

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 дома на колесах на базе автомобиля ГАЗель NEXT

Студент

Д.П. Тутуткин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.Р. Галиев

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Дипломная работа на тему «Разработка дома на колесах на базе автомобиля Газель NEXT» включает в себя расчет и конструкторское проектирование устройства модуля автомобильного дома на базе грузового фургона ГАЗель. Актуальность темы связана с увеличением числа транспортных средств, задействованных в качестве автодомов и передвижных кемперов, используемых в путешествиях. Для этих транспортных средств требуется разработать планировку внутреннего оснащения дома на колесах и рассчитать основные тягово-экономические параметры конструкции.

В дипломной работе был произведен обзор имеющихся конструкций автомобильных домов на базе микроавтобусов, включая выпускаемые автомобильными компаниями. Выполнен расчет силовых и прочностных параметров автодома.

Произведена разработка технологии проведения сборочных работ проектируемого автодома и составлена технологическая карта сборки.

Проведен анализ безопасности и охраны труда при производстве автомобильных компонентов.

В экономической части произведен расчет затрат при производстве конструкции и обоснована целесообразность данного проекта.

Abstract

The final qualifying work on the theme "Development of a motor home based on the Gazelle NEXT car" includes the calculation and design of the device of the module of an automobile house based on the GAZelle cargo van. The relevance of the topic is associated with an increase in the number of vehicles used as motorhomes and mobile campers used in travel. For these vehicles, it is required to develop a layout for the internal equipment of a mobile home and calculate the main traction and economic parameters of the structure.

In the thesis, a review of the existing structures of automobile houses based on minibuses, including those produced by automobile companies, was made. The calculation of the power and strength parameters of the motorhome has been carried out.

The technology for carrying out the assembly work of the designed motorhome was developed and the assembly flow chart was drawn up.

The analysis of safety and labor protection in the production of automotive components has been made.

In the economic part, the calculation of the costs for the production of the structure was made and the feasibility of this project was substantiated

Содержание

Введение	6
1 Концепция объекта дипломного проектирования	8
2 Анализ конструкции автодома, основные типы и виды	13
2.1 Автодом	13
2.2 Кемперван	15
2.3 Автоприцеп (караван)	21
2.4 Раздвижной кемпер (popup camper)	26
2.5 Кемперы на базе грузового автомобиля и пикапа	29
3 Тяговый расчет автомобиля ГАЗель NEXT	31
3.1 Исходные данные для тягового расчета	31
3.2 Построение тягово-динамической характеристики	32
3.2.1 Расчет потребной мощности двигателя	32
3.2.2 Выбор двигателя и его характеристики	37
3.3 Определение передаточных чисел трансмиссии	41
3.4 Построение тяговой характеристики	43
3.5 Построение динамической характеристики	44
3.6 Построение и расчет скоростных характеристик	47
3.6.1 Построение характеристики ускорений	47
3.6.2 Построение характеристик разгона	51
3.7 Мощностной баланс автомобиля	56
3.8 Построение и расчет характеристик топливной экономичности	59
3.8.1 Построение топливной характеристики установившегося движения	59
3.8.2 Топливо-экономическая характеристика	61
3.9 Построение и расчет характеристик торможения	63
3.9.1 Построение тормозной диаграммы	63
3.9.2 Тормозной и установочный пути	64
4 Технологический процесс сборки автодома	66
5 Охрана труда и безопасность объекта дипломного проектирования	74

5.1	Аспекты безопасности водителя и пассажиров для городского автомобиля	74
5.1.1	Активная безопасность	74
5.1.2	Пассивная безопасность	75
5.2	Проверка эффективности системы пассивной безопасности	77
5.3	Стандарты проведения краш-тестов	79
6	Экономическая часть	82
	Заключение	84
	Список используемых источников	86

Введение

Целью дипломного проекта является разработка автодома на базе микроавтобуса ГАЗель NEXT.

Развитие тематики домов на базе транспортных средств берет свое начало из Соединенных Штатов, где они являются частью американской культуры и символом кочевого образа жизни, идущего со времен освоения континента первыми переселенцами. Однако в России тоже можно встретить людей, которые путешествуют и проводят в автодомах значительную часть своего времени. В России имеется огромный туристический потенциал, связанный с преодолением больших расстояний, а также наличием больших рекреационных туристических зон, где ощущается недостаток туристической инфраструктуры, способной обеспечить приемлемый уровень комфорта. В совокупности это делает производство автомобильных домов весьма привлекательным с потребительской точки зрения.

В дипломной работе был произведен анализ различных типов автомобильных домов и жилых модулей, а также произведен анализ их сильных и слабых сторон. Был рассмотрен вопрос перекомпоновки цельнометаллического фургона на базе автомобиля ГАЗель NEXT под размещение внутри него соответствующей начинки, обеспечивающей комфортное размещение и пребывание нескольких человек длительное время. Из-за того, что при модернизации значительно меняются массо-габаритные характеристики автомобиля, в дипломном проекте рассчитываются тяговые характеристики исходного автомобиля и автомобиля, подвергнутого модернизации, с целью сравнения их характеристик.

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.

Также, стоит учитывать, что данная модернизация не является массовой и относится к категории мелкосерийной, что также найдет свое отражение как в формировании цены на конечный продукт, так и в расчета затрат на его производство.

1 Концепция объекта дипломного проектирования

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

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



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 оснащенным 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.

Первые европейские «вагоны», которые были созданы для длительного размещения (а не только транспортировки на сравнительно небольшие расстояния людей и грузов), были придуманы во Франции ориентировочно в начале 19 века.

В Англии подобные устройства использовались бродячими цирковыми труппами и театральными коллективами примерно в это же время. европейские цыгане начали использовать караваны, называемые «vardo» около 1850 г.

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

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

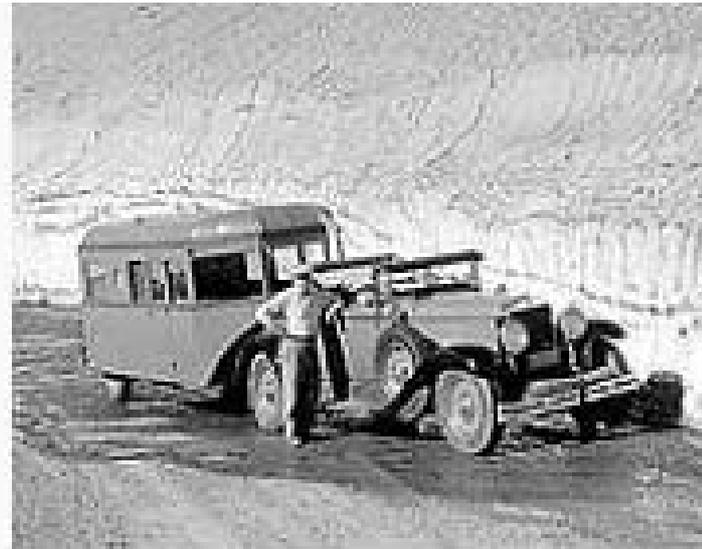


Рисунок 2 – 1929 г., автомобильный и туристический наблюдательный трейлер

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



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.



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.

«Использование RVs распространено на сельских фестивалях, таких как Burning Man .

Меры по снижению влажности в RV 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 в RV для того , чтобы понизить уровень влажности, но не удалить основную причину , и как таковой , часто можно рассматривать как временное решение. Следует отметить, что дополнительная теплоизоляция редко является практическим решением для RV, так как редко бывает достаточно места, чтобы сделать изоляцию достаточно толстой, чтобы предотвратить конденсацию и связанный рост плесени.» [27]

Выводы по разделу. В результате проведенного анализа, выявлена концепция автодома, выявлены основные направления развития и определены направления дальнейшего исследования.

2. Анализ конструкции автодома, основные типы и виды

2.1 Автодом

Автомобильный дом (автодом, автобус), является одним из видов самоходных рекреационных автомобилей (RV), который предлагает жилые отсеки в сочетании с двигателем автомобиля.



Рисунок 6 – Тип каретного кузова на транспорте Hymer

Основной особенностью автодома является возможность монтажа его на шасси практически любого транспортного средства. 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.



Рисунок 7 - Автодом класса С, установленный на легкий грузовик

ФрейтлайнерСплинтер(слева) и шасси автомобиля Форд Е (справа)



Рисунок 8 – Автодом 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 . Во время 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.

Автомобильный производитель Раймонд Франк дал подобным транспортным средствам наименование «дом на колесах», которое применяется по сей день применительно к жилым модулям различных типов.



Рисунок 9 – Дом на колесах класса А Ultra Van

2.2 Кемперван

«Фургоны (или кемпер ван) являются мобильным транспортным средством , которое предоставляет как транспорт, так и спальные места. Термин в основном представляет фургоны, которые были оборудованы, часто с кузовом для кареток для использования в качестве жилья, рисунок 2.5» [27]



Рисунок 10 – Камперван на базе пикапа Шевроле Олдтаймер

По большей части, к категории кэмпervанов 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.

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.



Рисунок 11 – Citroën H-Van

«Современные среднеразмерные японские фургоны, такие как Toyota Hiace, иногда переделывают, чтобы выглядеть как классический Volkswagen, рисунок 12» [27]



Рисунок 12 – Фольксваген Кемпер

Британские и европейские автодома, имеющие классификацию типа А-класс (АС), весьма схожие по своим признакам с американскими автодомами класса А (также именуемыми «Виннебагос»), не имеют такого широкого распространения, как их американские аналоги.

Как правило, автодом данного типа представляет собой модуль каретного типа на базе автомобильного шасси грузового автомобиля среднего или большого класса грузоподъемностью от 7,5 тонн и выше.

Как правило, жилой модуль имеет высокий профиль, иногда оснащаемый выдвижными (боковыми) удлинителями с электроприводом для расширения жилой площади. В качестве дополнительного оснащения подобные модули имеют генерирующие электричество автономные устройства, а в очень больших моделях (североамериканского масштаба), могут оборудоваться гаражом, вмещающим легковой автомобиль или мотоцикл, рисунок 13.



Рисунок – 13 Автодом "Оверкаб" на базе Айвеко Ван

Отдельной категорией кэмпervанов будут являться транспортные средства с крышей «high top». Особенностью их является то, что сам кузов не подвергается модификации, но для комфортного расположения пассажиров во время стоянки предполагается подъем верхней части крыши, для чего она оборудуется соответствующими механизмами. В ряде модификаций крыша не делается съемной, но оборудуется дополнительным элементом, увеличивающим его высоту. Рисунок 14, рисунок 15.

Как правило, сам кузов размещается на грузовой платформе (в ряде случаев платформа модифицируется) и может делаться съемной, что позволяет использовать автомобиль в повседневной работе без жилого модуля. Основой для таких автодомов как правило являются пикапы на базе автомобилей Форд , Тойота , Ниссан и Митсубиси, имеющих рамную конструкцию, рисунок 16.



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



Рисунок 15 – Кэмпervан с крышей «high top» на базе микроавтобуса Mazda



Рисунок 16 – Кэмпervан с крышей «high top» в кузове пикапа Nissan Навара

«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]

2.3 Автоприцеп (караван)

Караван или прицеп это транспортное средство, спроектированное специально для путешествий. Представляет это транспорт кемперный прицеп, который буксируется другим транспортным средством, рисунок 17. Караван предоставляет водителю и пассажиру комфорт, несравнимо больший

нежели обычная палатка. Особенность использования подобных автоприцепов является то, что в отдельных регионах туристам разрешается останавливаться в специально отведенных для этого местах (кемпингах).

Широко распространены автомобильные прицепы в странах Северной Америки, странах Скандинавии, Австралии и Новой Зеландии.



Рисунок 17 – Автомобильный трейлер (прицеп)



Рисунок 18 – Трейлер-капля

В Европе происхождение туристических трейлеров и караванинга можно проследить до путешествующих цыган и шоуменов, которые большую часть своей жизни провели в конных караванах .

«На рубеже веков «караванинг» для отдыха стал все более популярным. В 1901 году был создан первый специализированный клуб караванинга. Клуб кемпинга и караванинга (первоначально Ассоциация велосипедистов) был основан Томасом Хирамом Холдингом, отцом современного кемпинга. «Клуб Караван» был основан в 1907 году с конюшнями в качестве вице-президента. Его заявленная цель состояла в том, чтобы «...собрать вместе тех, кто интересуется жизнью фургона как времяпровождением, улучшить и поставить подходящие фургоны и другие приборы и обустроить кемпинг...». Караванинг приобрел популярность в Северной Америке в 1920-х годах.

Современные туристические прицепы бывают разных размеров: от крошечных двухместных прицепов без туалета и только основных кухонных принадлежностей до больших трехосных шестиместных типов.» [27]

«В США и Канаде история туристических трейлеров восходит к началу 1920-х годов, когда тех, кто пользовался их использованием, часто называли «консервобаночными туристами». С течением времени, трейлеры стали более пригодными для жизни и получили новое имя в 1930-х и 1940-х годах, которое было домашним трейлером.

Он был с отдельным туалетом, душем и возможностью вместить 6 человек. Его современный аэродинамический стиль и куполообразное потолочное освещение модернистского промышленного дизайнера Тошихико Сакова сделали его мгновенным хитом. Однако это длилось недолго (1971–1973), поскольку первое арабское нефтяное эмбарго и последовавшее за этим значительное замедление продаж автодомов заставили его прекратить свою деятельность. Туристический трейлер Voler, разработанный в Канаде в 1968 году, вскоре присоединился к Плейпак в

классе легковесных стеклопластиков США. Трейлеры Hunter и Amerigo также были на месте событий.» [37]

«Дорожные прицепы средней дальности имеют длину от 18 до 25 футов (5,5-7,6 м), могут весить 5000 фунтов (2300 кг) и более и обычно буксируются компактными пикапами и внедорожниками. У них есть большинство удобств больших туристических трейлеров, но они вмещают меньше людей, рисунок 19»



Рисунок 19 – Трейлер Airstream

«Инновация в туристических трейлерах - это гибридный туристический трейлер, сочетающий в себе функции всплывающего и жесткого трейлера. В своей конфигурации для кемпинга одна или несколько коек складываются сбоку с помощью тентовых чехлов. Во время путешествия койки складываются, оставляя четыре жесткие стороны. Большие модели позволяют использовать гибридный дорожный прицеп, когда он «в передвижном режиме», то есть с поднятыми сторонами. Основное преимущество гибридного дорожного прицепа заключается в том, что он предлагает хорошее соотношение₂₄ пространства и небольшой вес.

Недостатком является то, что концы палатки не изолированы и подвержены потерям тепла и конденсации влаги, рисунок 20» [37]



Рисунок 20 – Гибридный туристический трейлер

««Пятое колесо» - это прицеп для перевозки, поддерживаемый сцепкой в центре пикапа вместо сцепки в задней части автомобиля. Специальное сцепное устройство, используемое для пятиколесного прицепа, является уменьшенной версией сцепного устройства, используемого на 18-колесных грузовиках, и его можно подключить простым движением (в том числе задним ходом) тягача под прицепом. Кроме того, расположение сцепного устройства в кровати снижает риск складывания ног и обеспечивает большую маневренность при движении назад. Из-за большего пространства, доступного на дорогах в Северной Америке, эти автомобили более популярны в Соединенных Штатах и Канаде, чем в Европе или других частях мира, но также могут быть популярны и в России. Для неровной местности сцепное устройство на «гусиной шее» является вариантом для пятого колеса.» [37]

Недостатком является то, что сцепка занимает место на грузовой платформе пикапа, независимо от того, прицеп прицеп или нет. «Сцепка может быть отстегнута от кровати, но это требует намного больше времени и усилий, чем операция отцепки».[9]

«Прицепы для бездорожья, также называемые трейлерами 4x4, тентраксами, и джип-трейлерами, созданы специально для изучения экстремального бэккантри без ограничения дорог с твердым покрытием или гравийных дорог. Эти туристические прицепы предназначены для работы на пересеченной местности. Многие внедорожные туристические прицепы оснащены палаткой и кроватью, противоскользкой платформой, большими шинами и длинноходным независимым подвесом, подъемными комплектами и системами сочленения.

Новшеством в видах прицепов является «самосвал» или «ящик для игрушек». Половина жилой площади и полгаража, эти трейлеры позволяют "игрушкам" быть принесенными в сельскую местность. Складная задняя рампа обеспечивает доступ для небольших автомобилей. Генератор обеспечивает питание для оборудования автомобиля». [37]

««Двухэтажный прицеп» - это двухуровневый прицеп для путешествий. При движении прицеп имеет такую же высоту, что и обычный трейлер, но при его установке высота увеличивается до двух полных уровней. Созданные ДжексКар и другими, они часто используются в производстве кинофильмов в качестве переносного гардероба.»[8]

2.4 Раздвижной кемпер (popup camper)

Раздвижные, или как их название переводят буквально, всплывающие кемперы представляют собой буксируемый обитаемый жилой модуль, который имеет возможность разворачиваться и сворачиваться в случае необходимости, рисунок 21. При монтаже этот тип кемпера имеет значительно больший объем пространства, нежели тот, который

обеспечивается в сложенном состоянии. Привлекательным этот тип кемпера делает его стоимость, которая гораздо ниже стоимости аналогичного по габаритам и внутреннему пространству кемпера, монтируемого стационарно на транспортное средство.



