

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 вездехода для условий Севера с колесной формулой
6х6 на базе автомобиля УАЗ

Обучающийся

А.Д. Мартышов

И.О. Фамилия

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка вездехода для условий Севера с колесной формулой 6х6 на базе автомобиля УАЗ».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что транспортные системы развиваются не только в направлении совершенствования транспортных средств, предназначенных для передвижения по дорогам общего пользования, но и внедорожных транспортных средств. Все это вызывает необходимость разработки специфических видов транспорта на базе уже существующих образцов техники. Особенно это актуально для транспорта, задействованного в районах Крайнего Севера, Сибири и Заполярья.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка вездехода для условий Севера с колесной формулой 6х6 на базе автомобиля УАЗ на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений для многоколесных вездеходов, тяговый расчет транспортного средства, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, силовые и прочностные расчеты отдельных элементов конструкции транспортного средства, разработка технологического процесса сборки транспортного средства в условиях единичного производства, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция г вездехода для условий Севера с колесной формулой 6х6 на базе автомобиля УАЗ обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с базовой конструкцией автомобиля УАЗ.

Разрабатываемая конструкция может служить отдельной конструкторской веткой в линейке транспортных средств повышенной проходимости. Необходимо отметить, что в настоящее время данная ниша на рынке практически не представлена транспортными средствами, а значит является перспективной с точки зрения ее освоения.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках мелкосерийного производства транспортных средств повышенной проходимости.

Annotation

A graduation project was presented on the topic "Development of an all-terrain vehicle for the conditions of the North with a 6x6 wheel arrangement based on a UAZ vehicle."

The relevance of this topic is due to the fact that transport systems are developing not only in the direction of improving vehicles intended for movement on public roads, but also off-road vehicles. All this necessitates the development of specific modes of transport based on existing models of equipment. This is especially true for transport involved in the regions of the Far North, Siberia and the Arctic.

The diploma project consists of the following sections: an introduction, six chapters that reveal the topic of the project, a conclusion and a list of sources used, including foreign ones. The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

Logically, the structure of the diploma project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions for multi-wheeled all-terrain vehicles, traction calculation of the vehicle developed within the framework of the diploma project, power and strength calculations of individual elements of the vehicle structure, development of the technological process of assembling the vehicle under conditions unit production, the development of safe working conditions on the site and the economic justification for the effectiveness of the project.

The design under development can serve as a separate design branch in the line of off-road vehicles. It should be noted that at present this niche in the market is practically not represented by vehicles, which means it is promising in terms of its development.

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have practical significance.

Содержание

Введение	7
1 Анализ конструкторских решений конструкции колесного вездехода	10
1.1 Анализ конструкции колесных вездеходов	10
1.2 Разработка кинематической схемы вездехода	19
1.3 Выбор основных механизмов трансмиссии вездехода	20
2. Тяговый расчет проектируемого транспортного средства	24
2.1 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя	24
2.2 Определение типа шин и подбор шин по параметрам	27
2.3 Определение передаточных чисел главной передачи	29
2.4 Определение передаточных чисел коробки передач	30
2.5 Определение передаточных чисел раздаточной коробки	33
2.6 Расчет сил тяги на колесах транспортного средства	34
2.7 Расчет динамической характеристики транспортного средства	39
2.8 Расчет ускорений транспортного средства	41
2.9 Определение времени и пути разгона автомобиля	44
3 Конструкторский раздел дипломного проекта	48
3.1 Расчёт цилиндрической передачи колёсного редуктора	48
3.2 Подбор материала для основных деталей	49
3.3 Расчёт допускаемых напряжений в цилиндрической зубчатой передаче	49
3.4 Определение геометрических размеров шестерни и колеса	53
3.5 Определение сил действующих в зацеплении цилиндрической передачи	55
3.6 Проверка зубчатых колёс на перегрузку	57
3.7 Расчёт допускаемых напряжений	58
3.8 Расчёт автомобиля на устойчивость	59
4 Разработка технологического процесса сборки трансмиссии колесного вездехода	65

4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку	65
4.2 Технологический процесс сборки механизма трансмиссии	66
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	71
5.1 Характеристика участка сборки	71
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка	73
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	77
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	81
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	84
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	86
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	86
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	87
Заключение	96
Список используемых источников	102

Введение

В современном мире, разработка специализированных транспортных средств для экстремальных условий является важной задачей. Особое внимание уделяется созданию вездеходов, способных справиться с труднодоступными территориями, такими как северные регионы. В условиях Севера, где преобладают снег, лед, переходные участки и неровная местность, требуются специальные автомобили, обладающие высокой проходимостью, надежностью и эффективностью.

Колесные вездеходы на базе автомобильного шасси представляют собой специализированные транспортные средства, которые сочетают в себе преимущества автомобиля и вездехода. Они имеют устойчивую конструкцию и высокую проходимость, позволяющую преодолевать сложные дорожные условия с неровностями, перепадами высот и различными типами поверхности.

Колесные вездеходы обладают возможностью поворота на месте и маневрирования в узких пространствах, что делает их эффективными при работе в ограниченных условиях. Благодаря использованию автомобильного шасси, колесные вездеходы способны перевозить значительные грузы и оборудование, что делает их идеальным выбором для различных задач, таких как грузоперевозки и транспортировка оборудования.

Колесные вездеходы имеют надежную конструкцию, обеспечивающую стабильность и безопасность во время движения. Они обычно оснащены системами контроля устойчивости и амортизации, позволяющими справляться с неровностями дороги без потери управляемости. Колесные вездеходы на базе автомобильного шасси могут использоваться в различных отраслях и сферах, включая горнодобывающую, нефтегазовую, лесную промышленность, а также в экспедиционном туризме и экстремальных видов спорта.

Благодаря своей конструкции и высокой проходимости, колесные вездеходы способны преодолевать различные препятствия, такие как снег, грязь, лед, перепады высот и другие труднопроходимые участки.

Разработка колесного вездехода на базе автомобильного шасси для условий Севера с колесной формулой 6х6 на базе автомобиля УАЗ позволит создать транспортное средство, способное эффективно справляться с труднодоступными регионами и обеспечивать безопасность и комфорт в экстремальных условиях.

Целью данного дипломного проекта является разработка вездехода для условий Севера с колесной формулой 6х6 на базе автомобиля УАЗ. Основной задачей проекта является создание конструкции вездехода, обладающей высокой проходимостью, устойчивостью, комфортом и безопасностью для работы в северных условиях.

Для достижения поставленной цели и решения задачи, в работе использовались следующие методы исследования:

- анализ литературных источников по разработке вездеходов и специализированной техники для условий Севера;
- изучение условий и особенностей работы вездеходов в северных условиях;
- проектирование конструкции вездехода с использованием компьютерного моделирования;
- анализ и выбор оптимальных материалов и комплектующих для создания вездехода;
- расчет основных параметров и характеристик вездехода;
- составление технического задания на изготовление и сборку вездехода;
- проведение испытаний и апробации разработанного вездехода в условиях Севера.

В результате выполнения данного дипломного проекта ожидается получение следующих результатов:

- разработка конструкции вездехода для условий Севера с колесной формулой 6х6 на базе автомобиля УАЗ;
- получение технического задания на изготовление и сборку вездехода;
- оценка работы вездехода в экстремальных условиях северной местности;
- рекомендации по улучшению и дальнейшему развитию вездехода.

Разработка вездехода для условий Севера с колесной формулой 6х6 будет способствовать решению проблемы транспортировки и перемещения в труднодоступных регионах. Этот проект имеет высокую практическую значимость и может быть использован в различных сферах, включая горнодобывающую и нефтегазовую промышленности, экспедиционный туризм и экстремальные виды спорта.

1 Анализ конструкторских решений конструкции колесного вездехода

1.1 Анализ конструкции колесных вездеходов

Колесный вездеход – это специализированное транспортное средство, предназначенное для передвижения по различным типам поверхности с использованием колесной формулы. Он обладает высокой проходимостью и способностью преодолевать сложные дорожные условия, включая неровности, перепады высот, грязь, снег, песок и другие препятствия.

Колесные вездеходы могут использоваться в различных сферах, включая военную, гражданскую и коммерческую сферы. Они широко применяются в горнодобывающей промышленности, лесном хозяйстве, строительстве, экспедиционном туризме, спасательных операциях и других областях, где требуется высокая проходимость и маневренность.

Колесные вездеходы могут иметь различные колесные формулы, такие как 4x4, 6x6, 8x8 и т.д., в зависимости от числа установленных колес. Они могут быть оснащены дополнительными системами и устройствами, такими как специальные шины с большим протектором, подъемными механизмами, спасательными лебедками, системами контроля устойчивости и другими техническими решениями, улучшающими их проходимость и функциональность.

Преимуществами колесных вездеходов являются следующие характеристики:

- колесные вездеходы обладают способностью преодолевать различные препятствия и неровности на дороге, что делает их эффективными в условиях сложной местности;
- колесные вездеходы могут использоваться в различных областях деятельности и задачах, благодаря своей адаптивности и способности преодолевать разнообразные условия;

- колесные вездеходы обладают хорошей маневренностью и способностью работать в узких пространствах или ограниченных условиях;
- колесные вездеходы могут быть спроектированы с различной грузоподъемностью, позволяя перевозить грузы и оборудование на неровной и сложной местности;
- колесные вездеходы обычно оснащены системами безопасности, такими как системы контроля устойчивости, амортизационные системы и другие технические решения, обеспечивающие безопасность во время движения.

Колесные вездеходы представляют собой важный класс транспортных средств, которые обладают высокой проходимостью и способностью преодолевать сложные территории. Они широко применяются в различных отраслях и сферах, где требуется надежная и эффективная техника для передвижения в экстремальных условиях.

Рассмотрим конструкции вездеходных транспортных средств. Одним из таких вездеходов будет являться восьмиколесный вездеход «Странник-08», представленный на рисунке 1.

Для получения заданных (назначением вездехода) показателей проходимости, надежности и безопасности в основу конструкции положена трудоемкая, но эффективная схема двухсекционной, сочлененной машины с продольными балансирами и восемью ведущими колесами. Силовая установка – это двигатель ВАЗ (1500 см³, карбюраторная система питания). Схема трансмиссии аналогична схеме, применяемой на ВАЗ-2121 «Нива», с одним отличием – привод восьми колес осуществляется благодаря четырем приводным роликам, крепящимся к стандартным полуосям двух мостов. Возможность управления тяговыми характеристиками и набор дополнительной площади опирания колес осуществляются за счет использования централизованной системы подкачки шин, управляемой с места водителя (штатная комплектация).

Вездеходы «Странник» обеспечивают экипажу уверенность в силу простой, многофункциональной и «живучей» ходовой, проверенными и надежными двигателем и трансмиссией, устойчивостью на рельефе и воде, а также теплыми кабиной и кузовом.

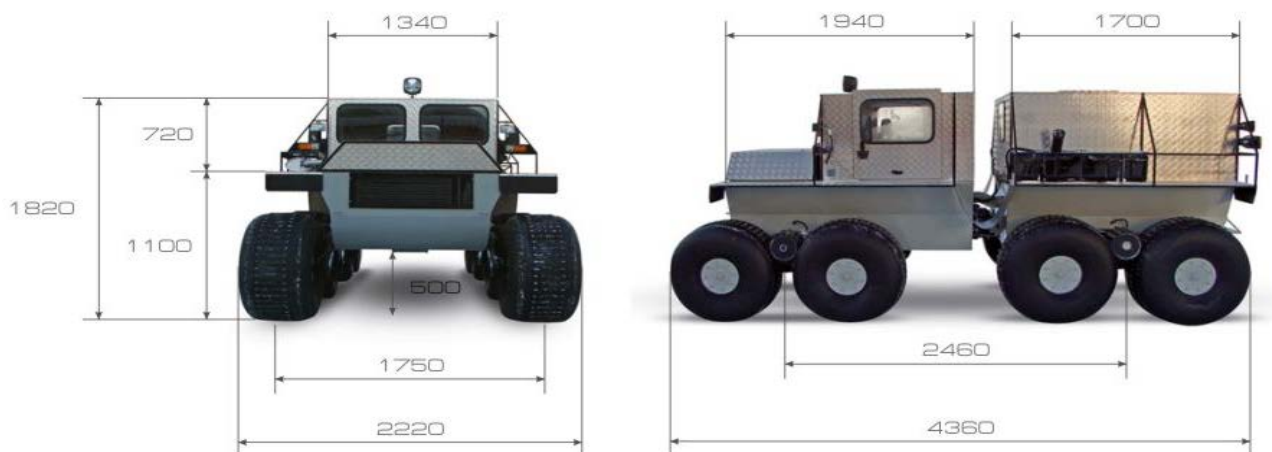


Рисунок 1 – Габаритные размеры вездехода «Странник-08»

Другим аналогом конструкции будет являться четырехколесный вездеход ТРЭКОЛ-39041, рисунок 2.

Четырехколесный вездеход ТРЭКОЛ-39041 (Тягач РЭКОРД) представляет собой специальное транспортное средство, разработанное для передвижения по сложной местности, включая снежные и болотистые участки, грунтовые и пересеченные дороги. Он относится к классу колесных вездеходов и обладает высокой проходимостью и маневренностью.

Вездеход оборудован большими шинами сверхнизкого давления с широким протектором, которые обеспечивают отличное сцепление с различными типами поверхности. Он способен преодолевать снежные заносы, грязь, перепады высот и другие препятствия.

ТРЭКОЛ-39041 имеет колесную формулу 4x4, что означает наличие четырех приводных колес. Это позволяет вездеходу равномерно распределять тягу и обеспечивает хорошую устойчивость и проходимость.

Вездеход способен перевозить значительные грузы, благодаря своей прочной конструкции и мощной системе передачи. ТРЭКОЛ-39041 обладает возможностью поворота на месте, что делает его очень маневренным даже на узких дорогах или в ограниченных условиях. Вездеход обладает специальной герметизированной конструкцией кабины, позволяющей ему преодолевать водные преграды и глубокие реки. Кабина вездехода обеспечивает комфортное рабочее место для водителя и пассажиров. Она оснащена современными системами управления и электроники, что облегчает эксплуатацию и повышает безопасность.

ТРЭКОЛ-39041 широко применяется в различных сферах, включая геологическое исследование, нефтегазовую промышленность, гражданскую оборону, лесное хозяйство и экспедиционный туризм. Он является надежным и эффективным средством передвижения в условиях сложной местности и экстремальных климатических условий.



Рисунок 2 – Вездеход ТРЭКОЛ-39041

На рисунке 3 представлен еще один колесный транспорт высокой проходимости, вездеход «Лопасня»

Вездеход «Лопасня» является специализированным транспортным средством, разработанным для передвижения по сложным местностям, включая снежные участки, болота, грязь и пересеченную местность. Он относится к классу колесных вездеходов и обладает высокой проходимостью и маневренностью.

Вездеход «Лопасня» имеет прочную рамную конструкцию, которая обеспечивает высокую прочность и устойчивость в экстремальных условиях. Он оснащен специальными колесами с пневматиками сверхнизкого давления, которые обеспечивают отличное сцепление с различными типами поверхности. «Лопасня» может иметь различные колесные формулы, включая 4x4 или 6x6, в зависимости от модели. Это позволяет вездеходу равномерно распределять тягу и обеспечивает высокую проходимость на разных поверхностях. Вездеход способен преодолевать снежные заносы, глубокие болота, грязь и другие препятствия, благодаря своей высокой проходимости. Он может двигаться по сложным местностям с неровностями и перепадами высот.

«Лопасня» обладает хорошей грузоподъемностью, позволяя перевозить грузы и оборудование на неровной и сложной местности. Он может использоваться для транспортировки различных материалов и оборудования.

Вездеход «Лопасня» оснащен комфортабельной кабиной с сиденьями для водителя и пассажиров. Кабина может быть оборудована современными системами управления и комфорта, обеспечивая удобство и безопасность во время работы.

