

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 дискового вариатора для автомобиля ГАЗ-3302

Обучающийся

Ю.А. Букреев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

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

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка дискового вариатора для автомобиля ГАЗ-3302».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования не только к эргономике органов управления, но и к системам трансмиссии, облегчающих управление транспортным средством. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы трансмиссии. Для автомобилей, задействованных в развозке это также влияет на работу водителя, поскольку движение в условиях городского трафика подразумевает активную работу коробкой передач и сцеплением.

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 дискового вариатора для автомобиля ГАЗ-3302 на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции трансмиссии, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается узел, силовые и прочностные расчеты узла и его элементов, разработка технологического процесса изготовления узла, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция дискового вариатора обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с агрегатами, используемыми в конструкции грузовых автомобилей малого класса в настоящее время. Внедрение

конструкции в серийные транспортные средства не только позволит повысить их эксплуатационные качества, но и сформировать определенные конкурентные преимущества во всей продуктовой линейке автомобилей данного класса, производимых на территории России.

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 серийного производства и использована на серийных автомобилях.

Annotation

A graduation project on the topic "Development of a disk variator for the GAZ-3302" was presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands not only on the ergonomics of controls, but also on transmission systems that facilitate vehicle control. This requires the use of new types of units and assemblies operating on other mechanical principles than traditional transmission units. For vehicles involved in delivery, this also affects the work of the driver, since driving in urban traffic requires active operation of the gearbox and clutch.

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.

The purpose of the diploma project is to develop a disk variator for the GAZ-3302 car at the level of a technical project.

Logically, the structure of the diploma project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions in the design of the transmission, traction calculation of the vehicle for which the unit is being developed, power and strength calculations of the unit and its elements, development of the technological process for manufacturing the unit, development of safe working conditions on site and economic justification for the effectiveness of the project.

The design of the disc variator developed within the framework of the graduation project has significantly higher performance characteristics in comparison with the units used in the design of small trucks at the present time. The introduction of the design into mass-produced vehicles will not only improve their performance, but also create certain competitive advantages in the entire product line of vehicles of this class produced in Russia.

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. The developed design can be implemented as part of mass production and used on mass-produced vehicles.

Содержание

Введение	8
1 Технический и конструкторский анализ объекта разработки	10
1.1 Анализ преимуществ и недостатков систем бесступенчатых трансмиссий	10
1.2 Анализ конструкций бесступенчатых трансмиссий	18
1.3 Анализ конструкции трансмиссий с многодисковыми фрикционными роликами	27
2 Расчет тяговых характеристик автомобиля	34
2.1 Исходные данные для расчета	34
2.2 Определение передаточных чисел трансмиссии	44
2.3 Расчет тяговой характеристики	47
2.4 Расчет динамической характеристики автомобиля	48
2.5 Расчет характеристик разгона автомобиля	50
2.6 Расчет мощностного баланса автомобиля	55
2.7 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля	57
2.8 Расчет тормозного и остановочного пути	59
3 Конструкторский раздел дипломного проекта	62
3.1 Разработка схемы трансмиссии автомобиля	62
3.2 Расчеты дискового вариатора	67
4 Разработка технологического процесса сборки	73
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	78
5.1 Характеристика участка сборки	78
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка	80
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	84
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	88

5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	91
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	93
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	93
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	94
Заключение	103
Список используемых источников	108

Введение

Автомобильные вариаторы сегодня являются одним из наиболее востребованных элементов трансмиссии в современных автомобилях. Они обеспечивают бесступенчатое изменение передаточного отношения, что позволяет достичь оптимального соотношения мощности и экономичности двигателя, а также повысить комфорт и плавность перемещения автомобиля.

Бесступенчатые трансмиссии, такие как вариаторы, могут быть реализованы различными способами. Один из наиболее распространенных типов – это дисковые вариаторы, которые используют набор дисков и ремней или цепей для изменения передаточного отношения. Дисковые вариаторы обеспечивают высокую эффективность, плавные переключения и надежность работы.

Бесступенчатые трансмиссии также позволяют автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям движения, таким как скорость, нагрузка и тип дороги. Это позволяет оптимально использовать мощность двигателя и повышать экономичность, особенно в городской езде и при скоростях переменного характера.

При использовании бесступенчатых трансмиссий, включая вариаторы, автомобиль может быть более эффективным и экономичным, что имеет большое значение с учетом растущих требований к экологической безопасности и сокращения потребления топлива. В данном дипломном проекте предлагается разработка дискового вариатора для автомобиля ГАЗ-3302. ГАЗ-3302 является широко распространенным коммерческим автомобилем, используемым для перевозки грузов и пассажиров. Однако, у этого автомобиля имеется традиционная механическая коробка передач, что ограничивает его эксплуатационные возможности и эффективность.

Вариатор является прогрессивным решением, позволяющим преодолеть ограничения традиционных коробок передач и обеспечить более эффективное использование мощности двигателя автомобиля ГАЗ-3302. Дисковый

вариатор является одним из наиболее продвинутых типов вариаторов, обладающих высокой эффективностью и надежностью.

Целью данного дипломного проекта является разработка дискового вариатора для автомобиля ГАЗ-3302, который позволит повысить эксплуатационные характеристики автомобиля, улучшить его динамические свойства и экономичность. Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучение основных принципов работы вариаторов и анализ существующих конструкций дисковых вариаторов;
- разработка концепции дискового вариатора для автомобиля ГАЗ-3302, учитывая специфические требования и ограничения данного автомобиля;
- создание математической модели вариатора и проведение компьютерного моделирования для определения оптимальных параметров и характеристик вариатора;
- разработка конструкции дискового вариатора, включая выбор материалов, размеров и формы дисков, а также механизмов регулирования передаточного отношения;
- изготовление прототипа вариатора и его испытание на специализированном стенде для проверки работоспособности и эффективности разработанного решения;
- анализ полученных результатов и определение перспективности применения разработанного дискового вариатора в автомобиле ГАЗ-3302.

Результаты данного дипломного проекта могут быть использованы для дальнейшей разработки и внедрения дискового вариатора в промышленном масштабе. Этот проект имеет практическую значимость, так как позволяет улучшить характеристики и эффективность автомобиля ГАЗ-3302, а также внести вклад в развитие автомобильной индустрии.

1 Технический и конструкторский анализ объекта разработки

1.1 Анализ преимуществ и недостатков систем бесступенчатых трансмиссий

Коробка передач является неотъемлемой частью автомобильной трансмиссии и выполняет важные функции, связанные с передачей мощности от двигателя к приводным колесам автомобиля. Ее наличие на автомобиле обусловлено рядом функций, без которых работа самого автомобиля становится невозможной.

Главная функция коробки передач - передача и адаптация мощности, создаваемой двигателем, к приводным колесам автомобиля. Она позволяет эффективно использовать мощность двигателя в широком диапазоне скоростей.

Коробка передач позволяет изменять передаточное отношение между двигателем и колесами, что влияет на скорость и крутящий момент автомобиля. Благодаря этому, автомобиль может развивать высокую скорость на прямых участках дороги и обеспечивать достаточную мощность при подъемах или перевозке грузов.

Коробка передач позволяет водителю изменять скорость автомобиля в зависимости от условий дорожного движения и своих потребностей. Также она влияет на управляемость автомобиля, позволяя выбирать передачу для улучшения маневренности или повышения тяги на колесах в сложных дорожных условиях. Благодаря наличию коробки передач, двигатель может работать в оптимальном диапазоне оборотов, что обеспечивает оптимальный крутящий момент, соответствующий дорожным условиям и экономию топлива. Коробка передач может для автомобилей конструироваться таким образом, чтобы использовать максимальный запас мощности и крутящего двигателя на различных скоростях движения.

Коробка передач также предоставляет возможность переключения в режимы заднего хода и парковки, что обеспечивает безопасное маневрирование автомобилем в различных ситуациях. Это особенно важно для автомобиля,

поскольку в силу его массо-габаритных характеристик он не может обходиться без возможности движения задним ходом, например при маневрировании при погрузочно-разгрузочных операциях или при парковке.

На рисунке 1 представлена классификация различных типов коробок передач, в зависимости от их конструкции.



Рисунок 1 – Классификация конструкций коробок передач

Изменение тяговой силы на колесах автомобиля происходит при использовании коробки передач путем изменения передаточного отношения между двигателем и приводными колесами. Коробка передач обеспечивает возможность выбора оптимальной передачи, чтобы адаптировать мощность двигателя к различным условиям движения.

При низкой скорости и требующей большого крутящего момента, например, при начале движения или подъеме, используется низкая передача (передача с большим передаточным отношением).

Это позволяет увеличить крутящий момент на колесах и обеспечить максимальную тягу для преодоления сопротивления трения и гравитации.

При развитии скорости и достижении определенного уровня, водитель может переключить на более высокую передачу (передачу с меньшим передаточным отношением).

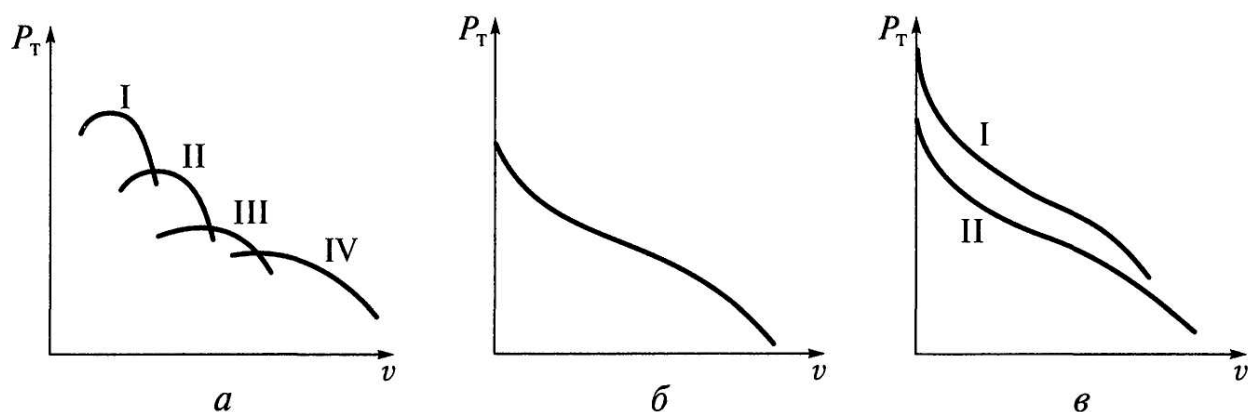
Это позволяет увеличить скорость автомобиля при более высоких оборотах двигателя и экономично использовать его мощность.

В зависимости от условий движения и требуемой производительности, водитель может выбирать различные передачи для достижения оптимальных характеристик автомобиля.

Коробки передач обычно имеют несколько передач вперед и различные схемы переключения, включая ручные и автоматические системы, которые позволяют водителю выбирать наиболее подходящую передачу в зависимости от текущих условий езды.

Таким образом, использование коробки передач позволяет регулировать тяговую силу на колесах и адаптировать работу двигателя к различным условиям движения. Это позволяет повысить эффективность и производительность автомобиля, а также обеспечить комфорт и безопасность водителя и пассажиров.

Зависимость тяговых усилий на колесах транспортного средства в зависимости от конструкции коробки передач представлена на рисунке 2.



а – механическая коробка передач; б – бесступенчатая коробка передач; в – гидромеханическая коробка передач
I - IV - передачи; P_m - тяговая сила на ведущих колесах автомобиля; v - скорость автомобиля

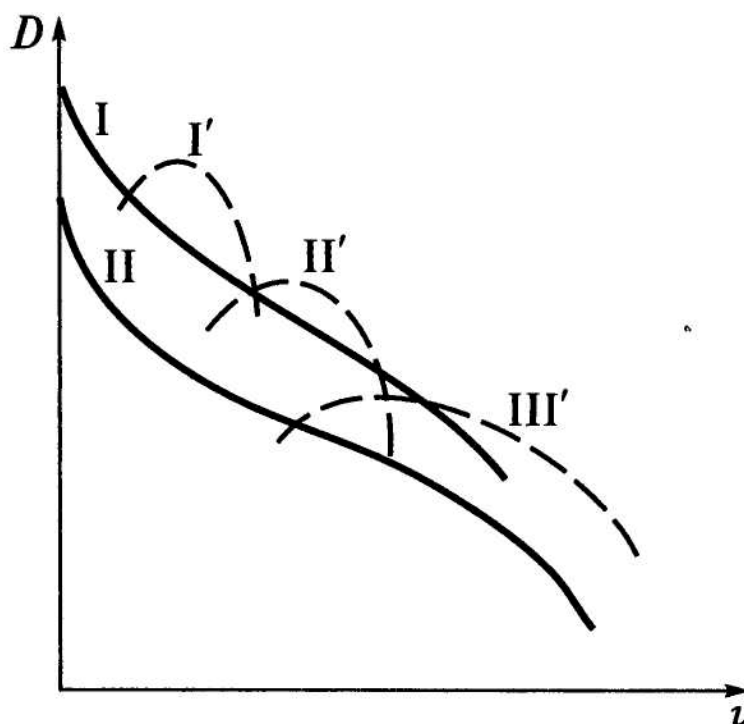
Рисунок 2 – Тяговые характеристики на колесах автомобилей в зависимости от типа коробки передач

Система ступенчатой коробки передач состоит из набора зубчатых шестерен, которые позволяют выбирать различные передачи для регулировки передаточного отношения между двигателем и приводными колесами автомобиля. Процесс работы ступенчатой коробки передач включает несколько этапов. Перед началом движения, водитель нажимает на педаль сцепления, что приводит к разъединению двигателя и коробки передач. Это позволяет безопасно выбирать и переключать передачи без воздействия на двигатель. Водитель выбирает необходимую передачу в зависимости от условий дороги, скорости и требуемой производительности. Это может быть выполнено путем перемещения рычага переключения передач или с помощью кнопок/рычагов в случае автоматической коробки передач. Когда водитель переключает передачу, система коробки передач использует механизмы сцепления и зубчатые шестерни для фиксации выбранной передачи. При переключении передачи одна передача отключается, а другая включается, что позволяет изменять передаточное отношение. После выбора и переключения передачи, водитель отпускает педаль сцепления, и мощность двигателя передается на приводные колеса через выбранную передачу. Сцепление между двигателем и коробкой передач позволяет передаче мощности без проскальзывания. В зависимости от передачи, передаточное отношение может быть изменено, что влияет на скорость вращения приводных колес и крутящий момент. Низкие передачи, такие как первая или вторая, обеспечивают большой крутящий момент для старта и подъемов, а более высокие передачи, такие как пятая или шестая, обеспечивают большую скорость на прямых участках дороги.

