дало возможность выявить наиболее эффективные и инновационные решения для улучшения подвески автобусов. На основе проведенного анализа были предложены конкретные патентные решения, которые могут быть адаптированы и внедрены в конструкцию подвески автобусов, производимых на базе МАЗ. Эти решения направлены на улучшение управляемости, устойчивости и комфорта транспортного средства. Рассмотренные патенты также указали на возможные пути снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности подвески за счет применения новых материалов и технологий.

В результате выполненных конструкторских расчетов были определены оптимальные параметры подвески, такие как жесткость рессор, характеристики амортизаторов и стабилизаторов поперечной устойчивости. Эти параметры обеспечивают необходимый уровень комфорта и безопасности при движении автобуса. Были выполнены расчеты на прочность и долговечность ключевых компонентов подвески, что гарантирует их надежность и устойчивость к нагрузкам, возникающим при эксплуатации транспортного средства.

Анализ патентных аналогов подвески и выполнение конструкторских расчетов позволили выявить современные тенденции и инновации в области подвесок автобусов, определить оптимальные параметры и характеристики для улучшения эксплуатационных свойств транспортного средства. Результаты данного исследования могут быть использованы для дальнейшего совершенствования конструкции подвески автобусов на базе МАЗ, что позволит повысить их конкурентоспособность и удовлетворить современные требования к комфорту, безопасности и экономичности.

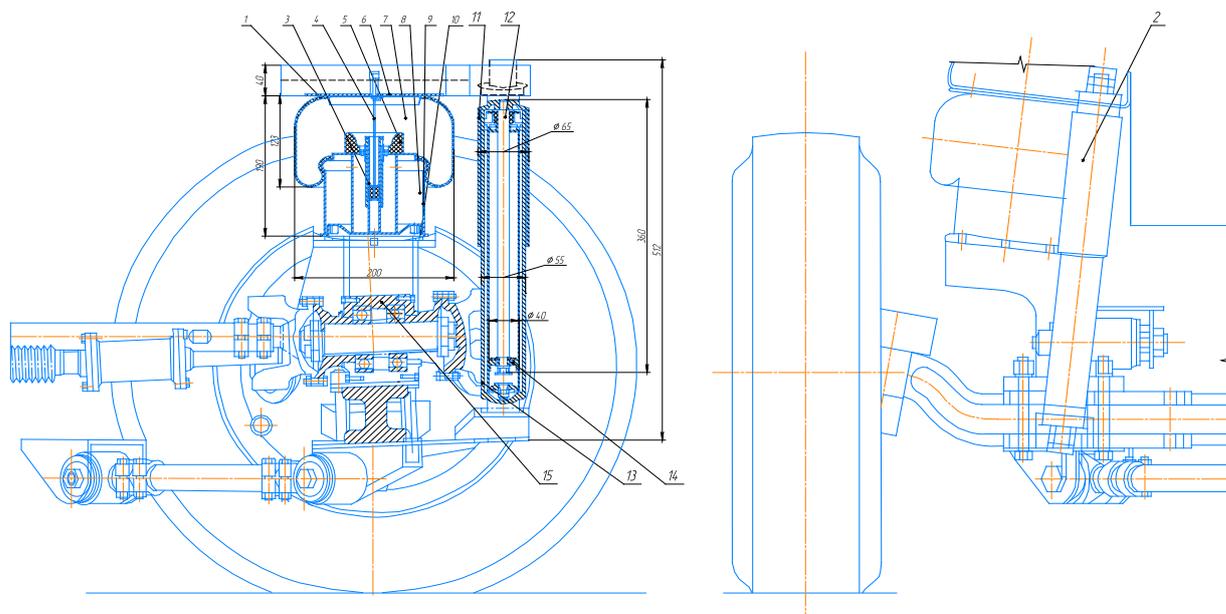
4 Разработка технологического процесса сборки подвески автобуса

4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку

Технологический раздел посвящен разработке и оптимизации технологических процессов, необходимых для сборки подвески автодома. Основная цель данного раздела — обеспечить создание эффективной и надежной системы сборки, которая гарантирует высокое качество конечного продукта при минимальных затратах времени и ресурсов.