«Лопасня» широко применяется в различных сферах, включая геологическое исследование, лесное хозяйство, коммунальное хозяйство, экспедиционный туризм и другие области, где требуется надежное и эффективное транспортное средство для передвижения в сложных условиях. Он является важным инструментом для работы в труднодоступных местах и

обеспечивает высокую проходимость и маневренность в экстремальных условиях.



Рисунок 3 – Вездеход «Лопасня»

На рисунке 4 представлен вездеход LADA-БРОНТО-1922 «МАРШ», изготовленный в г. Тольятти, Самарской области.

Вездеход LADA-БРОНТО-1922 «МАРШ» представляет собой специализированное транспортное средство, разработанное на базе автомобиля LADA 4x4 (Нива), способное передвигаться по сложным и непроходимым местностям. Он относится к классу колесных вездеходов и обладает высокой проходимостью и маневренностью. Вездеход «МАРШ» имеет модифицированную рамную конструкцию, обеспечивающую высокую прочность и устойчивость в экстремальных условиях. Он оснащен пневмоколесными движителями сверхнизкого давления, обеспечивающими повышенную проходимость в различных типах местности.

Вездеход «МАРШ» имеет колесную формулу 4x4, что означает наличие четырех приводных колес. Это позволяет вездеходу равномерно распределять тягу и обеспечивает высокую проходимость на различных поверхностях. Благодаря усиленной конструкции и высокой проходимости, «МАРШ» способен справляться с различными препятствиями, такими как грязь, снег, перепады высот и неровные дороги. Он может преодолевать сложные местности с высокой степенью надежности. Вездеход «МАРШ» обладает хорошей грузоподъемностью, позволяющей перевозить грузы и оборудование на неровной и сложной местности. Он может использоваться для различных задач, включая грузоперевозки и транспортировку оборудования.

Вездеход LADA-БРОНТО-1922 «МАРШ» широко применяется в различных сферах, включая геологическое исследование, лесное хозяйство, коммунальное хозяйство, экспедиционный туризм и другие области, где требуется надежное и эффективное транспортное средство для передвижения в сложных условиях. Он является важным инструментом для работы в труднодоступных местах и обеспечивает высокую проходимость и маневренность в экстремальных условиях.



Рисунок 4 – Вездеход LADA-БРОНТО-1922 «МАРШ»

Вездеход «КЕРЖАК» ТТС-30075 тоже относится к классу колесных вездеходов, построенных на базе серийных транспортных средств. Конструкция вездехода представлена на рисунке 5.

Вездеход «КЕРЖАК» ТТС-30075 представляет собой специализированное транспортное средство, разработанное для передвижения по сложным и непроходимым местностям. Он относится к классу колесных вездеходов и обладает высокой проходимостью и маневренностью.

Вездеход «КЕРЖАК» ТТС-30075 имеет прочную рамную конструкцию, обеспечивающую высокую прочность и устойчивость в экстремальных условиях. Особенностью конструкции является то, что на раму устанавливается кузов автомобиля ГАЗель-3202, превращая его, таким образом, в вездеходный микроавтобус. Он оснащен специальными большими колесами с шинами, обеспечивающими отличное сцепление с различными типами поверхности.

«КЕРЖАК» ТТС-30075 имеет колесную формулу 6х6, что означает наличие шести приводных колес. Это позволяет вездеходу равномерно распределять тягу и обеспечивает высокую проходимость на различных поверхностях. Благодаря своей конструкции и высокой проходимости, «КЕРЖАК» ТТС-30075 способен успешно преодолевать различные препятствия, включая грязь, снег, перепады высот и неровные дороги. Он может передвигаться по сложной местности с высокой степенью надежности.

Вездеход «КЕРЖАК» ТТС-30075 обладает большой грузоподъемностью, позволяющей перевозить грузы и оборудование на неровной и сложной местности. Он может использоваться для различных задач, включая грузоперевозки и транспортировку оборудования.

Вездеход «КЕРЖАК» ТТС-30075 широко применяется в различных сферах, включая геологическое исследование, лесное хозяйство, коммунальное хозяйство, экспедиционный туризм и другие области, где требуется надежное и эффективное транспортное средство для передвижения в сложных условиях. Он является важным инструментом для работы в

труднодоступных местах и обеспечивает высокую проходимость и маневренность в экстремальных условиях.



Рисунок 5 – Вездеход «КЕРЖАК» ТТС-30075

Анализ конструкции колесных вездеходов включает рассмотрение основных составляющих и элементов, которые влияют на их проходимость, маневренность и функциональность.

Рама является основой конструкции и обеспечивает прочность и устойчивость вездехода. Она может быть изготовлена из стальных или алюминиевых сплавов, обеспечивая оптимальное соотношение прочности и веса. Колеса и шины являются основными элементами, обеспечивающими сцепление вездехода с поверхностью и проходимость. Ширина, диаметр и протектор шин влияют на проходимость и сцепление с различными типами поверхностей, такими как грязь, снег, песок и грунт. В конструкциях колесных

вездеходов главным образом применяются низкоарочные шины сверхнизкого давления.

Подвеска выполняет роль амортизатора и обеспечивает комфорт и устойчивость при движении вездехода. Она может быть независимой или зависимой, и включать пружины, амортизаторы и другие элементы для смягчения ударов и неровностей дороги.

Система привода включает двигатель, трансмиссию и передаточные механизмы, которые передают мощность на колеса. Различные колесные формулы, такие как 4x4, 6x6 или 8x8, определяют количество приводных колес и способность вездехода преодолевать сложную местность. Кабина предоставляет рабочее место для водителя и пассажиров. Она может быть оборудована комфортабельными сиденьями, системами управления, панелями инструментов и другими опциями для удобства и безопасности.

Колесные вездеходы могут быть оснащены дополнительным оборудованием, таким как лебедки, подъемные механизмы, специальные системы безопасности, системы навигации и другие устройства, которые улучшают их функциональность и проходимость.

Анализ конструкции колесных вездеходов позволяет понять, как различные элементы и системы совместно обеспечивают их проходимость и маневренность в различных условиях. Это важно при выборе подходящего конструкторского решения для проектируемого вездехода.

1.2 Разработка кинематической схемы вездехода

Разработка кинематической схемы вездехода 6x6 на базе автомобиля УАЗ-31512 включает определение приводных осей и колес, а также способов передачи движения.

Передняя ось автомобиля УАЗ-31512 является приводной и имеет кинематическую связь с двигателем и трансмиссией через карданные валы, которые передают мощность на передние колеса.

Для создания схемы бхб необходимо добавить приводную среднюю ось. Для этого можно использовать дополнительную приводную ось с двигателем и трансмиссией, которые передают мощность на колеса этой оси. Задняя ось автомобиля УАЗ-31512 также является приводной и имеет двигатель и трансмиссию, передающие мощность на задние колеса.

Для связи между приводными осями можно использовать межосевую блокировку, которая обеспечивает распределение мощности между передней, средней и задней осями. Межосевая блокировка может быть оснащена различными дифференциалами или блокировками, чтобы обеспечить оптимальную проходимость и устойчивость.

Такая кинематическая схема позволяет вездеходу УАЗ-31512 с конверсией на бхб иметь шесть приводных колес и повышенную проходимость. Она обеспечивает лучшую тягу и устойчивость в сложных условиях, таких как пересеченная местность, снег, грязь и другие непроходимые участки. Важно отметить, что при разработке кинематической схемы вездехода бхб на базе УАЗ-31512 следует учитывать особенности автомобиля и его характеристики, а также провести тщательный анализ нагрузок, сцепления колес и других параметров для обеспечения оптимальной проходимости и безопасности.

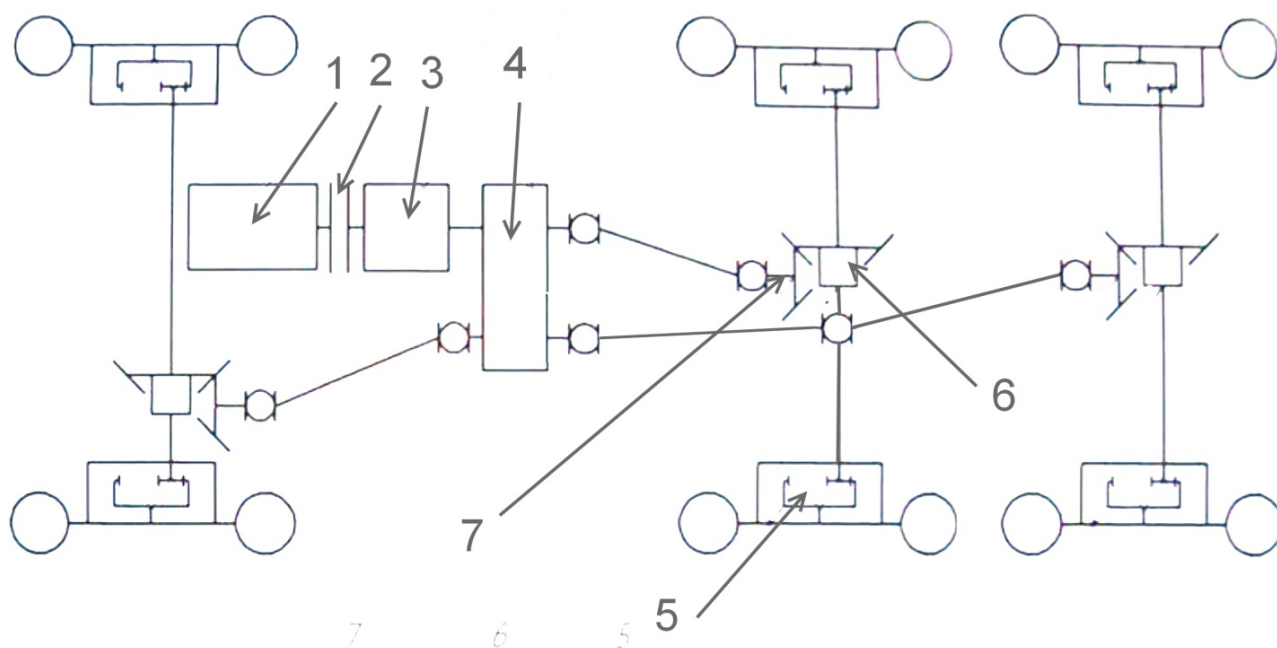
1.3 Выбор основных механизмов трансмиссии вездехода

При выборе основных механизмов трансмиссии для вездехода бхб на базе УАЗ-31512 необходимо учитывать требования к проходимости, маневренности и надежности.

Раздаточная коробка передач позволяет переключать режимы привода колес. Она обеспечивает возможность переключаться между 2WD (двухколесный привод) и 4WD (частичный или полный привод на все колеса). Для вездехода бхб на базе УАЗ-31512 можно использовать две раздаточные коробки передач – одну для передней оси и вторую для средней и задней осей.

Межосевые блоки (иногда называемые блоками дифференциала) позволяют управлять распределением мощности между передними, средними и задними осями. Это особенно полезно при перемещении по неровной местности или при преодолении препятствий. Межосевые блоки могут быть оснащены различными дифференциалами или блокировками, которые обеспечивают оптимальное сцепление и проходимость. Приводные валы и карданные валы передают мощность от трансмиссии к приводным осям. В случае вездехода 6х6 на базе УАЗ-31512 требуется наличие приводных валов для передней, средней и задней осей, чтобы обеспечить привод всех шести колес. Дифференциалы позволяют различным колесам на одной оси вращаться с разной скоростью при поворотах. Для вездехода 6х6 на базе УАЗ-31512 требуются дифференциалы на каждой оси, чтобы обеспечить правильное распределение мощности и повысить проходимость.

Компоновочная схема проектируемого вездехода представлена на рисунке 6.



1 - двигатель внутреннего сгорания; 2 – сцепление; 3 – коробка передач; 4 – раздаточная коробка; 5 – бортовая передача; 6 – дифференциал; 7 – главная передача.

Рисунок 6 – Компоновочная схема проектируемого вездехода

При выборе механизмов трансмиссии необходимо учитывать характеристики и требования к эксплуатации вездехода, а также обеспечивать их совместимость с шасси УАЗ-3962. Рекомендуется провести тщательный анализ и выбор механизмов, с учетом требуемой проходимости, маневренности и надежности в различных условиях эксплуатации.

В ходе анализа конструкторских решений конструкции колесного вездехода были рассмотрены основные составляющие и элементы, влияющие на его проходимость, маневренность и функциональность. Были изучены такие аспекты как рама, колеса и шины, подвеска, система привода, кабина и управление, а также дополнительное оборудование.

Рама является основой конструкции вездехода и обеспечивает прочность и устойчивость. Она может быть изготовлена из стальных или алюминиевых сплавов для достижения оптимального соотношения прочности и веса. Колеса и шины играют важную роль в проходимости вездехода. Ширина, диаметр и протектор шин влияют на сцепление с различными поверхностями и проходимость. Подвеска выполняет функцию амортизатора и обеспечивает комфорт и устойчивость при движении. Различные типы подвесок могут быть использованы в зависимости от требований к проходимости и комфорту. Система привода включает двигатель, трансмиссию и передаточные механизмы, передающие мощность на колеса. Различные колесные формулы, такие как 4x4, 6x6 или 8x8, определяют способность вездехода преодолевать сложную местность.

Кабина и управление обеспечивают комфорт и безопасность оператора и пассажиров. Они могут быть оборудованы современными системами управления и комфорта для облегчения работы и повышения эффективности. Дополнительное оборудование, такое как лебедки, подъемные механизмы и системы безопасности, может быть установлено для расширения функциональности вездехода и улучшения его возможностей в различных задачах.

В разделе разработки кинематической схемы вездехода было предложено использование приводных осей для передней, средней и задней осей, а также соответствующих механизмов передачи движения, таких как распределительные коробки передач и межосевые блоки. Это позволяет создать вездеход бхб с повышенной проходимостью и маневренностью.

Выбор основных механизмов трансмиссии, таких как распределительные коробки передач, межосевые блоки, приводные валы и дифференциалы, основывается на требованиях к проходимости, маневренности и надежности в различных условиях эксплуатации.

Таким образом, анализ конструкторских решений конструкции колесного вездехода, разработка кинематической схемы и выбор основных механизмов трансмиссии вездехода являются важными этапами в процессе создания надежного и эффективного транспортного средства для передвижения в сложных условиях.

2. Тяговый расчет проектируемого транспортного средства

2.1 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

«Параметры для вычисления мощности примем равными показателям модернизируемого автомобиля УАЗ-3962 и автомобиля ТРЭКОЛ-39041. Сначала определим мощность N_E , кВт, необходимую для преодоления сопротивления движению при максимальной скорости автомобиля на горизонтальной дороге без ускорения по уравнению мощностного баланса» [1]

$$N_v = \left(\frac{G_A f v_{\max}}{1000} + \frac{k F v_{\max}^3}{1000} \right) / \eta \quad (1)$$

«где G_A - полный вес автомобиля, Н, $G_A = 25000$ Н;

f -коэффициент сопротивления качению; $f = 0,15$;

v_{\max} - максимальная скорость автомобиля, м/с, $v_{\max} = 16,6$ м/с;

k – коэффициент сопротивления воздуха, Н- с²/м⁴, $k = 0,35$ Н- с²/м⁴;

F – лобовая площадь автомобиля, м², $F = 5,5$ м²;

η – КПД трансмиссии автомобиля, $\eta = 0,85$;» [2]

$$N_v = \left\langle \frac{25000 \cdot 0,15 \cdot 16,6}{1000} + \frac{0,35 \cdot 5,5 \cdot 16,6^3}{1000} \right\rangle / 0,85 = 64 \text{ кВт}$$

«Минимальная мощность двигателя для проектируемого автомобиля 64 кВт. На внедорожных автомобилях более целесообразно применять дизельные двигатели. Несмотря на то, что их производство, обслуживание и ремонт обходятся дороже бензиновых, главное преимущество дизеля на вездеходе — невысокая частота вращения коленчатого вала. Плюс эти двигатели имеют такие преимущества, как:

- экономичность выше на 20...30%;
- термический КПД выше на 15%;

- высокий моторесурс;
- дизельное топливо не ядовито, менее пожароопасное.