Эти этапы повторяются в зависимости от потребностей водителя и условий движения, что позволяет эффективно использовать мощность двигателя и обеспечивает приведение в действие автомобиля в соответствии с требуемыми параметрами скорости и маневренности.

«В неавтоматических коробках передач переключение передач осуществляется водителем вручную при помощи рычага переключения, расположенного на коробке передач или на рулевой колонке. В

полуавтоматических коробках передач выбор необходимой передачи осуществляется водителем, а включение передачи производится автоматически. В автоматических коробках передач переключение передач происходит автоматически без участия водителя и в зависимости от условий движения.» [14]



I, II – передачи вариатора; I¹, II¹, III¹ – передачи механической КП (коробка передач)

Рисунок 3 – Динамическая характеристика автомобиля с бесступенчатой и ступенчатой трансмиссиями

«Из рисунка 3 видно, что значения тяговой силы на ведущих колесах, динамического фактора по тяге и ускорений разгона автомобиля с вариатором несколько меньше, чем у автомобиля с механической коробкой передач. Это объясняется тем, что КПД вариатора непостоянен и имеет малое значение в большом диапазоне угловых скоростей, т.е. его средний КПД меньше, чем у механической коробки передач. Таким образом, тягово-скоростные свойства автомобиля с вариатором несколько хуже, чем у автомобиля с механической коробкой передач.» [14]

Гидромеханическая коробка передач (ГМКП) представляет собой тип автоматической коробки передач, которая использует комбинацию гидравлических и механических систем для изменения передаточного отношения.

В основе функционирования ГМКП лежит гидравлическая система, которая использует жидкость под давлением для перемещения гидравлических актуаторов и управления передачами. Жидкость передвигается через специальные каналы и клапаны, контролируя актуаторы, связанные с переключением передач.

В ГМКП применяется торцовый гидротрансформатор, который является главным компонентом гидравлической системы. Он состоит из трех основных элементов: насосной части, турбины и статора. Торцовый гидротрансформатор обеспечивает гидродинамическую связь между двигателем и коробкой передач, преобразуя и передавая крутящий момент от двигателя к передачам.

Гидравлическая система в ГМКП сочетается с механической системой, которая включает в себя зубчатые шестерни, фрикционные муфты и блокировки для переключения передач. Механическая система обеспечивает фиксацию передач и передачу мощности от торцового гидротрансформатора к приводным колесам автомобиля.

Управление ГМКП осуществляется электронным контроллером, который отслеживает скорость автомобиля, нагрузку, положение педали газа и другие параметры. Контроллер использует информацию от датчиков и алгоритмы для определения наиболее оптимального передаточного отношения и контроля переключения передач в соответствии с требованиями водителя и текущими условиями движения.

Переключение передач в ГМКП происходит автоматически, без необходимости вмешательства водителя. Гидравлическая система и механические компоненты контролируются контроллером, который активирует соответствующие клапаны и актуаторы для фиксации и переключения передач в зависимости от скорости и нагрузки автомобиля.

Одна из особенностей ГМКП - плавное переключение передач, которое достигается благодаря гидравлической системе и управлению контроллером. Это

обеспечивает комфорт и плавность при переключении передач, минимизируя рывки и потерю мощности.

Таким образом, гидромеханическая коробка передач объединяет гидравлические и механические системы для автоматического переключения передач, обеспечивая комфортное и эффективное функционирование автомобильной трансмиссии.

«Бесступенчатую трансмиссию (CVT) или, другими словами, вариатор на современных автомобилях стали применять сравнительно недавно. Такой вид передачи крутящего момента уже долгое время используется в промышленном оборудовании (конвейерах, станках), а также рекреационной технике (скутерах, квадроциклах, снегоходах и т.д.)» [1]

В автомобильной технике существует несколько видов вариаторов, которые используются для обеспечения бесступенчатой трансмиссии и плавного изменения передаточного отношения. Наиболее распространенными видами вариаторов являются.

Ременный вариатор. В этом типе вариатора используется набор металлических или кевларовых ремней, которые между собой соединены шкивами. Изменение передаточного отношения происходит путем изменения диаметра шкива, что позволяет плавно и бесступенчато изменять передачу и обеспечивать оптимальное соотношение мощности и экономичности.

Цепной вариатор. В цепном вариаторе передаточное отношение регулируется с помощью двух металлических цепей, которые переключаются между зубчатыми шестернями. Цепной вариатор обеспечивает высокую надежность и долговечность, а также плавное и бесступенчатое изменение передачи.

Планетарный вариатор. Планетарный вариатор состоит из системы планетарных шестерен, которые соединены с входным и выходным валами. Путем изменения соотношения вращения шестерен можно изменять передаточное отношение. Планетарные вариаторы обладают компактностью и эффективностью в передаче мощности.

Это лишь несколько примеров видов вариаторов, используемых в автомобилях. Каждый вид вариатора имеет свои особенности, преимущества и применение в зависимости от конкретной модели и типа автомобиля. Однако цель всех вариаторов одна - обеспечить бесступенчатое и плавное изменение передаточного отношения для повышения эффективности двигателя и комфорта вождения.

CVT (Continuous Variable Transmission) или бесступенчатая трансмиссия - это тип вариатора, который позволяет бесступенчато изменять передаточное отношение между двигателем и приводными колесами автомобиля. Работа CVT основана на использовании ремня или цепи, которые соединяют два шкива или пулемета различного диаметра.

Входной шкив вращается вместе с двигателем и имеет переменный диаметр. Он связан с двигателем через механическую связь или гидротрансформатор. При увеличении диаметра входного шкива, ремень или цепь смещаются к внешнему краю шкива, увеличивая передаточное отношение.

Выходной шкив также имеет переменный диаметр и связан с приводными колесами автомобиля. Он находится в взаимодействии с ремнем или цепью, соединенными с входным шкивом. При увеличении диаметра выходного шкива, ремень или цепь смещаются к внешнему краю шкива, увеличивая передаточное отношение.

CVT также включает в себя регуляторную систему, которая контролирует диаметры входного и выходного шкивов в зависимости от требуемых параметров скорости и нагрузки. Эта система может использовать гидравлические актуаторы, механические механизмы или электронное управление для изменения диаметров шкивов.

Во время движения, CVT позволяет непрерывно и плавно изменять передаточное отношение, основываясь на требуемой скорости и нагрузке. Путем увеличения или уменьшения диаметров входного и выходного шкивов,

CVT может подобрать наилучшее передаточное отношение для оптимальной производительности и экономии топлива.

Преимущества CVT включают бесступенчатое переключение передач, плавность и комфорт вождения, большую эффективность и экономию топлива. Однако, некоторые недостатки CVT могут включать ограничения по максимальной мощности и возможность потери эффективности на высоких скоростях.

В целом, CVT является инновационным решением в области автомобильных трансмиссий, обеспечивая гладкое и эффективное изменение передаточного отношения для оптимального функционирования автомобиля.

Недостатком бесступенчатой трансмиссии является невозможность применения ее на транспортных средствах с высокомоментными двигателями, поскольку это приводит к проскальзыванию ремня и как следствие – к большим механическим потерям в трансмиссии.

1.2 Анализ конструкций бесступенчатых трансмиссий

Анализ конструкций бесступенчатых трансмиссий требует систематического подхода и изучения различных аспектов, связанных с их конструкцией, принципами работы и характеристиками. Подводка к анализу конструкций бесступенчатых трансмиссий включает следующие ключевые шаги.

Первым шагом является изучение различных видов вариаторов, используемых в бесступенчатых трансмиссиях, таких как ременные, цепные, планетарные вариаторы или тороидные вариаторы. Необходимо разобраться в принципах работы каждого типа вариатора, их преимуществах и ограничениях.

Следующим шагом является детальный анализ конструкции бесступенчатых трансмиссий, включая компоненты, такие как шкивы, ремни или цепи, планетарные шестерни, гидромеханические системы и

управляющие механизмы. Необходимо изучить различные элементы конструкции и понять, как они взаимодействуют между собой для обеспечения бесступенчатого переключения передач. Для более глубокого анализа конструкций бесступенчатых трансмиссий могут быть использованы инженерные методы и инструменты, такие как компьютерное моделирование и симуляция. С помощью программного обеспечения можно создать виртуальную модель трансмиссии и провести различные тесты и сценарии для оценки ее производительности, эффективности и надежности.

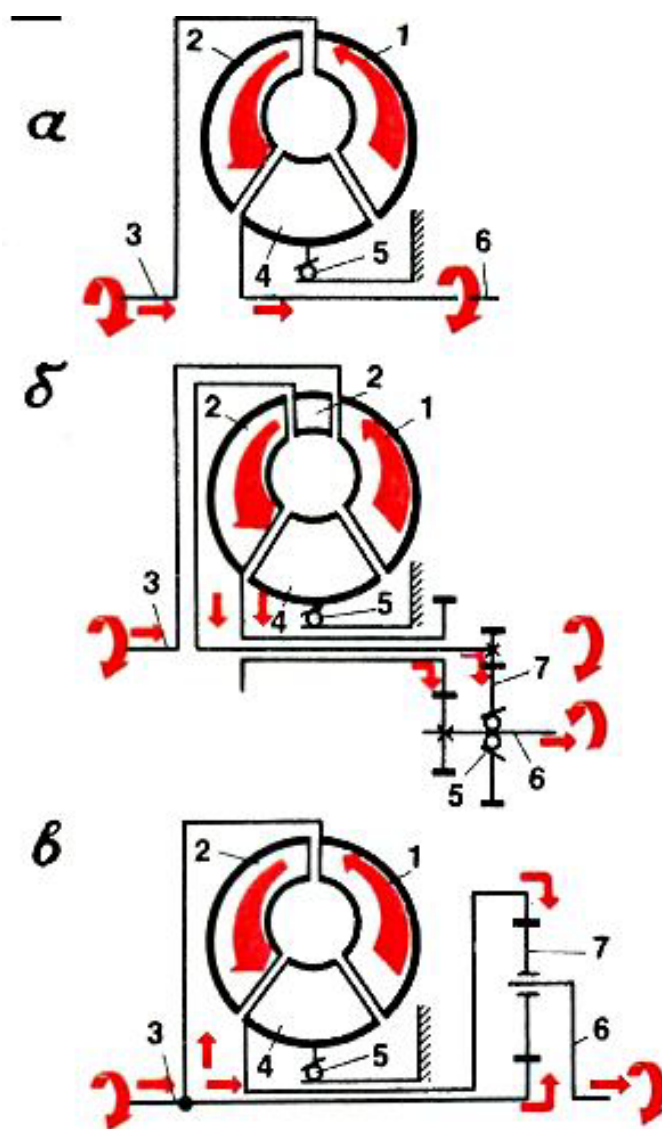
Для анализа конструкций бесступенчатых трансмиссий необходимо оценить их производительность по параметрам, таким как мощность, крутящий момент, передача силы, ускорение и экономичность. Это позволит сравнить различные конструкции и определить их преимущества и ограничения в различных условиях эксплуатации.

Подводя итог анализу, необходимо оценить применимость конструкций бесступенчатых трансмиссий для конкретных типов автомобилей или специфических условий эксплуатации. Это может включать оценку стоимости, сложности производства, надежности и обслуживания. Анализ конструкций бесступенчатых трансмиссий требует тщательного изучения и экспертизы в области автомобильного инжиниринга. Однако, с помощью компьютерного моделирования и технологий симуляции можно провести более точный и детальный анализ, помогающий в разработке и усовершенствовании бесступенчатых трансмиссий.

«Гидротрансформатор (рисунок 4, а) состоит из трех колес: ведущего (насосного) 1, ведомого (турбинного) 2 и неподвижного, воспринимающего реактивный момент (реактора) 4. Каждое образовано наружной и внутренней тороидными поверхностями (подобными внутренней поверхности спасательного круга), между которыми расположены лопасти. Внутренняя полость всех трех колес заполнена маловязким маслом.

При вращении насосного колеса масло отбрасывается лопастями к периферии, поступает в турбинное колесо, затем в реактор и возвращается в

насосное. На входе в колесо поток имеет активное действие (масло передает усилие лопастям), на выходе — реактивное (усилие передается в обратном направлении). Гидротрансформатор обладает автоматичностью, то есть ему не нужна система управления извне. Однако диапазон изменения им крутящего момента узок (1,5...2,0 раза) и не обеспечивает наивыгоднейшую загрузку двигателя: обычно легковым автомобилям необходим диапазон 3...4, грузовым — 7...9.» [1]

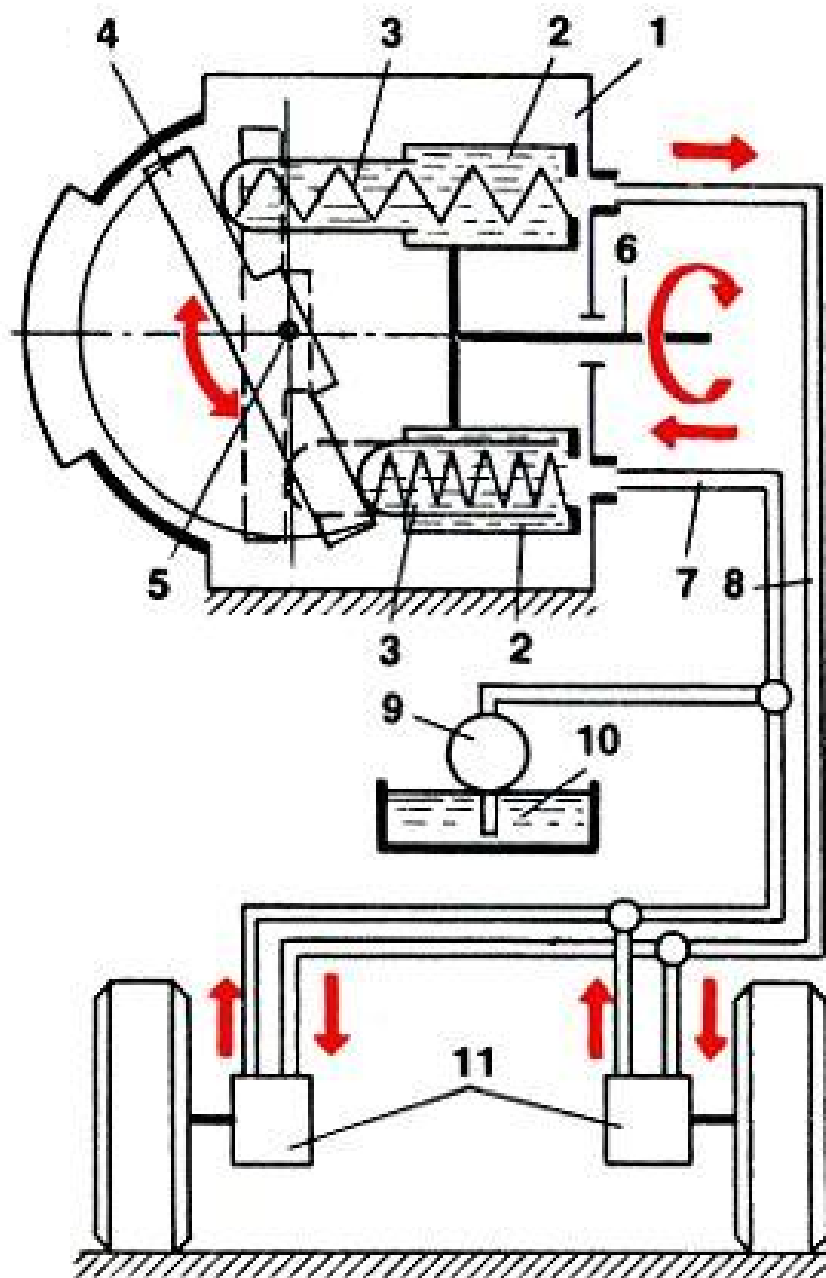


а — последовательно соединяемый с коробкой передач; б — с внутренним разветвлением силового потока; в — с внешним разветвлением силового потока.