Актуальность разработки технологического процесса сборки подвески автодома на базе автобуса МАЗ обусловлена ростом популярности автодомов и повышенными требованиями к их качеству и надежности. Современные автодома должны обеспечивать высокий уровень комфорта и безопасности, что требует применения передовых технологий и методов сборки. Правильно организованный технологический процесс сборки подвески позволяет не только повысить качество продукции, но и сократить сроки производства, снизить затраты и минимизировать вероятность производственных дефектов.

Объектом исследования является подвеска автодома, создаваемого на базе автобуса МАЗ. Подвеска автодома представляет собой сложную систему, включающую в себя различные компоненты и узлы, такие как амортизаторы, рессоры, стабилизаторы поперечной устойчивости, рычаги и тяги. В рамках данного раздела рассматриваются все этапы технологического процесса сборки подвески, начиная от подготовки компонентов и заканчивая финальной сборкой и проверкой качества. Конструктивная схема подвески, взятой на проработку, представлена на рисунке 28.



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 28 – Конструкция подвески автодома

«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.» [18]

4.2 Разработка технологического процесса

Для разработки технологического процесса сборки подвески были использованы следующие методы:

- анализ существующих технологических процессов сборки подвесок аналогичных транспортных средств;
- исследование и оценка применимости различных методов и инструментов для сборки подвески;
- разработка и оптимизация последовательности операций, необходимых для сборки подвески автодома;
- моделирование и тестирование разработанного технологического процесса для выявления и устранения возможных недостатков;
- внедрение системы контроля качества на всех этапах сборки.

«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 11 сведем все сборочные работы, которые необходимо произвести при проведении сборочных операций по подвески транспортного средства, автомобильного дома на базе автобуса МАЗ.

Указанные в таблице работы будет использованы при разработки технологической схемы сборки подвески автодома на базе автобуса.» [15]

Таблица 11 – Сборочные работы, производимые при сборке подвески автодома

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
Сборка балки переднего моста				
005	Сборка балки с поворотными цапфами	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрессовать в поворотную цапфу втулку верхнюю и нижнюю 2. Установить распорную втулку 3. Установить подшипник 4. Произвести запрессовку шкворня 5. Присоединить рычаги рулевых тяг к цапфе 6. Затянуть стопорную гайку цапфы 7. Установить крышку с сальником и затянуть болты крепления 8. Убедиться в отсутствии заеданий 9. Повторить операции для второй стороны балки 10. Переместить сборочную единицу на следующую позицию 	Стенд сборочный Пресс 20т Ключ на 17 Ключ на 27 Смазка консистентная	30,45

Продолжение таблицы 11

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
2. Монтаж балки на раму				
010	Сборка балки с элементами крепления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить подушки на балку 2. Закрутить фиксирующие болты 5256- 1/13438/33 ключом на 19 3. Запрессовать сайлент-блоки тяг балки моста 4. Запрессовать сайлент-блок тяги поперечной устойчивости 5. Установить подшипники в корпус крепления тяг 6. Присоединить продольные рычаги тяг 7. Присоединить тягу поперечной устойчивости 8. Убедитесь в отсутствии заеданий при перемещении тяг 	Ключ на 17 Ключ на 27 Стойка канавная 5т Смазка	15,25
015	Присоединение балки к раме	<ol style="list-style-type: none"> 1. Присоединить продольные тяги к кронштейну рамы 2. Присоединить тягу поперечной устойчивости к кронштейнам рамы 3. Произвести затяжку болтов 5256-1/13438/33 4. Затянуть болты крепления подушек 5. Установить амортизаторы и произвести затяжку болтов 6. Присоединить разъемы пневматической системы 	Ключ на 17 Ключ на 27 Стойка канавная 5т Смазка	22,87

Технология сборки задней подвески автодома разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки задней подвески автобуса представляет собой важный этап в создании качественной и надежной подвески транспортного средства, обеспечивая безопасность и комфорт в эксплуатации автомобиля.

5 Безопасность и экологичность участка механической сборки

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта

В рамках выполнения дипломного проекта рассматривается технологический процесс сборки узлов и агрегатов транспортного средства, а также операции связанные с заготовительными и сборочно-сварочными работами по раме транспортного средства. Для осуществления данного технологического процесса, для его безопасной организации при производстве необходимо рассмотреть комплекс факторов, оказывающих влияние на рабочих, занятых при осуществлении комплексного технологического процесса сборки. Рассмотрим основные моменты, связанные с особенностями проведения технологического процесса, а также характеристики участка, на котором осуществляется технологическая операция.