Недостатками дизелей являются:

- повышенная шумность;
- высокая стоимость.

Для проектируемого автомобиля выбираем двигатель ЗМЗ - 5143.10. Удельный расход топлива данного двигателя составляет 230 г./кВт ч, что позволит улучшить топливно-экономические показатели вездехода.» [14]

«Зная частоту вращения коленчатого вала n_N и задаваясь отношением, n_e/n_N можно найти текущее значение эффективной мощности N_e , кВт и крутящий момент двигателя, M_e , Н·м, установленного на автомобиль.»

$$N_e = N_{e_{\max}} \left(A \frac{n_e}{n_N} + B \frac{n_e^2}{n_N^2} - \frac{n_e^3}{n_N^3} \right) \quad (2)$$

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n_e} \quad (3)$$

где $N_{e_{\max}}$ - максимальная расчётная мощность двигателя, кВт;

M_e - крутящий момент при максимальной мощности, Н м, $M_e=180$ Н·м[23];

n_N - частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, мин ,

n_e - текущее значение частоты вращения, мин⁻¹;

A, B, A_0, B_0, C_0 - постоянные эмпирические коэффициенты (таблица 1);

$$N_e = 72 \cdot \left(0,87 \cdot \frac{800}{4000} + 1,13 \cdot \frac{800^2}{4000^2} - \frac{800^3}{4000^3} \right) = 15,2 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

$$M_e = 9550 \frac{15,2}{800} = 181,5 \text{ кВтм}$$

Подставляя полученные значения в формулы делаем расчёт, а полученные данные заносим в таблицу 1. Значения эффективной мощности и крутящего момента двигателя представлены на рисунке 7.

Таблица 1 - Значения эффективной мощности и крутящего момента двигателя

$n_e \text{ мин}^{-1}$	800	1300	1800	2300	2800	3300	3800	4000
$N_e \text{ кВт}$	15,2	26,7	38,4	49,6	59,4	67,0	70,8	72,0
$M_e \text{ Н}\cdot\text{м}$	181,5	205,3	213,5	215,8	212,3	202,9	191,2	180,0

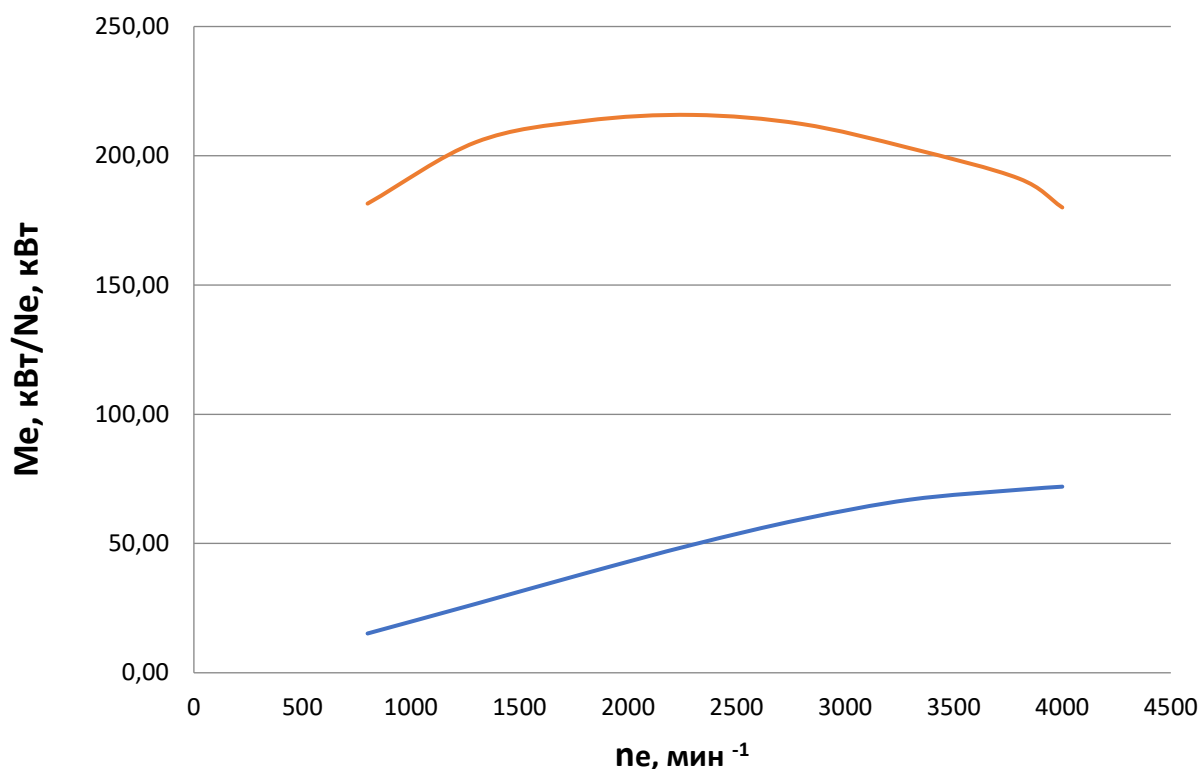


Рисунок 7 – Значение эффективной мощности и крутящего момента двигателя

«По внешней скоростной характеристике (рисунок 7) определяется коэффициент приспособляемости двигателя, который отражает способность

двигателя преодолевать увеличение внешней нагрузки на машину без переключения в трансмиссии на пониженную (имеющую большее передаточное число) передачу. Коэффициент приспособляемости двигателя определяется по формуле.» [3]

$$k = \frac{M_{e \max}}{M_{e N}} \quad (4)$$

где $M_{e \max}$ - максимальный крутящий момент двигателя, $M_{e \max} = 216 \text{ Н М}$;

M_e - крутящий момент двигателя максимальной при мощности, $M_e = 180 \text{ Н М}$

$$k = \frac{216}{180} = 1,2$$

Расчётное число коэффициента приспособляемости говорит о высокой степени приспособленности двигателя к условиям движения.

2.2 Определение типа шин и подбор шин по параметрам

Собственный вес автомобиля определяют по коэффициенту использования веса автомобиля-прототипа

$$\eta_G' = \frac{G_r'}{G_0'}; \quad (5)$$

«где G_r' - номинальная грузоподъёмность автомобиля-прототипа, Н, $G_r' = 10000 \text{ Н}$;

G_0' - собственный вес автомобиля-прототипа, Н, $G_0' = 18250 \text{ Н}$ » [1]

$$\eta_G' = \frac{10000}{18250} = 0,54.$$

«Автомобиль прототип УАЗ 3962. Принимаем на проектируемый автомобиль $G_r' = 1200 \text{ Н}$.

Собственный вес автомобиля $G_0', \text{ Н}$ » [2]

$$G_0' = \frac{G_r'}{\eta_G}, \quad (6)$$

где G_r - грузоподъёмность проектируемого автомобиля, Н, $G_r = 10200 \text{ Н}$ [20],

$$G_0' = \frac{10200}{0,54} = 18888,9 \text{ Н.}$$

Вес багажника при 5 пассажирах $G_6, \text{ Н}$,

$$G_6 = G_r - 750 \cdot u, \quad (7)$$

$$G_6 = 10200 - 750 \cdot 5 = 6450 \text{ Н.}$$

Полный вес автомобиля $G_a, \text{ Н}$,

$$G_a = G_0' + G_r \quad (8)$$

$$G_a = 18888,9 + 10200 = 29088,9 \text{ Н.}$$

«Выбираем шины для вездехода – разработку ассоциации «Арктиктранс» для тяжёлых снегоболотоходов, шина размером 1310x490-535':

- колесо ТРЭКОЛа на торфе образует ямку, а впереди валик, на который взобраться не может и буксует на месте. Колесо «Арктиктранс» легко преодолевает торф;
- колесо 1310x490 легко перемещает вездеход по наледи глубиной

30...40 см, что невозможно для резины ТРЭКОЛа;

- шина очень мягкая и на морозе не теряет своей эластичности, как ТРЭКОЛовская, вездеход не трясет, он идет очень плавно;
- предлагаемая шина имеет большее пятно контакта;
- стоимость с сборе с диском на 30...35% ниже в сравнении с колёсами ТРЭКОЛа» [5]

2.3 Определение передаточных чисел главной передачи

Передаточное число главной передачи i_0 определяют исходя из максимальной скорости автомобиля по формуле

$$i_0 = 0,38 \frac{r}{i_k i_\partial^e} \frac{n_N}{v_{\max}}, \quad (9)$$

«где r - радиус качения колеса, м, $r=0,6$;

n_N - частота вращения коленчатого вала при $N_{e_{\max}}$, мин^{-1} , $n_N = 4000 \text{ мин}^{-1}$;

i_k - передаточное число прямой передачи коробки передач, $i_k = 1$ [1];

i_∂^B - передаточное число раздаточной коробки на высшей передаче, i_∂^B

=1;

v_{\max} - максимальная скорость автомобиля, км/ч, $v_{\max} = 60 \text{ км/ч}$ » [19]

$$i_0 = 0,38 \frac{0,6}{1 \cdot 1} \frac{4000}{60} = 15.$$

Большое передаточное число главной передачи объясняется использованием шин большого диаметра, что требует значительного снижения частоты вращения колес.

2.4 Определение передаточных чисел коробки передач

Передаточное число первой передачи коробки передач i_{k1} определяют по заданному максимальному дорожному сопротивлению

$$i_{k1} \geq \frac{G_a \psi_{\max} r}{Me_{\max} (1 - \beta) \eta i_0^e}, \quad (10)$$

«где G_a - полный вес автомобиля, $G_a = 29088,9$ Н [3];

ψ_{\max} - максимальный коэффициент дорожного сопротивления, $\psi_{\max} = 0,35$ [3];

r - радиус колеса, м, $r = 0,6$;

Me_{\max} - максимальный крутящий момент двигателя, $H \cdot м$, $Me_{\max} = 216$ $H \cdot м$;

β - коэффициент, учитывающий затраты мощности на привод вспомогательных механизмов двигателя, $\beta = 0,1$;

η - КПД трансмиссии, $\eta = 0,85$;

i_k - передаточное число КПП на высшей передаче, $i_k = 1$;

i_D^B - передаточное число РК на высшей передаче, $i_D^B = 1$ » [1];

$$i_{k1} \geq \frac{29088,9 \cdot 0,35 \cdot 0,6}{216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 1} = 2,55$$

Во избежание буксования ведущих колёс должно быть соблюдено также условие

$$i_{k1} \leq \frac{G_2 m_2 \varphi r}{Me_{\max} (1 - \beta) \eta i_0^e}, \quad (11)$$

«где m_2 - коэффициент перераспределения нагрузки;

G_2 - вес автомобиля, приходящегося на ведущие колёса, для полноприводных автомобилей $m_2 G_2 = G_a$;

φ - коэффициент сцепления, $\varphi = 0,6$ [3],

$$i_{k1} \leq \frac{29088,9 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 1} = 4,38$$

Для определения числа ступеней аналитическим методом используют выражение

$$P = \frac{\lg\left(\frac{v_{\max}}{v_{\min}}\right)}{\lg\left(\frac{n_N}{n_e}\right)}, \quad (12)$$

«Где v_{\min}, v_{\max} - минимальная и максимальная скорости автомобиля, км/ч;

n_N, n_e - частота вращения коленчатого вала при N_{\max} и M_{\max} , мин^{-1} »; [6]

$$P = \frac{\lg\left(\frac{60}{5}\right)}{\lg\left(\frac{4000}{2550}\right)} = 4,3.$$

«При определении передаточных чисел коробки передач исходят из того, что на всех передачах двигатель используется в одном и том же интервале изменения частоты вращения» [2]

$$\frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{i_{ki}}{i_{ki+1}}, \quad (13)$$

Для четырехступенчатой коробки передач промежуточные ступени находятся

$$i_{k4} = 1 \quad (14)$$

$$i_{k3} = \sqrt[3]{i_{k1}}, \quad (15)$$

$$i_{k2} = \sqrt[3]{i_{k1}^2}, \quad (16)$$

Согласно условиям найденных в формулах 15 и 16 принимаем $i_{k1} = 4,38$ тогда

$$i_{k4} = 1;$$

$$i_{k3} = \sqrt[3]{4,38} = 1,64;$$

$$i_{k2} = \sqrt[3]{4,38^2} = 2,6;$$

«Найденные значения передаточных чисел корректируют, уменьшая интервал между высшими передачами за счёт увеличения интервала между низшими. При этом обеспечивается лучшее использование мощности двигателя при достижении автомобиля на наиболее часто используемых высших передач, а также улучшаются условия работы синхронизаторов.

Передаточное число заднего хода $i_{3.X.}$ принимаем из условия» [7]

$$i_{3.X.} = 1,25 \cdot i_{k1} \quad (17)$$

$$i_{3.X.} = 1,25 \cdot 4,38 = 5,47$$

Передаточные числа коробки передач приводятся в таблице 2.

2.5 Определение передаточных чисел раздаточной коробки

Передаточное число понижающей передачи раздаточной коробки i_{δ}^H , определяют из условия отсутствия буксования ведущих колёс по формуле

$$i_{\delta}^H = \frac{i_{\delta}^G \cdot (1 + P)}{2}, \quad (18)$$

$$i_{\delta}^H = \frac{1 \cdot (1 + 4)}{2} = 2,5$$

«Найденное значение i_{δ}^H , следует проверить по величине устойчивой минимальной скорости v_{\min} , км/ч, которая должна быть равна 3-5 км/ч» [6]

$$v_{\min} = 0,38 \frac{n_M r}{i_{k1} i_{\delta}^H}, \quad (19)$$

$$v_{\min} = 0,38 \frac{2250 \cdot 0,6}{4,38 \cdot 2 \cdot 15} = 3,9 \text{ км/ч}$$

Передаточное число трансмиссии на различных передачах определяют по формуле

$$i = i_{km} i_{\delta} i_0. \quad (20)$$

$$i = 4,38 \cdot 1 \cdot 15 = 65,7.$$

Данные по выполненному расчету заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Передаточное число трансмиссии на различных передачах

	$i_{k1} = 4,38$	$i_{k2} = 2,60$	$i_{k3} = 1,64$	$i_{k4} = 1$	$i_{3.X.} = 5,47$
$i_{\delta}^e = 1$	65,7	39	24,6	15	82,05
$i_{\delta}^H = 2$	131,4	78	49,2	30	164,1

2.6 Расчет сил тяги на колесах транспортного средства

«Для определения кривых $P_K = f(v)$ определяем на каждой передаче скорость движения и касательную силу тяги на ведущих колёсах при соответствующей частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Тяговую силу на ведущих колёсах P_K , Н, определяют из выражения» [8]

$$P_K = \frac{M_e (1 - \beta) i_k i_{\delta}^H i_0 \eta}{r}, \quad (21)$$

«где M_e - крутящий момент двигателя, $H \cdot m$;

β - коэффициент, учитывающий затраты мощности на привод вспомогательных механизмов двигателя, $\beta = 0,1$ [4];

i_k, i_{δ}^B, i_0 - передаточные числа соответственно коробки передач, раздаточной коробки, главной передачи;

η - КПД трансмиссии, $\eta = 0,85$ [4];

r - радиус качения колеса, м, $r = 0,6$ м;

n - частота вращения коленчатого вала, $мин^{-1}$.