1 — насосное колесо; 2 — турбинное колесо; 3 — входной вал (от двигателя); 4 — реактор; 5 — муфта свободного хода; 6 — выходной вал (на коробку передач); 7 — суммирующий механизм

Рисунок 4 – Схема гидротрансформатора автоматической коробки передач

Иным направлением в развитии трансмиссий явилось применение гидрообъемных передач на транспортных средствах. Схема транспортного средства с гидрообъемной передачей представлена на рисунке 5.



1 - насос; 2 - цилиндр; 3 - поршень; 4 - поворотная шайба; 5 - ось шайбы; 6 - входной вал (от двигателя); 7 - линия всасывания; 8 - линия нагнетания; 9 - насос подпитки; 10 - сборный бак; 11 - гидромотор.

Рисунок 5 – Схема гидрообъемной передачи

Гидрообъемная передача (или гидропередача) – это тип трансмиссии, который основан на использовании гидравлического привода для передачи мощности от двигателя к приводным колесам. Она состоит из трех основных компонентов: насоса, двигателя и гидроцилиндра.

Насос приводится в действие вращением двигателя. Он отвечает за создание давления гидравлической жидкости в системе. В результате вращения насоса гидравлическая жидкость под давлением поступает в гидроцилиндр.

Гидроцилиндр состоит из поршня и цилиндрической камеры, в которую поступает гидравлическая жидкость от насоса. Под действием давления жидкости поршень начинает движение, передавая мощность на приводные колеса. Направление движения поршня в гидроцилиндре определяется высоким или низким давлением, обеспечивая движение вперед или назад.

Двигатель приводит в действие насос гидрообъемной передачи. Он обеспечивает крутящий момент, необходимый для вращения насоса и создания давления в системе. Двигатель может быть внутреннего сгорания или электрическим.

Гидрообъемная передача управляется специальными клапанами и электронными системами. Они контролируют давление гидравлической жидкости, направление движения поршня и переключение передач. Управляющая система может быть механической, гидромеханической или электронной, в зависимости от конструкции и требований.

Гидрообъемная передача позволяет плавно и бесступенчато изменять передаточное отношение. Это достигается путем регулирования давления и объема гидравлической жидкости в системе, что позволяет точно управлять передачей мощности от двигателя к приводным колесам.

Гидрообъемные передачи обладают рядом преимуществ, включая высокую эффективность, плавное переключение передач, возможность трансмиссии больших мощностей и гибкость в управлении. Однако, они также

могут быть сложными в конструкции и требовать более сложной системы управления и обслуживания.

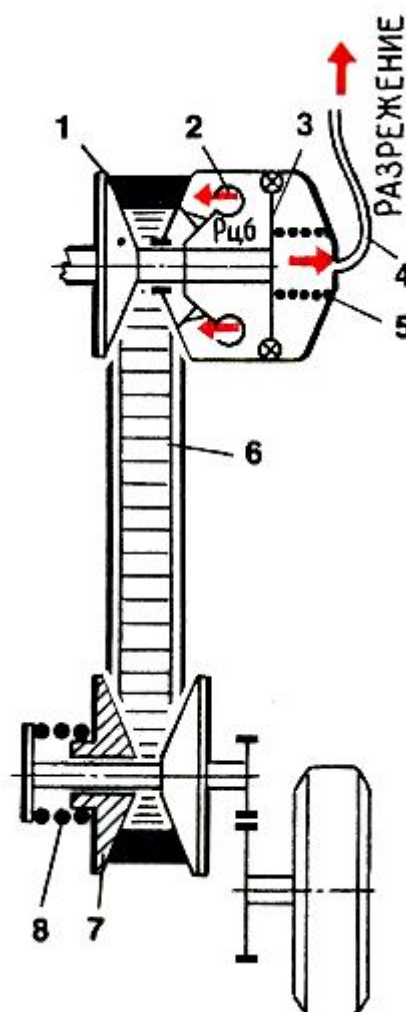
Фрикционная клиноременная трансмиссия (ФКТ) – это тип трансмиссии, который использует клиноременные механизмы для передачи мощности от двигателя к приводным колесам. Она основана на использовании клинового ремня, которое может менять свое передаточное число путем изменения сцепления между ремнем и шкивами (рисунок 6).

Основным элементом ФКТ является клиновой ремень, который может быть сжат или разжат для изменения его скорости передачи. Клиновой ремень состоит из резинового ремня с поперечными ребрами, которые соответствуют фигуре клина. Когда ремень сжимается между шкивами, ребра ремня входят в зацепление с клиновидными канавками шкивов, обеспечивая передачу мощности.

В ФКТ используется два шкива: ведущий и ведомый. Ведущий шкив связан с двигателем и изменяет свое передаточное отношение путем изменения диаметра. Это происходит за счет перемещения одной щеки шкива относительно другой. Выходной шкив связан с приводными колесами и также может изменять свое передаточное отношение. Изменение передаточного отношения происходит путем изменения диаметра шкива, что влияет на скорость и сцепление ремня.

Управление фрикционной клиноременной трансмиссией осуществляется с помощью специальных механизмов и устройств. Это может быть рычаг, электромагнитный клапан или другая система управления, которая изменяет сжатие или разжатие ремня для изменения передаточного отношения. Это происходит либо за счет изменения давления в цилиндре управления, либо за счет разведения щек шкивов под действием инерции кулачкового механизма. ФКТ обеспечивает плавное и бесступенчатое переключение передач, позволяя изменять передаточное отношение в зависимости от требуемой мощности и скорости движения. Путем изменения диаметра шкивов, ФКТ может достичь оптимального передаточного

отношения для каждой ситуации. Фрикционная клиноременная трансмиссия обладает рядом преимуществ, включая простоту конструкции, надежность и эффективность. Она также позволяет легкое и быстрое переключение передач. Однако, ФКТ может иметь ограничения по передаваемой мощности и требовать регулярного обслуживания и замены ремня.



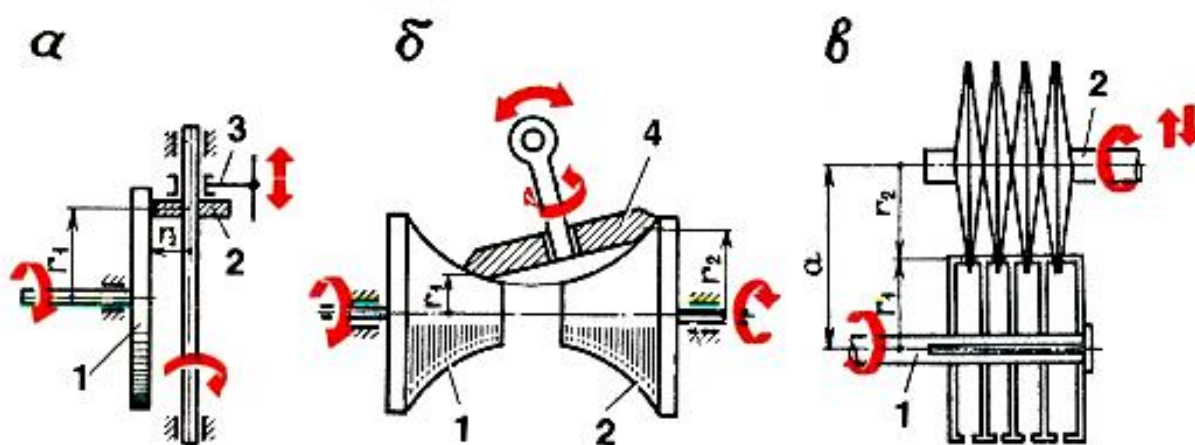
1 — ведущий раздвижной шкив; 2 — центробежный регулятор; 3 — поршень вакуумного цилиндра; 4 — вакуумный трубопровод; 5 — пружина; 6 — ремень; 7 — ведомый раздвижной шкив; 8 — пружина.

Рисунок 6 – Клиноременная передача

«При трогании автомобиля с места половинки ведомого шкива сдвинуты, ведущего — раздвинуты, обеспечено наибольшее передаточное число. При разгоне действуют центробежные силы от грузов регулятора 2,

пропорциональные скорости вращения вала двигателя, и разрежение в полости над поршнем 3, соединенной с впускным коллектором. Результирующая этих сил, преодолевая усилие пружин 5 и 8, сдвигает половинки ведущего шкива и раздвигает части ведомого. Так происходит плавное изменение передаточного числа.» [14]

Тороидный трансформатор (рисунок 7, б) состоит из ведущего 1 и ведомого 2 колес с тороидной поверхностью. К рабочим поверхностям колес прижат конический фрикционный ролик 4. Его поворотом вокруг оси изменяют передаточное число ($r_2 : r_1$)

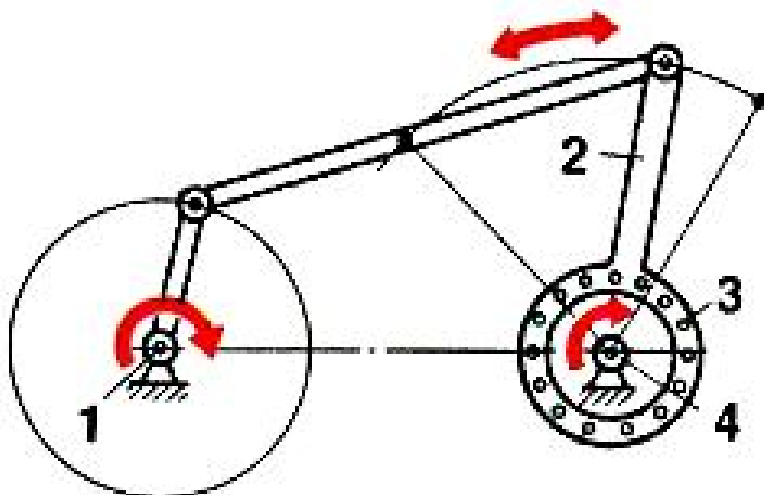


а – лобовой; б – тороидный; в – многодисковый с внешним контактом.
1 – ведущий элемент; 2 – ведомый элемент; 3 – каретка перемещения ведомого диска по шлицам ведомого вала; 4 – фрикционный ролик.

Рисунок 7 – Фрикционные трансформаторы

«Существенный недостаток механизма — быстрый износ рабочих поверхностей в местах контакта ролика, где действуют большие прижимные силы. Правда, эти силы можно существенно уменьшить, не увеличивая размеров передачи, если использовать многодисковые механизмы с внешним (рисунок 7, в) или внутренним контактом. В этом случае передаточное число определяется отношением постоянного r_1 и переменного r_2 радиусов, которое регулируется изменением межосевого расстояния a .» [14]

«Действие бесступенчатых импульсных передач основано на том, что вращение ведущего вала 1 (рисунок 8) двигателя преобразуется в качательное движение промежуточного звена 2, которое снова преобразуется при помощи муфты свободного хода 3 во вращение — ведомого вала 4. Передаточное число изменяется регулированием амплитуды качания звена 2. Для этого нужна специальная система управления. Тогда возможна оптимальная загрузка двигателя.» [6]



1 — ведущий вал; 2 — промежуточное звено; 3 — муфта свободного хода; 4 — ведомый вал

Рисунок 8 – Импульсная передача

Существенный недостаток импульсных передач – быстрый износ и разрушение деталей, в основном механизма свободного хода, из-за очень больших (в 10...20 раз превышающих передаваемый момент) и чередующихся с высокой частотой ударных нагрузок, сопровождающих передачу момента импульсами. Поэтому пока существуют только экспериментальные образцы.

«Таким образом, к настоящему времени из всех бесступенчатых и комбинированных передач наиболее доведены и проверены гидромеханические, которые уже нашли довольно широкое применение на

автомобилях, и электрические. Общая тенденция к автоматизации управления агрегатами и системами автомобиля, по-видимому, будет способствовать расширению их использования. Есть предпосылки к большему распространению клиноременных бесступенчатых передач на легковых автомобилях и других транспортных средствах малой мощности.

Высококачественные материалы и оригинальные конструктивные решения, снижение затрат энергии в системе автоматического регулирования и другие факторы позволяют ожидать в недалеком будущем серийный выпуск автомобилей с новыми бесступенчатыми и комбинированными передачами.»