Рисунок 21 – Раздвижной кемпер в разложенном положении



Рисунок 22 – Раздвижной кемпер в транспортном положении

Как у любой конструкции, раздвижной кемпер имеет свои конструктивные особенности.

Типичная конструкция трейлера состоит из рамы, смонтированной на раме кузова платформы, жесткой крыши, выдвижных технических ящиков и «мягких» стен. Стены трейлера обычно изготавливаются из виниловой пленки, синтетического холста или аналогичного ему материала. Окна трейлера делают из прозрачной виниловой пленки..

Как правило, типичный набор функций трейлера включает в себя следующий перечень. «Трейлер содержит: раскладной обеденный уголок (столешница и место для сидения на скамье), встроенный бак для пресной воды, раковина, 12-вольтовая система электропитания постоянного тока (включая преобразователь переменного тока в постоянный и батарею глубокого цикла), внутреннее освещение постоянного тока, две спальные койки и шкафы для хранения. Многие всплывающие окна также включают газовый / электрический абсорбционный холодильник, плиту, кондиционер на крыше, пропановую печь, водонагреватель, электрический водяной насос, душ под открытым небом, окно в крыше / люк на крыше, один или два баллона с пропаном, электрические или импульсные тормоза, большое хранилище. багажник в передней части коробки и тент. Некоторые модели премиум-класса также включают душ, туалет, баки для сточных вод, выдвижную секцию (для увеличения внутреннего пространства), микроволновую печь и духовку.» [37]

Современные раздвижные трейлеры имеют вес от 700 фунтов (≈ 320 кг) до 3800 фунтов (≈ 1700 кг) фунтов. Как правило, трейлеры классифицируются по длине кузова, который может иметь длину от 8 футов ($\approx 2,4$ м) до 16 футов ($\approx 4,9$ м). При полном раскладывании трейлера, его длина примерно в два раза превышает длину кузова.

2.5 Кемперы на базе грузового автомобиля и пикапа

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 23.

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.



Рисунок 23 – Кемпер на раме автомобиля Toyota Hilux 1977 г

В настоящее время в России подобный подход также получает свое распространение. В частности, некоторые автомобильные ателье освоили доработку серийных транспортных средств путем установки на них жилых модулей, при этом само транспортное средство не получается чрезмерно перегруженным или перетяжеленным. как правило, в качестве «донора» используются популярные массовые автомобили, производимые заводами ВАЗ, ГАЗ и УАЗ, рисунок 24.

Исходное транспортное средство получает раму из металлопроката, на которую монтируется кузов из армированного пластика, утепленный экструдированным пенополистиролом. В случае использования транспортных средств ГАЗ и УАЗ используется рама самого транспортного средства либо без доработки, либо с незначительными доработками.



Рисунок 24 – Кемпер на базе автомобиля Лада 4x4

Выводы по разделу. Автофургон эволюционировал и развивался, что ставит его в один ряд со многими более крупными и более дорогими типами RV с точки зрения удобства.

Технически говоря, любой RV, который может быть легко демонтирован с его транспортного средства, квалифицируется как автофургон. Линии определения могут размываться между грузовиком и классом С с некоторыми транспортными средствами Expedition, такими как XPCamper или Earthroamer.» [18]

3 Тяговый расчет автомобиля ГАЗель NEXT

3.1 Исходные данные для тягового расчета

В тяговом расчете необходимо рассчитать автомобиль ГАЗель Некст. Исходные данные для расчета сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Общие характеристики ГАЗ С41R33	
Колесная формула	4x2
Число мест, включая водителя, чел.	2+1
Колесная база, мм.	4515
Дорожный просвет, мм.	253
Габаритные размеры, мм.	7960 x 2350 x 4000
Снаряженная масса, кг	4130
Максимальная скорость, км/ч	100
Кол-во топливных баков	1
Двигатель	
Модель двигателя	ЯМЗ-534
Тип двигателя	Дизельный, с турбонаддувом и охладителем наддувочного воздуха
Число цилиндров	4
Рабочий объем двигателя, л.	4,43
Мощность двигателя, л.с. при об/мин	190,5 / 2300
Максимальный крутящий момент, Нм при об/мин	490 / 1200-2100
Коробка передач	
Тип коробки передач	механическая 5-ступенчатая, с синхронизаторами на всех передачах
Передаточные числа коробки передач прототипа	6,555; 3,933; 2,376; 1,422; 1.
Передаточное число главной передачи	4,55;
Колеса и шины	
Размер шин	Пневматические, радиальные, размером 245/70R19.5
Коэффициенты для расчета	
КПД трансмиссии, $\eta_{тр}$	0,93
Коэффициент сопротивления качению, f^{**}	
-сухой асфальт	0,007
-мокрый грунт	0,0016
Время переключения передач, $t_{п}$, с	3
Минимальный удельный расход топлива, g_{min} , г/кВтч	197
Плотность топлива, ρ , кг/м ³	0,86

3.2 Построение тягово-динамической характеристики

3.2.1 Расчет потребной мощности двигателя

Исходя из назначения автомобиля, касательную силу будем искать на 4-х режимах:

Режим максимальной скорости. Для данного расчетного режима принимаем, что автомобиль без нагрузки движется с максимальной скоростью по хорошей асфальтобетонной горизонтальной поверхности.

Режим максимального дорожного сопротивления. Для данного режима считаем, что полностью груженный автомобиль движется по наиболее плохому дорожному покрытию (которое может встречаться в стационарных эксплуатационных режимах) при уклоне дороги не более 30% с минимальной скоростью.

Режим максимального ускорения. Режим рассчитывается для обеспечения возможности быстрых обгонов и высоких показателей разгона. Данный режим должен выбираться при проектировании спортивных автомобилей и автомобилей, для которых динамика ускорения является одним из ключевых параметров.

Средний режим. Для данного расчетного режима выбирается «крейсерская» скорость, полная нагрузка, удовлетворительное асфальтобетонное покрытие с небольшим уклоном (может учитываться ускорение).

Режим максимальной скорости

Для данного расчетного режима принимаем, что груженный автомобиль движется с максимальной скоростью по хорошей асфальтобетонной горизонтальной поверхности ($m = 8700$ кг, $v = 100$ км/ч, $f_0 = 0,007$, $\alpha = 0,5$ передача, $u_{к.п.} = 1$, $j_a = 0$).

Касательная сила тяги находится из уравнения тягового баланса:

$$P_k = P_{\psi} + P_i + P_w; \quad (1)$$

где: P_{ψ} – сила суммарного дорожного сопротивления, определяется как сумма сил сопротивления качению и подъему:

$$P_{\psi} = m_{пг}(f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,00952 \cdot 1 + 0) = 812,5H;$$

P_i – сила инерции поступательно движущихся масс или сопротивление разгону;

$$P_j = m_{п} \cdot j_{a} \cdot \delta_{пм} = 0 H; \quad (2)$$

P_w – сила сопротивления воздушной среды;

$$P_w = k_w \cdot A_{л} \cdot v^2 = 0,5625 \cdot 4,99 \cdot \left(\frac{100}{3,6}\right)^2 = 2167,97H;$$

k_w – коэффициент сопротивления воздуха, может быть найден по формуле:

$$k_w = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho_{воз}; \quad (3)$$

$$k_w = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1,25 = 0,5625$$

c_x – коэффициент обтекаемости;

$A_{л}$ – площадь Миделя. В качестве площади Миделя принимают лобовую площадь автомобиля $A_{л}$, равную площади проекции автомобиля на плоскость, перпендикулярную продольной оси. Приближенное значение лобовой площади автомобиля можно вычислить по формуле:

$$A_{л} = \alpha_{л} \cdot B_{max} \cdot H_{max}; \quad (4)$$

$$A_{л} = 0,75 \cdot 2,775 \cdot 2,4 = 4,99 \text{ м}^2$$

где $\alpha_{л}$ – коэффициент заполнения площади;

B_{max} и H_{max} – наибольшие ширина и высота автомобиля соответственно.

При расчетах стоит учитывать, что коэффициент сопротивления качению возрастает с увеличением скорости движения автомобиля согласно эмпирической зависимости:

$$f = f_0 \cdot (1 + (0,0216v)^2) = 0,007 \cdot (1 + (0,0216 \cdot \frac{100}{3,6})^2) = 0,00952 \quad (5)$$

где $\delta_{п.м.}$ – коэффициент приведенной массы, учитывающий неравномерность вращения и моменты инерции вращающихся деталей трансмиссии, а так же инерцию поступательных масс. Зачастую при расчете значения моментов инерции J_d , $J_{тр}$, $J_{к.ш.}$, $J_{к.в.}$, не известны, тогда $\delta_{п.м.}$ определяют по эмпирической зависимости:

$$\begin{aligned} \delta_{п.м.} &= 1 + (\delta_1 + \delta_2 u_{к.п.}^2) \cdot \frac{m_a + m_{пр}}{m_a} = \\ &= 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 1,09 \end{aligned} \quad (6)$$

где $\delta_1 = 0,03 - 0,05$ и $\delta_2 = 0,04 - 0,06$;

$u_{к.п.}$ – передаточное отношение коробки передач на включенной передаче; m_a – масса автомобиля; $m_{пр}$ – масса прицепа.

Тогда,

$$P_k = 2167,97 + 0 + 812,5 = 2980,47 \text{ Н};$$

Далее рассчитываем потребную мощность:

$$N_e = \frac{P_{kmax} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{тр}} = \frac{2980,47 \cdot \frac{100}{3,6}}{1000 \cdot 0,93} = 89,02 \text{ кВт} \quad (7)$$

Режим максимального дорожного сопротивления.

«Для данного режима считаем, что полностью груженный автомобиль движется по наиболее плохому дорожному покрытию (которое может встречаться в стационарных эксплуатационных режимах) при уклоне дороги не более 30% с минимальной скоростью ($m = 8700$ кг, $v = 10$ км/ч, $f_0 = 0,1$, $\alpha = 13,5$, 1 передача, $u_{к.п.} = 6,555$, $j_a = 0,5$)» [4]

$$f = f_0 \cdot (1 + (0,0216v)^2) = 0,1 \cdot (1 + (0,0216 \cdot \frac{10}{3,6})^2) = 0,1; \quad (8)$$

$$\delta_{п.м.} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 u_{к.п.}^2) \cdot \frac{m_a + m_{пр}}{m_a} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 6,555^2) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 3,19;$$

$$P_{\psi} = m_{\pi}g(f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot 0,972 + 0,233) = 28252,62 \text{ Н};$$

$$P_j = m_{\pi} \cdot j_a \cdot \delta_{\text{пм}} = 8700 \cdot 0,5 \cdot 3,19 = 13869,54 \text{ Н}; \quad (9)$$

$$P_w = k_w \cdot A_{\pi} \cdot v^2 = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot \left(\frac{10}{3,6}\right)^2 = 21,68 \text{ Н}; \quad (10)$$

$$P_k = P_{\psi} + P_j + P_w = 28342,25 + 13869,54 + 21,68 = 42143,85 \text{ Н}; \quad (11)$$

$$N_e = \frac{P_{k\text{max}} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{\text{тр}}} = \frac{42143,85 \cdot \frac{10}{3,6}}{1000 \cdot 0,93} = 125,88 \text{ кВт} \quad (12)$$

Режим максимального ускорения.

«Режим рассчитывается для обеспечения возможности быстрых обгонов и высоких показателей разгона. Данный режим должен выбираться при проектировании спортивных автомобилей и автомобилей, для которых динамика ускорения является одним из ключевых параметров ($m = 8700 \text{ кг}$, $v = 40 \text{ км/ч}$, $f_0 = 0,007$, $\alpha = 0^\circ$, 5 передача, $u_{\text{к.п.}} = 1$, $j_a = 1,1$)» [4]

$$f = f_0 \cdot (1 + (0,0216v)^2) = 0,007 \cdot (1 + (0,0216 \cdot \frac{40}{3,6})^2) = 0,0074; \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{п.м.}} &= 1 + (\delta_1 + \delta_2 u_{\text{к.п.}}^2) \cdot \frac{m_{\alpha} + m_{\text{пр}}}{m_{\alpha}} = \\ &= 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1^2) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 1,09 \end{aligned} \quad (14)$$

$$P_{\psi} = m_{\pi}g(f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,0074 \cdot 1 + 0) = 631,84 \text{ Н};$$

$$P_j = m_{\pi} \cdot j_a \cdot \delta_{\text{пм}} = 8700 \cdot 1,1 \cdot 1,09 = 10431,3 \text{ Н}; \quad (15)$$

$$P_w = k_w \cdot A_{\pi} \cdot v^2 = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot \left(\frac{40}{3,6}\right)^2 = 346,87 \text{ Н}; \quad (16)$$

$$P_k = P_{\psi} + P_j + P_w = 203,26 + 1184 + 119,9 = 11410,01 \text{ Н}; \quad (17)$$

$$N_e = \frac{P_{kmax} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{тр}} = \frac{9990,02 \cdot \frac{60}{3,6}}{1000 \cdot 0,93} = 136,32 \text{ кВт} \quad (18)$$

Средний режим.

Для данного расчетного режима выбирается «крейсерская» скорость, полная нагрузка, удовлетворительное асфальтобетонное покрытие с небольшим уклоном (может учитываться ускорение) ($m = 8700$ кг, $v = 50$ км/ч, $f_0 = 0,02$, $\alpha = 2,4$ передача, $u_{к.п.} = 1,442$, $j_a = 0,3$)

$$f = f_0 \cdot (1 + (0,0216v)^2) = 0,02 \cdot (1 + (0,0216 \cdot \frac{50}{3,6})^2) = 0,0218; \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \delta_{п.м.} &= 1 + (\delta_1 + \delta_2 u_{к.п.}^2) \cdot \frac{m_a + m_{пр}}{m_a} = \\ &= 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1,442^2) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 1,14 \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} P_\psi &= m_{пг}(f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,0218 \cdot 0,996 + 0,008) = \\ &= 4838 \text{ Н}; \end{aligned}$$

$$P_j = m_{п} \cdot j_a \cdot \delta_{пм} = 8700 \cdot 0,3 \cdot 1,14 = 2985,76 \text{ Н}; \quad (21)$$

$$P_w = k_w \cdot A_{л} \cdot v^2 = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot \left(\frac{50}{3,6}\right)^2 = 541,99 \text{ Н}; \quad (22)$$

$$P_k = P_\psi + P_j + P_w = 4838 + 2985,76 + 541,99 = 8365,75 \text{ Н}; \quad (23)$$

$$N_e = \frac{P_{kmax} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{тр}} = \frac{8365,75 \cdot \frac{50}{3,6}}{1000 \cdot 0,93} = 124,94 \text{ кВт} \quad (24)$$

Выбираем режим с максимальной мощностью:

$$N_{emax} = 136,32 \text{ кВт};$$

Полученную максимальную силу тяги необходимо проверить по условию сцепления.

$$P_{kmax} \leq P_\varphi; \quad (25)$$

где P_{φ} – максимально реализуемая сцепная сила.

$$P_{\varphi} = G_{сц} \cdot \varphi = 5500 \cdot 9,81 \cdot 0,9 = 48559,5 \text{ Н}; \quad (26)$$

$P_{kmax} = 42143,85 \text{ Н}$ – на режиме максимального ускорения

$G_{сц}$ – сцепной вес автомобиля – вес приходящийся на ведущие оси,

φ – коэффициент сцепления.

Условие по силе сопротивления $42143,85 \leq 48559,5$ – выполняется.

$$N_{дв} = \frac{P_{kmax} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{тр}} = \frac{42143,85 \cdot 11,11}{1000 \cdot 0,93} = 136,32 \text{ кВт} \quad (27)$$

По условию сцепления двигатель, используемый прототипом, удовлетворяет заданным условиям, так как $N_{дв}$ по паспорту транспортного средства равна 140 кВт, а по условиям сцепления можно реализовать 136,32 кВт.

Максимальная тяга не превышает максимальной касательной силы, реализуемой по условиям сцепления.

3.2.2 Выбор двигателя и его характеристики

Рассмотрим три варианта двигателей мощностью > 140 кВт.

Таблица 2 – Двигатели, устанавливаемые на автомобили семейства ГАЗель

Марка ДВС	n, об/мин	Ne, кВт	ge, г/кВт*ч	Me, Нм
Cummins QSB 6.7	2100	147	198	745
Д-260.4	2150	155	255	807
ЯМЗ-5430	2300	140	215	700

«Выбираем двигатель отечественного производства ЯМЗ-5430 по соображениям простоты конструкции, ремонтпригодности, неприхотливости, стоимости. Двигатель четырехтактный, с непосредственным впрыском топлива в цилиндр, рядный, с верхним расположением распределительного вала.» [4]

Для построения кривой мощности воспользуемся следующими формулами:

Мощность двигателя (кВт):

$$N_e = N_{eMAX} \left(a \times \frac{n_p}{n_N} + b \times \frac{n_p^2}{n_N^2} + c \times \frac{n_p^3}{n_N^3} \right) \quad (28)$$

$$= 140 \times \left(0,444 \times \frac{2300}{2300} + 2,381 \times \frac{2300^2}{2300^2} - 1,826 \times \frac{2300^3}{2300^3} \right) = 69,06 \text{ кВт}$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3.3.