Скорость автомобиля v , км/ч, определяют по формуле» [3]

$$v = 0,38 \frac{rn}{i_k i_{\delta}^H i_0}; \quad (22)$$

Чтобы учесть возможность буксования колёс, нужно определить для заданного значения φ силу сцепления P_K^{CI} , Н

$$P_K^{CI} = \varphi G_a, \quad (23)$$

где G_a - полный вес автомобиля, Н, $G_a=29088,9$ Н;

$$P_K^{CI} = \frac{1}{2} 0,6 \cdot 29088,9 = 8727 \text{ Н.}$$

«Тягово-скоростные качества автомобиля наиболее удобно определять графо-аналитическим путём. Для этого на график тяговой характеристики наносят кривые сопротивления воздушной среды $P_w = f(v)$ и сопротивления движению $P_\varphi = f(v)$, определяемые по формулам» [9]

$$P_w = \frac{kFv^2}{13}, \quad (24)$$

«где k – коэффициент сопротивления, $H \cdot c^2 / m^4$, $k=0,35 H \cdot c^2 / m^4$;

F – лобовая площадь автомобиля, m^2 , $F=5,5 m^2$;

V – скорость автомобиля, км/ч;

Свободная сила тяги, P_a , Н» [10]

$$P_a = P_k - P_w, \quad (25)$$

«Динамический фактор D , Н/Н, для автомобилей на каждой передаче определяют по формуле» [12]

$$D = \frac{P_a}{G_a}, \quad (26)$$

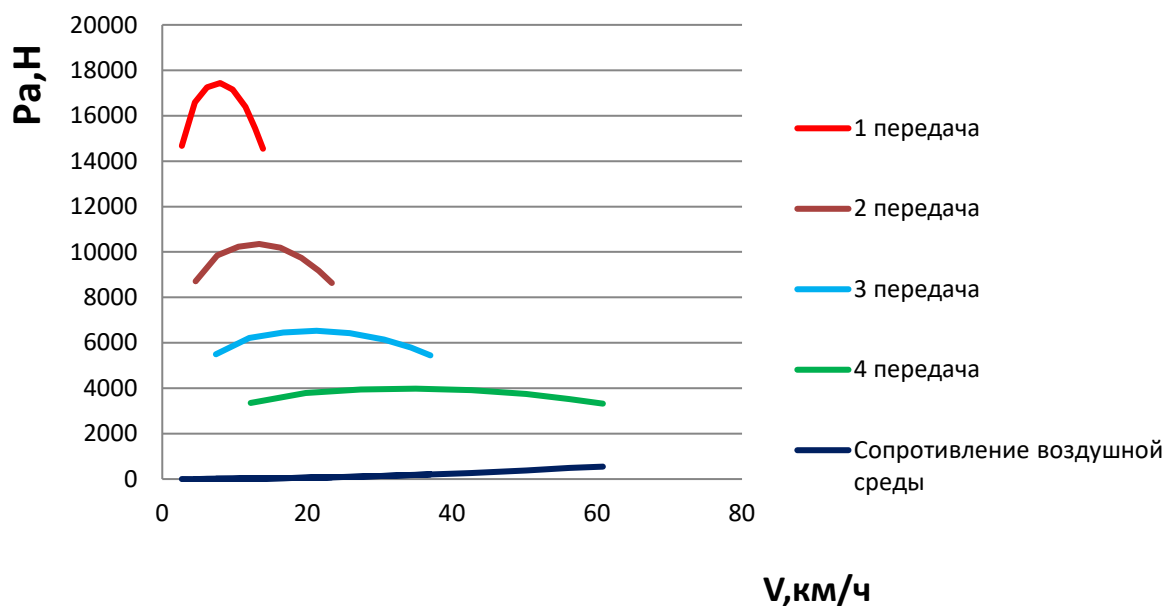
Результаты вычислений заносим в таблицы 3 и 4, по данным которых строим тяговую характеристику автомобиля, рисунок 8 и 9.

Таблица 3 – Расчётные данные для построения тяговой и динамической характеристики при включённой в раздаточной коробке высшей передаче

n, об/мин		800	1300	1800	2300	2800	3300	3700	4000
$M_e, H \cdot m$		181,5	205,3	213,5	215,8	212,3	202,9	191,2	180
$i_1=65,7$	$v, км/ч$	2,7	4,5	6,2	8	9,7	11,5	12,8	13,9
	P_K, H	14667	16590	17253	17439	17156	16396	15451	14546
	P_W, H	1	3	6	10	14	20	24	29
	P_a, H	14666	16587	17247	17429	17142	16376	15427	14517
	$D, H / H$	0,50	0,57	0,59	0,60	0,59	0,56	0,53	0,49
$i_2=39$	$v, км/ч$	4,6	7,6	10,5	13,4	16,3	19,2	21,6	23,4
	P_K, H	8706	9848	10226	10352	10184	9733	9172	8634
	P_W, H	3	9	16	27	39	55	69	81
	P_a, H	8703	9848	10226	10325	10145	9678	9103	8553
	$D, H / H$	0,3	0,34	0,35	0,35	0,35	0,33	0,31	0,29
$i_3=24,6$	$v, км/ч$	7,4	12	16,7	21,3	25,9	30,6	34,3	37
	P_K, H	5492	6212	6460	6530	6424	6139	5785	5446
	P_W, H	8	21	41	67	99	139	174	203
	P_a, H	5492	6191	6419	6463	6325	6000	5611	5243
	$D, H / H$	0,19	0,21	0,22	0,22	0,22	0,21	0,19	0,18
$i_4=15$	$v, км/ч$	12,2	19,8	27,4	35	42,6	50,2	56,2	60,8
	P_K, H	3349	3788	3939	3981	3917	3743	3528	3321
	P_W, H	22	58	111	181	269	373	486	547
	P_a, H	3327	3730	3828	3800	3648	3370	3060	2774
	$D, H / H$	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,1

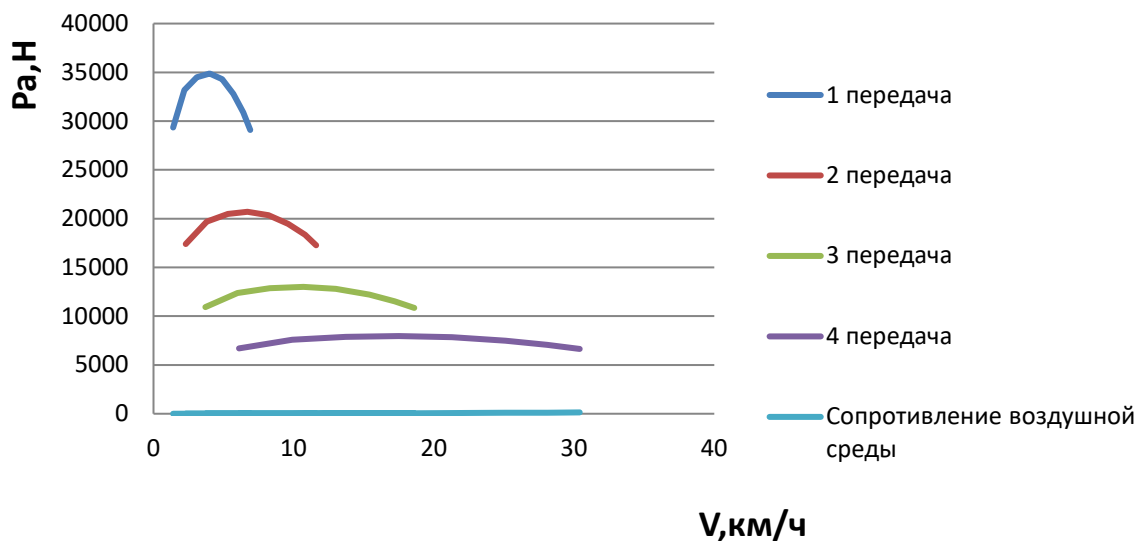
Таблица 4 – Расчётные данные для построения тяговой и динамической характеристики при включенной в раздаточной коробке низшей передачи

п,об/мин	800	1300	1800	2300	2800	3300	3700	4000	
$M_e, H \cdot m$	181,5	205,3	213,5	215,8	212,3	202,9	191,2	180	
$i_1=131,4$	$v, км/ч$	1,4	2,2	3,1	4,0	4,9	5,7	6,4	6,9
	P_K, H	29334	33181	34506	34878	34312	32793	30902	29092
	P_W, H	0	1	1	2	4	5	6	7
	P_a, H	29334	33180	34505	34876	34308	32788	30896	29085
	$D, H / H$	1,0	1,1	1,19	1,2	1,18	1,13	1,1	1,0
$i_2=78$	$v, км/ч$	2,3	3,8	5,3	6,7	8,2	9,6	10,8	11,6
	P_K, H	17413	19697	20483	20704	20368	19466	18344	17269
	P_W, H	1	2	4	7	10	14	17	20
	P_a, H	17412	19695	20479	20697	20358	19452	18327	17249
	$D, H / H$	0,60	0,67	0,70	0,71	0,70	0,67	0,63	0,59
$i_3=49$	$v, км/ч$	3,7	6	8,3	10,7	13	15,4	17,2	18,6
	P_K, H	10939	12373	12868	13006	12795	12229	11524	10849
	P_W, H	2	5	10	17	25	35	43	51
	P_a, H	10937	12368	12858	12989	12770	12194	11481	10798
	$D, H / H$	0,37	0,43	0,44	0,45	0,44	0,42	0,40	0,37
$i_4=30$	$v, км/ч$	6,1	9,9	13,7	17,5	21,3	25,1	28,1	30,4
	P_K, H	6697	7576	7878	7963	7834	7487	7055	6642
	P_W, H	6	15	28	45	67	93	117	137
	P_a, H	6691	7561	7850	7918	7767	7394	6938	6505
	$D, H / H$	0,23	0,26	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,22



1 - сила тяги на первой передаче; 2 – сила тяги на второй передаче; 3 – сила тяги на третьей передаче; 4 – сила тяги на четвертой передаче; 5 – сила сопротивления воздушной среды

Рисунок 8 – Тяговая характеристика автомобиля при включенной в раздаточной коробке высшей передаче



1 - сила тяги на первой передаче; 2 – сила тяги на второй передаче; 3 – сила тяги на третьей передаче; 4 – сила тяги на четвертой передаче; 5 – сила сопротивления воздушной среды

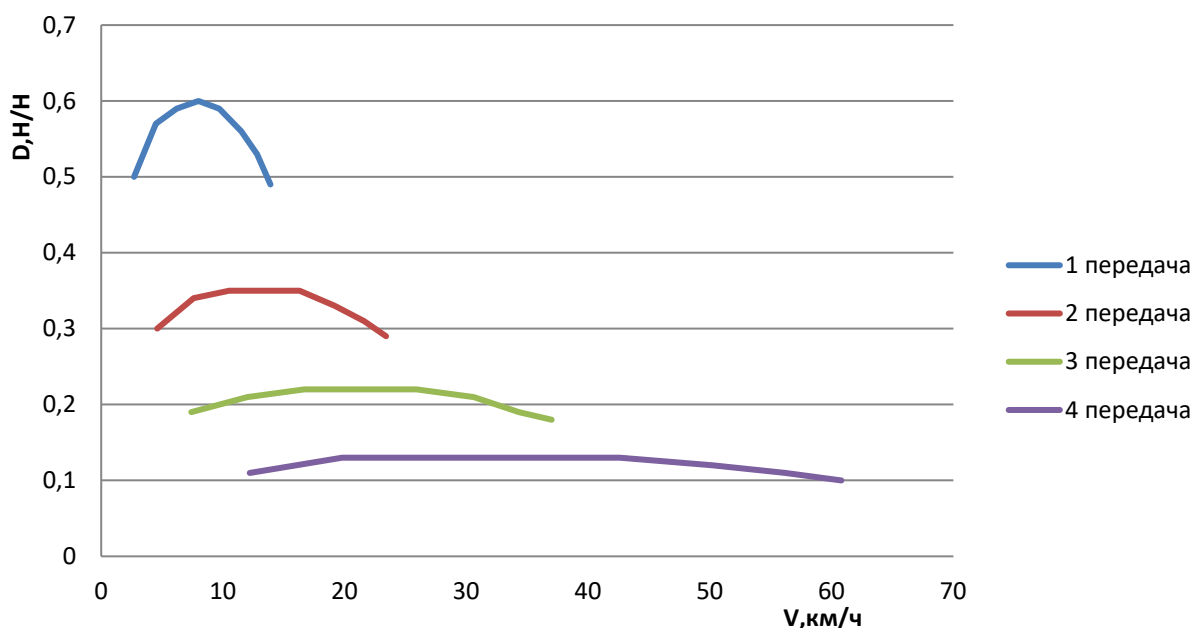
Рисунок 9 – Тяговая характеристика автомобиля при включенной в раздаточной коробке низшей передаче

2.7 Расчет динамической характеристики транспортного средства

«Динамическая характеристика используется для сравнительной оценки тяговых качеств автомобиля, выражающая зависимость динамического фактора на различных передачах от скорости движения $D = f(v)$.

Динамический фактор характеризует удельную свободную силу тяги, которую может развить автомобиль на различных передачах.

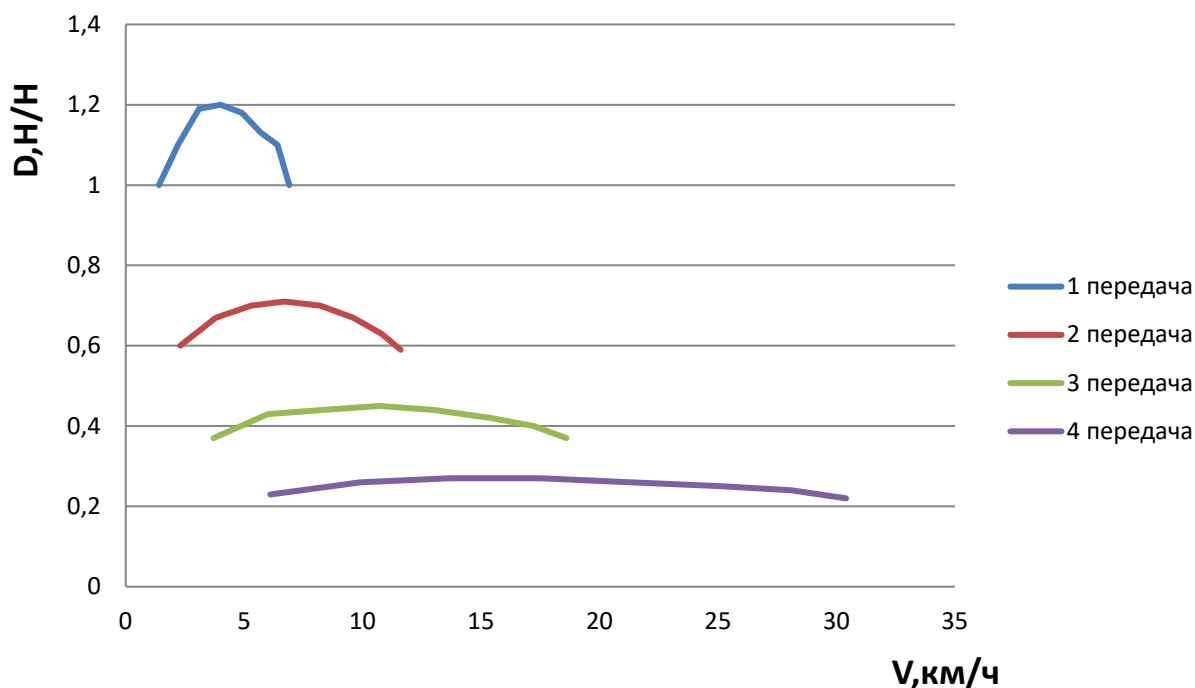
Данные для расчёта свободной силы тяги и динамического фактора берутся из таблиц 2 и 3, полученные данные P_a и D заносим в таблицы 5 и 6. По полученным данным строим динамическую характеристику автомобиля, рисунок 10 и 11.» [1]



1 – динамический фактор на первой передаче; 2 - динамический фактор на второй передаче; 3 - динамический фактор на третьей передаче; 4 - динамический фактор на четвёртой передаче;

Рисунок 10 – Динамическая характеристика автомобиля на включённой в раздаточной коробке высшей передаче

«По динамической характеристике можно судить о тягово-скоростных свойствах автомобиля. При этом максимальный динамический фактор $D_{\max} = 0,60$ на высшей передаче определяет диапазон дорожных сопротивлений преодолеваемых без перехода на низшие передачи. Скорость движения $V_{кр} = 8$ км/ч, критическая скорость, соответствующая D_{\max} , она определяет диапазон устойчивого движения автомобиля на высшей передаче при работе двигателя с полной мощностью. Максимальный динамический фактор $D_{\max} = 1,2$ на низшей передаче, определяет максимальное дорожное сопротивление, преодолеваемое автомобилем.» [2]



1 – динамический фактор на первой передаче; 2 - динамический фактор на второй передаче; 3 - динамический фактор на третьей передаче; 4 - динамический фактор на четвёртой передаче;

Рисунок 11 – Динамическая характеристика автомобиля на включённой в раздаточной коробке низшей передаче

По своим тягово-скоростным свойствам автомобиль может эксплуатироваться на дорогах всех категорий, в том числе на бездорожье.