Рама изделия, проектируемого в рамках дипломного проекта, представляет собой, изготовленную из стального проката различного сортамента. Материал труб – сталь 20 и сталь 20кп.

«В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как

сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.» [19]

Общие технические характеристики участка приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Общие технические характеристики сборочного участка

Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	С0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 380В
Выделенная мощность, кВА	25

Основные технологические операции, осуществляемые на сборочном участке, осуществляются в рамках технологического процесса. Основными этапами процесса сборки будут являться:

- заготовительные операции;
- операции черновой механической обработки;
- операции чистовой механической обработки;
- сварочные операции;
- сборочные операции из корпусных изделий и сборочных единиц;
- окрашивание или нанесение защитных покрытий.

В таблице 13 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 13 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительная операция	Резка профильной трубы	Слесарь 5-го разряда	Торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Черновая механическая обработка	Подрезка стыков	Слесарь 5-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Чистовая механическая обработка	Шлифовка	Слесарь 5-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20к
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-сборщик	Стапель сборки	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Маляр	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Эмаль ЭЦ

Таким образом, определен перечень технологических операций, осуществляемых на участке. Далее следует определить перечень опасных и

вредных факторов, воздействующих на работников, исходя из означенного перечня технологических операций.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Процесс механической обработки заготовок, изготовления узловых конструкций и окончательная сборка сопряжены с различными профессиональными рисками для работников. Рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются сотрудники на участке механической сборки, и выявим способы их предотвращения для обеспечения безопасности и здоровья персонала на производстве. Идентификация профессиональных рисков приведена в таблице 14.

Таблица 14 - Идентификация профессиональных рисков

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Заготовительные работы и механическая обработка	Повышенный уровень шума,	Угловая шлифовальная машина
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры
	Статическая нагрузка	Угловая шлифовальная машина
	Шум	Угловая шлифовальная машина
	Ультразвук	Угловая шлифовальная машина
	Вибрации	Угловая шлифовальная машина

Продолжение таблицы 14

Сварка	Интенсивное ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Сварочный аппарат
	Искры, брызги расплавленного металла	Материал детали
	Электромагнитные поля	Сварочный аппарат
	Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества	Материал детали
	Шум	Сварочный аппарат
	Ультразвук	Сварочный аппарат
	Статическая нагрузка	Сварочный аппарат
Чистовая механическая обработка	Повышенный уровень шума,	Угловая шлифовальная машина
	Металлическая и абразивная пыль	Материал детали и шлифовального диска
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры
	Статическая нагрузка	Угловая шлифовальная машина
	Шум	Угловая шлифовальная машина
	Ультразвук	Угловая шлифовальная машина
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Испарение токсичных веществ	Эмаль ЭЦ
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco

Выявленные профессиональные риски позволят разработать методы для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В современных условиях охраны труда и производственной безопасности важно не только осознавать возможные профессиональные риски на рабочем месте, но и активно принимать меры по их снижению и предотвращению. Рассмотрим разнообразные методы и средства, которые могут быть использованы для сокращения возможных опасностей на участке

механической сборки. Будут определены как технические аспекты, включающие внедрение безопасного оборудования и технологий, так и организационные меры, такие как обучение персонала, разработка процедур безопасной работы и поощрение соблюдения правил безопасности. Определим средства персональной защиты, необходимость профилактических медицинских осмотров и других методов, направленных на создание безопасной и здоровой рабочей среды для сотрудников участка механической сборки.

«Приказ Министерства труда и социальной защиты российской федерации от 19 августа 2016 г. № 438н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда». Методы, приведённые в таблице 15, соответствуют приказу. Они были специально разработаны, как и средства индивидуальной и коллективной защиты, для снижения воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора.» [19]

Таблица 15 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.

Продолжение таблицы 15

Электромагнитные поля	Использование согласованных нагрузок и поглотителей мощности, снижающих напряженность и плотность потока энергии электромагнитных волн;	Очки и спецодежда, выполненная из металлизированной ткани.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надетые совместно.

Обозначенные методы снижения профессиональных рисков позволяют значительно снизить воздействие на работающих и повысить общий уровень безопасности на производстве.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В обеспечении пожарной безопасности технического объекта заключается один из важнейших аспектов обеспечения надежной и безопасной работы предприятия. Пожарная безопасность является неотъемлемой частью общей системы безопасности и требует комплексного подхода и постоянного контроля. Понимание и строгое соблюдение мер по обеспечению пожарной безопасности являются ключевым элементом для защиты жизни и имущества на техническом объекте.