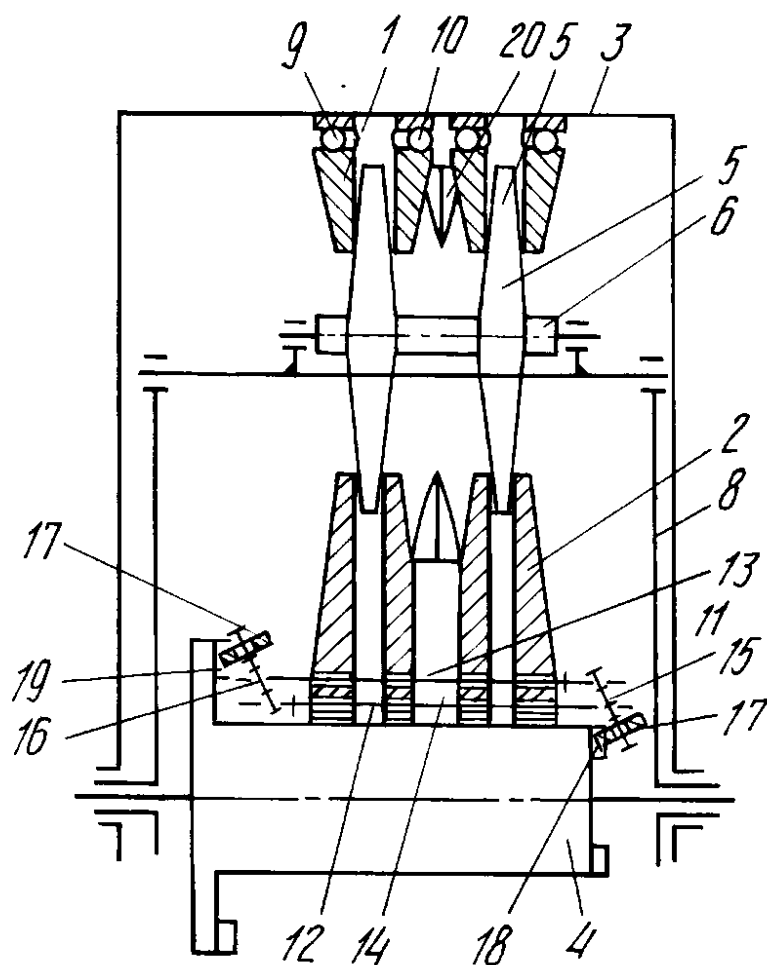
[14]

1.3 Анализ конструкции трансмиссий с многодисковыми фрикционными роликами

Бесступенчатые передачи, выполненные на основе конструкции фрикционных вариаторов получают в настоящее время все более широкое распространение в автомобилестроении.

Конструкция трансмиссии с многодисковым вариатором представлена на рисунке 9.

«Устройство состоит из отбуртованных дисков с внутренним 1 и внешним 2 касанием, соответственно закрепленных на первом центральном колесе (эпицикле) 3 и втором центральном колесе 4 планетарной фрикционной передачи. Промежуточные конические диски 5 закреплены на оси 6 без возможности передачи крутящего момента (переходной посадкой на гладкую ось), причем сама ось 6 зафиксирована в подшипниках на поворотных рычагах 7, в свою очередь закрепленных в подшипниках на водиле 8. Поворотные рычаги 7 являются регуляторным звеном вариатора при их принудительном повороте в направлениях, показанных стрелками на фиг. 2, меняется передаточное число вариатора.» [6]



1 и 2 – диски с внутренним и внешним касанием; 3 – центральное колесо; 4 – второе центральное колесо с планетарной фрикционной передачей; 5 – промежуточные конические диски; 6 – оси; 7 – поворотные рычаги, 8 – водило; 9 – винтовая пара; 10 – вторая винтовая пара; 11 и 12 – основания; 13 и 14 упорные элементы; 15 и 16 – рычаги; 17 – ролики; 18 и 19 – торцовые кулачки; 20 – пружина.

Рисунок 9 – Конструкция дискового вариатора

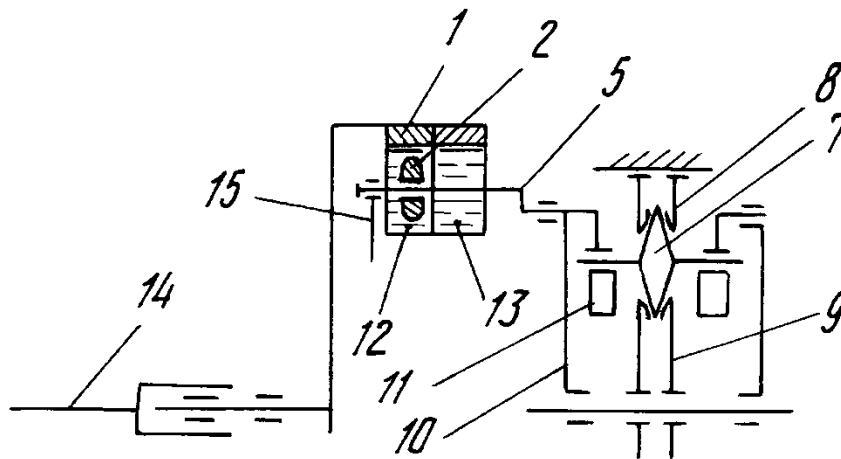
«Отбуртованные диски 1 с внутренним касанием показаны на фиг. 1 закрепленными на первом центральном колесе 3 с помощью независимого автоматического нажимного устройства несамотормозящей винтовой пары 9 (в данном случае шариковой пары винт-гайка). Соседняя винтовая пара 10 имеет противоположное паре 9 направление винтовой линии. Отбуртованные диски 2 с внешним касанием показаны на фиг. 1 закрепленными на втором центральном колесе 4 с помощью другого устройства, содержащего основания 11 и 12 с расположенными на них группами упорных элементов 13 и 14,

воздействующих соответственно на правые и левые, по отношению к занимаемому ими коническому диску, отбуртованные диски 2. Основания 11 и 12 разжимаются в противоположные стороны рычагами 15 и 16, проходящими одними концами в отверстиях оснований, и содержащими на других концах ролики 17, взаимодействующие с торцовыми кулачками 18 и 19 на центральном колесе 4. Отбуртованные диски могут частично или полностью прижиматься к коническим дискам 5 пружинами 20, в данном случае тарельчатыми (показаны только на центральных дисках). Любое из трех звеньев передачи - центральные колеса 3, 4 и водило 8, может быть ведущим и ведомым, третье при работе передачи должно тормозиться, а при холостой прокрутке механизма это третье звено освобождается от тормоза.» [14]

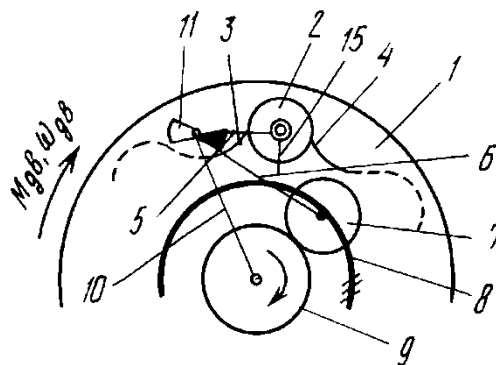
Известна также бесступенчатая передача, содержащая планетарный фрикционный вариатор. На рисунке 10 а представлен поперечный разрез такой автоматической бесступенчатой передачи; на рисунке 10 б, в передача с кулачками с однопрофильной поверхностью в двух крайних положениях ролика толкателя.

«Кулачковый диск 1 имеет на внешней или, как изображено на рисунке 10 а, внутренней цилиндрической поверхности ряд кулачков с профильными поверхностями, сопрягающимися с роликом толкателя 2 при действии момента, в прямом направлении (активный участок 3 профильной поверхности кулачка) и обратном, т. е. торможении двигателем (тормозной участок 4 профильной поверхности кулачка). Ролик толкателя 2 через механическую передачу, в данном случае рычаг 5, связан с поворотным рычагом (регуляторным звеном) 6 вариатора, на котором на подшипниках сидит ось с промежуточными дисками 7, соединяющими фрикционным контактом внешние 8 и внутренние 9 отбуртованные диски вариатора. Рычаги 5 и 6, жестко между собой соединенные, шарнирно опираются на водило 10, и несут противовесы 11, регулирующие силу прижима толкателей 2 к кулачкам. Так как ведущим (входным) звеном вариатора в данном случае (исполнении)

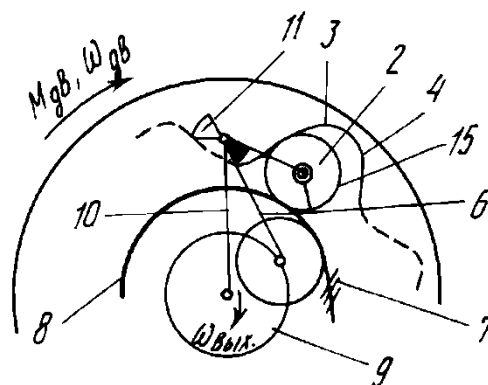
является водило 10, то выходными звеньями могут быть как диски 8 так и 9. В данном случае выходным звеном являются внутренние диски 9, с соответствующим валом, а внешние 8 заторможены. Водило 10 может быть и выходным звеном, а входным, например, вал отбуртованных дисков 9.» [8]



а



б



в

Рисунок 10 – Автоматическая бесступенчатая передача

«Особенностью этого изобретения является то, что толкатели подгружены к направляющим центробежными силами, вызванными неуравновешенностью поворотных рычагов относительно оси их вращения. Такое выполнение вызывает весьма неудобные условия нагружения толкателей, что влечет за собой неточность и ненадежность регулирования. Например, при изменении частоты вращения тихоходного вала в 10 раз (это реальный диапазон изменения передаточного числа вариатора), центробежная сила меняется в 100 раз, при этом крутящий момент «противодействующий» в системе регулирования этой силе, меняется примерно в 10 раз, и минимальной центробежной силе будет соответствовать как раз максимальный крутящий момент, который на тихоходном валу соответствует минимальной частоте вращения.» [14]

Трансмиссия на базе вариатора с фрикционными дисками имеет свои преимущества и недостатки. Преимуществами трансмиссий этого типа будут являться:

Бесступенчатое переключение. Трансмиссия с вариатором на фрикционных дисках обеспечивает плавное бесступенчатое изменение передаточного отношения. Это позволяет поддерживать двигатель в оптимальном режиме работы и достигать лучшей производительности и экономии топлива при движении.

Высокая эффективность. Вариатор с фрикционными дисками обладает более высоким КПД передачи мощности в сравнении с другими типами вариаторов. Он минимизирует потери мощности при передаче от двигателя к приводным колесам, что способствует улучшению общей производительности автомобиля.

Гибкость и адаптивность. Трансмиссия с фрикционными дисками позволяет быстро адаптироваться к изменяющимся дорожным условиям и особенностям вождения. Она способна быстро реагировать на действия водителя и подстраиваться под требуемую мощность и скорость.

Благодаря своей бесступенчатой природе, трансмиссия с фрикционными дисками обеспечивает плавное и комфортное переключение передач. Это делает вождение более приятным и менее заметным для пассажиров.

Но как и любые механические устройства, конструкции данного типа также имеют ряд недостатков, к которым относятся следующие:

Сложность конструкции и стоимость агрегата. Трансмиссия на базе вариатора с фрикционными дисками имеет сложную конструкцию и требует более высоких затрат производства по сравнению с другими типами бесступенчатых трансмиссий. Это может повлиять на общую стоимость автомобиля и его эксплуатационные затраты.

Ограниченная максимальная мощность. Вариатор с фрикционными дисками имеет ограничения при передаче высоких мощностей. При работе с более мощными двигателями он может сталкиваться с проблемами износа дисков.

Повышенный износ дисков в условиях интенсивной эксплуатации. При повышенных нагрузках и интенсивной эксплуатации трансмиссия на базе вариатора с фрикционными дисками сталкивается с проблемами перегрева и износа фрикционных элементов. Это может потребовать регулярного обслуживания и замены деталей.

В целом, трансмиссия на базе вариатора с фрикционными дисками обладает рядом преимуществ, таких как бесступенчатое переключение и высокая эффективность, но также имеет свои недостатки, связанные с сложностью конструкции и ограничениями по мощности и условиям эксплуатации.

В первом разделе дипломного проекта произведен обзор видов и типов конструкции бесступенчатых трансмиссий.

Выводы из анализа конструкции бесступенчатых трансмиссий подтверждают, что они предлагают ряд преимуществ и инноваций в автомобильной индустрии. Бесступенчатые трансмиссии обеспечивают плавное и бесступенчатое изменение передаточного отношения, что позволяет

оптимизировать производительность двигателя и обеспечить экономию топлива.

Одной из распространенных конструкций бесступенчатых трансмиссий является гидрообъемная передача, основанная на использовании гидравлического привода. Она обладает высокой эффективностью, плавным переключением передач и возможностью трансмиссии больших мощностей. Однако, она может быть сложной в конструкции и требовать более сложной системы управления и обслуживания.

Еще одним типом бесступенчатой трансмиссии является фрикционная бесступенчатая трансмиссия, которая использует фрикционные механизмы для передачи мощности. Она обеспечивает плавное и комфортное переключение передач, высокую эффективность и гибкость в управлении. Однако, она также может быть сложной в конструкции и требовать более сложной системы управления и обслуживания.

Третьим типом бесступенчатой трансмиссии является вариатор с фрикционными дисками. Он обеспечивает бесступенчатое изменение передаточного отношения с помощью принципа трения между дисками. Вариатор с фрикционными дисками обладает плавным переключением передач, высокой эффективностью и адаптивностью к условиям дороги. Однако, он может быть сложным в конструкции и требовать более сложной системы управления и обслуживания.

Для дальнейшей проработки принят именно этот тип трансмиссии, поскольку те преимущества, связанные с высоким КПД и высокой адаптивностью, в наибольшей степени соответствуют задачам проекта.

В целом, бесступенчатые трансмиссии предлагают преимущества в плане производительности, экономии топлива и комфорта вождения. Однако, они также могут иметь некоторые ограничения, связанные с сложностью конструкции, стоимостью и требованиями к обслуживанию. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут направлены на улучшение эффективности, надежности и применимости бесступенчатых трансмиссий в автомобильной промышленности.

2 Расчет тяговых характеристик автомобиля

2.1 Исходные данные для расчета

В качестве исходного транспортного средства используется автомобиль ГАЗ-3202. Это малотоннажный грузовик, находящий свое применение в развозных и курьерских работах. Общий вид грузовика представлен на рисунке 11.