где n_p – расчетная частота вращения;

n_N – частота вращения при максимальной мощности;

a, b, c – коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$a = \frac{k_M \cdot k_\omega (2 - k_\omega) - 1}{k_\omega (2 - k_\omega) - 1} = \frac{1,221 \cdot 1,533 (2 - 1,533) - 1}{1,533 (2 - 1,533) - 1} = 0,444 \quad (29)$$

$$b = -\frac{2k_\omega (k_M - 1)}{k_\omega (2 - k_\omega) - 1} = \frac{2 \cdot 1,533 (1,221 - 1)}{1,533 (2 - 1,533) - 1} = 2,381 \quad (30)$$

$$c = \frac{k_\omega^2 (k_M - 1)}{k_\omega (2 - k_\omega) - 1} = \frac{1,553^2 \cdot (1,221 - 1)}{1,533 (2 - 1,533) - 1} = -1,826 \quad (31)$$

где k_ω - коэффициент приспособляемости по частоте вращения;

$$k_\omega = \frac{n_N}{n_M} = \frac{2300}{1500} = 1,533 \quad (32)$$

где n_N - частота вращения при максимальной мощности;

n_M - частота вращения при максимальном моменте;

k_M - коэффициент приспособляемости по моменту;

$$k_M = \frac{M_e}{M_N} = \frac{710}{581,55} = 1,221 \quad (33)$$

где M_e - максимальный момент двигателя;

M_N - момент при максимальной мощности;

$$M_N = 9554 \cdot \frac{N_e}{n_N} = 9554 \cdot \frac{140}{1500} = 581,55 \text{ Нм} \quad (34)$$

Крутящий момент двигателя (Н·м):

$$M_e = M_p \left(a + b \times \frac{n_p}{n_N} + c \times \frac{n_p^2}{n_N^2} \right) = 581,55 \times \left(0,444 + 2,381 \times \frac{2300}{2300} - 1,826 \times \frac{2300^2}{2300^2} \right) = 659,82 \text{ Нм}$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3.

Удельный расход топлива (г/кВт·ч)

$$g_e = g_N \times k_{II} \times k_e = 214,7 \times 0,985 = 211,532 / \text{кВтч (при 1000 об.)} \quad (35)$$

где g_N - удельный расход топлива при максимальной мощности;

$$g_N = (1,05 \dots 1,1) \times g_{e\min} = 1,09 \times 197 = 214,732 / \text{кВтч} \quad (36)$$

g_{\min} - минимальный удельный расход топлива;

k_{II} – коэффициент, учитывающий зависимость g_e от уровня нагрузки двигателя (принимается равным 1);

k_e - коэффициент, учитывающий зависимость g_e от скоростного режима двигателя;

$$k_e = 1,25 - 0,99 \times E + 0,98 \times E^2 - 0,24 \times E^3 = 1,25 - 0,99 \times 0,435 + 0,98 \times 0,435^2 - 0,24 \times 0,435^3 = 0,985$$

E - коэффициент использования угловой скорости вала двигателя:

$$E = \frac{n_e}{n_N} = \frac{1000}{2300} = 0,435 \quad (37)$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3

Часовой расход топлива (кг/ч) находим по формуле:

$$G_T = \frac{(g_e \times N_e)}{1000} = \frac{211,53 \times 69,06}{1000} = 19,86 \text{ кг/ч} . \quad (38)$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Рассчитанные значения внешней скоростной характеристики

n_e , об/мин	N_e , л.с.	N_e , кВт	M_e , Н*м	E	k_e	g_e , г/кВт*ч	G_T , кг/ч
100	4,5057	3,3140	316,6152	0,0435	1,2088	259,5633	0,8602
200	10,5538	7,7623	370,8060	0,0870	1,1712	251,4844	1,9521
300	17,9729	13,2190	420,9826	0,1304	1,1370	244,1501	3,2274
400	26,5916	19,5581	467,1451	0,1739	1,1062	237,5353	4,6457
500	36,2385	26,6534	509,2935	0,2174	1,0786	231,6144	6,1733
600	46,7423	34,3790	547,4277	0,2609	1,0542	226,3620	7,7821
700	57,9316	42,6087	581,5478	0,3043	1,0327	221,7527	9,4486
800	69,6351	51,2166	611,6538	0,3478	1,0141	217,7611	11,1530
900	81,6812	60,0765	637,7457	0,3913	0,9983	214,3619	12,8781
1000	93,8988	69,0625	659,8234	0,4348	0,9851	211,5294	14,6088
1100	106,1163	78,0485	677,8870	0,4783	0,9744	209,2385	16,3308

Продолжение таблицы 3

1200	118,1625	86,9085	691,9364	0,5217	0,9662	207,4636	18,0303
1300	129,8659	95,5164	701,9717	0,5652	0,9602	206,1793	19,6935
1400	141,0553	103,7461	707,9929	0,6087	0,9564	205,3602	21,3053
1500	151,5591	111,4716	710,0000	0,6522	0,9546	204,9809	22,8496
1600	161,2060	118,5670	707,9929	0,6957	0,9548	205,0161	24,3081
1700	169,8247	124,9060	701,9717	0,7391	0,9567	205,4402	25,6607
1800	177,2438	130,3627	691,9364	0,7826	0,9604	206,2278	26,8844
1900	183,2919	134,8111	677,8870	0,8261	0,9656	207,3536	27,9536
2000	187,7976	138,1251	659,8234	0,8696	0,9723	208,7921	28,8394
2100	190,5896	140,1786	637,7457	0,9130	0,9804	210,5180	29,5101
2200	191,4964	140,8455	611,6538	0,9565	0,9896	212,5058	29,9305
2300	190,3468	140,0000	581,5478	1,0000	1,0000	214,7300	30,0622

График внешней скоростной характеристики представлен на рисунке 25.

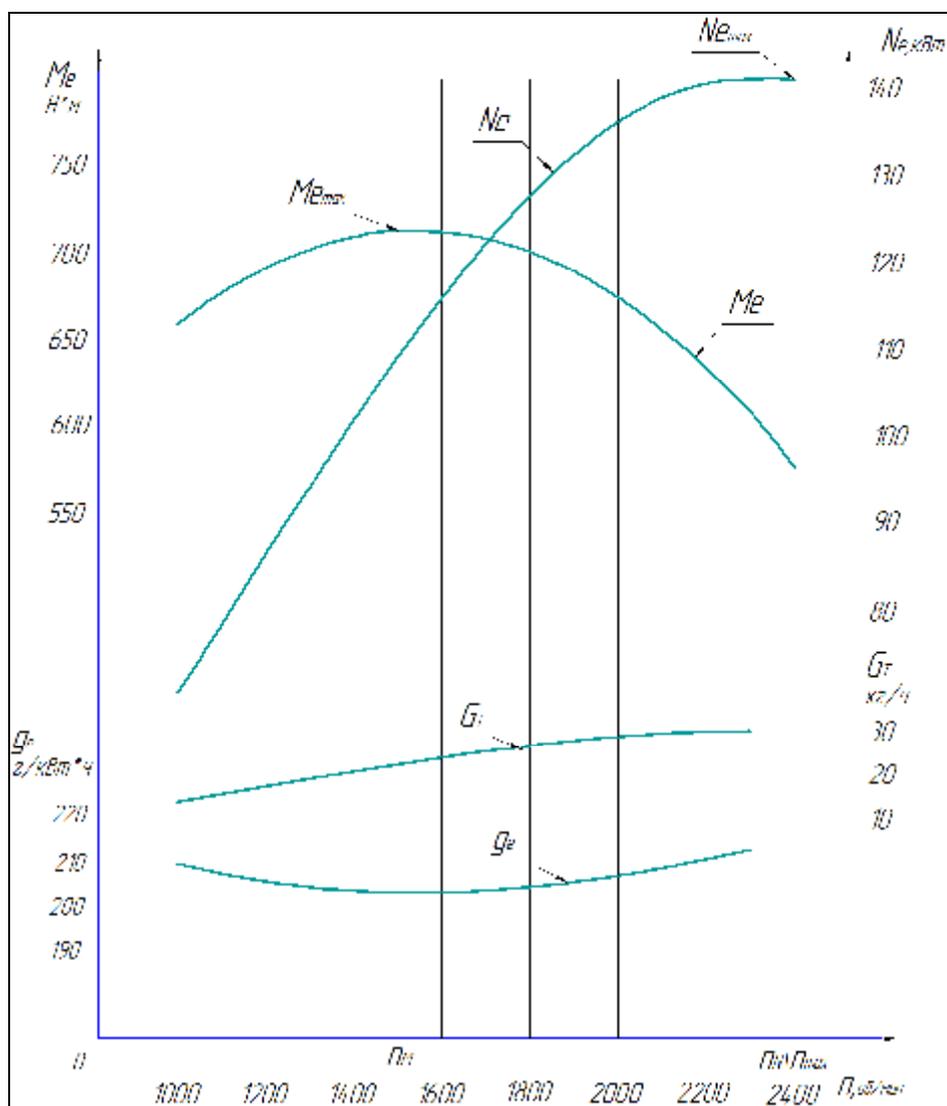


Рисунок 25 – График внешней скоростной характеристики

3.3 Определение передаточных чисел трансмиссии

«В общем случае в трансмиссию могут входить коробка передач, раздаточная коробка и главная передача. При вычислении $u_{тр.в.}$, необходимо учесть их передаточные числа:» [4]

$$u_{тр.в.} = u_{в.кп.} \cdot u_{в.ркп} \cdot u_0 \quad (39)$$

«Значение кинематической скорости v_{kmax} обычно принимают равной максимальной скорости v_{max} , при которой определяется мощность двигателя $P_{ев}$. Следует, однако, иметь в виду, что скорости v_{kmax} и v_{max} различны. Из формулы видно, что v_{kmax} зависит от принятых постоянных параметров двигателя и трансмиссии, следовательно, $v_{kmax} = const$. Скорость же v_{max} переменна, так как ее значение зависит от дорожных условий и нагрузки автомобиля.» [4]

$$v_{kmax} = \frac{\pi n_N r_k}{30 \cdot u_{тр.в.}} \quad (40)$$

Определим передаточное число главной передачи из условия обеспечения максимальной скорости:

$$u_0 = \frac{\pi n_N r_k}{30 \cdot u_{в.кп.} \cdot v_{kmax}} = \frac{\pi \cdot 2300 \cdot 0,398}{30 \cdot 1 \cdot 27,78} = 3,45; \quad (41)$$

«Передаточное число низшей ступени коробки передач определяют исходя из обеспечения трех условий:

преодоление максимального дорожного сопротивления, определяемого коэффициентом суммарного дорожного сопротивления ψ_{max} (принимаем 0,35);

предотвращение буксования ведущих колес при заданном значении коэффициента сцепления ϕ_x (принимаем 0,8);

возможность движения с заданной минимальной устойчивой скоростью v_{min} для маневрирования в стесненных условиях (принимаем 5 км/ч).» [4]

Запишем данные условия в виде уравнений:

$$u_{\text{тр.}\psi} \geq \frac{m_a g \psi_{\text{max}} r_k}{M_e (1 - k_{\text{в.о.}}) \eta_{\text{тр.н.}}} = \frac{8700 \cdot 9,81 \cdot 0,35 \cdot 0,398}{710 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,93} = 19,99$$

$$u_{\text{тр.}\varphi} \leq \frac{\varphi_x \cdot R_z \cdot r_k}{M_e (1 - k_{\text{в.о.}}) \eta_{\text{тр.н.}}} = \frac{0,9 \cdot 53955 \cdot 0,398}{710 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,93} = 32,5$$

$$U_{\text{пр.в.}} = \frac{\rho \times n_{\text{min}} \times r_k}{30 \times u_{\text{min}}} = \frac{3,14 \times 700 \times 0,0398}{30 \times 1,39} = 20,99$$

где $k_{\text{в.о.}}$ - коэффициент отбора мощности на привод вспомогательного оборудования двигателя.

Из полученных значений по трем условиям необходимо выбрать передаточное число трансмиссии на низших передачах.

$$\begin{cases} u_{\text{тр.н}} \leq u_{\text{тр.}\varphi} \\ u_{\text{тр.н}} \geq u_{\text{тр.}\psi} \\ u_{\text{тр.н}} \geq u_{\text{тр.в}} \end{cases} \quad (42)$$

Принимаем $u_{\text{тр.н}} = 26$

$$u_{\text{к.п.н.}} = \frac{u_{\text{тр.н}}}{u_0} = \frac{26}{3,45} = 7,54$$

Далее переходим к определению количества ступеней КПП.

Отношение передаточных чисел низшей $u_{\text{тр.н.}}$ и высшей $u_{\text{тр.в.}}$ ступеней трансмиссии называют диапазоном передаточных чисел трансмиссии

$$D_{\text{тр}} = \frac{u_{\text{тр.н.}}}{u_{\text{тр.в.}}} = \frac{u_{\text{тр.н.}}}{u_{\text{к.п.в.}} \cdot u_0} = \frac{26}{3,45} = 7,54 \quad (43)$$

Формула для определения количества ступеней коробки передач:

$$n_{\text{к.п.}} = 1 + \frac{\ln D_{\text{кп}}}{\ln q} = 1 + \frac{\ln u_{\text{кпн}} - \ln u_{\text{кпв}}}{\ln q} = 1 + \frac{2,02 - 0}{0,507} \approx 5 \quad (44)$$

Где принимаем $q=1,66$.

Далее уточняем значение $q_{\text{ср}}$:

$$q_{\text{ср}} = \sqrt[n_{\text{кп}} - 1]{D_{\text{кп}}} = \sqrt[5]{\frac{u_{\text{кпн}}}{u_{\text{кпв}}}} = \sqrt[5]{7,54} = 1,657 \quad (45)$$

Передаточные числа промежуточных ступеней коробки передач вычисляются по формуле:

$$u_{кпi} = u_{кпi+1} \cdot q_{ср} \quad (46)$$

Результат сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Передаточные числа КПП

u_0	$u_{кп.1}$	$u_{кп.2}$	$u_{кп.3}$	$u_{кп.4}$	$u_{кп.5}$
3,45	7,54	4,55	2,75	1,66	1

3.4 Построение тяговой характеристики

«Тяговым называют режим, при котором энергия передается от двигателя к ведущим колесам. Выполняя транспортную работу, водитель выбирает скорость движения исходя из эксплуатационных условий. Этот выбор ограничен диапазоном скоростей от максимальной, определяемой максимальной мощностью двигателя или сцеплением ведущих колес с дорогой, до минимальной по условиям устойчивой работы двигателя.

Тяговые возможности автомобиля характеризует свободная сила тяги на колесах. Графическая зависимость свободной силы тяги на ведущих колесах от скорости ТС называется тяговой характеристикой:» [4]

$$P_a = f(v_a) \quad (47)$$

Скорость движения автомобиля в км/ч на каждой из передач может быть найдена по формуле:

$$v_a = \frac{3,6\pi r_k n_e}{30u_{тр}} \quad (48)$$

где $u_{тр}$ – общее передаточное число трансмиссии на каждой передаче в коробке передач.

Значение свободной силы тяги P_a на всех передачах вычисляется по формуле:

$$P_a = P_k - P_w \quad (49)$$

где P_k – касательная сила тяги на ведущих колеса автомобиля, соответствующая принятым ранее числам оборотов коленчатого вала двигателя;

P_w – сила сопротивления воздуха.

Значение касательной силы тяги P_k на различных передачах определяют из следующей зависимости:

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_{\text{ТР}} \cdot u_{\text{ТР}}}{r_k} \quad (50)$$

где M_e – текущее значение крутящего момента, соответствующее выбранным частотам вращения коленчатого вала двигателя.

P_ϕ – величина максимальной силы тяги по сцеплению.

Произведем расчет касательной силы на 1 передаче при максимальном моменте:

$$v_a = 0,377 \cdot \frac{0,398 \cdot 1500}{3,45 \cdot 7,54} = 8,65 \text{ км/ч}$$

$$P_k = \frac{710 \cdot 0,93 \cdot 3,45 \cdot 7,54}{0,398} = 43166,4 \text{ Н}$$

$$P_w = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot \left(\frac{8,65}{3,6}\right)^2 = 16,2 \text{ Н}$$

$$P_a = 43166 - 16,2 = 43150,2 \text{ Н}$$

3.5 Построение динамической характеристики

Динамический фактор — это безразмерная величина, характеризующая потенциальные возможности автомобиля по преодолению дорожных сопротивлений или сообщению ему ускорения в данных дорожных условиях.

Следовательно, динамический фактор характеризует тяговые и скоростные свойства автомобиля.

Графическое изображение зависимости динамического фактора от скорости движения $D=f(v_a)$ на всех передачах трансмиссии называется динамической характеристикой автомобиля.