«В таблице 16 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 16 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

Наименование участка	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный участок	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	В – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легко воспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом

«В таблице 17 приведены первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 17 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

Первичные средства пожаротушения	Огнетушитель, бочка с водой, ткань асбестовая, ящики с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарный автомобиль
Установки пожаротушения	Автоматические установки пожаротушения
Средства пожарной автоматики	приборы приемно-контрольные пожарные приборы управления пожарные технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные системы передачи извещений о пожаре
Пожарное оборудование	Модуль порошкового пожаротушения
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, самоспасатели изготовленные из подручных средств, противопыльные тканевые маски и марлевые повязки), средства защиты кожного покрова (защитные костюмы, резиновые сапоги и др.)
Пожарный инструмент (механизированный и не механизированный)	Немеханизированный: пожарная багра, топор, лом. Механизированный: гидронасос, силовой режущий узел.
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Система оповещения о пожаре, сигнализация

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных,

обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 18 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 18 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сваривание металлических труб	Сварка	Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Шлифование сварных соединений	Шлифовка	Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Отсутствие рядом открытого огня.

Обеспечение пожарной безопасности на техническом объекте является фундаментальным аспектом правильной эксплуатации и защиты от чрезвычайных ситуаций. Ключевыми мерами являются обучение персонала безопасным методам действий в случае пожара, регулярные проверки систем пожарной сигнализации и тушения, а также строгое соблюдение норм и требований пожарной безопасности. Важно помнить о необходимости планирования и проведения учений по эвакуации персонала для минимизации потенциальных угроз. Обеспечение пожарной безопасности на техническом объекте требует постоянного внимания, проактивного подхода и готовности к действиям в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность участка сборки должна обеспечиваться в рамках общей экологической безопасности всего предприятия. Обеспечение экологической безопасности на техническом объекте является необходимым условием для соблюдения экологических стандартов, минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду и предотвращения экологических чрезвычайных ситуаций.

«В таблице 19 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [19]

Таблица 19 – Идентификация негативных экологических факторов

Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Рама сборочного стапеля	Сталь 20. Сварка, шлифовка, окраска.	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродуктов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства

Обеспечение безопасности и экологичности на предприятии сегодня становится все более неотъемлемой частью успешной деятельности компании.

Успешная реализация мероприятий по безопасности и экологичности требует постоянного контроля, обучения персонала, использования современных технологий и систем управления. Важно также формирование экологической культуры среди работников и внедрение принципов ответственного потребления ресурсов.

В разделе определены технологические операции, осуществляемые на сборочном участке. На основании перечня технологических операций, были идентифицированы профессиональные риски и определен перечень воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов. Выявленные профессиональные риски позволили выполнить разработку методов для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Определены факторы пожарной опасности, на основании чего разработан комплекс организационно-технических мероприятий по предотвращению пожара. Также выполнена идентификация негативных экологических факторов, что также позволило разработать мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.

На основании изложенного, можно сделать вывод о выполнении задач в рамках выполнения раздела безопасность и экологичности участка.

6 Экономический раздел дипломного проекта

6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта

Технико-экономическое обоснование является важной частью любого проекта, включая проектирование технического устройства в рамках дипломного проекта. Оно включает в себя анализ технической и экономической целесообразности выполняемого проекта.

Объектом дипломного проектирования является новый тип транспортного средства, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый автомобильный дом на базе автобуса представляет собой сложное техническое устройство, с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Проектируемый в рамках дипломного проекта автодом обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить расход топлива, надежность и долговечность. Разрабатываемый в рамках дипломного проекта предоставляет новый функционал, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления транспортным средством, интеграцию с другими системами и устройствами транспортного средства. Последующая разработка автомобильного дома может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает транспортные средства, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов транспортных средств.

Техническая целесообразность разработки нового вида конструкции продиктована требованиями, предъявляемым к современным образцам техники. Так, в конструкции автомобильного дома применены конструкторские решения, которые позволяют снизить вес конструкции, в первую очередь за счет применения более легких материалов и за счет конструкторских решений, позволяющих уменьшить массу детали без снижения ее прочностных характеристик. Также общий вес конструкции удалось уменьшить за счет более рациональной компоновки деталей.