2.8 Расчет ускорений транспортного средства

Ускорение автомобиля в процессе его разгона $j, м/с^2$ находят по формуле

$$j = (D - \psi) \frac{g}{\delta_1}, \quad (27)$$

«где D – динамический фактор;

ψ - коэффициент дорожного сопротивления, $\psi = 0,03$ [3];

g - ускорение свободного падения, $м/с^2$, $g = 9,81 м/с^2$;

δ - коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс;» [1]

$$\delta = 1,04 + 0,04i_k^2, \quad (28)$$

где i_k - передаточное число на соответствующей передаче;

$$\delta = 1,04 + 0,04 \cdot 4,38^2 = 1,81$$

Данные коэффициента δ заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Данные коэффициента δ

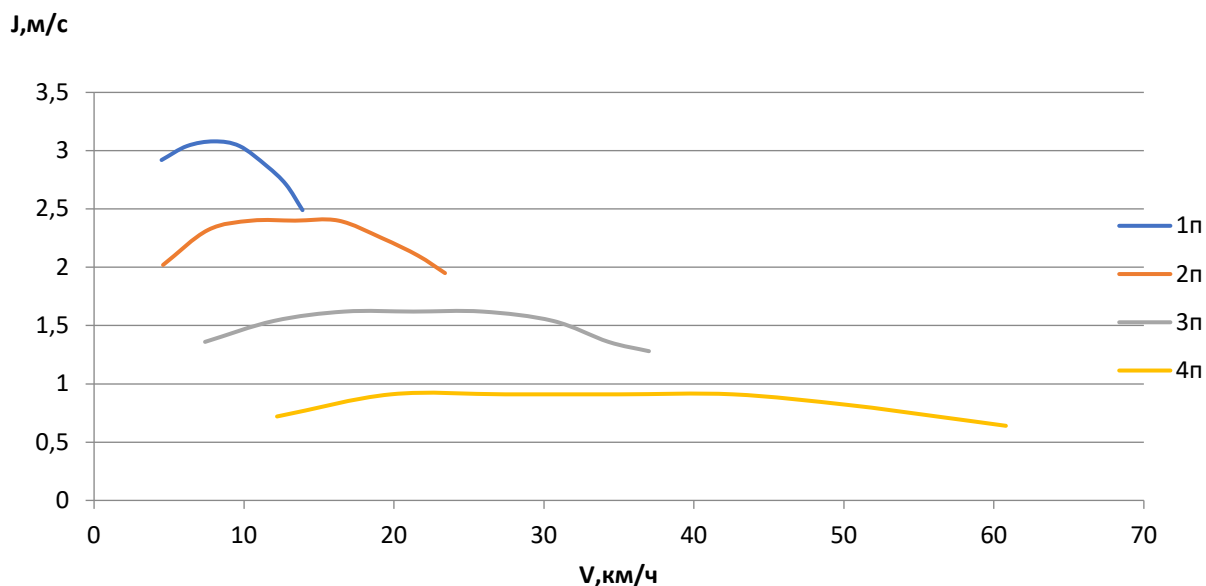
	i_1	i_2	i_3	i_4
i_k	4,38	2,6	1,64	1
δ	1,81	1,31	1,15	1,08

Таблица 5 – Расчётные данные для построения графика ускорения при разгоне автомобиля при включённой высшей передаче в раздаточной коробке

i ₁	v, км/ч	2,7	4,5	6,2	8	9,7	11,5	12,8	13,9
	J, м/с ²	2,5	2,92	3,04	3,08	3,04	2,87	2,71	2,49
i ₂	v, км/ч	4,6	7,6	10,5	13,4	16,3	19,2	21,6	23,4
	J, м/с ²	2,02	2,32	2,40	2,40	2,40	2,25	2,10	1,95
i ₃	v, км/ч	7,4	12	16,7	21,3	25,9	30,6	34,3	37
	J, м/с ²	1,36	1,54	1,62	1,62	1,62	1,54	1,36	1,28
i ₄	v, км/ч	12,2	19,8	27,4	35	42,6	50,2	56,2	60,8
	J, м/с ²	0,72	0,91	0,91	0,91	0,91	0,82	0,72	0,64

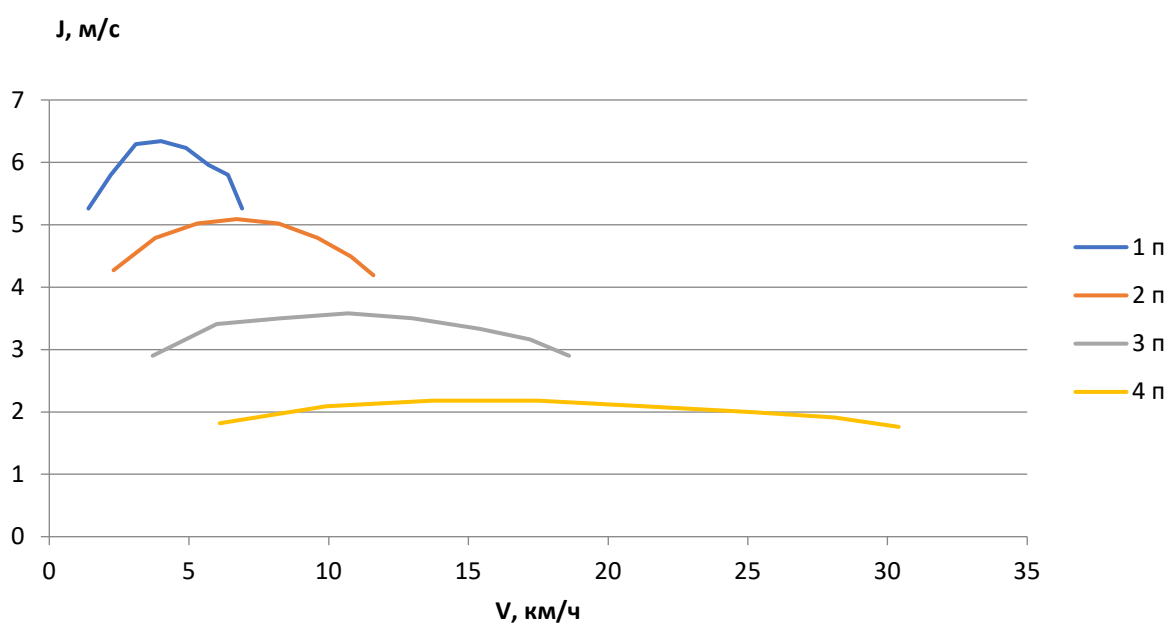
Таблица 6 – Расчётные данные для построения графика ускорения при разгоне автомобиля при включённой низшей передаче в раздаточной коробке

i ₁	v, км/ч	1,4	2,2	3,1	4,0	4,9	5,7	6,4	6,9
	J, м/с ²	5,26	5,80	6,29	6,34	6,23	5,96	5,80	5,26
i ₂	v, км/ч	2,3	3,8	5,3	6,7	8,2	9,6	10,8	11,6
	J, м/с ²	4,27	4,79	5,02	5,09	5,02	4,79	4,49	4,19
i ₃	v, км/ч	3,7	6	8,3	10,7	13	15,4	17,2	18,6
	J, м/с ²	2,90	3,41	3,50	3,58	3,50	3,33	3,16	2,90
i ₄	v, км/ч	6,1	9,9	13,7	17,5	21,3	25,1	28,1	30,4
	J, м/с ²	1,82	2,09	2,18	2,18	2,09	2,0	1,91	1,76



1 – ускорение на первой передаче; 2 – ускорение на второй передаче; 3 - ускорение на третьей передаче; 4 - ускорение на четвертой передаче;

Рисунок 12 – Ускорение при разгоне автомобиля на включённой в раздаточной коробке высшей передаче



1 – ускорение на первой передаче; 2 – ускорение на второй передаче; 3 - ускорение на третьей передаче; 4 - ускорение на четвертой передаче

Рисунок 13 – Ускорение при разгоне автомобиля на включённой в раздаточной коробке низшей передаче

2.9 Определение времени и пути разгона автомобиля

«Время и путь разгона автомобиля определяют графоаналитическим способом. С этой целью кривую ускорений разбивают на ряд интервалов и считают, что в каждом интервале скоростей автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j_{cp}, м/с^2$, определяют по формуле» [6]

$$j_{cp} = 0,5(j_1 + j_2), \quad (29)$$

где j_1, j_2 - ускорения соответственно в начале и конце интервала скоростей, $м/с^2$;

$$j_{cp} = 0,5(2,5 + 2,92) = 2,71 \text{ м/с}^2.$$

Время разгона в том же интервале скоростей Δt , с, определяют по формуле

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{3,6 j_{cp}}, \quad (30)$$

где Δv - изменение скорости автомобиля на данном интервале, км/ч;

$$\Delta t = \frac{1,8}{3,6 \cdot 2,71} = 0,18 \text{ с}.$$

Общее время разгона от минимально устойчивой до максимальной скорости t , с

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots + \Delta t_n, \quad (31)$$

где Δt - время разгона на соответствующем интервале, с;

t_n - время переключения передач, с, $t_n=1,5$ с.

При расчёте пути разгона S приближённо считают, что в каждом интервале изменения скорости автомобиль движется равномерно со средней скоростью v_{cp} , км/ч

$$v_{cp} = 0,5(v_1 + v_2), \quad (32)$$

$$v_{cp} = 0,5(2,7 + 4,5) = 3,6 \text{ км/ч.}$$

При этом допущении путь разгона в интервале скоростей ΔS , м,

$$\Delta S = \frac{v_{cp} \Delta t}{3,6}, \quad (33)$$

где Δt - время разгона на соответствующем интервале, с;

$$\Delta S = \frac{3,6 \cdot 0,18}{3,6} = 0,18 \text{ с.}$$

Общий путь разгона S , м

$$S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \dots + \Delta S_n. \quad (34)$$

где ΔS - путь разгона на соответствующем интервале, м;

S_n - путь пройденный автомобилем за время переключения передач, м

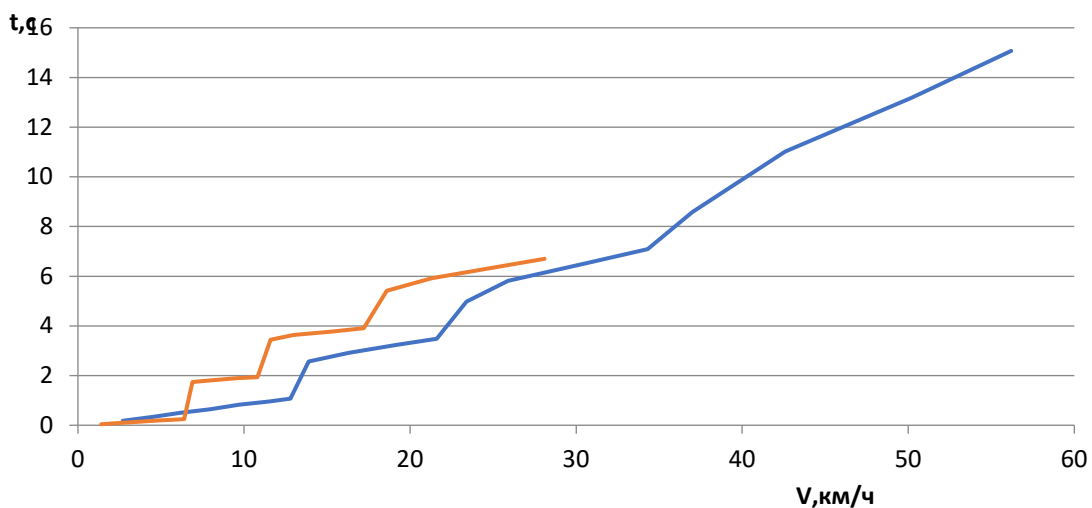
$$S_n = (v_n - 17t_n \psi) \frac{t_n}{3,6}, \quad (35)$$

где v_n - скорость в момент начала переключения передач, км/ч:

t_n - время переключения передач, с, $t_n=1,5$ с.

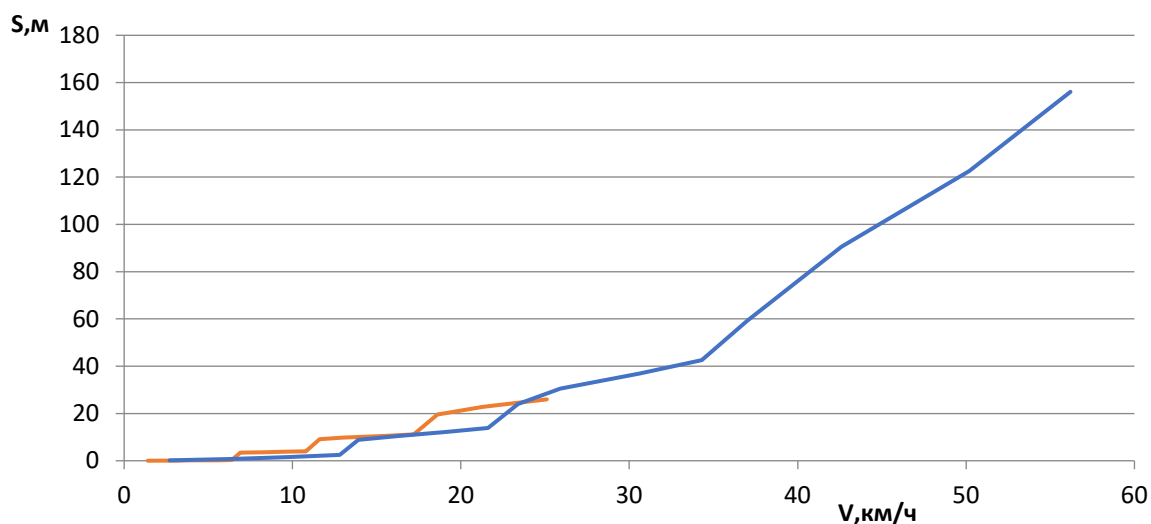
ψ - коэффициент дорожного сопротивления, $\psi = 0,03$ [3].

По результатам расчетов строим график времени и пути разгона автомобиля, рисунок 14, 15.



1 – время разгона при включении в раздаточной коробке прямой передачи; 2 – время разгона при включении в раздаточной коробке понижающей передачи

Рисунок 14 – Время разгона автомобиля



1 – путь разгона при включении в раздаточной коробке прямой передачи; 2 – путь разгона при включении в раздаточной коробке понижающей передачи

Рисунок 15 – Путь разгона автомобиля

Нагрузка на транспортное средство является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу транспортного средства, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы транспортного средства основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации колесного вездехода.

Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью вездехода и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение вездехода на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета колесного вездехода. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на транспортное средство и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет колесного вездехода является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности проектируемого вездехода на базе автомобиля УАЗ-3962.