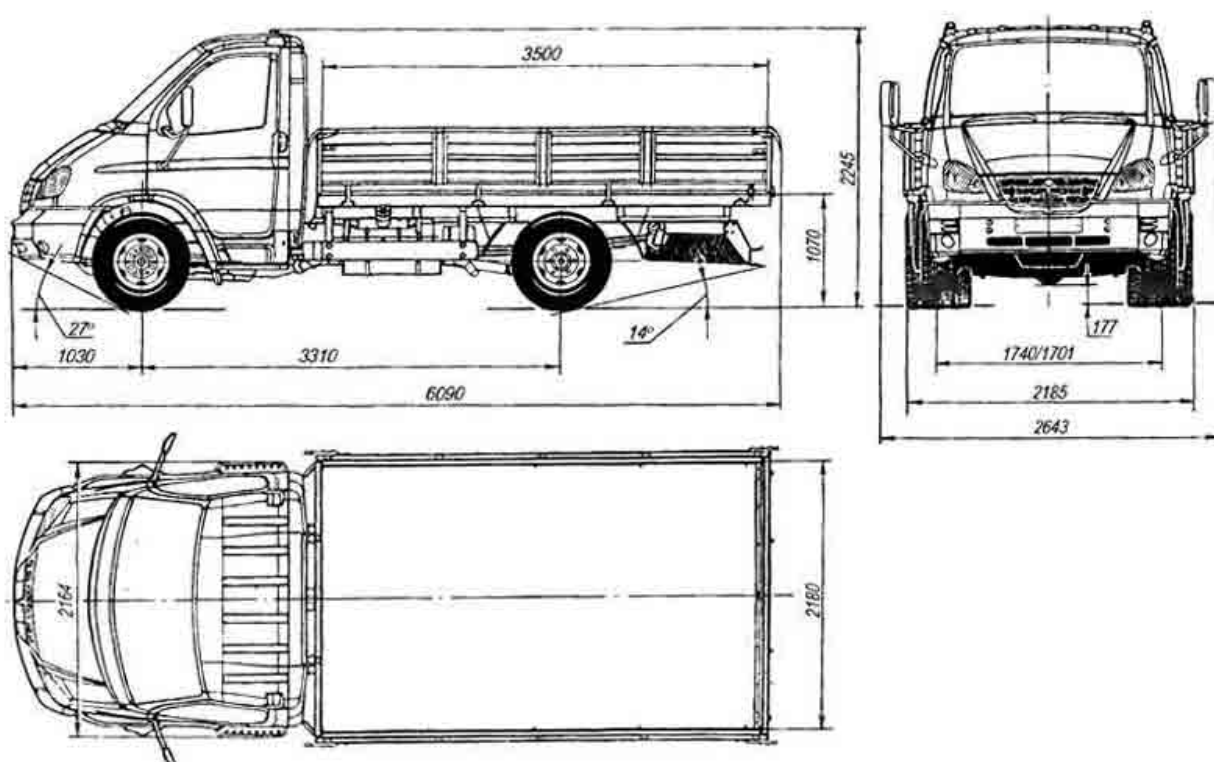


Рисунок 11 – ГАЗ-3202, габаритный размер транспортного средства

Исходными данными для расчета будут являться технические характеристики транспортного средства. С учетом того, что в качестве трансмиссии предполагается применение бесступенчатого вариатора, порядок выполнения тягового расчета будет отличаться от общепринятого.

2.2 Расчет мощности двигателя автомобиля

Режим максимальной скорости

Для данного расчетного режима принимаем, что груженный автомобиль движется с максимальной скоростью по асфальтобетонной горизонтальной поверхности ($m = 3500$ кг, $v = 90$ км/ч, $f_0 = 0,007$, $\alpha = 0,5$ передача, $u_{к.п.} = 1$, $j_a = 0$).

Касательная сила тяги находится из уравнения тягового баланса:

$$P_k = P_\psi + P_j + P_w; \quad (1)$$

где: P_ψ – сила суммарного дорожного сопротивления, определяется как сумма сил сопротивления качению и подъему:

$$P_\psi = m_{\pi} g (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = 3500 \cdot 9,81 \cdot (0,00952 \cdot 1 + 0) = 812,5 \text{ Н};$$

P_j – сила инерции поступательно движущихся масс или сопротивление разгону;

$$P_j = m_{\pi} \cdot j_a \cdot \delta_{\text{пм}} = 0 \text{ Н}; \quad (2)$$

P_w – сила сопротивления воздушной среды;

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

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

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

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

c_x – коэффициент обтекаемости;

A_l – площадь проекции автомобиля на плоскость, перпендикулярную продольной оси. Приближенное значение лобовой площади автомобиля можно вычислить по формуле:

$$A_l = \alpha_l \cdot B_{max} \cdot H_{max}; \quad (4)$$

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

«где α_l – коэффициент заполнения площади;

B_{max} и H_{max} – наибольшие ширина и высота автомобиля соответственно.» [1]

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

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

«где $\delta_{п.м.}$ – коэффициент приведенной массы, учитывающий неравномерность вращения и моменты инерции вращающихся деталей трансмиссии, а также инерцию поступательных масс. Зачастую при расчете значения моментов инерции J_d , $J_{тр}$, $J_{к.ш.}$, $J_{к.в.}$, не известны, тогда $\delta_{п.м.}$ определяют по эмпирической зависимости:» [7]

$$\delta_{п.м.} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 u_{к.п.}^2) \cdot \frac{m_a + m_{пр}}{m_a} = \quad (6)$$

$$= 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 1,09$$

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

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

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

Далее рассчитываем потребную мощность:

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

Режим максимального дорожного сопротивления.

«Для данного режима считаем, что полностью груженный автомобиль движется по наиболее плохому дорожному покрытию (которое может встречаться в стационарных эксплуатационных режимах) при уклоне дороги не более 30% с минимальной скоростью ($m = 3500 \text{ кг}$, $v = 10 \text{ км/ч}$, $f_0 = 0,1$, $\alpha = 13,5$, 1 передача, $u_{к.п.} = 6,555$, $j_a = 0,5$)» [4]

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

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

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

$$P_j = m_{п} \cdot j_a \cdot \delta_{пм} = 8700 \cdot 0,5 \cdot 3,19 = 13869,54 \text{ Н};$$

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

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

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

Режим максимального ускорения.

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

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

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

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

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

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

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

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

Средний режим.

Для данного расчетного режима выбирается «крейсерская» скорость, полная нагрузка, удовлетворительное асфальтобетонное покрытие с небольшим уклоном (может учитываться ускорение) ($m = 3500$ кг, $v = 50$ км/ч, $f_0 = 0,02$, $\alpha = 2^\circ$, 4 передача, $u_{к.п.} = 1,442$, $j_a = 0,3$)

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

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

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

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

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

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

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

Выбираем режим с максимальной мощностью:

$$N_{emax} = 136,32 \text{ кВт};$$

Полученную максимальную силу тяги необходимо проверить по условию сцепления.

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

где P_ϕ – максимально реализуемая сцепная сила.

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

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

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

φ – коэффициент сцепления.

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

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

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

Для построения кривой мощности воспользуемся следующими формулами:

Мощность двигателя (кВт):

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

$$= 140 \cdot \left[0,444 \cdot \left(\frac{1000}{2300} \right) + 2,381 \cdot \left(\frac{1000}{2300} \right)^2 - 1,826 \cdot \left(\frac{1000}{2300} \right)^3 \right] = 69,06 \text{ кВт}$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 1.

где n_p – расчетная частота вращения;

n_N – частота вращения при максимальной мощности;

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

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

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

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

где k_{ω} - коэффициент приспособляемости по частоте вращения;

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

где n_N - частота вращения при максимальной мощности;

n_M - частота вращения при максимальном моменте;

k_M - коэффициент приспособляемости по моменту;

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

где M_e - максимальный момент двигателя;

M_N - момент при максимальной мощности;

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

Крутящий момент двигателя (Н·м):

$$M_e = M_p \cdot \left[a + b \left(\frac{n_p}{n_N} \right) + c \left(\frac{n_p}{n_N} \right)^2 \right] = 581,55 \cdot \left[0,444 + 2,381 \left(\frac{1000}{2300} \right) - 1,826 \left(\frac{1000}{2300} \right)^2 \right] = 659,82 \text{ Нм}$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 1.

Удельный расход топлива (г/кВт·ч)

$$g_e = g_N \cdot k_H \cdot k_e = 214,7 \cdot 1 \cdot 0,985 = 211,53 \text{ г/кВтч (при 1000 об.)} \quad (35)$$

где g_N - удельный расход топлива при максимальной мощности;

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

g_{\min} - минимальный удельный расход топлива;

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

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

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

E - коэффициент использования угловой скорости вала двигателя:

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

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3

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

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

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Рассчитанные значения внешней скоростной характеристики двигателя

n_e , об/мин	N_e , л.с.	N_e , кВт	M_e , Н*м	E	k_e	g_e , г/кВт*ч	G_T , кг/ч
100	4,5057	3,3140	316,6152	0,0435	1,2088	259,5633	0,8602
200	10,5538	7,7623	370,8060	0,0870	1,1712	251,4844	1,9521
300	17,9729	13,2190	420,9826	0,1304	1,1370	244,1501	3,2274
400	26,5916	19,5581	467,1451	0,1739	1,1062	237,5353	4,6457
500	36,2385	26,6534	509,2935	0,2174	1,0786	231,6144	6,1733
600	46,7423	34,3790	547,4277	0,2609	1,0542	226,3620	7,7821
700	57,9316	42,6087	581,5478	0,3043	1,0327	221,7527	9,4486
800	69,6351	51,2166	611,6538	0,3478	1,0141	217,7611	11,1530

Продолжение таблицы 1

n_e , об/мин	N_e , л.с.	N_e , кВт	M_e , Н*м	E	k_e	g_e , г/кВт*ч	G_T , кг/ч
900	81,6812	60,0765	637,7457	0,3913	0,9983	214,3619	12,8781
1000	93,8988	69,0625	659,8234	0,4348	0,9851	211,5294	14,6088
1100	106,1163	78,0485	677,8870	0,4783	0,9744	209,2385	16,3308
1200	118,1625	86,9085	691,9364	0,5217	0,9662	207,4636	18,0303
1300	129,8659	95,5164	701,9717	0,5652	0,9602	206,1793	19,6935
1400	141,0553	103,7461	707,9929	0,6087	0,9564	205,3602	21,3053
1500	151,5591	111,4716	710,0000	0,6522	0,9546	204,9809	22,8496
1600	161,2060	118,5670	707,9929	0,6957	0,9548	205,0161	24,3081
1700	169,8247	124,9060	701,9717	0,7391	0,9567	205,4402	25,6607
1800	177,2438	130,3627	691,9364	0,7826	0,9604	206,2278	26,8844
1900	183,2919	134,8111	677,8870	0,8261	0,9656	207,3536	27,9536
2000	187,7976	138,1251	659,8234	0,8696	0,9723	208,7921	28,8394
2100	190,5896	140,1786	637,7457	0,9130	0,9804	210,5180	29,5101
2200	191,4964	140,8455	611,6538	0,9565	0,9896	212,5058	29,9305
2300	190,3468	140,0000	581,5478	1,0000	1,0000	214,7300	30,0622

График внешней скоростной характеристики представлен на рисунке 12.

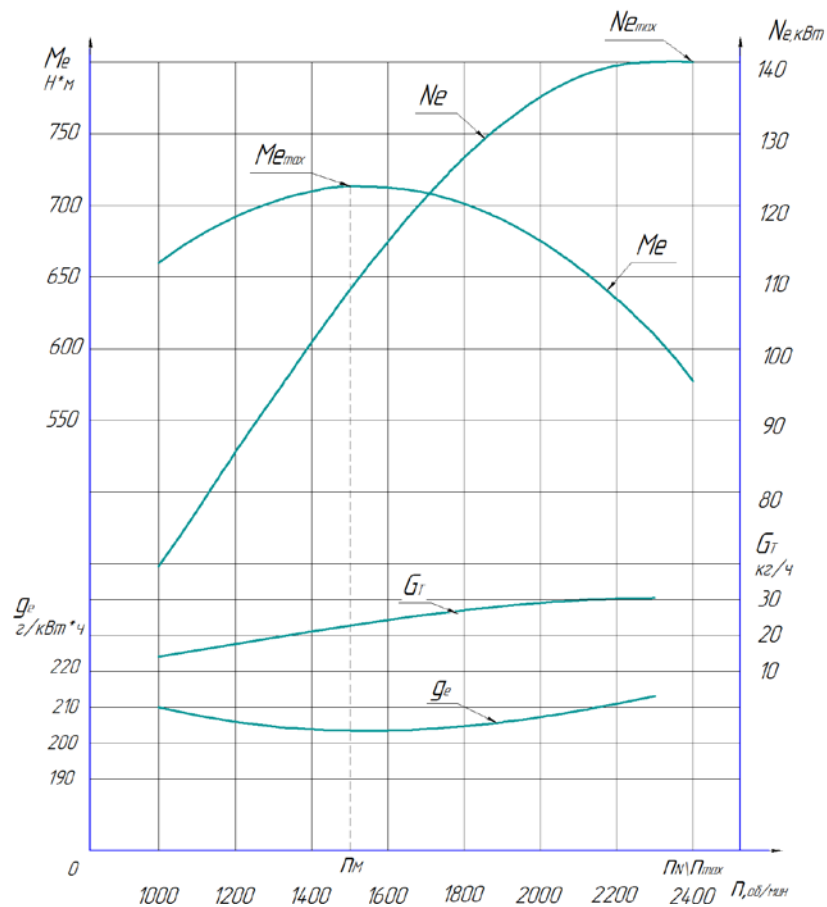


Рисунок 12 – График внешней скоростной характеристики

2.2 Определение передаточных чисел трансмиссии

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

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

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

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

Определим передаточное число главной передачи из условия обеспечения максимальной скорости:

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

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

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

- предотвращение буксования ведущих колес при заданном значении коэффициента сцепления φ_x (принимаем 0,8);
- возможность движения с заданной минимальной устойчивой скоростью v_{min} для маневрирования в стесненных условиях (принимаем 5 км/ч).» [4]

Запишем данные условия в виде уравнений:

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

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

$$U_{mp.v.} = \frac{\pi \cdot n_{min} \cdot r_k}{30 \cdot u_{min}} = \frac{3,14 \cdot 700 \cdot 0,0398}{30 \cdot 1,39} = 20,99$$

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

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

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

Принимаем $u_{тр.н} = 26$

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

Далее переходим к определению количества ступеней КПП.

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

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

Формула для определения количества ступеней коробки передач:

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

Принимаем $q=1,66$.

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

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

Передаточные числа промежуточных ступеней коробки передач вычисляют по формуле:

$$u_{\text{кп}i} = u_{\text{кп}i+1} \cdot q_{\text{ср}} \quad (46)$$

Результат расчета сводится в таблицу 2.

Таблица 2 – Промежуточные передаточные числа коробки передач

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

2.3 Расчет тяговой характеристики

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

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

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

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

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

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

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

(49)

$$P_a = P_k - P_w$$

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

P_w – сила сопротивления воздуха.