Величина D зависит от конструктивных параметров автомобиля и режима его движения, вычисляется по формуле:

$$D = \frac{\frac{M_e \cdot \eta_{\text{ТР}} \cdot u_{\text{ТР}}}{r_k} - k_w A_d v_a^2}{m_a g} \quad (51)$$

Из этой формулы видно, динамический фактор представляет собой отношение свободной силы тяги на колесах к весу ТС, в качестве примера расчет при M_{max} и $n_{\text{кпн}}$:

$$D = \frac{P_a}{G_a} \quad (52)$$

При равномерном движении:

$$D = \psi = f + h \quad (53)$$

По результатам расчетов составляют следующую таблицу, учитывая массу $m=8700$ кг:

Таблица 5 – Данные тяговой-динамической характеристики автомобиля

1 передача						
1	2	3	4	5	6	7
n , об/мин	M_e , Н*м	v_a , км\ч	P_k , Н	P_w , Н	P_a , Н	D_a
700	581,5478	4,036782	35356,76	3,532837	35353,23	0,406359
900	637,7457	5,190148	38773,46	5,839996	38767,62	0,445605
1100	677,887	6,343514	41213,96	8,723944	41205,23	0,473623
1300	701,9717	7,496881	42678,26	12,18468	42666,07	0,490415
1500	710	8,650247	43166,36	16,22221	43150,14	0,495979
1700	701,9717	9,803613	42678,26	20,83653	42657,42	0,490315

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
1900	677,887	10,95698	41213,96	26,02763	41187,93	0,473424
2100	637,7457	12,11035	38773,46	31,79553	38741,66	0,445306
2300	581,5478	13,26371	35356,76	38,14022	35318,62	0,405961
2 передача						
п, об/мин	Me, Н*М	v _a , км\ч	P _к , Н	P _w , Н	P _a , Н	D _a
700	581,5478	6,68916	21337,14	9,700546	21327,44	0,245143
900	637,7457	8,600348	23399,05	16,0356	23383,02	0,26877
1100	677,887	10,51154	24871,85	23,95441	24847,89	0,285608
1300	701,9717	12,42273	25755,52	33,45698	25722,07	0,295656
1500	710	14,33391	26050,08	44,54332	26005,54	0,298914
1700	701,9717	16,2451	25755,52	57,21342	25698,31	0,295383
1900	677,887	18,15629	24871,85	71,46728	24800,38	0,285062
2100	637,7457	20,06748	23399,05	87,30491	23311,75	0,267951
2300	581,5478	21,97867	21337,14	104,7263	21232,41	0,244051
3 передача						
п, об/мин	Me, Н*М	v _a , км\ч	P _к , Н	P _w , Н	P _a , Н	D _a
700	581,5478	11,08429	12876,56	26,63598	12849,93	0,1477
900	637,7457	14,25123	14120,89	44,03091	14076,86	0,161803
1100	677,887	17,41817	15009,69	65,77457	14943,92	0,171769
1300	701,9717	20,58511	15542,97	91,86696	15451,11	0,177599
1500	710	23,75205	15720,73	122,3081	15598,43	0,179292
1700	701,9717	26,91899	15542,97	157,0979	15385,88	0,176849
1900	677,887	30,08593	15009,69	196,2365	14813,45	0,17027
2100	637,7457	33,25287	14120,89	239,7239	13881,16	0,159554
2300	581,5478	36,41981	12876,56	287,5599	12589	0,144701
4 передача						
п, об/мин	Me, Н*М	v _a , км\ч	P _к , Н	P _w , Н	P _a , Н	D _a
700	581,5478	18,36725	7770,762	73,1377	7697,625	0,088478
900	637,7457	23,61504	8521,689	120,9011	8400,788	0,096561
1100	677,887	28,86282	9058,066	180,6053	8877,46	0,10204

1	2	3	4	5	6	7
1300	701,9717	34,11061	9379,892	252,2504	9127,641	0,104915
1500	710	39,35839	9487,167	335,8364	9151,33	0,105188
1700	701,9717	44,60618	9379,892	431,3632	8948,528	0,102857
1900	677,887	49,85397	9058,066	538,8308	8519,235	0,097922
2100	637,7457	55,10175	8521,689	658,2393	7863,45	0,090384
2300	581,5478	60,34954	7770,762	789,5887	6981,174	0,080243
5 передача						
п, об/мин	Me, Н*М	v _a , км\ч	P _к , Н	P _w , Н	P _a , Н	D _a
700	581,5478	30,4355	4689,509	200,8232	4488,685	0,051594
900	637,7457	39,13136	5142,679	331,973	4810,706	0,055295
1100	677,887	47,82721	5466,372	495,9104	4970,462	0,057132
1300	701,9717	56,52307	5660,588	692,6351	4967,953	0,057103
1500	710	65,21893	5725,326	922,1474	4803,179	0,055209
1700	701,9717	73,91478	5660,588	1184,447	4476,141	0,05145
1900	677,887	82,61064	5466,372	1479,534	3986,838	0,045826
2100	637,7457	91,3065	5142,679	1807,409	3335,27	0,038336
2300	581,5478	100,0024	4689,509	2168,071	2521,438	0,028982

На рисунке 26 представлен график тягово-динамической характеристики.

3.6 Построение и расчет скоростных характеристик

3.6.1 Построение характеристики ускорений

Для достижения высокой средней скорости автомобиль должен обладать высокими показателями приемистости. Приемистость оценивается временем разгона до заданной скорости, на заданном пути и на высшей передаче.

Максимально-возможное ускорение, исходя из уравнения движения автомобиля, может быть найдено по формуле:

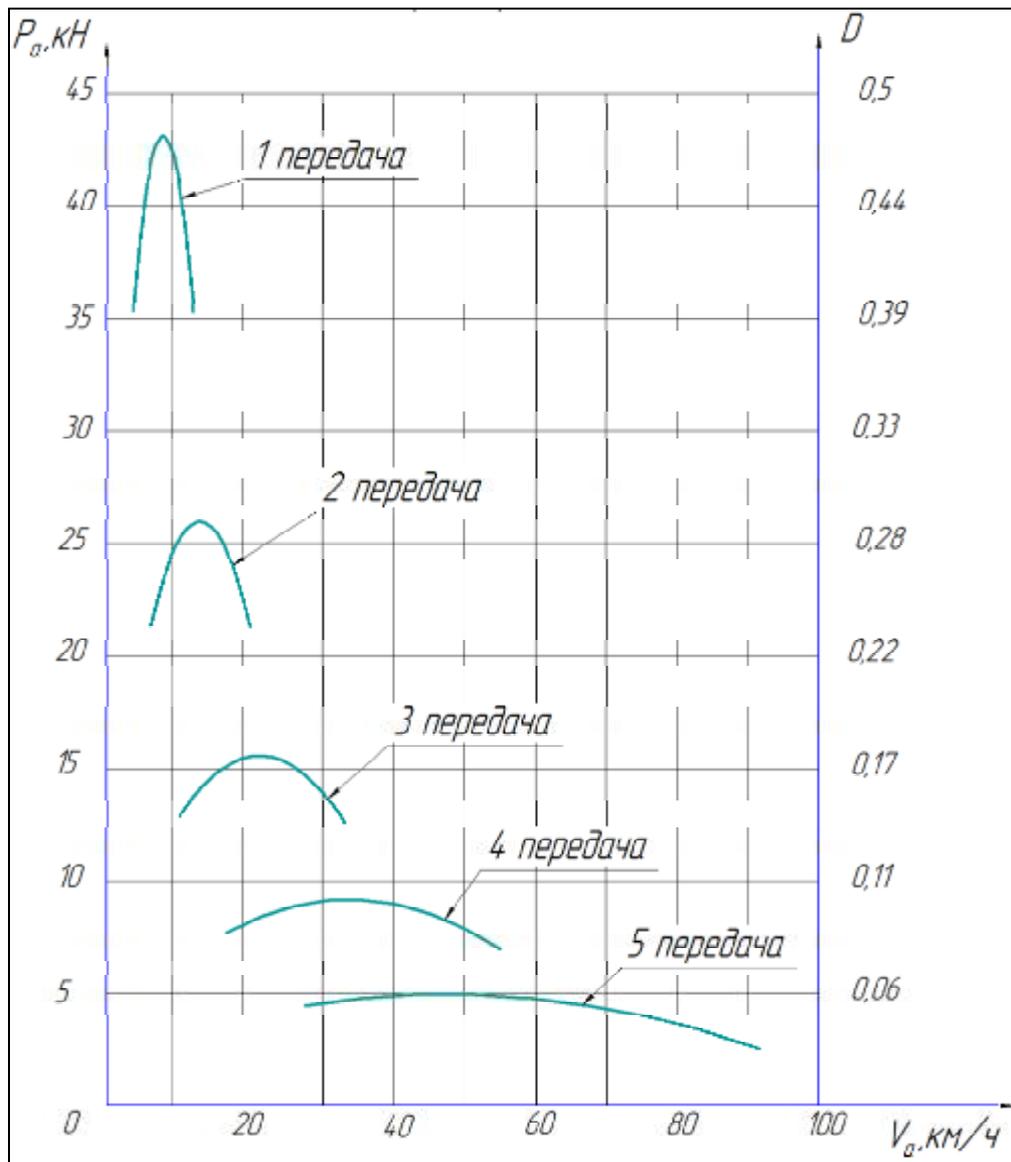


Рисунок 26 – График тягово-динамической характеристики

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{\text{пм}}} \cdot g = \frac{0,444 - 0,00957}{3,88} \cdot 9,81 = 1,097 \text{ м/с}^2 \quad (54)$$

где $\delta_{\text{пм}}$ - коэффициент учета вращающихся масс:

$$\delta = 1 + (\delta_1 + \delta_2 u_{\text{к.п.}}^2) \cdot \frac{m_a + m_{\text{пр}}}{m_a} \quad (55)$$

ψ - суммарный коэффициент дорожных сопротивлений:

$$\psi = f \left(1 + \left(0,0216 \cdot \frac{V_a}{3,6} \right)^2 \right) \quad (56)$$

$$\psi = 0,00952 \cdot \left(1 + \left(0,0216 \cdot \frac{12}{3,6}\right)^2\right) = 0,00957$$

В рамках дипломной работы будем считать, что характеристики разгона строятся для условий, при которых $f = 0,00952$.

Рассчитаем значение δ на I -ой передаче:

$$\delta_I = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 7,54^2) = 3,88$$

Остальные значения δ на других передачах рассчитываем аналогично приведенному выше примеру.

$$\delta_{II} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 4,55^2) = 2,07$$

$$\delta_{III} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 2,75^2) = 1,42$$

$$\delta_{IV} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1,66^2) = 1,18$$

$$\delta_V = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1^2) = 1,09$$

Рассчитываем далее и результаты расчета сводим в таблицу 6:

Таблица 6 – Характеристики ускорения автомобиля

1 передача				
1	2	3	4	5
п, об/мин	V _а , км\ч	j _а	D _а	ψ
700	4,036782	1,001734	0,406359	0,009526
900	5,190148	1,100793	0,445605	0,009529
1100	6,343514	1,17151	0,473623	0,009534
1300	7,496881	1,213882	0,490415	0,009539
1500	8,650247	1,227911	0,495979	0,009546
1700	9,803613	1,213597	0,490315	0,009553
1900	10,95698	1,170938	0,473424	0,009561
2100	12,11035	1,099937	0,445306	0,00957
2300	13,26371	1,000591	0,405961	0,00958
2 передача				
п, об/мин	V _а , км\ч	j _а	D _а	ψ
700	6,68916	1,112689	0,245143	0,009535
900	8,600348	1,224225	0,26877	0,009545
1100	10,51154	1,303684	0,285608	0,009558

1300	12,42273	1,351066	0,295656	0,009573
1500	14,33391	1,366371	0,298914	0,00959
1700	16,2451	1,349599	0,295383	0,00961
1900	18,15629	1,30075	0,285062	0,009633
2100	20,06748	1,219824	0,267951	0,009658
2300	21,97867	1,106821	0,244051	0,009686
3 передача				
п, об/мин	V _а , км\ч	j _а	Da	ψ
700	11,08429	0,955382	0,1477	0,009562
900	14,25123	1,052727	0,161803	0,00959
1100	17,41817	1,121417	0,171769	0,009624
1300	20,58511	1,161451	0,177599	0,009665
1500	23,75205	1,17283	0,179292	0,009713
1700	26,91899	1,155553	0,176849	0,009768
1900	30,08593	1,10962	0,17027	0,00983
2100	33,25287	1,035031	0,159554	0,009899
2300	36,41981	0,931787	0,144701	0,009975
4 передача				
п, об/мин	V _а , км\ч	j _а	Da	ψ
700	18,36725	0,656303	0,088478	0,009636
900	23,61504	0,722953	0,096561	0,009711
1100	28,86282	0,767776	0,10204	0,009806

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4	5
1300	34,11061	0,790771	0,104915	0,009919
1500	39,35839	0,791937	0,105188	0,010051
1700	44,60618	0,771276	0,102857	0,010202
1900	49,85397	0,728787	0,097922	0,010372
2100	55,10175	0,66447	0,090384	0,010561
2300	60,34954	0,578325	0,080243	0,010768
5 передача				
п, об/мин	V _а , км\ч	j _а	Da	ψ
700	30,4355	0,375426	0,051594	0,009837
900	39,13136	0,406841	0,055295	0,010045
1100	47,82721	0,421021	0,057132	0,010304
1300	56,52307	0,417965	0,057103	0,010615
1500	65,21893	0,397675	0,055209	0,010978
1700	73,91478	0,294574	0,05145	0,011392
1900	82,61064	0,218203	0,045826	0,011859
2100	91,3065	0,161632	0,038336	0,012377
2300	100,0024	0,119727	0,028982	0,012947

На основании данных из таблицы 6 строим график ускорений на рисунке 3.3

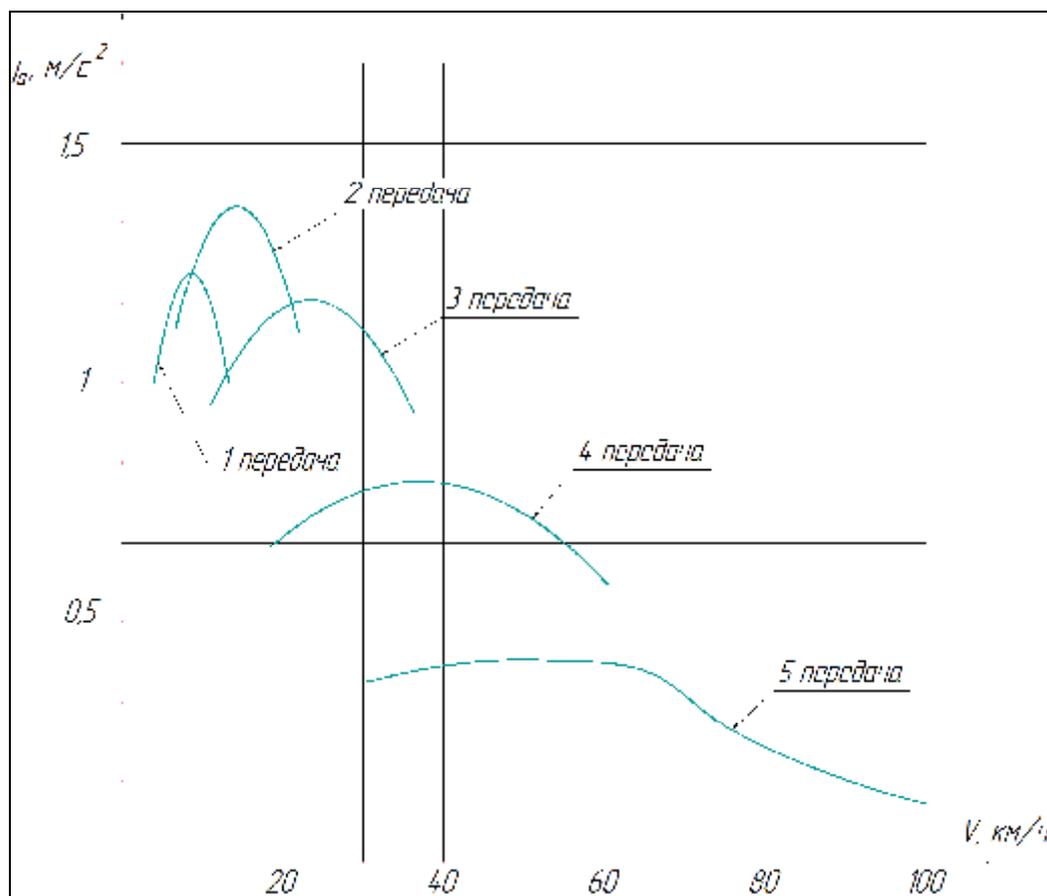


Рисунок 27 – График ускорений

3.6.2 Построение характеристик разгона

Характеристика разгона автомобиля - это зависимость скорости автомобиля от времени и пройденного пути при максимально возможной подаче топлива. Переключение передач осуществляется таким образом, чтобы развить максимальную скорость за минимально возможный отрезок времени.

Динамическая характеристика и характеристика ускорений используется для получения характеристик ускорения, позволяющих определить время, скорость и путь разгона и построить графики $v=f(t)$ и $v=f(s)$.