Расширение функционала автомобиля произведено за счет реализации в ходе конструкторской разработки функционала, ранее не применявшегося в данном типе транспортного средства.

6.2 Расчет затрат и экономической эффективности

В рамках раздела экономической эффективности дипломного проектирования требуется произвести расчет себестоимости конструкции узла и расчет отпускной цены проектируемой конструкции. Расчет стоимости изготовления конструкции рассчитывается по формуле:

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (57)$$

где M – затраты на материалы конструкции, руб.;

$\Pi_{и}$ – затраты на покупные изделия, используемые в конструкции, руб.;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

$СС$ – отчисления на социальное страхование, $СС = 30\%$;

$И_{цех}$ – общецеховые издержки, $И_{цех} = 85\%$;

$И_{зав}$ – общезаводские издержки, $И_{зав} = 110\%$;

$НР$ – накладные расходы, $НР = 7,5\%$

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции, рассчитаны в таблице 20. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (58)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,15$

Таблица 20 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Количество материала	Цена единицы материала	Сумма, руб
Грунтовка	12,00	150,00	1 800,00
Краска	16,00	725,00	11 600,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	5,00	125,00	625,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	12,00	120,00	1 440,00
Круг горячекатанный, d = 25	10,00	120,00	1 200,00
Круг, бронза	6,50	750,50	4 878,25
Листовой металл, h = 4	10,00	110,00	1 100,00
Листовой металл, h = 2	18,00	110,00	1 980,00
Литол	2,00	125,00	250,00
Резина листовая	8,50	25,20	214,20
Сетка	2,00	350,00	700,00
Труба прямоугольная 100/50	45,00	17,20	774,00
Трубный прокат, d = 25x20	25,00	300,00	7 500,00
Труба медная	8,00	850,00	6 800,00
Тросик	6,00	75,00	450,00
Уголок 30x30	16,00	112,00	1 792,00
Швеллер гнутый	20,00	160,00	3 200,00
Прочие			4 500,00
ИТОГО			50 803,45
Транспортно-заготовительные расходы			7 620,52
ВСЕГО			58 423,97

Статья, учитывающая затраты на покупные изделия и полуфабрикаты, используемые в изготавливаемой конструкции, рассчитываются по формуле:

$$П_i = \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n \quad (59)$$

где $П_{i_n}$ – количество покупных изделий, ед;

C_n – цена за единицу покупного изделия, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,1$

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 21.

Таблица 21 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование и вид покупного изделия	Количество покупных изделий	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Амортизаторы	4	18 200,00	72 800,00
Комплект сантехнического оборудования	1	45 000,00	45 000,00
Кровать складная	1	20 000,00	20 000,00
Кухонное оборудование	1	65 000,00	65 000,00
Плита газовая	1	12 000,00	12 000,00
Насос фекальный	1	6 500,00	6 500,00
Насос повышающий	1	4 000,00	4 000,00
Бак накопительный	1	6 200,00	6 200,00
Бак для чистой воды	1	8 000,00	8 000,00
Бак для технической воды	1	6 200,00	6 200,00
Мебель модульная	1	28 600,00	28 600,00
Автономный отопитель	1	15 600,00	15 600,00
Аккумулятор 240 А*ч	2	16 000,00	32 000,00
Водонагреватель накопительный 10л	1	11 000,00	11 000,00
Амперметр	1	400,00	400,00
Провод ШВВи 2х2,5	60	100,00	6 000,00
Болты М10	60	8,00	480,00
Болты в асс., кг	3,5	225,00	787,50
Ваттметр	1	350,00	350,00
Гайки М6	80	6,80	544,00
Зарядное устройство	1	850,00	850,00

Продолжение таблицы 21

Пульт управления	1	11 200,00	11 200,00
Рукав низкого давления	20	125,00	2 500,00
Шайбы	60	0,50	30,00
Прочие			5 000,00
ИТОГО			361 041,50
Транспортно-заготовительные расходы			10 831,25
ВСЕГО			371 872,75

Наряду с затратами на материалы и покупные изделия, при изготовлении новой конструкции предприятие несет издержки также на заработную плату, как основную, так и дополнительную. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{T_i} \cdot k_{ч_i} \cdot k_{пр}) \quad (60)$$

где T_i – трудоемкость выполнения i -той операции, чел-час;

C_{T_i} – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на выполнении i -той операции, руб.;

$k_{ч_i}$ – коэффициент доплат заработной платы до часового фонда работающих, $k_{ч_i} = 1,05 \dots 1,15$;

$k_{пр}$ – коэффициент премирования, $k_{пр} = 1,24$.