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

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

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

P_ϕ – величина максимальной силы тяги по сцеплению.» [12]

Произведем расчет касательной силы на 1 передаче при максимальном моменте:

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

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

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

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

2.4 Расчет динамической характеристики автомобиля

«Динамический фактор — это безразмерная величина, характеризующая потенциальные возможности автомобиля по преодолению дорожных сопротивлений или сообщению ему ускорения в данных дорожных условиях. Следовательно, динамический фактор характеризует тяговые и скоростные свойства автомобиля.» [1]

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

Величина D зависит от конструктивных параметров автомобиля и режима его движения, вычисляется по формуле:» [2]

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

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

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

При равномерном движении:

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

На рисунке 13 представлен график тягово-динамической характеристики, построенный в соответствии с расчетными формулами 51-53.

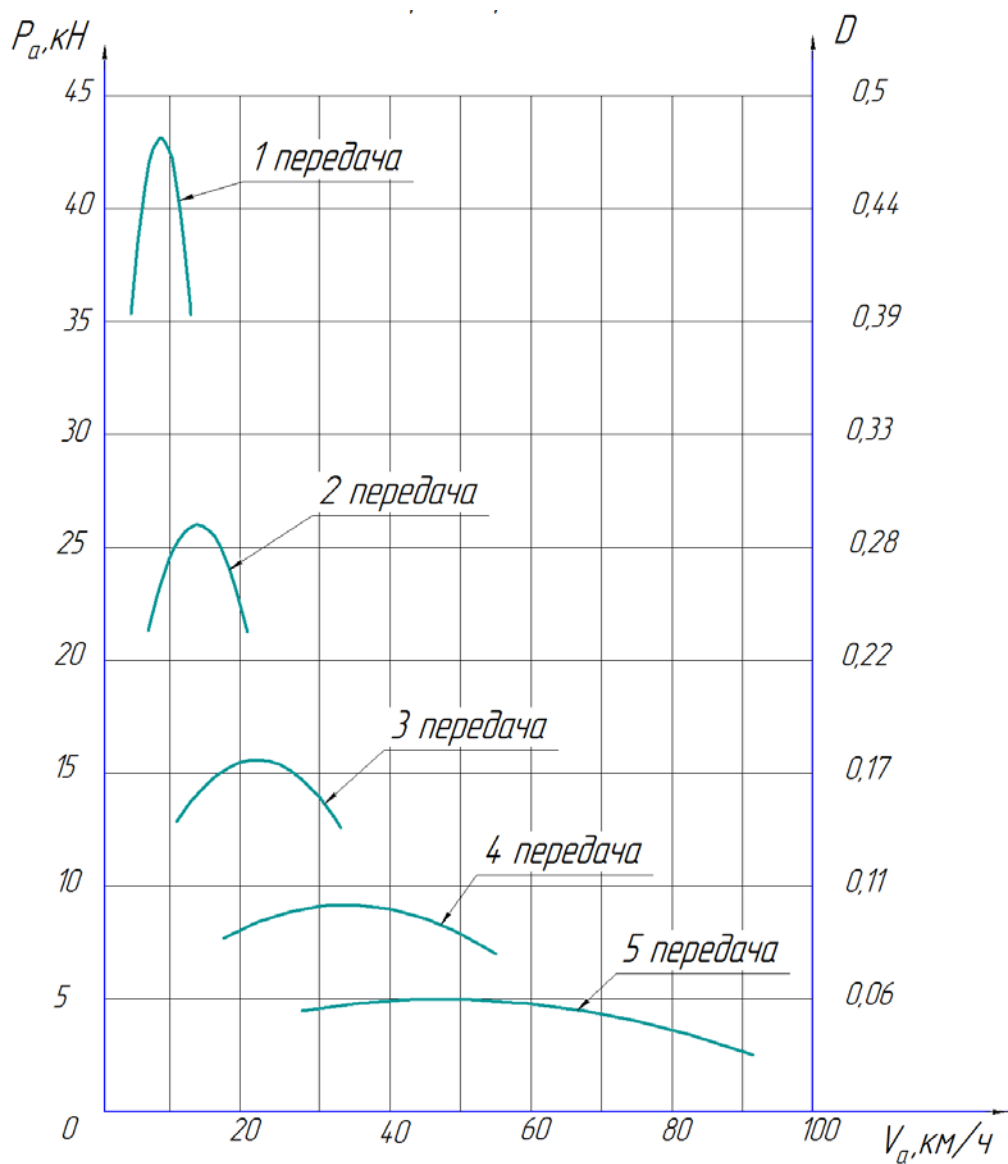


Рисунок 13 – График тягово-динамической характеристики

2.5 Расчет характеристик разгона автомобиля

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

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

Разгон начинают на передаче, предназначенной для трогания с места, при минимальной устойчивой скорости движения v_{min} , а заканчивают при v_{max} или при $j=0$. Полагают, что ускорение в каждом интервале изменения скорости постоянно. Тогда время разгона на этом интервале:» [3]

$$\Delta t_i = \frac{\Delta v_i}{j_{срi} * 3,6} \quad (54)$$

«В качестве исходных данных для расчета используют данные из таблицы ускорений, рассчитанных ранее. Кривая ускорений для каждой передачи разбивается на несколько интервалов, и принимается допущение, что в каждом интервале движение происходит с постоянным ускорением:» [3]

$$j_{ср} = \frac{j_1 + j_2}{2} \text{ м/с}^2 \quad (55)$$

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

«Для достижения максимальной интенсивности разгона переключение передач происходит таким образом, что используются ускорения, максимально возможные при данной скорости.» [3]

$$\Delta v_i = f g t_{п} \quad (56)$$

«Для получения характеристики разгона $v = f(s)$ необходимо определять приращения пути ΔS_i , проходимого автомобилем на всех интервалах изменения скорости. Путь разгона в интервале скорости ΔV определяют при помощи графика времени разгона по формуле:» [3]

$$\Delta S = \frac{V_i + V_{i+1}}{2} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \quad (57)$$

Результаты произведенных расчетов сводятся в таблицу 3, далее по ним строится графическое изображение характеристик разгона.

Таблица 3 – Расчёт характеристик разгона автомобиля на условных передачах

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

Продолжение таблицы 3

ΔV_3	j_{cp3}	$\underline{\underline{\Delta t_3}}$	ΔS_3	$V_{cp3}, \text{ км/ч}$	$V_{cp3}, \text{ м/с}$	t_3	S_3	n
3,167	1,145	0,768	4,731	22,169	6,158	9,210	15,561	1500
3,167	1,135	0,775	5,453	25,336	7,038	9,965	21,014	1700
3,167	1,096	0,803	6,354	28,502	7,917	10,742	27,368	1900
3,167	1,027	0,856	7,533	31,669	8,797	11,563	34,902	2100
3,167	0,929	0,947	9,164	34,836	9,677	12,457	44,066	2300
4 передача								
ΔV_4	j_{cp4}	$\underline{\underline{\Delta t_4}}$	ΔS_4	$V_{cp4}, \text{ км/ч}$	$V_{cp4}, \text{ м/с}$	t_4	S_4	n
5,248	0,665	2,190	12,772	20,991	5,831	11,114	12,772	900
5,248	0,708	2,059	15,010	26,239	7,289	13,069	27,782	1100
5,248	0,725	2,009	17,575	31,487	8,746	14,940	45,357	1300
5,248	0,718	2,030	20,711	36,735	10,204	16,782	66,068	1500
5,248	0,686	2,124	24,774	41,982	11,662	18,647	90,842	1700
5,248	0,629	2,316	30,387	47,230	13,119	20,591	121,229	1900
5,248	0,548	2,661	38,795	52,478	14,577	22,683	160,025	2100
5,248	0,441	3,303	52,966	57,726	16,035	25,029	212,991	2300
5 передача								
ΔV_5	j_{cp5}	$\underline{\underline{\Delta t_5}}$	ΔS_5	$V_{cp5}, \text{ км/ч}$	$V_{cp5}, \text{ м/с}$	t_5	S_5	n
8,696	0,320	6,176	59,670	34,783	9,662	18,176	59,670	900
8,696	0,303	5,836	70,479	43,479	12,078	24,011	130,149	1100
8,696	0,260	5,758	83,454	52,175	14,493	29,769	213,603	1300
8,696	0,191	5,923	100,150	60,871	16,909	35,692	313,753	1500
8,696	0,130	6,979	134,858	69,567	19,324	42,671	448,611	1700
8,696	0,097	9,421	204,816	78,263	21,740	52,092	653,427	1900
8,696	0,072	12,719	307,224	86,959	24,155	64,811	960,651	2100
8,696	0,053	17,170	456,227	95,654	26,571	81,982	1416,878	2300

На рисунке 14 представлена характеристика разгона в координатах от времени. На рисунке 15 представлена характеристика разгона в координатах от пути.

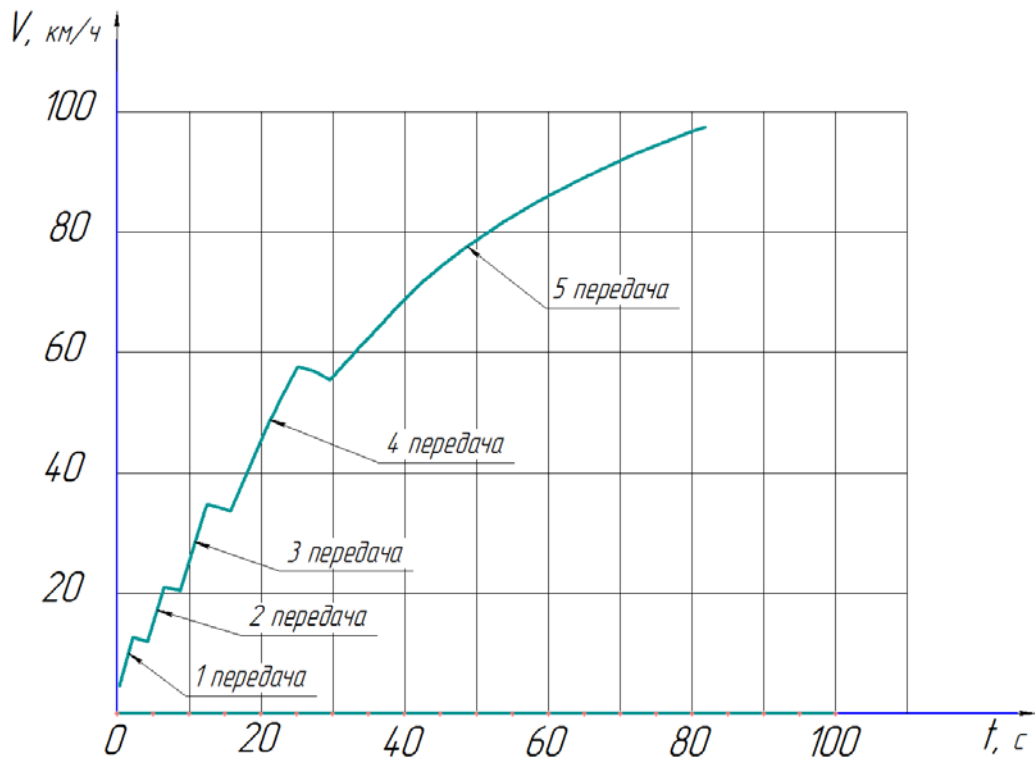


Рисунок 14 – Характеристика разгона в координатах от времени

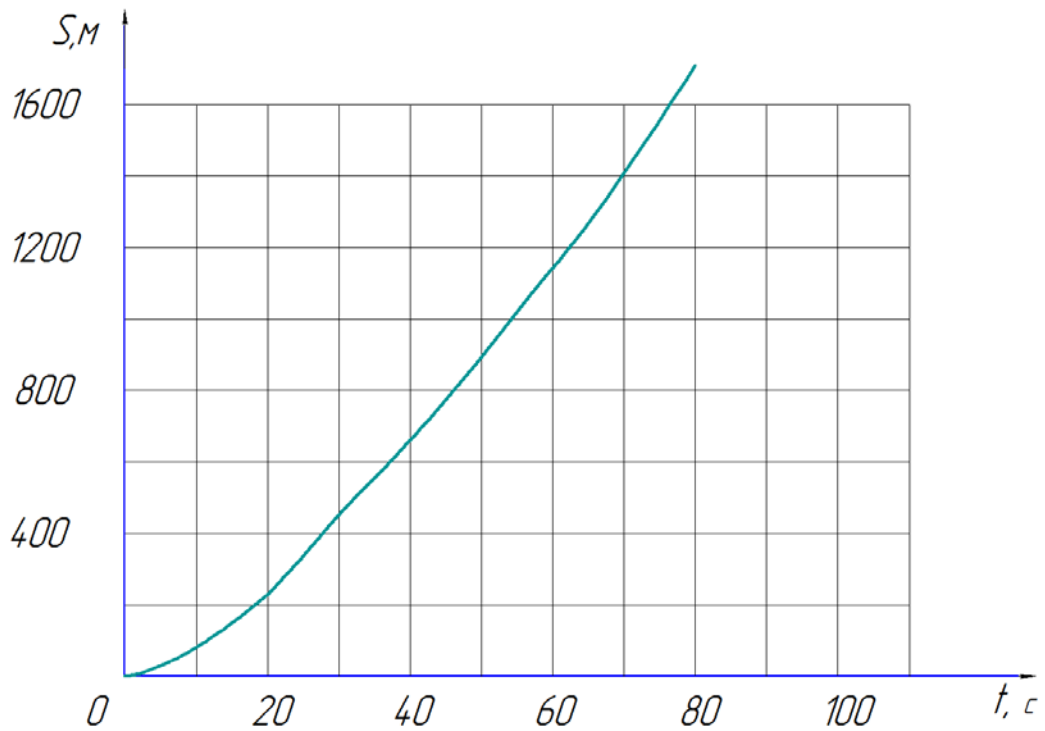


Рисунок 15 – Характеристика разгона в координатах от пути

2.6 Расчет мощностного баланса автомобиля

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

Эффективная мощность двигателя P_e затрачивается на привод вспомогательного оборудования двигателя и механизмов управления автомобилем, на преодоление сил трения в трансмиссии, сопротивлений движению и разгону автомобиля. Все расчеты производятся для высшей передачи. Учитывая все затраты мощности, составим уравнение мощностного баланса:» [13]

$$P_e + P_{в.о.} + P_{тр} + P_f + P_h + P_w + P_j = 0 \quad (58)$$

Эффективная мощность двигателя P_e :

$$P_e = M_e \frac{\pi n_d}{30} \quad (59)$$

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

$$P_{в.о.} = -k_{в.о.} \cdot P_e \quad (60)$$

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

$$P_{тр} = -P_e(1 - k_{в.о.})(1 - \eta_{тр}) \quad (61)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению:

$$P_f = m \cdot g \cdot f \cdot V \quad (62)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления подъему:

$$P_h = -m \cdot g \cdot h \cdot V = -m \cdot g \cdot V \cdot \sin\alpha \quad (63)$$

Мощность на преодоления сопротивления воздуха:

$$P_w = k_w \cdot A_d \cdot v^3 \quad (64)$$

Мощность, затрачиваемая на разгон:

$$P_j = -\delta_{п.м.} \cdot m_a \cdot v \cdot j \quad (65)$$

К ведущим колесам автомобиля при равномерном движении подводится мощность:

$$P_k = P_e(1 - k_{во}) \cdot \eta_{тр} \quad (66)$$

По результатам выполненных расчетов строится график мощностного баланса автомобиля на высшей передаче, рисунок 16.