Разгон начинают на передаче, предназначенной для трогания с места, при минимальной устойчивой скорости движения v_{min} , а заканчивают при v_{max} или при $j=0$. Полагают, что ускорение в каждом интервале изменения скорости постоянно. Тогда время разгона на этом интервале:

$$\Delta t_i = \frac{\Delta v_i}{j_{срi} * 3,6} \quad (57)$$

В качестве исходных данных для расчета используют данные из таблицы ускорений, рассчитанных ранее. Кривая ускорений для каждой передачи разбивается на несколько интервалов, и принимается допущение, что в каждом интервале движение происходит с постоянным ускорением:

$$j_{ср} = \frac{j_1 + j_2}{2} \text{ м/с}^2 \quad (58)$$

где j_1 и j_2 – соответственно величины ускорений в начале и конце выбранного интервала.

Для достижения максимальной интенсивности разгона переключение передач происходит таким образом, что используются ускорения, максимально возможные при данной скорости.

Время $t_{п}$ для механических коробок на дизельном двигателе примем $t_{п}=3\text{с}$. За время переключения происходит падение скорости на время равное:

$$\Delta v_i = fgt_{п} \quad (59)$$

Для получения характеристики разгона $v = f(s)$ необходимо определять приращения пути ΔS_i , проходимого автомобилем на всех интервалах изменения скорости. Путь разгона в интервале скорости ΔV определяют при помощи графика времени разгона по формуле:

$$\Delta S = \frac{V_i + V_{i+1}}{2} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \quad (60)$$

Результаты произведенных расчетов сводятся в таблицу 7, далее по ним строится графическое изображение характеристик разгона.

Таблица 7 – Рассчитанные значения времени и пути разгона

1 передача								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔV_1	j_{cp1}	$\underline{\underline{\Delta t_1}}$	ΔS_1	$V_{cp1}, \text{ км/ч}$	$V_{cp1}, \text{ м/с}$	t_1	S_1	n
1,153	1,051	0,305	0,391	4,613	1,282	0,305	0,391	900
1,153	1,136	0,282	0,452	5,767	1,602	0,587	0,843	1100
1,153	1,192	0,269	0,517	6,920	1,922	0,855	1,359	1300
1,153	1,220	0,263	0,589	8,074	2,243	1,118	1,948	1500
1,153	1,219	0,263	0,673	9,227	2,563	1,380	2,622	1700
1,153	1,190	0,269	0,776	10,380	2,883	1,649	3,398	1900
1,153	1,133	0,283	0,906	11,534	3,204	1,931	4,303	2100
1,153	1,048	0,306	1,078	12,687	3,524	2,236	5,381	2300
2 передача								
ΔV_2	j_{cp2}	$\underline{\underline{\Delta t_2}}$	ΔS_2	$V_{cp2}, \text{ км/ч}$	$V_{cp2}, \text{ м/с}$	t_2	S_2	n
1,911	1,167	0,455	0,966	7,645	2,124	3,454	0,966	900
1,911	1,261	0,421	1,117	9,556	2,654	3,874	2,084	1100
1,911	1,323	0,401	1,278	11,467	3,185	4,274	3,362	1300
1,911	1,353	0,392	1,458	13,378	3,716	4,665	4,820	1500
1,911	1,351	0,393	1,669	15,290	4,247	5,056	6,489	1700
1,911	1,316	0,403	1,927	17,201	4,778	5,457	8,416	1900
1,911	1,249	0,425	2,256	19,112	5,309	5,878	10,672	2100
1,911	1,150	0,462	2,696	21,023	5,840	6,334	13,369	2300
3 передача								
ΔV_3	j_{cp3}	$\underline{\underline{\Delta t_3}}$	ΔS_3	$V_{cp3}, \text{ км/ч}$	$V_{cp3}, \text{ м/с}$	t_3	S_3	n
3,167	0,997	0,883	3,106	12,668	3,519	6,876	3,106	900
3,167	1,076	0,818	3,597	15,835	4,399	7,685	6,703	1100
3,167	1,125	0,782	4,127	19,002	5,278	8,456	10,829	1300
3,167	1,145	0,768	4,731	22,169	6,158	9,210	15,561	1500
3,167	1,135	0,775	5,453	25,336	7,038	9,965	21,014	1700
3,167	1,096	0,803	6,354	28,502	7,917	10,742	27,368	1900
3,167	1,027	0,856	7,533	31,669	8,797	11,563	34,902	2100
3,167	0,929	0,947	9,164	34,836	9,677	12,457	44,066	2300
4 передача								

ΔV_4	j_{cp4}	Δt_4	ΔS_4	$V_{cp4}, \text{ км/ч}$	$V_{cp4}, \text{ м/с}$	t_4	S_4	n
5,248	0,665	2,190	12,772	20,991	5,831	11,114	12,772	900
5,248	0,708	2,059	15,010	26,239	7,289	13,069	27,782	1100
5,248	0,725	2,009	17,575	31,487	8,746	14,940	45,357	1300
5,248	0,718	2,030	20,711	36,735	10,204	16,782	66,068	1500
5,248	0,686	2,124	24,774	41,982	11,662	18,647	90,842	1700
5,248	0,629	2,316	30,387	47,230	13,119	20,591	121,229	1900
5,248	0,548	2,661	38,795	52,478	14,577	22,683	160,025	2100
5,248	0,441	3,303	52,966	57,726	16,035	25,029	212,991	2300
5 передача								
ΔV_5	j_{cp5}	Δt_5	ΔS_5	$V_{cp5}, \text{ км/ч}$	$V_{cp5}, \text{ м/с}$	t_5	S_5	n
8,696	0,320	6,176	59,670	34,783	9,662	18,176	59,670	900
8,696	0,303	5,836	70,479	43,479	12,078	24,011	130,149	1100
8,696	0,260	5,758	83,454	52,175	14,493	29,769	213,603	1300
8,696	0,191	5,923	100,150	60,871	16,909	35,692	313,753	1500
8,696	0,130	6,979	134,858	69,567	19,324	42,671	448,611	1700
8,696	0,097	9,421	204,816	78,263	21,740	52,092	653,427	1900
8,696	0,072	12,719	307,224	86,959	24,155	64,811	960,651	2100
8,696	0,053	17,170	456,227	95,654	26,571	81,982	1416,878	2300

На рисунке 28 представлена характеристика разгона в координатах от времени.

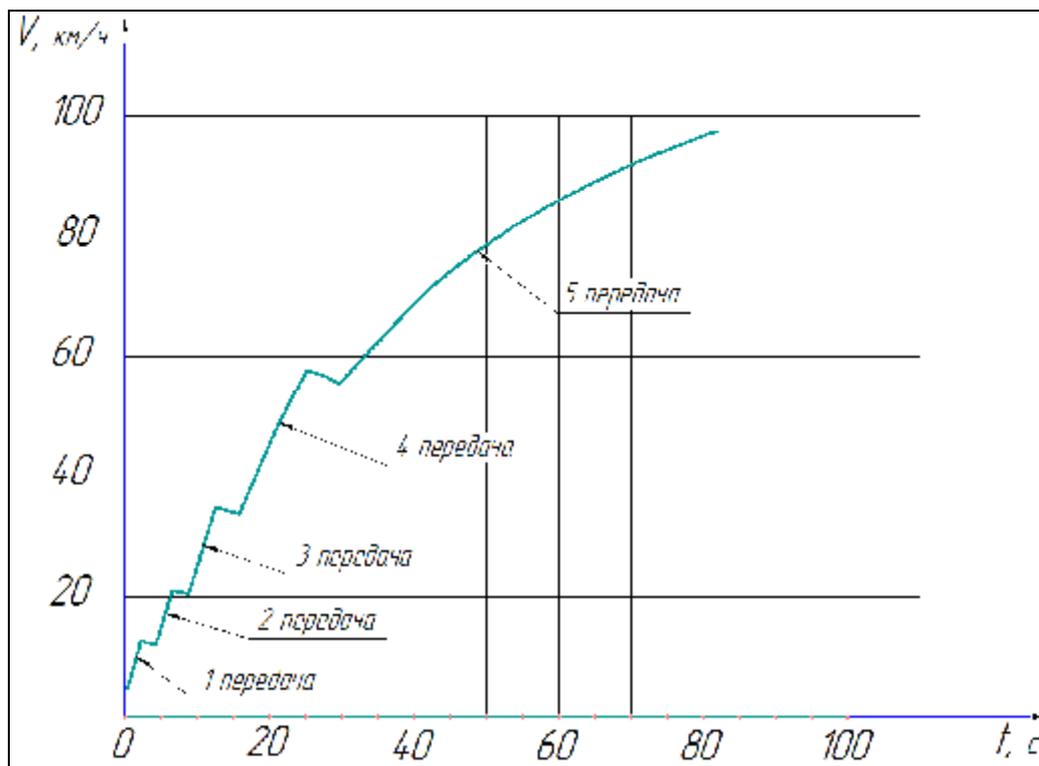


Рисунок 28 – Характеристика разгона в координатах от времени

На рисунке 29 представлена характеристика разгона в координатах от пути.

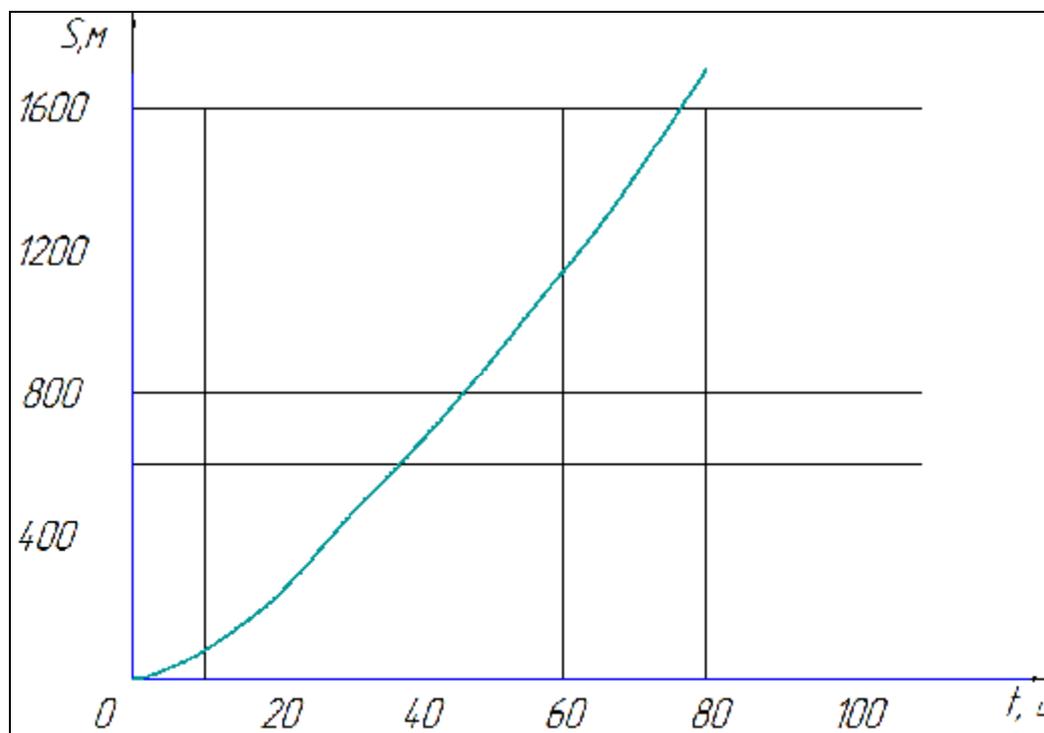


Рисунок 29 – Характеристика разгона в координатах от пути

3.7 Мощностной баланс автомобиля

Мощностной баланс автомобиля позволяет анализировать затраты мощности на преодоление сопротивлений движению, обусловленных воздействиями внешней среды и внутренним трением в механизмах автомобиля.

Эффективная мощность двигателя P_e затрачивается на привод вспомогательного оборудования двигателя и механизмов управления автомобилем, на преодоление сил трения в трансмиссии, сопротивлений движению и разгону автомобиля. Все расчеты производятся для высшей передачи. Учитывая все затраты мощности, составим уравнение мощностного баланса:

$$P_e + P_{в.о.} + P_{тр} + P_f + P_h + P_w + P_j = 0 \quad (61)$$

Эффективная мощность двигателя P_e :

$$P_e = M_e \frac{\pi n_d}{30} \quad (62)$$

Мощность затрачиваемая на привод вспомогательного оборудования $P_{в.о.}$:

$$P_{в.о.} = -k_{в.о.} \cdot P_e \quad (63)$$

Мощность потерь на трение в трансмиссии $P_{тр.}$:

$$P_{тр} = -P_e(1 - k_{в.о.})(1 - \eta_{тр}) \quad (64)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению:

$$P_f = m \cdot g \cdot f \cdot V \quad (65)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления подъему:

$$P_h = -m \cdot g \cdot h \cdot V = -m \cdot g \cdot V \cdot \sin\alpha \quad (66)$$

Мощность на преодоления сопротивления воздуха:

$$P_w = k_w \cdot A_{л} \cdot v^3 \quad (67)$$

Мощность, затрачиваемая на разгон:

$$(68)$$

$$P_j = -\delta_{п.м.} \cdot m_a \cdot v \cdot j$$

К ведущим колесам автомобиля при равномерном движении подводится мощность:

$$P_k = P_e(1 - k_{со}) \cdot \eta_{тр} \quad (69)$$

Далее все расчеты сводятся в таблицу 8 и строится график мощностного баланса автомобиля на высшей передаче (Рисунок 30).

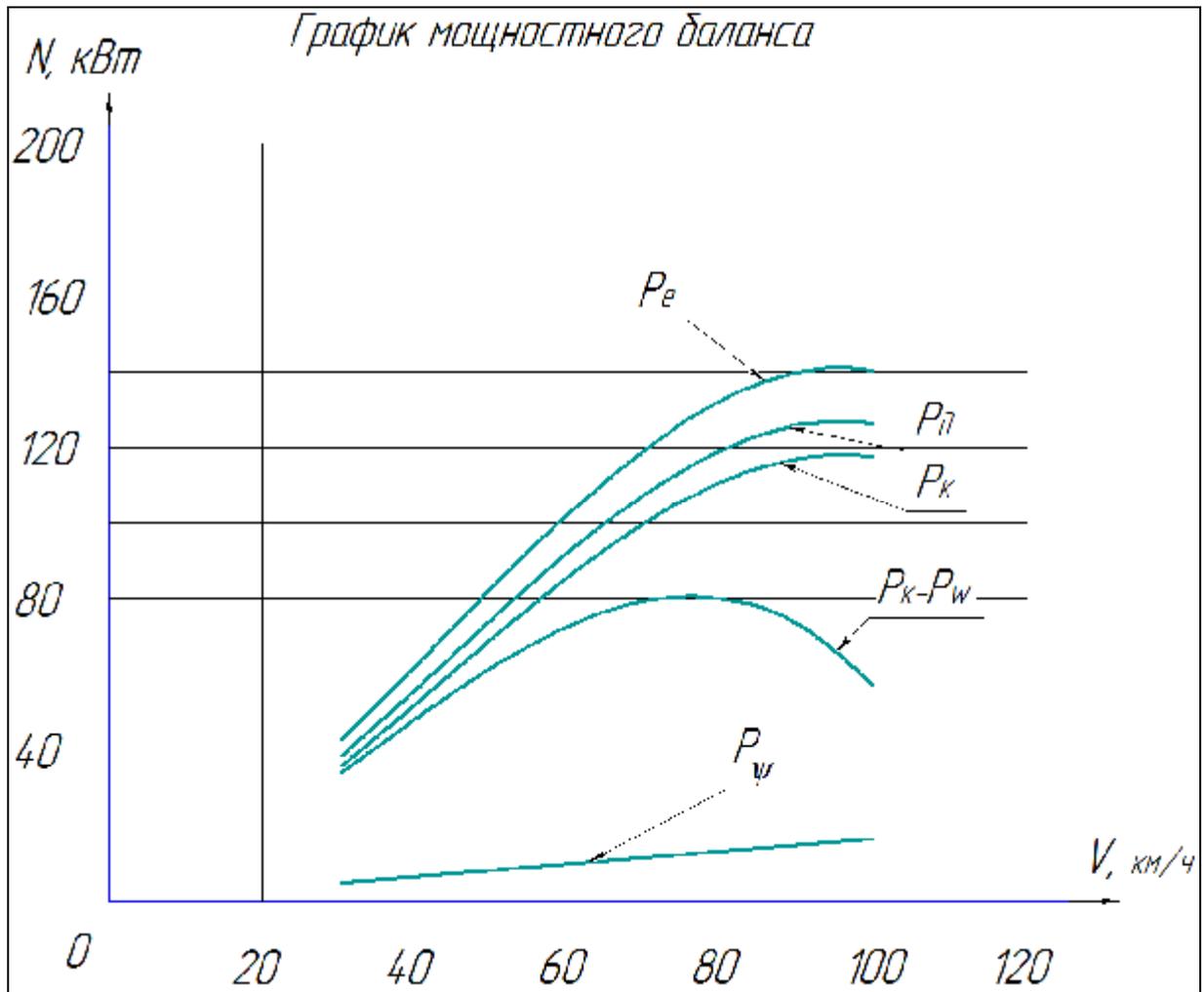


Рисунок 30 – График мощностного баланса автомобиля на высшей передаче

Таблица 8 – Данные для мощностного баланса автомобиля на высшей передаче

P_{ψ} , Н	-5050,85	-6493,95	-7937,05	-9380,14	-10823,2	-12266,3	-13709,4	-15152,5	-16595,6
$P_k - P_w$	33983,22	46700,33	58770,46	69111,6	76641,75	80278,89	78941	71546,08	57012,11
P_f , Н	-5050,85	-6493,95	-7937,05	-9380,14	-10823,2	-12266,3	-13709,4	-15152,5	-16595,6
P_w , Н	-1697,82	-3608,49	-6588,34	-10875	-16706	-24318,9	-33951,5	-45841,2	-60225,6
P_e , Н	42629,68	60106,11	78086,97	95563,4	111526,5	124967,5	134877,5	140247,6	140069
$P_{в.о.}$, Н	-4262,97	-6010,61	-7808,7	-9556,34	-11152,7	-12496,8	-13487,7	-14024,8	-14006,9
$P_{тр}$, Н	-2685,67	-3786,69	-4919,48	-6020,49	-7026,17	-7872,95	-8497,28	-8835,6	-8824,34
P_d , Н	38366,71	54095,5	70278,27	86007,06	100373,9	112470,8	121389,7	126222,8	126062,1
P_k , Н	35681,04	50308,82	65358,8	79986,57	93347,71	104597,8	112892,5	117387,2	117237,7
P_j , Н	-30098,8	-41936,6	-53042,2	-62231,3	-68319,6	-57354,7	-47483,2	-38875,1	-31538,9
V км/ч	30,44	39,13	47,83	56,52	65,22	73,91	82,61	91,31	100,00
n , об/мин	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300