3 Конструкторский раздел дипломного проекта

3.1 Расчёт цилиндрической передачи колёсного редуктора

Крутящий момент на ведущем валу $M_1, H \cdot м$, вычисляется по формуле по двигателю $M_{p1}^{\partial}, H \cdot м$

$$M_{p1}^{\partial} = M_{e \max} (1 - \beta) u_k \eta_z \eta_n \eta_{kn} , \quad (36)$$

по сцеплению $M_{p1}^{\varphi}, H \cdot м$

$$M_{p1}^{\varphi} = \frac{G_{cц} \cdot \varphi_{\max} \cdot r_k}{u_0} , \quad (37)$$

«Где $M_{e \max}$ - максимальный крутящий момент двигателя, $H \cdot м$,
 $M_{e \max} = 216 H \cdot м$;

β - коэффициент, учитывающий относительный затраты крутящего момента на привод вспомогательных агрегатов, принимаем $\beta = 0,1$ [4];

u_k - передаточное число до рассчитываемого узла,

$u_{k1} = 4,38 \cdot 6 = 26,28$ - при включении в раздаточной коробке прямой передачи;

$u_{k1} = 4,38 \cdot 2 \cdot 6 = 52,56$ - при включении в раздаточной коробке понижающей передачи;

$G_{cц}$ - сцепной вес вездехода, $G_{cц} = P_K^{CЦ} = 8727$

u_0 - передаточное число бортовой передачи, $u_0 = 2,5$;

$\eta_z = 0,97$ – к.п.д. зубчатой передачи [9];

$\eta_n = 0,99$ – к.п.д. пары подшипников [3];

$\eta_{kn} = 0,98$ – к.п.д. карданной передачи [3];

φ_{\max} - максимальный коэффициент сцепления с дорогой, $\varphi_{\max}=0,8$ [3];

r_k - радиус колеса, м, $r_k=0,6$ м;» [22]

$$M_{p1}^o = (216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 26,28 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,98) / 2 = 2208 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{p1}^o = (216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 52,56 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,98) / 2 = 4415 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_p^{cu} = \frac{8727 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{2,5} = 1676 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В результате, рассчитаны моменты на деталях трансмиссии.

3.2 Подбор материала для основных деталей

«Шестерни изготавливаются из материала 20ХГНМТА, подвергнута цементации на глубину 1,2...1,5 мм до твёрдости зубьев HRC 57...64, и сердцевины зубьев HRC 32...45.

Материал для валов выбираем Сталь 45Х. Термическая обработка – закалка в масле и отпуск, твёрдость по Бринеллю HB 320...340, предел прочности которой $\sigma_s=950$ МПа, а предел текучести $\sigma_T=700$ МПа

Характеристика материала 20ХГНМТА:

20% углерода, 1,5% хрома, 1,5% марганца, 1,5% никеля, 1,5% молибдена, 1,5% титана, А – высококачественная сталь.» [21], [25]

3.3 Расчёт допускаемых напряжений в цилиндрической зубчатой передаче

Определение допускаемых напряжений

Допускаемое контактное напряжение $[\sigma_H]$, МПа, вычисляется по формуле:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H \lim b}}{S_H} \cdot K_{HL}, \quad (38)$$

«Где $\sigma_{H \lim b}$ - предел контактной выносливости поверхности зубьев, МПа;

S_H - коэффициент безопасности, принимаем $S_H = 1,1$ [14];

K_{HL} - коэффициент долговечности, $1 \leq K_{HL} \leq 2,6$ принимаем $K_{HL} = 1,4$ » [14];

$$\sigma_{H \lim b} = 2 \cdot HB + 70, \quad (39)$$

$$\sigma_{H \lim b} = 2 \cdot 350 + 70 = 770 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_H] = \frac{770}{1,1} \cdot 1,4 = 980 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение на изгиб зубьев $[\sigma_F]$, МПа, вычисляется по формуле

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \lim b}}{S_F} \cdot K_{FL} \cdot K_{FC}, \quad (40)$$

«Где $\sigma_{F \lim b}$ - предел выносливости зубьев на изгиб, МПа;

S_F - коэффициент безопасности, принимаем $S_F = 1,1$ [14];

K_{FL} - коэффициент долговечности, $1 \leq K_{FL} \leq 2,6$ принимаем $K_{HL} = 1,4$ [14];

K_{FC} - коэффициент, учитывающий влияние двустороннего приложения нагрузки, принимаем $K_{FC} = 1$ » [17];

$$\sigma_{F \lim b} = 1,8 \cdot HB, \quad (41)$$

$$\sigma_{F \text{ limb}} = 1,8 \cdot 350 = 630 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_F] = \frac{630}{1,1} \cdot 1,4 \cdot 1 = 802 \text{ МПа}$$

Допускаемое максимальное контактное напряжение при перегрузке зубьев $[\sigma_H^{\max}]$, МПа, вычисляется по формуле

$$[\sigma_H^{\max}] = 2,8 \cdot \sigma_m, \quad (42)$$

«где σ_m - предел текучести материала зубьев при растяжении, принимаем $\sigma_m = 700$ МПа» [20];

$$[\sigma_H^{\max}] = 2,8 \cdot 700 = 1960 \text{ МПа}.$$

Допускаемое максимальное напряжение на изгиб зубьев при перегрузке $[\sigma_F^{\max}]$, МПа, вычисляется по формуле

$$[\sigma_F^{\max}] = 0,8 \cdot \sigma_m, \quad (43)$$

$$[\sigma_F^{\max}] = 0,8 \cdot 700 = 560 \text{ МПа}.$$

Межосевое расстояние из условия контактной прочности зубьев a_w , мм, вычисляется по формуле

$$a_w = 495 \cdot (U_k + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_1}{\psi_{ba} \cdot U_k \cdot [\sigma_H]^2}} \cdot K_{H\beta}, \quad (44)$$

«где ψ_{ba} - коэффициент ширины венца, принимаем $\psi_{ba} = 0,45$ [14];

$K_{H\beta}$ - коэффициент неравномерности распределения нагрузки, принимаем $K_{H\beta}=1,4$ » [14];

$$a_w = 495 \cdot (2,5 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1676}{0,45 \cdot 2,5 \cdot 980^2}} \cdot 1,4 = 165 \text{ мм}$$

Нормальный модуль m_n , мм, вычисляется по формуле

$$m_n = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w, \quad (45)$$

$$m_n = (0,01 \dots 0,02) \cdot 165 = 2 \dots 4 \text{ мм}$$

«Принимаем нормальный модуль из стандартного ряда, $m_n = 3$ » [14].

Суммарное число зубьев Z_Σ , вычисляется по формуле

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos \beta}{m_n}, \quad (46)$$

где β - угол наклона зубьев, град, принимаем $\beta = 0^\circ$ [14];

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot 165 \cdot \cos 0^\circ}{3} = 110.$$

Число зубьев шестерни и колеса

$$z_1 = \frac{z_\Sigma}{u_0 + 1}, \quad (47)$$

$$z_1 = \frac{110}{2,5+1} = 31,4$$

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1, \quad (48)$$

$$z_2 = 110 - 32 = 78.$$

Фактическое передаточное число передачи

$$u_{\phi} = \frac{z_2}{z_1}, \quad (49)$$

$$u_{\phi} = \frac{78}{32} = 2,45.$$

3.4 Определение геометрических размеров шестерни и колеса

Делительный диаметр шестерни d_1 , мм, вычисляется по формуле

$$d_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z_1, \quad (50)$$

$$d_1 = \frac{3}{1} \cdot 32 = 96 \text{ мм.}$$

Делительный диаметр колеса d_2 , мм, вычисляется по формуле

$$d_2 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z_2, \quad (51)$$

$$d_2 = \frac{3}{1} \cdot 78 = 234 \text{ мм.}$$

Диаметр вершин зубьев шестерни d_{a1} , мм, вычисляется по формуле

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m_n, \quad (52)$$

$$d_{a1} = 96 + 2 \cdot 3 = 102 \text{ мм.}$$

Диаметр вершин зубьев колеса d_{a2} , мм, вычисляются по формуле

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m_n, \quad (53)$$

$$d_{a2} = 234 + 2 \cdot 3 = 240 \text{ мм.}$$

Диаметр впадин зубьев шестерни d_{f1} , мм, вычисляется по формуле

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m_n, \quad (54)$$

$$d_{f1} = 96 - 2,5 \cdot 3 = 88,5 \text{ мм.}$$

Диаметр впадин зубьев колеса d_{f2} , мм, вычисляется по формуле

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m_n, \quad (55)$$

$$d_{f2} = 234 - 2,5 \cdot 3 = 226,5 \text{ мм.}$$

Ширина венца колеса b_2 , мм, вычисляется по формуле

$$b_2 = \frac{\psi_{ba} \cdot a_w}{2}, \quad (56)$$

где ψ_{ba} - коэффициент ширины венца, принимаем $\psi_{ba} = 0,45$ [14];

$$b_2 = \frac{0,45 \cdot 165}{2} = 61 \text{ мм.}$$

Ширина венца шестерни b_1 , мм, вычисляется по формуле

$$b_1 = b_2 + 4, \quad (57)$$

$$b_1 = 61 + 4 = 65 \text{ мм.}$$

3.5 Определение сил действующих в зацеплении цилиндрической передачи

Окружная сила F_{t1} , Н, вычисляется по формуле

$$F_{t1} = F_{t2} = F_t = \frac{2 \cdot M_1}{d_1}, \quad (58)$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 1676}{0,096} = 34917 \text{ Н.}$$

Радиальная сила F_r , Н, вычисляется по формуле

$$F_{r1} = F_{r2} = F_r = \frac{F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}, \quad (59)$$

где α - угол зацепления, град, принимаем $\alpha = 20^\circ$ [14];

$$F_r = \frac{34917 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 0^\circ} = 11345 \text{ Н.}$$

Осевая сила F_a , Н, вычисляется по формуле

$$F_{a1} = F_{a2} = F_r = 0 \quad (60)$$

Контактное напряжение зубьев σ_n , МПа, вычисляется по формуле

$$\sigma_n = 423 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_t(u_{ред.} + 1)K_{H\beta}K_{Hv}K_{Ha}}{d_1b_2u_{ред}}} \leq [\sigma_H] \quad (61)$$

«Где $K_{H\beta}$ - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца, $K_{H\beta}=1$;

K_{Hv} - коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку между зубьями, $K_{Hv}=1$;

K_{Ha} - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями, $K_{Ha}=1.1$;

$[\sigma_n]$ - допускаемое контактное напряжение, МПа, $[\sigma_n]=980$ МПа» [16];

$$\sigma_n = 423 \cdot \sqrt[3]{\frac{34917 \cdot (2,5 + 1) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{61 \cdot 96 \cdot 2,5}} = 787 \text{ МПа.}$$

Расчётное контактное напряжение σ_n меньше допустимого контактного напряжения $[\sigma_n]$, следовательно условие выполняется.

Изгибная прочность зубьев σ_f , МПа, вычисляется по формуле

$$\sigma_f = \frac{F_t K_{f\beta} K_{fv} \cdot Y_f}{b_2 m_n} \leq [\sigma_f], \quad (62)$$

«где $K_{f\beta}$ - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по длине зуба, $K_{f\beta}=1$ [14];

K_{fv} - коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку между зубьями, $K_{fv}=1,2$ [14];

Y_f - коэффициент, учитывающий форму зуба, $Y_f=1,3$ [20];

$[\sigma_f]$ - допускаемое напряжение на изгиб, МПа, $[\sigma_f]=802$ МПа;» [20]

$$\sigma_f = \frac{34917 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3}{61 \cdot 3} = 298 \text{ МПа.}$$

Расчётное напряжение на изгиб σ_f меньше допустимого $[\sigma_f]$, следовательно условие выполняется.

3.6 Проверка зубчатых колёс на перегрузку

Максимальное контактное напряжение зубьев σ_n^{\max} , МПа, вычисляется по формуле

$$\sigma_n^{\max} = \sigma_n \cdot \sqrt{K_{nep}} \leq [\sigma_n^{\max}], \quad (63)$$

«где K_{nep} - коэффициент перегрузки, $K_{nep}=2$ [14];

$[\sigma_n^{\max}]$ - допускаемое максимальное контактное напряжение при перегрузке зубьев, $[\sigma_n^{\max}]=1960$ МПа;» [18]

$$\sigma_n^{\max} = 787 \cdot \sqrt{2} = 1113 \text{ МПа.}$$

$\sigma_n^{\max}=1113$ МПа $<[\sigma_n^{\max}]=1960$ МПа, условие выполняется.

Максимальное напряжение на изгиб зубьев σ_F^{\max} , МПа, вычисляется по формуле

$$\sigma_F^{\max} = \sigma_F \cdot \sqrt{K_{\text{пер}}} \leq [\sigma_F^{\max}], \quad (64)$$

где $[\sigma_F^{\max}]$ - допускаемое напряжение на изгиб зубьев при перегрузке, МПа, $[\sigma_F^{\max}] = 560$ МПа;

$$\sigma_F^{\max} = 298 \cdot \sqrt{2} = 421 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_F^{\max} = 421 \text{ МПа} < [\sigma_F^{\max}] = 560 \text{ МПа,}$$

Условие прочности выполняется.

3.7 Расчёт допускаемых напряжений

Для изготовления примем Сталь 45Х.

«Термообработка – нормализация, предел прочности $\sigma_n = 650$ МПа.

При расчёте необходимо определить длину вала, плечи сил, действующих на вал. Основные размеры берём по прототипу. Схема редуктора с основными размерами представлена на рисунке 5.1» [23]

Допускаемые напряжения:

- на изгиб $[\sigma_u]$, МПа,

$$[\sigma_u] = \frac{\sigma_{-1}}{[n]K_\sigma}, \quad (65)$$

«где σ_{-1} - предел выносливости, МПа, $\sigma_{-1} = (0,40 \dots 0,45) \sigma_\sigma$, $\sigma_\sigma = 950$ МПа;

$[n]$ - коэффициент запаса прочности, $[n] = 1,5 \dots 2,5$;

K_σ - коэффициент концентрации напряжений, $K_\sigma = 2,0 \dots 3,0$ » [20];

$$[\sigma_u] = \frac{0,45 \cdot 950}{1,5 \cdot 2} = 143 \text{ МПа.}$$

$$[\tau_{кр}] = 0,5 \cdot \sigma_u \quad (66)$$

$$[\tau_{кр}] = 0,5 \cdot 143 = 71,5 \text{ МПа.}$$

Условие обеспечения прочности выполняются.

3.8 Расчёт автомобиля на устойчивость

«Комплексными показателями, являющимися для полноприводных автомобилей важнейшими характеристиками их конструктивного совершенства в части скоростных свойств и безопасности эксплуатации, является коэффициент статической поперечной устойчивости и производный от него угол бокового статического опрокидывания.

Высота центра масс гружёного автомобиля определяется по формуле (67).

Массы и центр тяжести деталей и сборочных единиц оборудования приняты по рабочим чертежам.