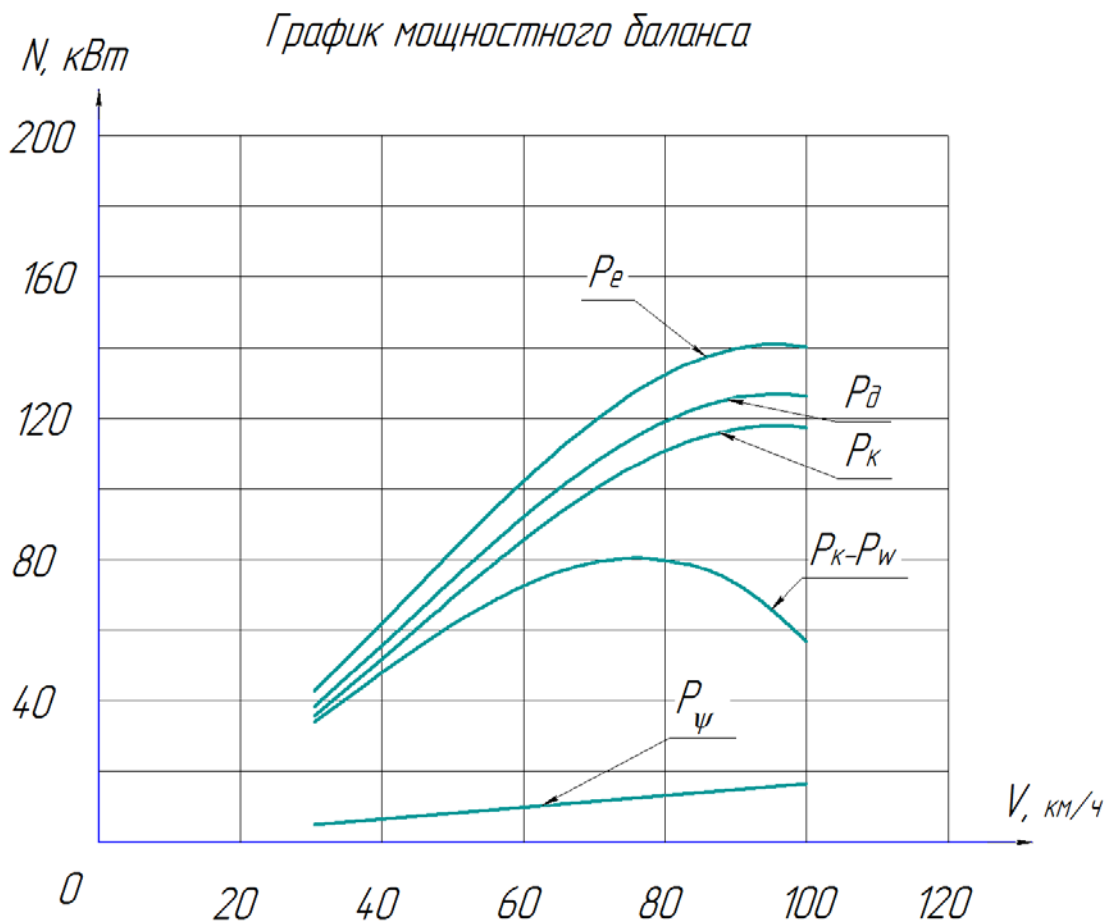


Рисунок 16 – График мощностного баланса автомобиля на высшей передаче

2.7 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

«При эксплуатации автомобиля в условиях широкого изменения дорожных условий используется топливно-экономическая характеристика. С увеличением суммарного дорожного сопротивления (Ψ) путевой расход топлива Q_s , существенно возрастает.» [3]

$$Q_s = \frac{g_e \cdot P_e}{36 \cdot V \cdot \rho_T} \quad (67)$$

«Для 4 передачи следующие дорожные условия:

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

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

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

Для 5 передачи следующие дорожные условия:

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

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

Ψ_3 - коэффициент сопротивления качению – 0,007 и уклон 2%;» [4]

Рассчитанные значения представлены в таблице 4. График топливной экономичности представлен на рисунке 17.

Таблица 4 – Значения топливной экономичности автомобиля

Q_{s4} , л/100 км	60,551	64,189	66,598	67,956	68,334	67,712	65,998	63,038	58,633
Q_{s4} при ψ_1	64,556	59,377	56,462	55,612	56,853	60,329	65,613	73,517	85,588
Q_{s4} при ψ_2	55,479	51,455	49,203	48,643	49,840	52,931	57,521	64,258	74,313
Q_{s4} при ψ_3	51,993	48,386	46,378	45,926	47,106	50,051	54,386	60,699	70,041
Q_{s5} , л/100 км	36,541	38,737	40,191	41,010	41,238	40,863	39,829	38,042	35,384
Q_{s5} при ψ_1	28,329	27,792	28,201	29,701	32,570	37,241	43,962	54,170	71,228
Q_{s5} при ψ_2	24,796	24,603	25,202	26,752	29,522	33,915	40,136	49,417	64,563
Q_{s5} при ψ_3	23,648	23,565	24,225	25,791	28,532	32,838	38,906	47,906	62,479

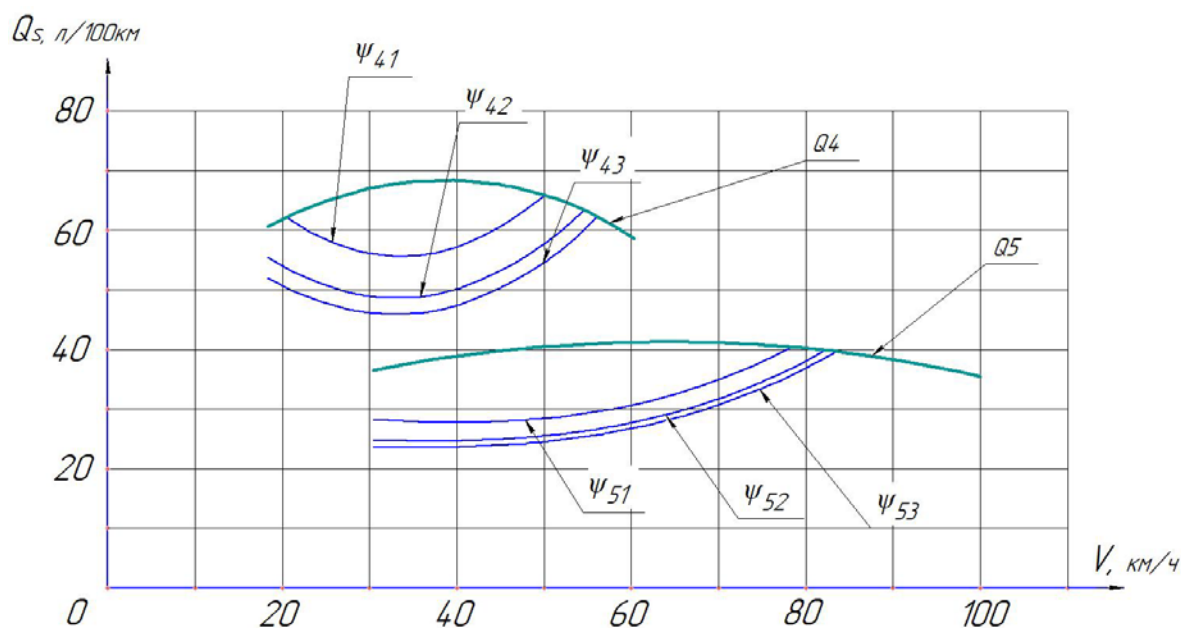


Рисунок 17 – Топливно-экономическая характеристика автомобиля

2.8 Расчет тормозного и остановочного пути

«Тормозным путем принимается путь, который автомобиль проходит с момента начала нажатия водителем на педаль тормоза до полной остановки автомобиля.» [13]

$$S_T = S_3 + S_{\Pi} + S_{уст} \quad (75)$$

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

$$S_T = S_p + S_3 + S_{\Pi} + S_{уст} \quad (76)$$

$$S_{ост} = V_0 \cdot (t_3 + t_p + 0,5 \cdot t_{\Pi}) + \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \quad (77)$$

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

$$S_T = V_0 \cdot (t_3 + 0,5 \cdot t_H) + \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \quad (78)$$

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

На рисунке 18 представлена тормозная диаграмма.

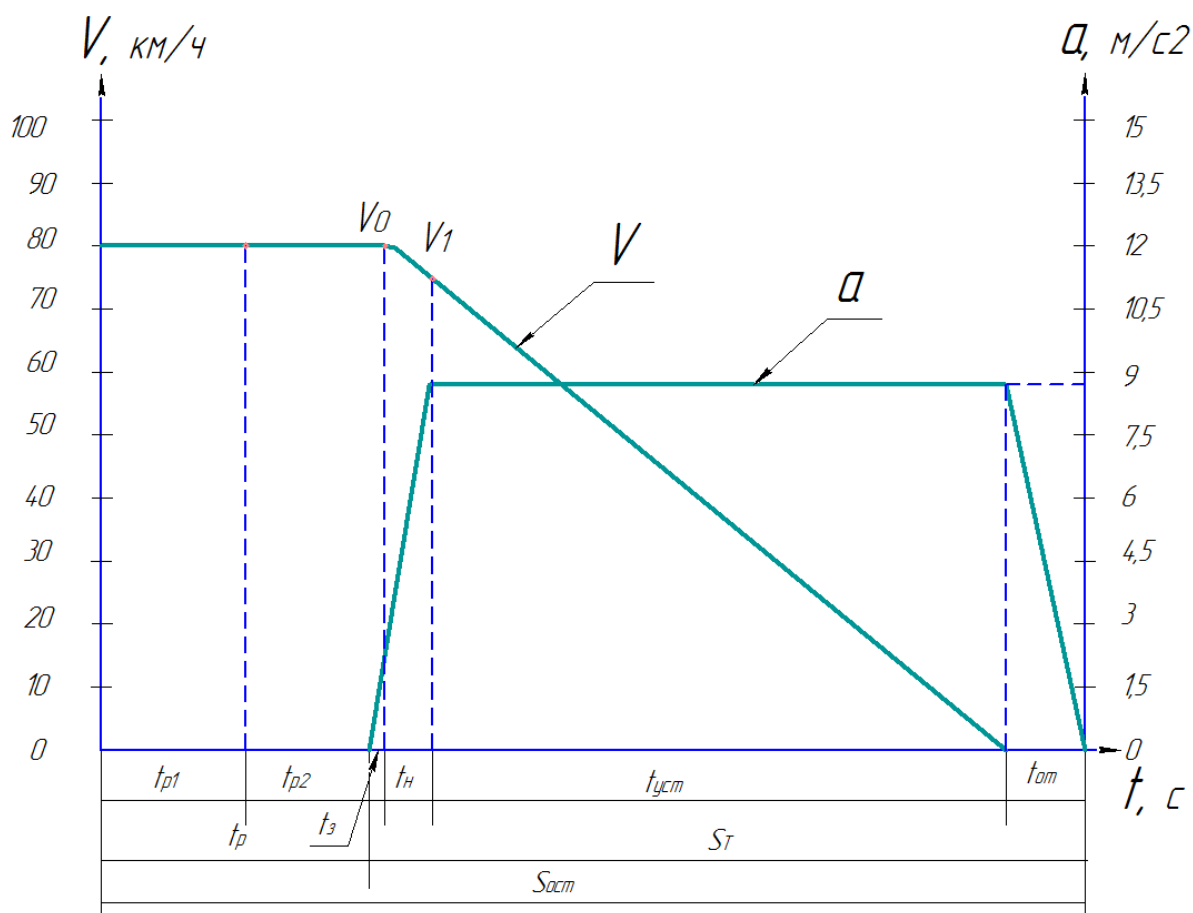


Рисунок 18 – Тормозная диаграмма

Выводы по разделу. 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 автомобиля.

Передачное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля 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 автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в расчете, также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. 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 выполненном разделе и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности проектируемого автомобиля с дисковым вариатором.

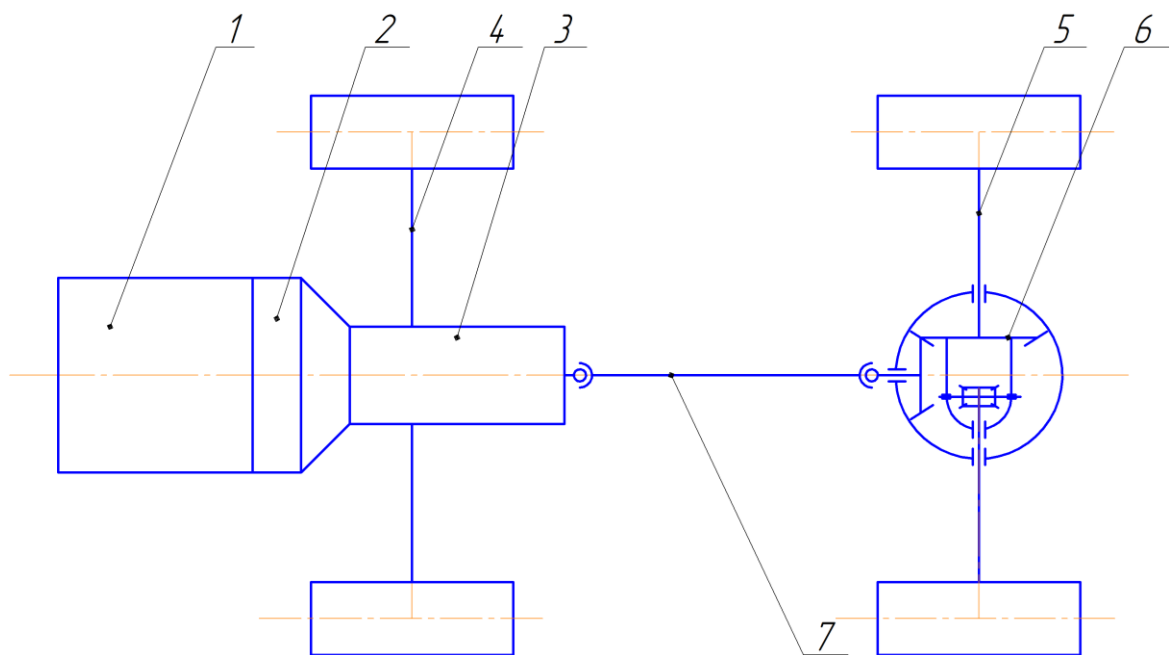
3 Конструкторский раздел дипломного проекта

3.1 Разработка схемы трансмиссии автомобиля

В разделе будет представлена детальная информация о процессе разработки концепции и схемы бесступенчатой трансмиссии. В данном разделе будет рассмотрено, какие факторы и параметры необходимо учитывать при разработке такой трансмиссии, а также принципы ее работы.