3.8 Построение и расчет характеристик топливной экономичности

3.8.1 Построение топливной характеристики установившегося движения

Топливная характеристика установившегося движения представляет собой график зависимости путевого расхода топлива Q_s от скорости v при установившемся движении автомобиля. Для построения топливной характеристики, рассчитаем путь расход в зависимости от режима работы двигателя.

$$Q_s = \frac{g_d \cdot P_{дн.}}{36 \cdot v \cdot \rho_T} \quad (70)$$

Удельный расход топлива g_d зависит от нагрузки двигателя и скоростного режима.

$$g_d = g_e \cdot k_H \cdot k_E \quad (71)$$

$$k_H = 1,2 + 0,14 \cdot H - 1,8 \cdot H^2 + 1,46 \cdot H^3$$

$$k_E = 1,25 - 0,99 \cdot E + 0,98 \cdot E^2 - 0,24 \cdot E^3$$

где k_H – коэффициент использования мощности;

k_E – коэффициент учитывающий скоростной режим работы двигателя

Коэффициентом использования мощности двигателя H называют отношение мощности, необходимой для равномерного движения автомобиля в заданных условиях, к мощности, которую при этом может развивать двигатель при полной его нагрузке

$$H = \frac{P_{дн.}}{P_e} = \frac{P_{в.о.} + P_{тр} + P_f + P_h + P_w}{P_e} \quad (72)$$

Мощность $P_{дн.}$ характеризует нагрузку двигателя

$$P_{дн.} = P_{в.о.} + P_{тр} + P_\psi + P_w \quad (73)$$

Рассчитываем путевой расход для каждой передачи и вносим получившиеся значения в таблицу 9. График топливной характеристики представлен на рисунке 31.

Таблица 9 – Данные топливной характеристики автомобиля

1 передача							
V, м/с	P _{дн} , кВт	к _Е	к _И	Qs, л/100 км	И	Е	гд
1,121	7622,514	1,031	1,176	57,901	0,179	0,304	261,071
1,442	10667,034	0,932	1,176	56,993	0,177	0,391	252,474
1,762	13796,271	0,869	1,177	56,247	0,177	0,478	246,499
2,082	16846,335	0,839	1,177	56,116	0,176	0,565	242,925
2,403	19653,335	0,841	1,177	56,874	0,176	0,652	241,517
2,723	22053,383	0,875	1,177	58,583	0,176	0,739	242,040
3,044	23882,588	0,932	1,176	60,451	0,177	0,826	244,250
3,364	24977,060	1,019	1,176	62,520	0,178	0,913	247,899
3,684	25172,908	1,147	1,175	64,725	0,180	1,000	252,732
2 передача							
V, м/с	P _{дн} , кВт	к _Е	к _И	Qs, л/100 км	И	Е	гд
1,858	8076,746	1,031	1,172	36,899	0,189	0,304	260,186
2,389	11262,854	0,932	1,173	36,202	0,187	0,391	251,685
2,920	14542,536	0,869	1,173	35,673	0,186	0,478	245,761
3,451	17753,869	0,839	1,173	35,583	0,186	0,565	242,203
3,982	20734,930	0,841	1,173	36,101	0,186	0,652	240,785
4,513	23323,799	0,875	1,173	37,271	0,187	0,739	241,268
5,043	25358,553	0,932	1,172	38,602	0,188	0,826	243,407
5,574	26677,270	1,019	1,172	40,142	0,190	0,913	246,943
6,105	27118,028	1,147	1,170	41,890	0,194	1,000	251,600
3 передача							
V, м/с	P _{дн} , кВт	к _Е	к _И	Qs, л/100 км	И	Е	гд
3,079	8870,115	1,031	1,129	23,561	0,282	0,304	250,679
3,959	12336,627	0,932	1,134	23,150	0,272	0,391	243,479
4,838	15937,007	0,869	1,138	22,879	0,265	0,478	238,333
5,718	19518,288	0,839	1,139	22,925	0,262	0,565	235,199
6,598	22927,501	0,841	1,140	23,405	0,261	0,652	233,933
7,477	26011,679	0,875	1,139	24,363	0,262	0,739	234,326
8,357	28617,855	0,932	1,137	25,503	0,266	0,826	236,121
9,237	30593,062	1,019	1,134	26,888	0,273	0,913	239,007
10,117	31784,330	1,147	1,128	28,567	0,284	1,000	242,578
4 передача							
V, м/с	P _{дн} , кВт	к _Е	к _И	Qs, л/100	И	Е	гд

				км			
5,102	10369,879	1,031	1,149	16,911	0,243	0,304	255,017
6,560	14509,349	0,932	1,149	16,649	0,241	0,391	246,707
8,017	18966,028	0,869	1,149	16,592	0,243	0,478	240,662
9,475	23627,691	0,839	1,147	16,856	0,247	0,565	236,712
10,933	28382,111	0,841	1,143	17,535	0,254	0,652	234,612
12,391	33117,065	0,875	1,138	18,697	0,265	0,739	234,057
13,848	37720,326	0,932	1,130	20,161	0,280	0,826	234,668
15,306	42079,670	1,019	1,119	22,034	0,300	0,913	235,950
16,764	46082,871	1,147	1,103	24,440	0,329	1,000	237,192
5 передача							
V, м/с	P _{дн} , кВт	к _Е	к _И	Q _s , л/100 км	И	Е	г _д
8,454	13697,306	1,031	1,108	12,999	0,321	0,304	245,918
10,870	19899,730	0,932	1,102	13,212	0,331	0,391	236,531
13,285	27253,558	0,869	1,092	13,673	0,349	0,478	228,707
15,701	35831,942	0,839	1,076	14,481	0,375	0,565	222,209
18,116	45708,032	0,841	1,056	15,737	0,410	0,652	216,638
20,532	56954,980	0,875	1,028	17,534	0,456	0,739	211,485
22,947	69645,939	0,932	0,993	19,743	0,516	0,826	206,237
25,363	83854,058	1,019	0,952	22,542	0,598	0,913	200,727
27,778	99652,491	1,147	0,914	26,432	0,711	1,000	196,568

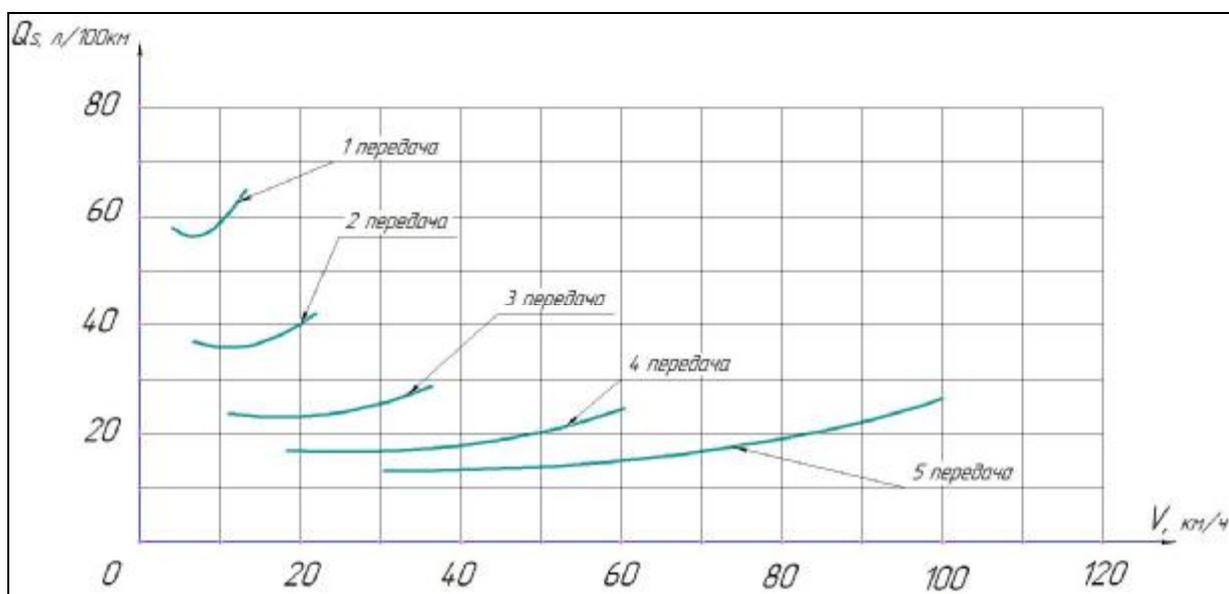


Рисунок 31 – Топливная характеристика автомобиля

3.8.2 Топливо-экономическая характеристика

При эксплуатации автомобиля в условиях широкого изменения дорожных условий используется топливо-экономическая характеристика. С

увеличением суммарного дорожного сопротивления (Ψ) путевой расход топлива Q_s , существенно возрастает.

$$Q_s = \frac{g_e \cdot P_e}{36 \cdot V \cdot \rho_T} \quad (74)$$

Для 4 передачи следующие дорожные условия:

Ψ_1 - коэффициент сопротивления качению – 0,016 и уклон 10%;

Ψ_2 - коэффициент сопротивления качению – 0,012 и уклон 9%;

Ψ_3 - коэффициент сопротивления качению – 0,012 и уклон 8%;

Для 5 передачи следующие дорожные условия:

Ψ_1 - коэффициент сопротивления качению – 0,011 и уклон 2%;

Ψ_2 - коэффициент сопротивления качению – 0,008 и уклон 2%;

Ψ_3 - коэффициент сопротивления качению – 0,007 и уклон 2%;

Рассчитанные значения показаны в таблице 10. График топливной экономичности представлен на рисунке 32.

Таблица 10 – Значения топливной экономичности автомобиля

Q_{s4} , л/100 км	60,551	64,189	66,598	67,956	68,334	67,712	65,998	63,038	58,633
Q_{s4} при Ψ_1	64,556	59,377	56,462	55,612	56,853	60,329	65,613	73,517	85,588
Q_{s4} при Ψ_2	55,479	51,455	49,203	48,643	49,840	52,931	57,521	64,258	74,313
Q_{s4} при Ψ_3	51,993	48,386	46,378	45,926	47,106	50,051	54,386	60,699	70,041
Q_{s5} , л/100 км	36,541	38,737	40,191	41,010	41,238	40,863	39,829	38,042	35,384
Q_{s5} при Ψ_1	28,329	27,792	28,201	29,701	32,570	37,241	43,962	54,170	71,228
Q_{s5} при Ψ_2	24,796	24,603	25,202	26,752	29,522	33,915	40,136	49,417	64,563
Q_{s5} при Ψ_3	23,648	23,565	24,225	25,791	28,532	32,838	38,906	47,906	62,479

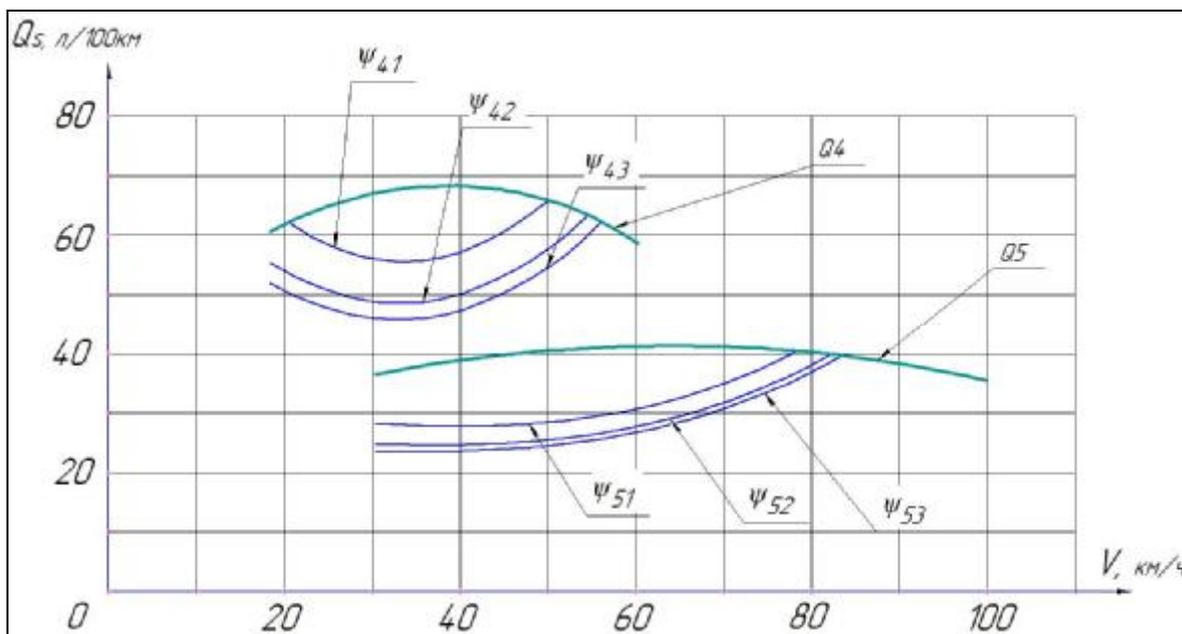


Рисунок 32 – Топливно-экономическая характеристика автомобиля

3.9 Построение и расчет характеристик торможения

3.9.1 Построение тормозной диаграммы

Процесс торможения во времени описывается зависимостями $|a_T| = f(t)$ и $|v| = f(t)$. Эти зависимости называют тормозной диаграммой. Начальную скорость примем 80 км/ч или 22,222 м/с.

«Общее время процесса торможения включает следующие составляющие:

- время реакции водителя $t_p = t_{p1} + t_{p2}$, где t_{p1} — время психической реакции водителя (оценка обстановки и принятие решения о необходимости торможения); t_{p2} — время физической реакции водителя (перенос ноги с педали акселератора на педаль тормоза) от 0,2 до 0,3 с;
- время срабатывания тормозного привода $t_{ср} = t_з + t_н$, где $t_з$ — время запаздывания тормозного привода (выбор свободного хода в системе привода тормозных механизмов), не более 0,2 с; $t_н$ — время нарастания замедления, равно 0,4 с;
- время торможения с установившимся замедлением $t_{уст}$;
- время оттормаживания $t_{от}$.

Установившееся замедление, при экстренном торможении:» [4]

$$a_{уст} = \varphi \cdot g = 0,9 \cdot 9,81 = 8,8 \text{ М/с}^2$$

$$v_1 = v_0 - 0,5 \cdot a_{уст} \cdot t_H = 22,22 - 0,5 \cdot 8,8 \cdot 0,4 = 20,46 \text{ м/с}$$

$$t_{уст} = \frac{v_1}{a_{уст}} = \frac{20,46}{8,8} = 2,3 \text{ с}$$

3.9.2 Тормозной и установочный пути

Тормозным путем принимается путь, который автомобиль проходит с момента начала нажатия водителем на педаль тормоза до полной остановки автомобиля.

$$S_T = S_з + S_п + S_{уст} \quad (75)$$

Остановочным путем называют путь, который преодолевается автомобилем с момента возникновения препятствия до полной остановки.

$$S_T = S_p + S_з + S_H + S_{уст} \quad (76)$$

$$S_{ост} = V_0 \cdot (t_з + t_p + 0,5 \cdot t_H) + \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \quad (77)$$

$$S_{ост} = 22,22 \cdot (0,2 + 0,25 + 0,5 \cdot 0,4) + \frac{22,22^2}{2 \cdot 0,9 \cdot 9,81} = 42,4 \text{ м}$$

$$S_T = V_0 \cdot (t_з + 0,5 \cdot t_H) + \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \quad (78)$$

$$S_T = 22,22 \cdot (0,2 + 0,5 \cdot 0,4) + \frac{22,22^2}{2 \cdot 0,9 \cdot 9,81} = 36,8 \text{ м}$$

На рисунке 33 представлена тормозная диаграмма.