В общем случае высота центра тяжести сборочной единицы, собранной из деталей, определяется по формуле» [13]

$$H_{ум} = \frac{\sum h_i m_i}{\sum m_i}, \quad (67)$$

где m_i - масса i -ой детали, кг;

h_i - высота центра тяжести i -ой детали, м;

Для одной детали

$$H_{ум} = \frac{1,1 \cdot 100}{100} = 1,1 \text{ м}$$

Исходные данные для расчета на устойчивость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Данные для расчёта массы и центра тяжести навесного оборудования

Наименование элементов полной массы	Обозначение на схеме	Масса, кг
Шасси автомобиля	M_1	1300
Кузов автомобиля	M_2	600
Двигатель	M_3	100
Топливный бак	M_4	100
Водитель + пассажиры	M_5	450
Полная масса автомобиля,	M	3400
в т.ч. подрессоренная масса	M_n	2100
неподрессоренная масса	M_h	1300

Подрессоренная масса

$$M_n = M - M_h, \quad (68)$$

$$M_n = 3400 - 1300 = 2100 \text{ кг.}$$

Коэффициент неподрессоренных масс, κ_h

$$\kappa_h = \frac{M_h}{M_n}, \quad (69)$$

$$K_h = 1300/2100 = 0,61$$

Схема проверки статической поперечной устойчивости автомобиля представлены на рисунке 16

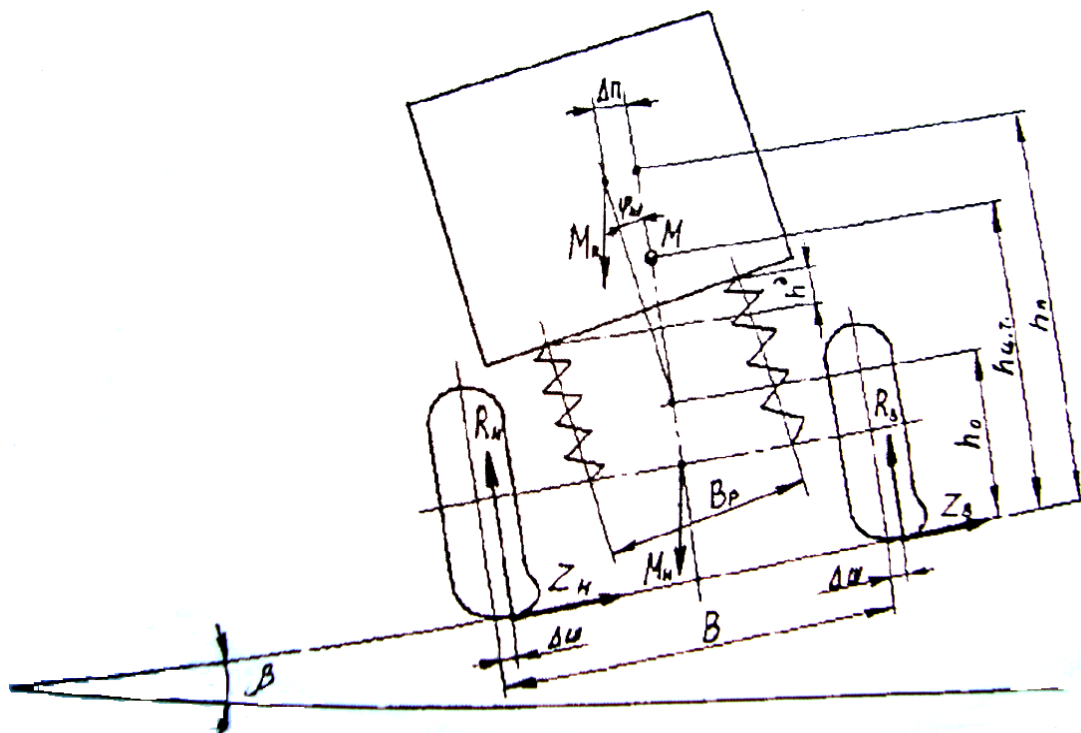


Рисунок 16 – Схема для расчёта поперечной устойчивости

«Коэффициент статической поперечной устойчивости k_{CT} и предельный угол бокового статического опрокидывания β , град., определяется по формулам» [20]

$$k_{CT} = \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{H_{ум}} \left(0,5B - \Delta_{ум} - \frac{\Delta_n}{1 + \kappa_n} \right), \quad (70)$$

«где B – ширина колеи, м, $B=2,0$ м;

$\Delta_{ум}$ – расчётная поперечная деформация шин, м, $\Delta_{ум}=0,095$;

κ_n – коэффициент неподрессоренных масс, $\kappa_n=0,61$;

Δ_n – смещение центра неподрессоренных масс вследствие поперечного крена, м;» [20]

$$\beta = \operatorname{arctg} \cdot k_{CT}, \quad (71)$$

$$\Delta_n = \varphi_{кр} (h_n - h_o), \quad (72)$$

где h_n - высота центра подрессоренных масс, $h_n=1,2$ м;

h_o - высота центра крена, $h_o=0,8$ м;

$\varphi_{кр}$ - угол крена подрессоренных масс, рад, определяется по формуле;

$$\varphi_{кр} = \arctg\left(\frac{h^D}{B_p}\right), \quad (73)$$

где h^D - «динамический ход подвески мостов, м, $h^D=0,138$ » [21];

$$\varphi_{кр} = \arctg\left(\frac{0,138}{4,6}\right) = 0,029 \text{ рад.}$$

$$\Delta_n = 0,029(1,2 - 0,8) = 0,011$$

«Расчитанные по формулам (5.63) и (5.64) значения угла крена подрессоренных масс и смещения центра подрессоренных масс, составляют соответственно $\varphi_{кр}=0,029$ рад. и $\Delta_n=0,011$ м.» [15]

$$k_{CT} = tg \beta = \frac{1}{1} (0,5 \cdot 2,0 - 0,095 - \frac{0,011}{1+0,61}) = 0,898 \text{ рад.}$$

«Расчётные величины коэффициента статической поперечной устойчивости и предельного угла бокового статического опрокидывания, определённые по формулам (5.53) и (5.54), имеют численные значения» [18]

$$k_{CT} = 0,898 > [k_{CT}], \quad (74)$$

$$\beta = 39^\circ > [\beta], \quad (75)$$

«где $[k_{cm}]$, $[\beta]$ - нормированные для автомобилей значения оценочных показателей» [21]

$$[k_{cm}] = 0,55; [\beta] = 29^\circ$$

Выполнение условий (74) и (75) свидетельствуют о том, что автомобиль с данной компоновкой, обладает необходимым запасом поперечной устойчивости.

В ходе выполнения конструкторского раздела, посвященного расчету колесного редуктора, были выполнены следующие работы.

Проведен расчет зубчатых колес на прочность и износостойкость. Определены параметры передачи, такие как модуль зубьев, число зубцов, коэффициенты профиля и др. Расчет выполнялся с учетом передаваемого момента, скорости вращения, коэффициента запаса прочности и других факторов.

Выбраны материалы для зубчатых колес и других основных деталей редуктора, учитывая их требования к прочности, износостойкости и другим механическим свойствам. При выборе материалов учитывались такие факторы, как твердость, прочность на разрыв, усталостная прочность и др.

Были определены силы, действующие между зубьями зубчатых колес, включая силы переноса нагрузки, контактное напряжение и дополнительные силы, возникающие при неравномерном нагружении. Проведен расчет для определения нагрузок на зубья и контактное напряжение.

Выполнен расчет валов редуктора на прочность и жесткость, учитывая действующие нагрузки и моменты. Определены диаметры валов, длины, углы наклона зубьев и другие параметры, необходимые для обеспечения надежной работы редуктора.

Был выполнен расчет автомобиля на устойчивость, включая определение центра тяжести, высоты центра тяжести, распределения массы и

других параметров. Расчет выполнялся с использованием соответствующих формул и методов.

В результате проведенных расчетов и анализа были сделаны следующие выводы.

- цилиндрическая передача колесного редуктора должна обеспечивать необходимую прочность и износостойкость при передаче момента и обеспечивать надежную работу редуктора;
- подобранные материалы для основных деталей редуктора должны обладать необходимыми механическими свойствами для обеспечения требуемого уровня надежности и долговечности;
- определенные силы, действующие в зацеплении цилиндрической передачи, должны быть в пределах допустимых значений для обеспечения безопасной и эффективной работы редуктора;
- расчет валов редуктора позволяет определить геометрические параметры валов, обеспечивающих их прочность и жесткость при действующих нагрузках;
- расчет автомобиля на устойчивость позволяет определить его устойчивость при различных условиях эксплуатации и обеспечить безопасность и комфортность при движении.

Таким образом, выполненные расчеты и анализ позволяют убедиться в правильности конструкторских решений, выбранных для цилиндрической передачи, основных деталей, валов и обеспечивают основу для дальнейшей разработки и создания колесного редуктора и автомобиля на его основе.

4 Разработка технологического процесса сборки трансмиссии колесного вездехода

4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку

«В технологическом разделе производится разработка технологического процесса сборки узла трансмиссии, спроектированной в конструкторском разделе дипломного проекта. Необходимо разработать последовательность выполнения сборочных работ, обозначить необходимые технические условия на проведение сборочных работ и произвести подбор необходимого технологического оборудования.» [10]

Процесс разработки технологической карты сборки трансмиссии колесного вездехода включает несколько этапов. Определена генеральная последовательность действий, которые могут быть выполнены при разработке технологической карты

В начале процесса необходимо провести анализ конструкции трансмиссии колесного вездехода. Это включает изучение чертежей, спецификаций и других технических документов, а также общее понимание работы и функций трансмиссии.

На основе анализа конструкции трансмиссии определяются все операции, которые необходимо выполнить для сборки. Это может включать установку агрегатов и узлов, соединение деталей, проведение регулировок и проверки.

Определяется последовательность выполнения операций сборки. Важно учитывать логический порядок и зависимости между операциями, чтобы обеспечить эффективность и качество сборки.

Для каждой операции необходимо определить необходимые инструменты и оборудование. Это может включать как простой слесарный инструмент, такие как ключи, отвертки, так и прессовое оборудование, измерительные инструменты и другие специализированные средства.

На этапе разработки технологических операций и переходов разрабатываются технологические процедуры для каждой операции сборки. В них указываются подробные инструкции по выполнению каждой операции, включая необходимые переходы, параметры сборки, допустимые отклонения при выполнении сборочных операций и критерии качества.

По завершении разработки технологической карты сборки происходит ее документирование, производимое в виде размещения на листе графической части.

Процесс разработки технологической карты сборки трансмиссии колесного вездехода требует внимательного анализа, планирования и оптимизации для обеспечения эффективности, качества и безопасности сборочных операций.

4.2 Технологический процесс сборки механизма трансмиссии

Разработка технологического процесса сборки трансмиссии колесного вездехода автомобиля является частью выпускной квалификационной работы, которая выносится на лист графической части в виде технологической схемы.

На проработку технологии сборки берется узел «трансмиссия колесного вездехода». В качестве исходных данных при проектировании технологии принимаются:

- сборочные чертежи трансмиссии и деталей механизма переключения передач;
- в качестве объёма производства трансмиссии принимаем количество 1000 единиц, что объясняется перспективой годового сбыта на рынке России.

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

- изделие должно иметь возможность сборки по узлам;

- все узлы могут присоединяться к базовой детали независимо друг от друга;
- работы по сборке должны иметь возможность механизации;
- все детали должны иметь инструментальную доступность, каждая из деталей по возможности должна иметь возможность без демонтажа сопутствующих, либо их число должно быть минимизировано;
- изделие должно обладать свойством контролепригодности;
- детали и сборочные единицы должны быть унифицированы;
- сборочные работы должны вестись без применения специнструмента и спецснастки.
- обеспечение расчленения его на отдельные узлы и сборочные единицы, сборка которых может иметь примерно одинаковые по длительности и по возможности однородные по технологическому содержанию этапы;
 - обеспечение свободного инструментального доступа к деталям узла.» [16]

В таблицу 12 сведем все сборочные работы, которые необходимо произвести при проведении сборочных операций по трансмиссии колесного вездехода.

Указанные в таблице работы будут использованы при разработки технологической схемы сборки.

Сборка будет производиться поэтапно, в корпус трансмиссии. Картер будет выполняться разъёмной, соединяемой болтовыми соединениями. В корпус картера трансмиссии будет помещаться собранный узел. Окончательная сборка будет произведена после размещения всех узлов.

Сборку узлов следует производить на трансмиссионном масле, оно же будет использовано для заправки агрегата после сборки. Сборка механического привода не отражается в технологической карте, поскольку подключение системы переключения передач дистанционным управлением производится после проведения всех сборочных операций. Сборочные работы приводятся в таблице 8.

Таблица 8 – Сборочные работы, производимые при сборке коробки передач

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Сборка узлов трансмиссии				
005	Сборка входного вала	1. Запрессовать в шестерню подшипник 2. Установить распорную втулку 3. Запрессовать в шестерню второй подшипник 4. Произвести запрессовку оси 5. Надеть на ось дистанционные шайбы	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	10,45
010	Сборка промежуточного вала	1. Запрессовать в шестерню подшипник 2. Установить распорную втулку 3. Запрессовать в шестерню второй подшипник 4. Произвести запрессовку оси	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	12,20
015	Сборка выходного вала	1. Запрессовать на ось подшипник 2. Установить стопорное кольцо 3. Запрессовать в шестерню второй подшипник 4. Установить стопорное кольцо	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	8,55
020	Сборка корпуса	1. Произвести запрессовку штифтов	Стенд сборочный Пресс 20т	6,32
2. Генеральная сборка трансмиссии				
025	Сборка трансмиссии с бортовыми фрикционными	1. Установить входной вал в посадочные места 2. Установить входной вал в посадочные места 3. Установить промежуточный вал в посадочные места 4. Установить втулки промежуточного вала 5. Накрутить привод на промежуточный вал и произвести его затяжку 6. Надеть вторую половину корпуса 7. Закрутить фиксирующие болты 5256- 1/13438/33 ключом на 19 8. Запрессовать манжету 9. Запрессовать установить валы привода фрикционных 10. Произвести затяжку болтов крепления цилиндров ключом на 17 11. Произвести установку и затяжку глухой крышки	Ключ на 19 Ключ на 17 Смазка – масло трансмиссионное	18,25

Продолжение таблицы 8

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
		12. Произвести установку и затяжку сквозной крышки 13. Убедится в отсутствии заеданий при вращении		
030	Присоединение трансмиссии	1. Установить прокладку на картер коробки передач 2. Установить фрикционы на картер коробки передач 3. Произвести затяжку болтов 5256-1/13438/33 4. Присоединить привод переключения передач	Ключ на 17 Ключ на 27 Смазка – масло трансмиссионное	15,25

Произведем расчет времени проведения работ по сборке трансмиссии.

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

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

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия:» [9]

$$t_{\text{опобщ}} = \Sigma t_{\text{оп}} = 64,70 \text{ мин.} \quad (76)$$

Суммарная трудоемкость сборки:

$$t_{\text{штобщ}} = t_{\text{опобщ}} + t_{\text{опобщ}} (\alpha/100 + \beta/100), \quad (77)$$

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

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

$$t_{\text{шт\textsubscript{обц}}} = 64,70 + 64,70 \cdot (3/100 + 5/100) = 64,70 + 64,70 \cdot 0,08 = 69,88 \text{ мин.}$$

Определение типа производства

Определяем тип производства, основываясь на данных о годовом объеме выпуска $N = 1000$ шт. и $t_{\text{шт\textsubscript{обц}}} = 69,88$ мин. – производство мелкосерийное.

«Для мелкосерийного производства такт выпуска определяем по формуле:

$$T_{\text{в}} = F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot m / N, \quad (78)$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимаем $F_{\text{д}} = 2030$ час.;

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

N – годовой объем выпуска.» [9]

$$T_{\text{в}} = 2030 \cdot 60 \cdot 1 / 1000 = 1218 \text{ мин.}$$

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке трансмиссии колесного вездехода на базе автомобиля УАЗ-3962. Работы производятся на специализированном стенде, расположенном на участке сборки.

Особенностью проведенных работ является то, что сборочные работы производятся с использованием специальных устройств и приспособлений, что позволяет производить сборку, обеспечив требуемое качество и точность сборочных работ.

Также в разделе выполнен расчет оперативного времени и такта производства. Расчет основывался на сформированной технологической карте, а также исходя из типа производства, определенного как мелкосерийное.

5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования

5.1 Характеристика участка сборки

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – колесного вездехода повышенной проходимости. Как любое техническое устройство, оно должно производиться на специализированном сборочном участке обученным персоналом при соблюдении норм и требований безопасности труда.

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

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

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

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам согласно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

Вентиляция на участке осуществляется естественным приточно-вытяжным способом. Циркуляция воздуха производится через вентиляционные короба, выполненные из оцинкованного стального листа. Подвод воздуха осуществляется через вентиляционные дефлекторы. Принудительная вытяжка на участках с избыточным выделением тепла и продуктов горения производится также посредством вентиляционных коробов, в качестве вентиляторов применяются роторные вентиляторы с диаметром воздуховода 250 мм.