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка	Основная зарплата
Литейная	6,00	210,30	1 350,13
Гибочная	18,00	210,30	4 050,38
Сварочная	24,00	210,30	5 400,50
Токарная	8,00	250,50	2 144,28

Продолжение таблицы 22

Фрезерная	4,00	250,50	1 072,14
Шлифовальная	4,00	250,50	1 072,14
Слесарная	20,00	185,25	3 964,35
Сборочная	120,00	185,25	23 786,10
Окрасочная	12,00	160,45	2 060,18
Испытательная	4,00	210,30	900,08
ИТОГО			45 800,28
Премииальные доплаты			10 992,07
Основная заработная плата			56 792,35

Наряду с основной заработной платой, рассчитывается размер дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата – это переменная часть общей заработной платы, которая выплачивается рабочему, например за определенные условия труда и как определенная гарантия от работодателя. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$З_{доп} = З_0 \cdot k_{доп}, \quad (61)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, $k_{доп} = 0,25$.

$$З_{доп} = 56 792,35 \cdot 0,25 = 14 198,09 \text{ руб}$$

Отчисления в фонд социального страхования являются важным компонентом формирования фонда оплаты труда. В отличие от основной и дополнительной заработной платы, эта часть фонда оплаты труда не выплачивается работнику, а оплачивается работодателем в фонд социального страхования напрямую. Расчет величины отчислений в фонд социального страхования рассчитывается по формуле:

$$З_{ФСС} = (З_0 + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (62)$$

$$З_{ФСС} = (56 792,35 + 14 198,09) \cdot 0,3 = 21 297,13 \text{ руб}$$

Также предприятие несет издержки, связанные с ремонтом оборудования и его обслуживанием. Соответственно, эта статья затрат должна находить свое отношение в структуре себестоимости. Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования определяется как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на содержание и эксплуатацию 104% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{об} = Z_о \cdot 1,04 \quad (63)$$

$$P_{об} = 56\,792,35 \cdot 1,04 = 59\,064,04 \text{ руб}$$

Общехозяйственные расходы – это расходы по цеху, занятого в производственном процессе. Как правило, это расходы, связанные с поддержанием работоспособности цеха, транспортировкой и технологическими перемещениями внутри цеха и заработную плату вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{ох} = Z_о \cdot 0,25 \quad (64)$$

$$P_{ох} = 56\,792,35 \cdot 0,25 = 14\,198,09 \text{ руб}$$

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. Как правило, общепроизводственные расходы включают в себя комплекс расходов, связанных с функционированием предприятия, включая

затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (65)$$

$$P_{оп} = 56\,792,35 \cdot 0,30 = 17\,037,70 \text{ руб}$$

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 23.

Таблица 23 – Расчет себестоимости конструкции

Наименование статьи затрат	Сумма, руб	%
Затраты на материалы	58 423,97	9,25%
Затраты на покупные изделия	371 872,75	58,91%
Зарплата основная	56 792,35	9,00%
Зарплата дополнительная	14 198,09	2,25%
Отчисления на соцстрах	21 297,13	3,37%
Расходы на содержание оборудования	59 064,04	9,36%
Общепроизводственные расходы	14 198,09	2,25%
Общехозяйственные расходы	17 037,70	2,70%
Производственная себестоимость	612 884,11	97,09%

Продолжение таблицы 23

Наименование статьи затрат	Сумма, руб	%
Внепроизводственные расходы	18 386,52	2,91%
Полная себестоимость	631 270,63	100,00%

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта.

6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями.

Для определения экономического эффекта необходимо рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Предполагается уровень рентабельности на уровне 15%, а НДС 20%. Расчет производится по формуле:

$$Ци = Сп + Сп \cdot 0,15 + Сп \cdot 0,20 \quad (66)$$

$$Ци = 631\,270,63 + 631\,270,63 \cdot 0,15 + 631\,270,63 \cdot 0,20 = 850\,866,70$$

Принимаем отпускную цену на доработку автобуса $C_{и} = 860\ 000$ руб. Как было отмечено ранее, экономический эффект будет достигнут за счет увеличения цены для конечного потребителя, за счет чего и будет получена прибыль предприятия. Расчет производится по формуле:

$$\mathcal{E} = C_{и} - C \quad (67)$$

где C – средняя цена модернизации транспортного средства до автомобильного дома, руб