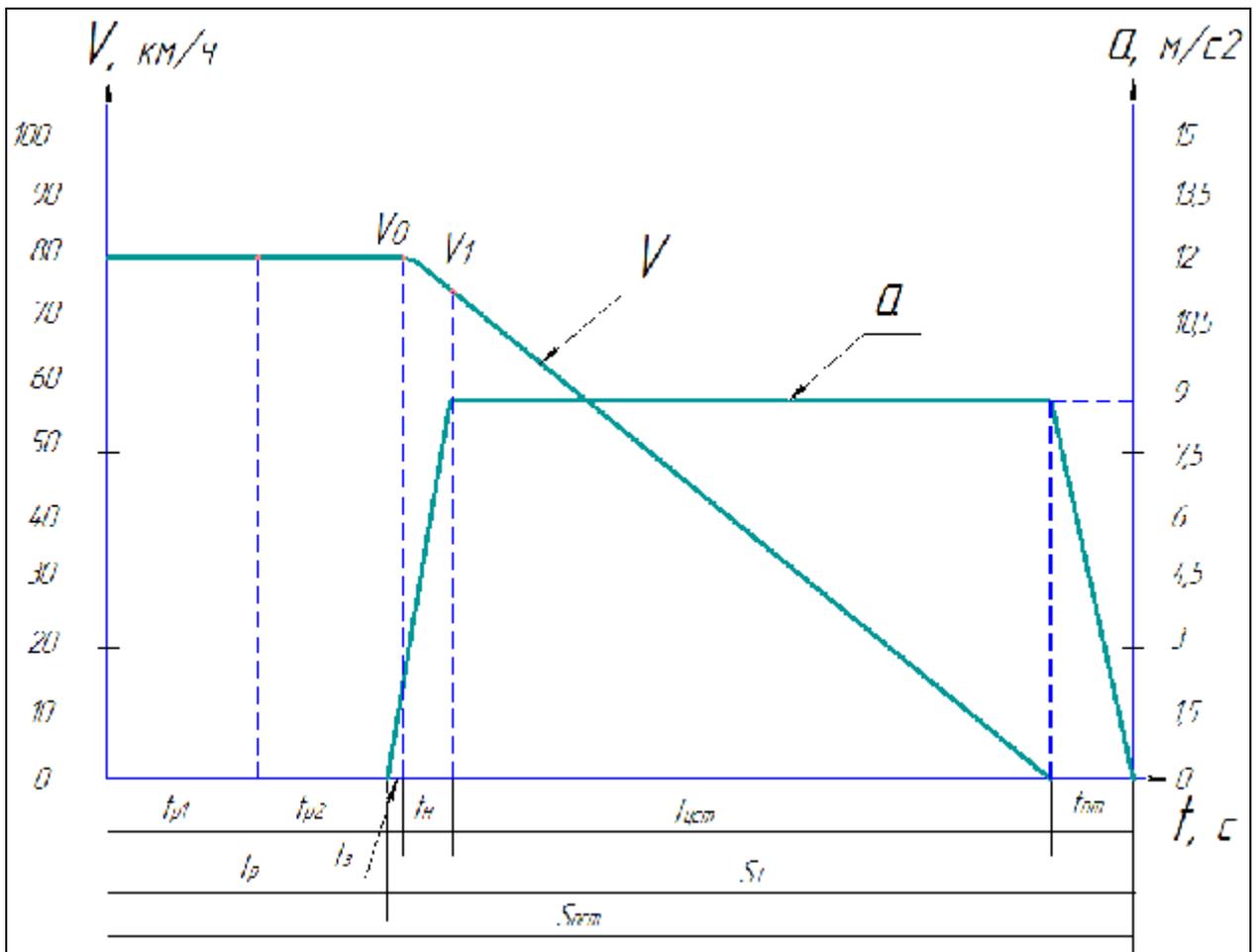


Рисунок 33 – Тормозная диаграмма

Выводы по разделу. В результате произведенного расчета были определены основные тяговые и экономические характеристики транспортного средства. Были рассчитаны передаточные числа трансмиссии, исходя из которых были определены динамические характеристики транспортного средства.

4 Технологический процесс сборки автодома

Технологический процесс сборки автомобильного дома на базе микроавтобуса процесс достаточно сложный и трудоемкий. Для его осуществления потребуется использование специализированного ручного инструмента.

Необходимо помнить, что любое вмешательство в конструкцию транспортного средства является незаконным и такое транспортное средство не сможет быть поставлено на учет. Поэтому, сборку автодома следует на этапе проекта согласовать с организацией, уполномоченной на выдачу сертификата одобрения типа транспортного средства. Сам процесс сборки разбивается на несколько этапов проведения.

Этап 1. На этом этапе производится планировка внутреннего интерьера транспортного средства. Для объемной компоновки следует воспользоваться компьютерными программами трехмерного моделирования, что позволит разместить элементы максимально рационально и компактно, рисунок 34.

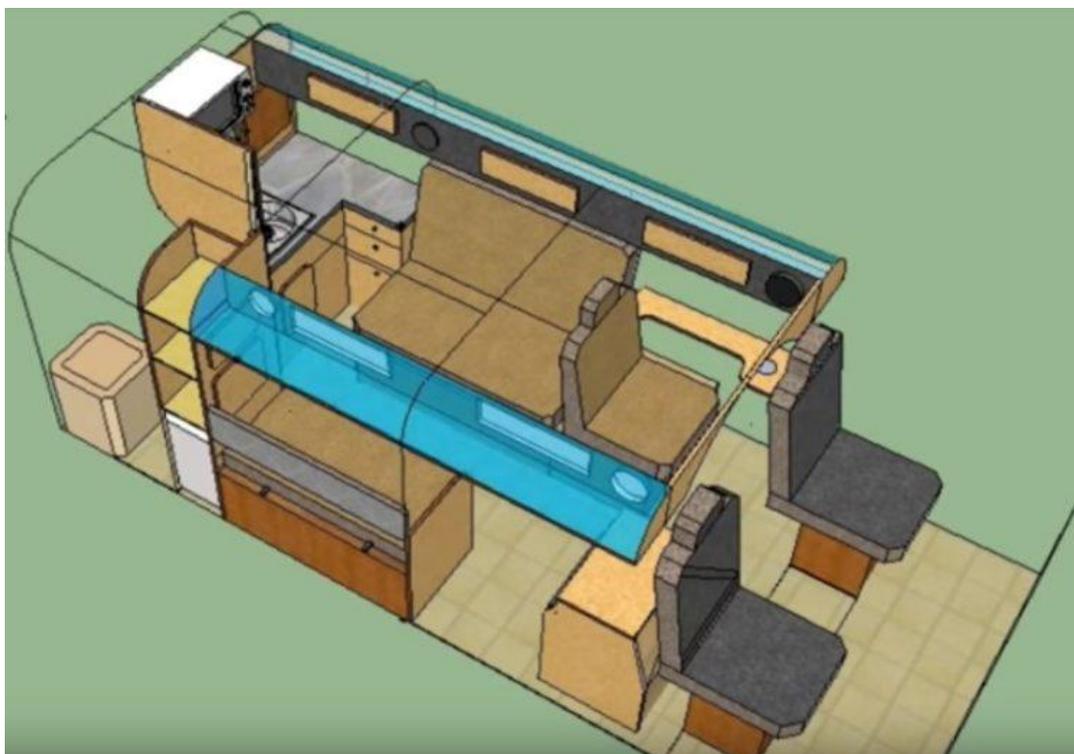


Рисунок 34 – Компоновка интерьера модуля транспортного средства

Этап 2. Производится подготовка кузова автомобиля. Удаляются панели, производится зачистка элементов кузова под наварку крепежных планок и скоб, производится предварительная разметка поверхности кузова, рисунок 35.



Рисунок 35– Подготовка поверхности кузова

Этап 3. Производится резка дополнительных отверстий под вентиляцию и дымоход, также на этом этапе вырезаются отверстия под оконные проемы. Металл грунтуется и наносится антикоррозионная защита. Наиболее практично выполнение этих работ с использованием сабельных пил.

Этап 4. На этом этапе производится отделка термо- и виброзащитными материалами. Материалы наклеиваются на подготовленную поверхность кузова при помощи полиуретановой мастики. Применение этого материала позволит работать панелям в условиях вибрационных нагрузок без разрушения, что невозможно обеспечить при механическом способе крепления. Отделка производится с целью снижения уровня шума и

вибрации внутри жилого модуля, а также с целью минимизации тепловых потерь. Работы показаны на рисунке 36.

«Необходимо заметить, что для этого нужно использовать исключительно качественные материалы, экономить крайне нежелательно. Кроме того, материал, из которого изготовлены метизы (металлические крепежные элементы) должен быть аналогичным металлу кузова автомобиля – это для дополнительной защиты от ржавления.» [37]



Рисунок 36 – Отделка кузова термо- и виброзащитными материалами

Этап 5. Внутренняя отделка автодома. В качестве панелей, используемых для отделки внутренней поверхности автодома следует использовать влагостойкую фанеру. Данный материал достаточно гибкий, чтобы прилегать к изгибам кузова, и в то же время содержит сравнительно небольшое количество связующего компаунда, что уменьшает испарение фенолформальдегида в жилом объеме модуля. В качестве напольного покрытие используется ковровое покрытие с паропроницаемой подложкой, рисунок 37.

«В боковые стенки вставляются толстые панели с набитыми планками для монтажа мебели. Характерно, что вначале лучше выровнять потолок, а уже после этого переходить к стенкам.» [37]



Рисунок 37 – Обшивка внутренней поверхности кузова

Также на этом этапе внутри модуля размещается и фиксируется мебель. Как правило, это раскладные конструкции на легком трубчатом каркасе. Мебель проектируется и подготавливается заранее. На этапе монтажа производится ее размещение внутри кузова и крепление к

закладным элементом при помощи метизов. Отдельные этапы работы показаны на рисунке 37.

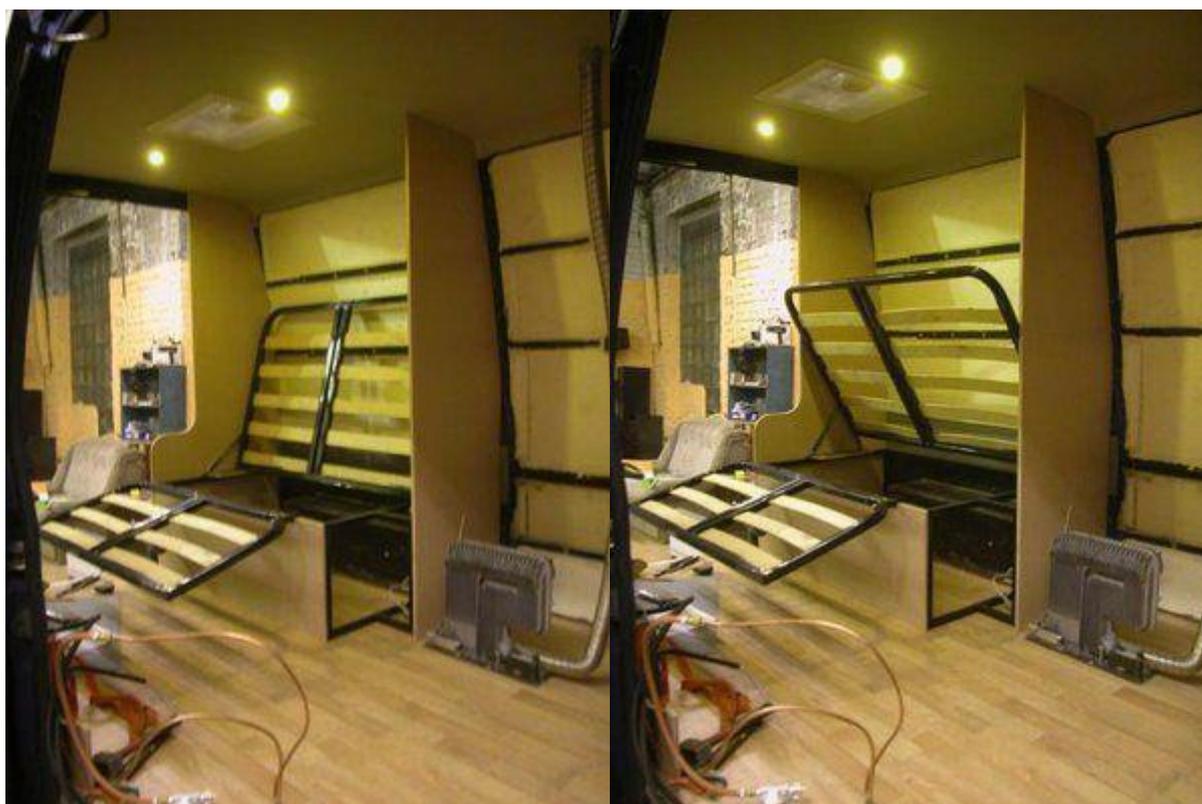


Рисунок 37 – Размещение складной кровати в кузове

Этап 6. На этом этапе производится монтаж системы водоснабжения и водоотведения. Как правило, автодом имеет замкнутую систему водоснабжения, когда отработанная жидкость не сливается наружу, а

попадает в бак для так называемой «серой» воды, который опорожняется в специально отведенных местах. Это же касается и биотуалета, который не имеет слива во внешнюю среду. На этапе производится монтаж баков для чистой и «серой» воды, причем следует разделить бак для воды питьевой и воды технической. также производится их обвязка и соединение с насосами, которые отвечают за перекачку жидкости, рисунок 38.



Рисунок 38 – Размещение емкостей под воду и обвязка насосной системы

Этап 7. Заключительным этапом является монтаж системы газо- и электроснабжение. В случае с газом все максимально упрощается, поскольку газ используется для приготовления пищи, поэтому плиту подключают через понижающий редуктор газостойким гибким рукавом в оплетке. Газовый баллон как правило дополнительно фиксируется. Ниша для его хранения оборудуется оповещателем, который подает звуковой сигнал, в случае утечки. Электроснабжение производится путем запитывания от аккумуляторной батареи через инвертер. Мощность батареи рассчитывается в зависимости от суммарной емкости потребителей электроэнергии. Как правило, системы пуска ДВС и система бортового электропитания имеют разделение с целью предотвращения выхода из строя аккумулятора транспортного средства.



Рисунок 39 – Размещение и подключение газового баллона

Выводы по разделу. Результатом выполнения раздела явилось определение последовательности выполнения операций по дооборудованию автомобиля в дом на колесах. Был определен перечень материалов, которые будут использоваться при доработке автодома. Установлен перечень необходимого оборудования, которое монтируется в автодом, среди которого следует выделить такие обязательные элементы как:

- туалет с системой сбора жидкости;
- раукомойник с замкнутой системой водоснабжения;
- система обеспечения питьевой водой;
- система электропитания;
- система автономного обогрева жилого модуля;
- система газоснабжения.

Наличие всех перечисленных систем позволит автодому максимально соответствовать своему назначению и обеспечивать приемлемый уровень автономности.

5 Охрана труда и безопасность объекта дипломного проектирования

5.1 Аспекты безопасности водителя и пассажиров для городского автомобиля

Поскольку, за счет уплотнения компоновки проектируемого автодома снижается уровень безопасности водителя и пассажиров, необходимо детально проработать вопрос повышения пассивной и активной безопасности водителя и пассажиров.

5.1.1 Активная безопасность

«Активная безопасность (англ. Active safety) - совокупность конструктивных качеств транспортного средства и дороги, что позволяет путем активных действий участников дорожного движения предотвратить дорожно транспортном происшествии или снизить тяжесть ее возможных последствий.

Основным назначением систем активной безопасности автомобиля является предотвращение возникновения аварийной ситуации.

Больше всего известными и популярными системами активной безопасности являются» [21]:

- антиблокировочная система тормозов;
- антипробуксовочная система;
- электронный контроль устойчивости;
- система распределения тормозной силы;
- система экстренного торможения;
- электронная блокировка дифференциала.

Есть также вспомогательные системы активной безопасности (ассистенты), предназначенные для помощи водителю в трудных с точки зрения вождения ситуациях. К таким системам относятся:

- парктроник;

- адаптивный круиз-контроль;
- система помощи при спуске;
- электромеханическое стояночный тормоз и тому подобное.

5.1.2 Пассивная безопасность

Пассивная безопасность (англ. Passive safety) - совокупность конструктивных особенностей транспортного средства и дорожных сооружений, обеспечивающих исключение или снижение тяжести последствий дорожно-транспортного происшествия без активных действий участников дорожного движения.

Совокупность конструктивных элементов транспортного средства, используемые для защиты пассажиров от травм при аварии, составляет систему пассивной безопасности. Система должна обеспечивать защиту не только пассажиров и конкретного автомобиля, но и других участников дорожного движения.

Основоположником современной концепции пассивной безопасности автомобиля заслуженно считается выдающийся немецкий инженер-конструктор и изобретатель Бела Барени.