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке. Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

5.2 Профессиональные риски, характерные для участка

Весь комплекс профессиональных рисков имеет строгую классификацию, принятую в справочной литературе и стандартах. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому сборочному участку.

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

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

- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

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

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

- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

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

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

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

- факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой

деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [23]

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

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23]

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

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

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

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

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

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;

- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

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

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

[12]

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

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

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

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

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

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

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

– отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

– повышенная яркость света;

– пониженная световая и цветовая контрастность;

– прямая и отраженная блескость;

– повышенная пульсация светового потока» [12]

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

– на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

– нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

– на статические, связанные с рабочей позой;

– динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

– динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

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

[12]

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

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [23]

Характерные для рассматриваемого сборочного участка профессиональные риски являются общими для большинства промышленных предприятий отрасли автомобилестроения. Следовательно, нейтрализация этих факторов возможна при условии применения СИЗ, применяемых на предприятиях промышленного производства. Рекомендации по применению СИЗ в соответствии с фактором опасности приведены в таблице 1.

5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих

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

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;

- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

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

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;
- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 9.

Таблица 9 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 9

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве

Продолжение таблицы 9

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

«Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных

рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.» [23]

5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 10 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 10 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>«А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]</p>	<p>«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]</p>	<p>«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]</p>
<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.» [12]</p>
<p>«С - горение газообразных горючих веществ» [12]</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]</p>

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

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

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

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

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

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

- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

Разработанные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны дополняться средствами пожарного оповещения и средствами первичного пожаротушения. Для каждой из рабочих зон участка необходимо проектирование системы оповещения персонала, а также разработка плана эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации и плана размещения информационных табличек и извещателей.

5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка

Рассматриваемый в рамках дипломного проектирования сборочный участок не является субъектом промышленного производства, чья деятельность представляет опасность для окружающей среды. Но отходы, которые образуются в процессе сборки транспортного средства, могут представлять определенную угрозу для окружающей среды и людей, при условиях неправильной их утилизации или при неправильной организации складирования отходов производства. Для сборочного производства в целом характерным является определенный набор факторов общего характера, представляющих угрозу безопасности окружающей среды:

- обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;
- смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;
- пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;
- обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

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

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- отдельный сбор металлических и неметаллических отходов, сортировка мусора на участке;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта

6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности

В экономическом разделе дипломного проекта производится анализ деятельности сборочного участка и рассчитывается стоимость нормо-часа работы данного участка. Выбор обусловлен тем, что расчёт самой конструкции транспортного средства в рамках производимой разработки является объёмным и сложным, по своим параметрам, значительно выходящим за границы, обозначенные в рамках дипломного проектирования. Вместе с тем, расчет себестоимости нормо-часа сборочного участка позволит оценить стоимость произведенного изделия, поскольку сборочные работы составляют наиболее значительную часть полной себестоимости изделия.

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенным необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

На участке работает персонал, имеющий квалификацию слесаря-сборщика. Поскольку на участке сборка производится по циклу единичного и мелкосерийного производства, требуется наличие слесарей высокой квалификации, способных выполнять работы различного спектра. В соответствии с этими требованиями, квалификация слесарей – V или VI разряда.

Исходя из приведенных исходных данных, необходимо выполнить расчет себестоимости нормо-часа работы сборочного цеха.

6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой

частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Кол-во	Норма отчислений %	Отчисления, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	ЭМП-2500	350 000,00	3	14,30	150 150,00
Транспортировочная тележка	Реммаш	25 500,00	1	11,00	2 805,00
Стапель сборочный	самоизг.	600 000,00	2	6,30	75 600,00
Кран-балка	ЭК-1000	50 000,00	1	14,30	7 150,00
Стол сварочный	ЭЛПром	112 000,00	1	3,20	3 584,00
Аппарат сварочный TIG	Сварог-2100	210 000,00	1	16,00	33 600,00
Станок вертикально-сверлильный	К-310	42 000,00	1	14,30	6 006,00
Станок токарный	16К20	1 400 000,00	1	8,20	114 800,00
Станок фрезерный	Jet JMD-26X2	1 900 000,00	1	8,20	155 800,00
Кран-тележка передвижной	КС-1500	60 000,00	1	14,30	8 580,00
Стеллаж	б/н	12 000,00	6	3,20	2 304,00
Верстак слесарный	б/н	25 000,00	6	3,20	4 800,00
Тумба инструментальная	ТМ-600	32 000,00	6	5,50	10 560,00
Контейнер	б/н	6 500,00	1	5,00	325,00
ИТОГО					576 064,00

В таблице 1 рассчитанная общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 79.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * N_a}{100}, \quad (79)$$

где $S_{пл}$ – площадь сборочного участка, $S_{пл} = 320 \text{ м}^2$;

$Ц_{пл}$ – кадастровая цена одного квадратного метра площади помещения, $Ц_{пл} = 5500 \text{ руб}$;

N_a – норма амортизации площадей помещения, $N_a = 2,5\%$.

$$A_{пл} = \frac{171 * 4000 * 2,5}{100} = 17100 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергией, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 80. Расчет сведен в таблицу 12.

$$P_{э} = \frac{M_d * T * K_o * K_m * K_v * K_p * C_{эл}}{\eta * 60}, \quad (80)$$

«где M_d – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

T – годовой фонд времени работы участка, $T = 2030 \text{ ч}$;

K_o – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка $K_o = 0,4$;

K_m – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем $K_m = 0,7$;

K_v – коэффициент загрузки двигателей по времени, принимаем $K_v = 0,35$;

K_p – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_p = 1,05$;

$C_э$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_э = 4,56$ руб;

η – КПД двигателей оборудования участка, $\eta = 0,75$.» [20]

Таблица 12 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	K_v	η	Сумма затрат, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	2,5	3	0,85	0,10	0,75	3 304,68
Кран-балка	0,35	1	0,75	0,10	0,75	136,07
Аппарат сварочный TIG	5,5	1	0,80	0,35	0,85	7 043,88
Станок вертикально-сверлильный	2,5	1	0,60	0,45	0,75	3 499,07
Станок токарный	12	1	0,60	0,70	0,70	27 992,56
Станок фрезерный	10,5	1	0,75	0,70	0,70	30 616,87
ИТОГО						72 593,13

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 81.

$$P_{св} = (M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot K_v \cdot K_p \cdot C_э) / \eta, \quad (81)$$

где $M_{св}$ – мощность светильника, $M_{св} = 95$ Вт;

n – количество светильников на участке, $n = 60$;

T – годовой фонд времени работы светильников, $T = 2440$ ч;

Код – коэффициент одновременной работы светильников, Код = 0,85;

K_v – коэффициент времени работы освещения, принимаем $K_v = 0,75$;

K_p – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_p = 1,05$;

$C_э$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_э = 4,56$ руб;

η – КПД светильников, $\eta = 0,75$.

$$P_{св} = \frac{0,095 \cdot 60 \cdot 2440 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 4,56}{0,75} = 56602,78 \text{ руб}$$

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 82.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (82)$$

$$P = 72593,13 + 56602,78 = 18846,29 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы на сборочном участке зависит от нескольких факторов. Ключевым является количество произведенной продукции, которое определяет объем работы и, соответственно, количество отработанных часов. Для начала необходимо определить базовую ставку заработной платы. Обычно она определяется исходя из минимальной зарплаты в регионе, учитывая опыт и квалификацию работника. Затем к этой ставке добавляется премия за выполненный объем работы, которая может составлять до 50% от базовой ставки.

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 13. Расчет выполняется по формуле 83.

$$\text{Озп} = \text{Ст} \cdot \text{Т} \cdot \left(1 + \frac{\text{Дп}}{100}\right),$$

где Ст – тарифная ставка, в соответствии с разрядом, руб;

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

Квалификация работника	Число работников, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь по сборке автотранспортных средств, V разряда	6	300,00	1840	690 000,00
Слесарь по сборке автотранспортных средств, VI разряда	6	337,50	1840	776 250,00
Мастер участка	2	355,00	1840	816 500,00
ИТОГО				2 282 750,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 84.

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд}/100, \quad (84)$$

где Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.

$$\text{Дзп} = 2282750 \cdot \frac{8}{100} = 182\,620 \text{ руб}$$

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле 85.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (85)$$

где $K_{\text{соц}}$ – норма отчислений на страховые взносы, $K_{\text{соц}} = 0,3$.

$$O_{\text{ФМС}} = (2282750 + 182620) \cdot 0,3 = 739611,00 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (86)$$

$$O_{\text{т}} = 2282750 + 182620 + 739611 = 3\,204\,981 \text{ руб}$$

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Обтирочные материалы, кг	60	125,00	7 500,00
Обезжириватель, л	25	200,00	5 000,00

Продолжение таблицы 14

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Консистентная смазка, кг	20	350,00	7 000,00
Жидкая смазка, кг	35	400,00	14 000,00
Абразивные материалы, кг	12	310,00	3 720,00
Проволока сварочная, кг	65	250,00	16 250,00
Круги абразивные зачистные, шт	450	110,00	49 500,00
Круги абразивные отрезные, шт	600	75,00	45 000,00
Фторопласт, кг	120	210,00	25 200,00
Черный металл, кг	850	90,00	76 500,00
Вода технологическая, м3	350	3,20	1 120,00
Прокладочный материал, м2	20	1 250,00	25 000,00
ИТОГО			275 790,00

Также при расчете себестоимости нормо-часа следует учитывать величину накладных расходов. Для сборочного участка принимаем величину накладных расходов в размере 125% от затрат на оплату труда.

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (87)$$

$$Н_p = 1,25 \cdot 3\,204\,981 = 4\,006\,226,25 \text{ руб}$$

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма
Амортизационные отчисления на оборудование	576 064,00
Амортизационные отчисления на площадь	17 100,00
Общие затраты на электроэнергию	18 846,29
Затраты на оплату труда	3 204 981,00
Стоимость расходных материалов	275 790,00
Накладные расходы	4 006 226,25
ИТОГО	8 099 007,54

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 88.

$$Снч = Собщ / Туч, \quad (88)$$

где Собщ – сумма общих затрат на участке, руб

Туч – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

$$Снч = 8\,099\,007,54 / 45\,800 = 176,83 \text{ руб}$$

Результатом выполнения раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

Заключение

В первом разделе дипломного проекта произведен краткий обзор возможности создания колесного вездехода на базе автомобиля УАЗ-3962. В ходе анализа конструкторских решений конструкции колесного вездехода были рассмотрены основные составляющие и элементы, влияющие на его проходимость, маневренность и функциональность. Были изучены такие аспекты как рама, колеса и шины, подвеска, система привода, кабина и управление, а также дополнительное оборудование.

Рама является основой конструкции вездехода и обеспечивает прочность и устойчивость. Она может быть изготовлена из стальных или алюминиевых сплавов для достижения оптимального соотношения прочности и веса. Колеса и шины играют важную роль в проходимости вездехода. Ширина, диаметр и протектор шин влияют на сцепление с различными поверхностями и проходимость. Подвеска выполняет функцию амортизатора и обеспечивает комфорт и устойчивость при движении. Различные типы подвесок могут быть использованы в зависимости от требований к проходимости и комфорту. Система привода включает двигатель, трансмиссию и передаточные механизмы, передающие мощность на колеса. Различные колесные формулы, такие как 4x4, 6x6 или 8x8, определяют способность вездехода преодолевать сложную местность.

Кабина и управление обеспечивают комфорт и безопасность оператора и пассажиров. Они могут быть оборудованы современными системами управления и комфорта для облегчения работы и повышения эффективности. Дополнительное оборудование, такое как лебедки, подъемные механизмы и системы безопасности, может быть установлено для расширения функциональности вездехода и улучшения его возможностей в различных задачах.

В разделе разработки кинематической схемы вездехода было предложено использование приводных осей для передней, средней и задней

осей, а также соответствующих механизмов передачи движения, таких как распределительные коробки передач и межосевые блоки. Это позволяет создать вездеход бхб с повышенной проходимостью и маневренностью.

Выбор основных механизмов трансмиссии, таких как распределительные коробки передач, межосевые блоки, приводные валы и дифференциалы, основывается на требованиях к проходимости, маневренности и надежности в различных условиях эксплуатации.

Таким образом, анализ конструкторских решений конструкции колесного вездехода, разработка кинематической схемы и выбор основных механизмов трансмиссии вездехода являются важными этапами в процессе создания надежного и эффективного транспортного средства для передвижения в сложных условиях.

Нагрузка на транспортное средство является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу транспортного средства, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы транспортного средства основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации колесного вездехода.

Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью вездехода и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение вездехода на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета колесного вездехода. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на транспортное средство и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет колесного вездехода является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности проектируемого вездехода на базе автомобиля УАЗ-3962.

В ходе выполнения конструкторского раздела, посвященного расчету колесного редуктора, были выполнены следующие работы.

Проведен расчет зубчатых колес на прочность и износостойкость. Определены параметры передачи, такие как модуль зубьев, число зубцов, коэффициенты профиля и др. Расчет выполнялся с учетом передаваемого момента, скорости вращения, коэффициента запаса прочности и других факторов.

Выбраны материалы для зубчатых колес и других основных деталей редуктора, учитывая их требования к прочности, износостойкости и другим механическим свойствам. При выборе материалов учитывались такие факторы, как твердость, прочность на разрыв, усталостная прочность и др.

Были определены силы, действующие между зубьями зубчатых колес, включая силы переноса нагрузки, контактное напряжение и дополнительные силы, возникающие при неравномерном нагружении. Проведен расчет для определения нагрузок на зубья и контактное напряжение.

Выполнен расчет валов редуктора на прочность и жесткость, учитывая действующие нагрузки и моменты. Определены диаметры валов, длины, углы наклона зубьев и другие параметры, необходимые для обеспечения надежной работы редуктора.

Был выполнен расчет автомобиля на устойчивость, включая определение центра тяжести, высоты центра тяжести, распределения массы и других параметров. Расчет выполнялся с использованием соответствующих формул и методов.

В результате проведенных расчетов и анализа были сделаны следующие выводы.

- цилиндрическая передача колесного редуктора должна обеспечивать необходимую прочность и износостойкость при передаче момента и обеспечивать надежную работу редуктора;

- подобранные материалы для основных деталей редуктора должны обладать необходимыми механическими свойствами для обеспечения требуемого уровня надежности и долговечности;

- определенные силы, действующие в зацеплении цилиндрической передачи, должны быть в пределах допустимых значений для обеспечения безопасной и эффективной работы редуктора;

- расчет валов редуктора позволяет определить геометрические параметры валов, обеспечивающих их прочность и жесткость при действующих нагрузках;

- расчет автомобиля на устойчивость позволяет определить его устойчивость при различных условиях эксплуатации и обеспечить безопасность и комфортность при движении.

Таким образом, выполненные расчеты и анализ позволяют убедиться в правильности конструкторских решений, выбранных для цилиндрической передачи, основных деталей, валов и обеспечивают основу для дальнейшей разработки и создания колесного редуктора и автомобиля на его основе.

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке трансмиссии колесного вездехода на базе автомобиля УАЗ-3962. Работы производятся на специализированном стенде, расположенном на участке сборки.

Особенностью проведенных работ является то, что сборочные работы производятся с использованием специальных устройств и приспособлений, что позволяет производить сборку, обеспечив требуемое качество и точность сборочных работ.

Также в разделе выполнен расчет оперативного времени и такта производства. Расчет основывался на сформированной технологической карте, а также исходя из типа производства, определенного как мелкосерийное.

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих.

Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду.

Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

Результатом выполнения экономического раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

На основании изложенного, можно сделать вывод о достижении целей, поставленных в ходе выполнения дипломного проекта.

Список используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

22.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021.– 350 с.

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

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

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