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет средней цены изделия

Наименование фирмы	Цена изделия, руб
ООО «Альфатюнинг», Тольятти	650 000
ООО «M-Avto», Тольятти	600 000
ООО «Лада Спорт Сервис», Тольятти	625 000
Средняя цена по компаниям	625 000

Исходя из определенной средней цены, выполним расчет экономического эффекта для одного изделия.

$$\mathcal{E} = 860\ 000 - 625\ 000 = 235\ 000 \text{ руб}$$

Предполагается объём реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E} \cdot N \quad (68)$$

где N – объем реализации продукции, ед.

$$Эг = 235\,000 \cdot 50 = 11\,750\,000 \text{ руб}$$

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения изделия, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы.

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования явился новый тип узла транспортного средства, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Проектируемый в рамках дипломного проекта узел обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить расход топлива, надежность и долговечность. Таким образом, разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов транспортных средств.

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость изделия, $C_{п} = 631\,270,63$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую

предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $C_{и} = 860\,000$ руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объём реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит, $Эг = 11\,750\,000$ руб.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения изделия, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

Заключение

Целью данного дипломного проекта является разработка автодома на базе автобуса МАЗ, который будет отвечать современным требованиям комфорта, функциональности и экономической эффективности. Проект предусматривает проведение комплексного анализа и проектирования всех необходимых систем и компонентов автодома, включая жилое пространство, системы жизнеобеспечения, энергетические установки и системы безопасности.

В первом разделе дипломного проекта был произведен анализ истории появления автомобильных домов. История автомобильных домов началась с простых и примитивных решений в начале 20-го века. Первые автодома представляли собой автомобили с минимальными удобствами для кратковременных поездок. Послевоенный период стал этапом значительного развития автодомов, когда массовый спрос на автотуризм привел к появлению специализированных компаний и усовершенствованию конструкций. В 1960-е и 1970-е годы автодома стали массовым продуктом с улучшенной эргономикой и комфортом, что способствовало росту популярности кемперов и автоприцепов. Современные автодома характеризуются использованием высоких технологий, таких как солнечные панели, системы управления энергопотреблением и экологически чистые материалы, что делает их более удобными и экологически безопасными.

Современные автодома имеют тщательно продуманное зонирование пространства, обеспечивающее удобство и комфорт. Основные зоны включают спальные места, кухонные зоны, санузлы и зоны отдыха. В автодомах используются автономные системы водоснабжения, электроснабжения и отопления, что обеспечивает независимость от внешних источников и удобство в эксплуатации. В конструкции современных автодомов применяются легкие и прочные материалы, обеспечивающие долговечность и снижение массы транспортного средства.

Анализ истории появления и развития автомобильных домов, а также различных конструкторских решений, показал, что современные автодома представляют собой высокотехнологичные и комфортные транспортные средства, отвечающие требованиям современных пользователей. Тщательно продуманное зонирование интерьера, использование современных систем жизнеобеспечения и материалов, а также высокая энергоэффективность и безопасность делают автодома привлекательными для длительных путешествий и проживания. Дальнейшее развитие в этой области будет направлено на улучшение экологичности, комфорта и функциональности автодомов.

Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автобуса МАЗ тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автобуса, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

Результаты тягового расчета демонстрируют не только технические возможности автобуса, но и его эксплуатационные характеристики, такие как динамика разгона, максимальная скорость, экономичность и поведение на различных участках дороги. Важно учитывать не только тяговые характеристики двигателя, но и передачи, дифференциала и других компонентов трансмиссии, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью и моментом на колесах.

Проведенная расчетная работа играет важную роль в проектировании и оптимизации ходовых качеств автомобиля, что в конечном итоге повлияет на его эффективность, надежность и удовлетворенность пользователей. Регулярное совершенствование методов расчета и анализа проведенных

расчетов позволит улучшить качество и конкурентоспособность транспортного средства на современном рынке транспортных средств.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

По итогам выполнения конструкторского раздела дипломного проекта можно сделать следующие выводы. Проведенный анализ патентных аналогов подвески автобуса позволил выявить современные тенденции и инновации в данной области. В частности, были отмечены разработки, направленные на улучшение амортизационных свойств, повышение комфорта и снижение износа компонентов подвески. Особое внимание было уделено системам подвески, которые способны адаптироваться к дорожным условиям в режиме реального времени, а также системам, обеспечивающим регулировку высоты кузова и повышенный комфорт для пассажиров.