В пассивную систему безопасности транспортного средства может входить:

- подушки безопасности;
- легкосминаемые или мягкие элементы передней панели;
- рулевая колонка сминается при ударе;
- травмобезопасный педальный узел - при столкновении педали отделяются от мест крепления и уменьшают риск повреждения ног водителя;
- инерционные ремни безопасности и предварительно натяжных устройства к ним;
- детские системы безопасности - крепление, кресла, ремни безопасности;

- зоны деформации – энергопоглощающие элементы передней и задней частей автомобиля, мнутся при ударе - бамперы, элементы шасси и тому подобное;
- статические и активные подголовники сидений - защищают от серьезных травм шеи пассажира при ударе автомобиля сзади;
- безопасное стекло: закаленное, которое при разрушении рассыпается на множество неострых осколков и триплексы;
- дуги безопасности, усиленные передние стойки крыши и верхняя рамка ветрового стекла в родстерах и кабриолетах
- поперечные брусья в дверях;
- аварийный выключатель аккумуляторной батареи;
- система защиты пешеходов и т.д.

Управление системой безопасности автомобиля

Система пассивной безопасности современного автомобиля имеет электронное управление, что обеспечивает эффективное взаимодействие большинства ее компонентов. Конструктивно система управления содержит входные датчики, блок управления и исполнительные устройства.

Входные датчики воспринимают параметры, при которых возникает аварийная ситуация, и превращают их в электрические сигналы. К ним относятся датчики удара, выключатели замка ремня безопасности, датчик занятости сиденья переднего пассажира, а также датчик положения сиденья водителя и переднего пассажира и тому подобное. На каждую из сторон автомобиля устанавливается, как правило, по два датчика удара. Они обеспечивают срабатывания соответствующих подушек безопасности. В задней части датчики удара применяются при оборудовании автомобиля активными подголовниками с электрическим приводом.

Выключатель замка ремня безопасности обеспечивает подтверждение использования ремня безопасности. Датчик занятости сиденья переднего пассажира позволяет в случае аварийной ситуации и отсутствия на переднем сиденье пассажира сохранить соответствующую подушку безопасности. В

зависимости от положения сиденья водителя и переднего пассажира, воспринимается соответствующими датчиками, изменяется порядок и интенсивность применения компонентов системы.

На основании сравнения сигналов датчиков с контрольными параметрами блок управления устанавливает наступления аварийной ситуации и активизирует необходимые исполнительные устройства элементов системы пассивной безопасности. Активизация исполнительных устройств производится в определенном сочетании в соответствии с заложенным в блок управления программного обеспечения, который на основе анализа информации, поступающей от датчиков способен распознавать фронтальный, фронтально-диагональный, боковой удары и удар сзади и активировать соответствующие элементы системы пассивной безопасности.

Исполнительными устройствами элементов системы пассивной безопасности являются пиропатроны подушек безопасности, натяжители ремней безопасности, аварийные выключатели аккумуляторной батареи, механизмы привода активных подголовников (при использовании подголовников с электрическим приводом), а также контрольная лампа, сигнализирующая о сигнализирующий о непристегнутых ремнях безопасности.

5.2 Проверка эффективности системы пассивной безопасности

Целостность каркаса автомобиля является важным компонентом пассивной безопасности автомобиля. Перед выпуском автомобиля на рынок автопроизводители осуществляют тестирование каркаса. При этом детали кузова, окружающих водителя и пассажиров должны минимально изменять свою форму, все же другие детали должны деформироваться и поглощать силу удара.

Все современные автомобили разрабатываются с учетом требований по пассивной безопасности. А уровень совершенства конструкции по пассивной безопасности проверяется краш-тестами, которые осуществляются по разным системам и с различными исходными условиями.



Рисунок 40 - Элементы программируемой деформации кузова

Кузов должен быть и жестким, и податливым одновременно. Так, жестким делают каркас пассажирского салона, в котором находятся водитель и пассажиры - при ударе эта зона деформируется в последнюю очередь. Силовая «клетка» салона сделана из прочной стали, в дверях есть мощные брусья, не дают им зинатись. В свою очередь податливыми делают специальные зоны, за счет деформации которых, в случае дорожно-транспортного происшествия, будет тушиться скорость. Моторный отсек и багажник являются так называемыми зонами запрограммированной деформации. Таким образом автомобили начали делать сравнительно недавно.

5.3 Стандарты проведения краш-тестов

Тестированием всех автомобилей занимается всего лишь несколько различных организаций по всему миру. Такие специализированные компании проводят различные тестирования и сертификации автомобилей и проверяют и устанавливают уровень безопасности каждого нового выпущенного на автомобильный рынок экземпляра авто, то есть проводят краш-тест автомобилей. Самыми известными компаниями, а также в свою очередь самыми профессиональными и компетентными в данном вопросе считают две компании, а именно Европейская организация, которая носит название - «Euro NCAP», а также, конечно же, Американская организация под названием «IIHS».



Рисунок 41 - Манекен для осуществления Краштест

Специализированная организация, которая называется - Euro NCAP, а полное название компании такое European New Car Assessment Programme, была создана еще в девяностых годах, а точнее в 1996 году. Учредителями компании стало несколько различных организаций, которые стремились быть

ответственными за безопасность на дорогах. Некоторые из данных европейских институтов объединяют не только государственные организации, но также некоторые автомобильные клубы и автомобильные салоны Европы. Автомобили, которые проходят тестирование закупаются в европейских автосалонах простыми людьми и после отправляются на прохождение краш-тестов, при этом компания, то есть производитель данного автомобиля не знает о том, что авто будет проверено и протестировано данной организацией, что уменьшает риск возможной коррупции в данном процессе. Результаты проведенных тестов становятся доступными как для автолюбителей, так и для производителей одновременно, без каких-либо преимуществ.

Американская организация под названием IIHS, полное название Insurance Institute for Highway Safety - это также абсолютно не коммерческая организация, а скорее научно-образовательная компания или организация. Самой главной и основной целью этой организации является существенное снижение смертности, также травматизма, различных других повреждений и, конечно же, материального ущерба, которые приносят аварии на дорогах всего мирового сообщества. Данная организация получает частичное финансирование от страховых компаний, которые заинтересованы в уменьшении страховых выплат, а также снижение высокого уровня смертности на дорогах. Тесты данной компании практически идентичны за исключением нескольких деталей и нюансов, которые не существенны и не дают различий в результатах проведенных тестирований европейской компанией.

Однако, какие бы квалифицированные и высокоточные тесты не проходили автомобили поступающие на краш-тесты, ни авто и не один тест не могут смоделировать все возможные ситуации, которые возможны на дороге среди других автомобилей.

Выводы по разделу. В ходе выполнения раздела был произведен анализ процесса обеспечения безопасности транспортного средства. Поскольку, при

эксплуатации транспортного средства путем переделки его в автодом значительно изменяются его эксплуатационные характеристики, особое внимание было уделено процессу проведения краш-тестов, как элементу подтверждения безопасности транспортного средства.

Все компании занимающиеся проведения краш-тестов предупреждают, что ни один набор тестов не может повторить все возможные случаи на дорогах, поэтому некоторые компании для большего устрашения и подтверждение своих слов публикуют так называемый рейтинг смертности водителей при одних или других ситуациях. Именно такой рейтинг, лучше любой рейтинг краш тестов автомобилей показывает, автомобиль как себя ведет в той или иной ситуации, и какая ситуация может произойти.

Анализ всех данных показывает практически идентичные данные и рейтинги во всех компаний, значит наличие максимально правильного результата.

6 Экономическая часть

Расчет себестоимости сборки автодома на базе автомобиля ГАЗель Некст проводится исходя из отсутствия серийной конвейерной сборки подобных транспортных средств. В то же время, самостоятельная переработка, в силу вступления регламента Таможенного Союза запрещает самостоятельное переоборудование транспортных средств. Поэтому, сборка подобных транспортных средств может быть произведена только силами специализированных сертифицированных ателье, занятых в доработке транспортных средств и получивших сертификат одобрения на тип транспортного средства. То есть, речь идет о мелкосерийном производстве, не превышающим число 150 экземпляров в год.

Расчет производим исходя из следующих данных:

Изменившаяся масса автомобиля за счет увеличения корпуса автомобиля:

$$M = 2708 - 2522 = 186 \text{ кг}$$

Корпус сделан из стали.

Стоимость стали на рынке ~ 50 рублей/килограмм

Стоимость на один комплект будет стоить $186 \cdot 50 = 9300$ рублей

Обработка стали штамповкой для получения листовых сталей ~10000 рублей
Лакокрасочные покрытия ~10000 рублей

В итоге цена материалов:

$$Q_m = 9300 + 10000 + 10000 = 29300 \text{ рублей}$$

Необходимо учитывать также зарплату работника, если производитель не делает его сам.

Необходимо сначала удалить часть крыши прежнего кузова, а потом приварить новую увеличенную часть крыши модуля.

Удаление крыши кузова ~1000 рублей

Сварка крыши кузова ~8000 рублей

Лакокрасочное покрытие с готовыми материалами ~1500 рублей

Таким образом, общая сумма на работы по модернизации:

$$Q_r = 1000 + 8000 + 1500 = 10\,500 \text{ рублей}$$

Общая себестоимость, учитывая стоимость материалов и работ:

$$Q_s = 10500 + 29300 = 39800 \text{ рублей} \sim 40 \text{ тысяч рублей}$$

«Учитывая престижность автодомов, производитель может повысить стоимость модернизации в 5 раз от себестоимости, что не будет ощущаться несправедливым.» [40]

Таким образом, стоимость модернизации на рынке:

$$Q_a = 40\,000 * 5 = 200\,000 \text{ рублей}$$

Заводская стоимость ГАЗель NEXT - 1 424 500 рублей

Тогда, стоимость автодома на базе ГАЗель NEXT составит:

$$Q_z = 1\,424\,400 + 200\,000 = 1\,624\,400 \text{ рублей}$$

Данная цена выглядит вполне приемлемо и не выделяется на фоне цены за автомобиль, что, безусловно, принесет этой модели повышенный спрос.

Выручка:

$$S = 200\,000 - 40\,000 = 160\,000 \text{ рублей за одну модернизацию.}$$

Общий годовой эффект при программе 150 автомобилей:

$$\Xi = 160\,000 * 150 = 24\,000\,000 \text{ рублей}$$

Выводы по разделу. В результате выполнения экономического раздела была определена стоимость проведения работ по дооборудованию транспортного средства в дом на колесах. При расчете были учтены как материальные, так и трудовые затраты, что позволило максимально правдоподобно произвести оценку издержек.

«Необходимо также заметить, что рассматривался чистовой вариант автодома, т.е. без дополнительного оборудования и дизайна. Они не устанавливаются до продажи вообще или устанавливаются индивидуально.» [40]

Заключение

Развитие индустрии автодомов не стоит на месте. Все чаще люди в нашей стране выбирают активный отдых в кемперах. Требуются конструкции способные удовлетворить среднего покупателя. Именно автодома на основе уже существующих автомобилей будут пользоваться спросом. А их невысокая стоимость и удобство будет хорошим подспорьем в развитии дорожного туризма в стране. Именно поэтому дипломный проект был основан, на увеличении внутреннего пространства автомобиля, тем самым увеличивая его функционал для становления автодомом. Это будет позволять путешествующим брать с собой больше людей, за счет увеличения количества общего места. Семья из трех человек может вполне комфортно разместится в таком автодоме. Помимо вышеперечисленных кузовных изменений, было проведено 2 тяговых расчета автомобиля до и после его изменения, из которого можно сделать вывод, что перевозка изменение конструкции автомобиля под автодом будет значительно влиять на динамические характеристики.

Смотря на всю проделанную работу, модернизация ГАЗели NEXT под автодом имеет как плюсы, так и незначительные минусы для автомобиля. В обмен на увеличения пространства, которое может быть использовано как жилое, автомобиль теряет динамические характеристики, в т.ч. уменьшается максимальная скорость, увеличивается время и путь разгона. Но так как автомобиль не нацелен на то, чтобы использовать его для быстрых пересечений местности, то эти минусы, как и было сказано ранее, незначительны, а то и вовсе могут не учитываться.

Так же данная модернизация довольно эффективна в экономическом плане, так как не требует много работы, а осуществляется уже на готовом автомобиле и за счет престижности домов на колесах, прибыль будет высокой, но в нашей стране необходимо учесть отсутствие потенциала для конвейерного выпуска в данный момент.

В ходе работы был выполнен тяговый расчет, в результате которого были определены мощностные и динамические характеристики транспортного средства. Результатом явилось подтверждение правильности выбора автомобиля ГАЗель НЕКСТ в качестве базового транспорта, способного обеспечить высокие эксплуатационно-экономические характеристики.

При модернизации также нельзя забывать про безопасность жизнедеятельности и соблюдать требования безопасности при работе с инструментами и материалами.

В результате выполнения экономического раздела была определена стоимость проведения работ по дооборудованию транспортного средства в дом на колесах. При расчете были учтены как материальные, так и трудовые затраты, что позволило максимально правдоподобно произвести оценку издержек.

Список используемых источников

1. Анопченко, В. Г. Практикум по теории движения мотоцикла [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Анопченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. - 116 с. - ISBN 978-5-7638-2494-0.
2. 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, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/2530. - ISBN 978-5-16-101092-1.
3. Безопасность и экологичность проекта/ Ю.Н. Безбородов [и др.] - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. - 148 с. ISBN 978-5-7638-3176-4.
4. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
5. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов — М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
6. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
7. Волков, В.С. Конструкция мотоцикла : учеб. пособие / В.С. Волков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 200 с. - ISBN 978-5-9729-0329-0.
8. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
9. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Ф. Головин. -

Москва : ИНФРА-М, 2017. - 282 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011135-3

10.Гринцевич, В. И. Техническая эксплуатация автомобилей. Технологические расчеты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Гринцевич. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 194 с. - ISBN 978-5-7638-2378-3.

11.Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.

12.Кибанов, А. Я. Проектирование функциональных взаимосвязей структурных подразделений производственного объединения (предприятия) [Электронный ресурс] / А. Я. Кибанов, Т. А. Родкина. - М. : МИУ им. С. Орджоникидзе, 2016

13.Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html, свободный

14.Коханов, В. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебник / В.Н. Коханов, В.М. Емельянов, П.А. Некрасов. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 400 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/ 10.12737/2883](http://www.dx.doi.org/10.12737/2883). - ISBN 978-5-16-100439-5.

15.Лата, В.Н. Основы моделирования управляемого движения мотоцикла : учебное пособие / В.Н. Лата. - Тольятти : ТГУ, 2012. – 60 с. [11] : ил.-Библиогр.: с.10-21.

16.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.

17.Мигаль, В. Д. Методы технической диагностики автомобилей : учебное пособие / В.Д. Мигаль, В.П. Мигаль. – Москва : ИД «ФОРУМ» :

ИНФРА-М, 2020. – 417 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-100107-3.

18. Муравьева, А.М., Яковлев Ю.В. Методические указания к выполнению домашнего задания по винтовым устройствам: Харьков, Харьк. авиац. ин-т, 1981;

19. Набоких, В. А. Испытания мотоцикла : учебное пособие / В.А. Набоких. – 2-е изд. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. – 224 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-106839-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087951> (дата обращения: 09.06.2020)

20. 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.

21. Пантелеева, Е. В. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Пантелеева, Д. В. Альжев. – Москва : ФЛИНТА, 2013. – 286 с. - ISBN 978-5-9765-1727-1.

22. Радин, Ю. А. Справочное пособие авторемонтника / Ю. А. Радин, Л. М. Сабуров, Н. И. Малов. - Москва : Транспорт, 2018. - 285 с. : ил. - Библиогр.: с. 277. - Предм. указ.: с. 278-278. - ISBN 5-277-00094-1 : 28-80.

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

24. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ 5320, 5410, 55102, 55111, 53212, 53211, 53213, 43114, 65111, 4326, 54155 – М., 2010. – 286 с.

25. Руктешель, О.С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств мотоцикла / О.С. Руктешель. – Минск : БНТУ, 2015. – 77 с.

26. Савич, Е. Л. Легковые автомобили : учебник / Е.Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. – 758 с. : ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104387-5.

27.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.

28.Сайт торговой компании «Все инструменты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://tolyatti.vseinstrumenti.ru>, свободный

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

30.Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем мотоцикла : учебное пособие / Н.С. Соломатин. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 140 с. [1] : ил.-Библиогр: с. 110-112.

31.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.

32.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.

33.Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

34.Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум / Д.В. Халтурин, Н.И. Финченко, А.В. Давыдов - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. - 172 с. (Серия "Учебники ТГАСУ") - ISBN 978-5-93057-791-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930577914>

35.Чернова, Е.В. Детали машин : проектирование станочного и промышленного оборудования : учеб. пособие для вузов / Е. В. Чернова. - Москва : Машиностроение, 2011. - 605 с.

36.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.

37.Haney, Paul. The racing and high-performance tire / Paul Haney. – TV MOTORSPORT : Springfield, 2003. – 285 p. [2]. – ISBN 0-9646414-2-9.

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

39.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.

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

41.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

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