Все проанализированные патентные решения были классифицированы по функциональному назначению и конструктивным особенностям. Это позволило систематизировать информацию и выделить наиболее перспективные направления для дальнейшего изучения и внедрения. Были оценены преимущества и недостатки каждого из проанализированных патентов, что дало возможность выявить наиболее эффективные и инновационные решения для улучшения подвески автобусов. На основе проведенного анализа были предложены конкретные патентные решения, которые могут быть адаптированы и внедрены в конструкцию подвески автобусов, производимых на базе МАЗ. Эти решения направлены на улучшение управляемости, устойчивости и комфорта транспортного средства. Рассмотренные патенты также указали на возможные пути снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности подвески за счет применения новых материалов и технологий.

В результате выполненных конструкторских расчетов были определены оптимальные параметры подвески, такие как жесткость рессор, характеристики амортизаторов и стабилизаторов поперечной устойчивости.

Эти параметры обеспечивают необходимый уровень комфорта и безопасности при движении автобуса. Были выполнены расчеты на прочность и долговечность ключевых компонентов подвески, что гарантирует их надежность и устойчивость к нагрузкам, возникающим при эксплуатации транспортного средства.

Анализ патентных аналогов подвески и выполнение конструкторских расчетов позволили выявить современные тенденции и инновации в области подвесок автобусов, определить оптимальные параметры и характеристики для улучшения эксплуатационных свойств транспортного средства. Результаты данного исследования могут быть использованы для дальнейшего совершенствования конструкции подвески автобусов на базе МАЗ, что позволит повысить их конкурентоспособность и удовлетворить современные требования к комфорту, безопасности и экономичности.

Технология сборки задней подвески автодома разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки задней подвески автобуса представляет собой важный этап в создании качественной и надежной подвески транспортного средства, обеспечивая безопасность и комфорт в эксплуатации автомобиля.

Обеспечение безопасности и экологичности на предприятии сегодня становится все более неотъемлемой частью успешной деятельности компании. Успешная реализация мероприятий по безопасности и экологичности требует постоянного контроля, обучения персонала, использования современных технологий и систем управления. Важно также формирование экологической культуры среди работников и внедрение принципов ответственного потребления ресурсов.

В разделе определены технологические операции, осуществляемые на сборочном участке. На основании перечня технологических операций, были

идентифицированы профессиональные риски и определен перечень воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов. Выявленные профессиональные риски позволили выполнить разработку методов для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Определены факторы пожарной опасности, на основании чего разработан комплекс организационно-технических мероприятий по предотвращению пожара. Также выполнена идентификация негативных экологических факторов, что также позволило разработать мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.

На основании изложенного, можно сделать вывод о выполнении задач в рамках выполнения раздела безопасность и экологичности участка.

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования явился новый тип узла транспортного средства, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Проектируемый в рамках дипломного проекта узел обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить расход топлива, надежность и долговечность. Таким образом, разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов транспортных средств.

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем

подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость изделия, $Сп = 631\,270,63$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $Ци = 860\,000$ руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объем реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит, $Эг = 11\,750\,000$ руб.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения изделия, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Автоматические системы транспортных средств: учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-571-4.
2. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
3. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
4. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 655 с.
5. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А.В. Богатырев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006953-1.
8. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/974. - ISBN 978-5-16-006053-8.

9. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

10. Маркина, А. А. Теория движения колесных машин : учебное пособие / А. А. Маркина, В. В. Давыдова ; М-во науки и высш. образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-7996-3263-2.

11. Набоких, В. А. Датчики автомобильных электронных систем управления и диагностического оборудования : учебное пособие / В.А. Набоких. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 239 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014160-2.

12. Новиков, В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-0634-5.

13. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

14. Песков, В. И. Конструкция автомобильных трансмиссий : учебное пособие / В.И. Песков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 146 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016247-8..

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

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

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

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

19.Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарова, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

20.Экономика организаций автомобильного транспорта : учебное пособие / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, Т. Л. Якубовская, М. М. Кисель. - Минск : РИПО, 2022. - 215 с. - ISBN 978-985-895-035-4.

21.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: 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, 2021.– 350 с.

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

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

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