Важным аспектом разработки схемы бесступенчатой трансмиссии является выбор оптимального передаточного отношения и алгоритма управления. Это позволит обеспечить оптимальную производительность и экономию топлива в различных условиях дороги и вождения.

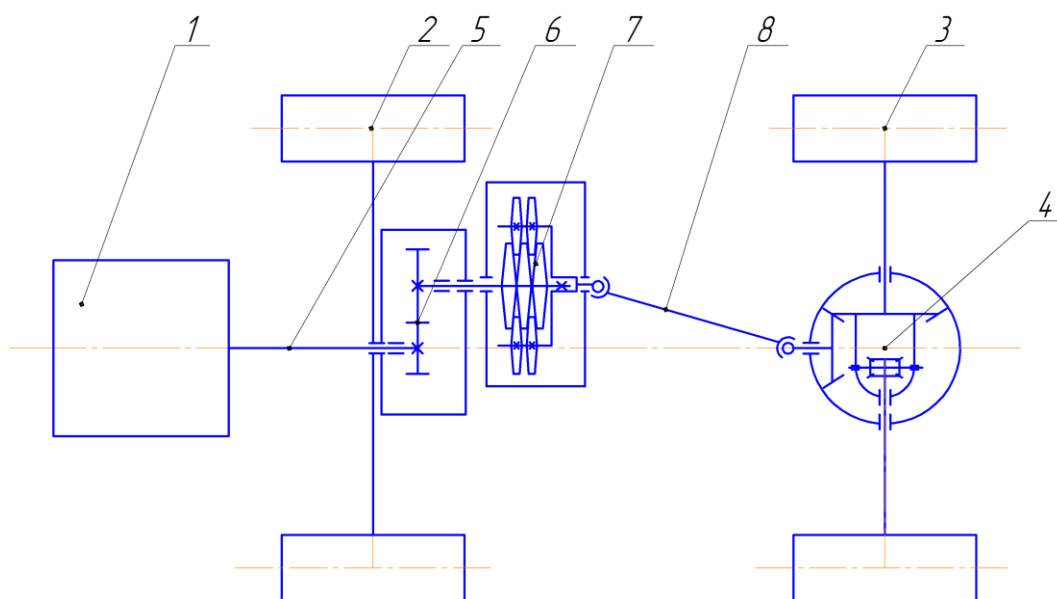
Существующая схема трансмиссии автомобиля ГАЗ-3302 представлена на рисунке 19.



1 – ДВС; 2 – сцепление; 3 – КПП (коробка перемены передач); 4 – передний мост; 5 – задний ведущий мост; 6 – дифференциал заднего моста; 7 – карданный вал

Рисунок 19 – Существующая кинематическая схема трансмиссии автомобиля ГАЗ-3302

В соответствии с заданием на модернизацию конструкции автоомбиля, из схемы, представленной на рисунке 19 изымается сцепление и коробка передач. Указанные узлы заменяются на вариатор и реверсивный редуктор, который обеспечивает движение автомобиля задним ходом. Схема транспортного средства представлена на рисунке 20.



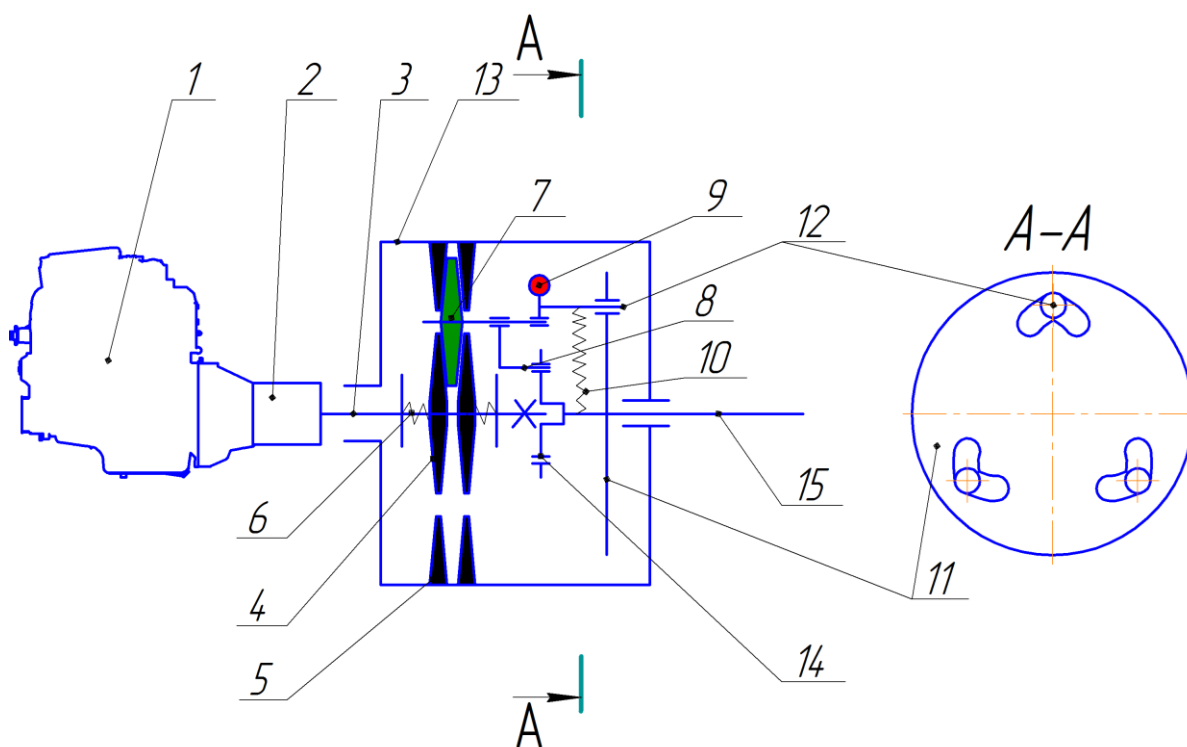
1 – ДВС; 2 – передний мост; 3 – задний ведущий мост; 4 – дифференциал заднего моста; 5 – вал приводной; 6 – цилиндрический реверсивный редуктор; 7 – дисковый вариатор; 8 – вал карданный

Рисунок 20 – Модернизированная кинематическая схема трансмиссии автомобиля ГАЗ-3302

Разберём работу разрабатываемого дискового вариатора, схема которого представлена на рисунке 21.

«Автоматическая бесступенчатая передача содержит ведущий (быстроходный) центральный вал 3, в данном случае являющийся валом реверсивного редуктора, объединенного с вариатором в один блок и передающего крутящий момент с двигателя 1. На ведущем центральном валу 3 посажена с возможностью ограниченного осевого перемещения и передачи

крутящего момента (на шпонке) втулка, на которой с помощью упоров и гайки, а также фасонной шпонки посажены центральные внутренние фрикционные диски 4, прижатые к промежуточным фрикционным дискам 7 с помощью тарельчатых пружин 6, упирающихся в борта упоров, причем центральные внутренние фрикционные диски 4 посажены на втулке с возможностью их осевого перемещения в пределах, допустимых осевой, упругостью тарельчатых пружин 6. Внешние центральные фрикционные диски 5, играющие одновременно роль силовых элементов осевого действия - дисковых пружин, контактирующие с промежуточными фрикционными дисками 7, посажены в корпусе 13 с помощью втулок.» [18]



1-двигатель; 2 – реверсивный редуктор; 3 – центральный вал; 4 – внутренние центральные фрикционные диски; 5 – внешние фрикционные диски; 6 – тарельчатые пружины; 7 – промежуточный центральный диск; 8 – поворотный рычаг; 9 – противовес; 10 – пружина сжатия; 11 – диск с направляющими; 12 – ролики на оси; 13 – корпус; 14 – водило; 15 – тихоходный вал

Рисунок 21 – Схема работы бесступенчатой трансмиссии

Работает автоматическая бесступенчатая передача (рисунок 21) следующим образом.

«Работа устройства начинается с минимального передаточного отношения, которое обычно составляет 1,2-4-1,3, то есть частота вращения тихоходного вала 15, а это число раз меньше частоты вращения ведущего центрального вала 3. При этом крутящий момент от ведущего центрального вала 3 через шпонку, или иное соединение для передачи крутящего момента, передается на втулку, сидящую на валу 3 с возможностью ограниченного осевого перемещения, а с втулки на упоры 3 и внутренние центральные фрикционные диски 4, соединенные шпонкой с втулкой, с возможностью осевого перемещения на ней при работе устройства в пределах упругости тарельчатых пружин 6 с передачей крутящего момента. Центральные внутренние фрикционные диски 4 прижаты к промежуточным фрикционным дискам 7 с двух сторон тарельчатыми пружинами 6, упирающимися своими основаниями в борта на упорах, поджатых друг к другу гайкой на втулке, и при вращении передают крутящий момент на промежуточные фрикционные диски 7, посаженные на оси, закрепленные с возможностью осевого перемещения в подшипниках, сидящих на поворотных рычагах 8, в свою очередь закреплённых на оси 12, посаженной с возможностью поворота на водиле 11.» [14]

При вдвигании и выдвигании промежуточных фрикционных дисков 7, зажатых между центральными внутренними фрикционными дисками 4, что необходимо для изменения передаточного отношения вариатора, центральные внутренние фрикционные диски 4 перемещаются в осевом направлении по втулке с передачей крутящего момента. Промежуточные фрикционные диски 7 находятся также во фрикционном контакте с внешними центральными фрикционными дисками 5, одновременно играющими роль внешних фрикционных дисков и силовых элементов осевого действия дисковых пружин. Внешние центральные фрикционные диски 5 зажаты между упорами втулок через кольцо и передают крутящий момент (реактивный) на корпус 13 за счет трения. Прижим внешних центральных фрикционных дисков 5 к промежуточным фрикционным дискам 7 увеличивается по мере вдвигания

промежуточных фрикционных дисков 7 конической формы между внешними центральными фрикционными дисками 5 с увеличением упругой деформации последних, как дисковых пружин.

«Изменение передаточного отношения вариатора происходит автоматически при изменении крутящего момента на выходном тихоходном валу 15, и, таким образом, вариатор самостоятельно приспосабливается к нагрузке, являясь адаптивным, что весьма ценно для приводов. Происходит это следующим образом. При крутящем моменте на валу 15 меньше определенного значения, пружины 10 стягивают между собой элементы крепления, и, поворачивая поворотные рычаги 10 так, чтобы диски 7, закрепленные на их концах, занимали максимально близкое к оси вращения вариатора положение. Передаточное отношение вариатора при этом минимальное. Этому при вращении водила 14 способствует также неуравновешенность поворотных рычагов 8 при выполнении противовесов 9 повышенной массы по отношению к той, при которой поворотные рычаги 8 уравновешены. Увеличение сопротивления вращения вала 15 вызывает увеличение крутящего момента на диске 11, соединённого с ним, что вызывает поворот этого диска и перемещение роликов 12 (толкателей) в вырезах направляющих (рисунок 21, вид а-а) в сторону от их максимального радиального удаления от оси вращения валов вариатора. В зависимости от направления вращения ведущего центрального вала 3, это перемещение может быть и в одну и в другую сторону от упомянутого положения роликов 12, и, таким образом, вариатор может работать в режиме реверсирования, благодаря особой форме вырезов направляющих (рисунок 3.3, вид а-а), расположенных по обе стороны вышеупомянутого положения роликов 12 в зоне максимального удаления от оси вращения валов вариатора.» [3]

«Это перемещение роликов 12 вызывает угловое перемещение поворотных рычагов 8, растяжение пружин 10 и удаление промежуточных фрикционных дисков 7 от оси вращения валов вариатора на периферию, что влечет за собой увеличение передаточного отношения вариатора, реально

доходящего до значений 8-9. Таким образом, описанная бесступенчатая передача не нуждается в принудительном регулировании, являясь автоматической (адаптивной), что является ценным свойством для большого количества её применений. В частности, описанная передача в одном блоке с реверсивном редуктором подключенном к автомобильному двигателю образуют трансмиссию автомобиля с «мягкой» характеристикой, позволяющей изменять частоту вращения и крутящий момент автоматически в широких пределах, практически сохраняя мощность и частоту вращения автомобиля почти постоянными.» [14]

«Реверсирование вращения выходного вала 15 вариатора осуществляется реверсированием входного вала 3 редуктора, что, например, в реверсивном редукторе осуществляется переключением зацепления цилиндрической передачи. При этом водило 14, и связанные с ним поворотные рычаги 8 начинают вращаться в другую сторону, и ролики 12 переходят из одного спирального выреза направляющих в другой, расположенный по другую сторону от их максимального радиуса от оси вариатора. При этом диск 11 начинает вращаться в сторону, противоположную первоначальной, приводя во вращение в соответствующую сторону вал 15. Тем самым мы получаем большой диапазон передаточного отношения, как вперед, так и назад.» [21]

3.2 Расчеты дискового вариатора

Согласно разработанной конструкции дискового вариатора (рисунок 21), принимаем, что для обеспечения движения на различных режимах передаточное число трансмиссии может изменяться в пределах: 3,10...14,11 – с учётом главной передачи и 0,794...3,618 – без учёта главной передачи.

«Главная передача и двигатель остаётся в конструкции автомобиля ГАЗ-3302 без изменений, поэтому для данного двигателя и главной передачи стремимся далее выполнить вариатор с передаточным числом, находящимся в пределах 0,80...3,60. Этого можно достичь изменением диаметров дисков.» [3]

Кинематическая схема дискового вариатора представлена на рисунке 22.

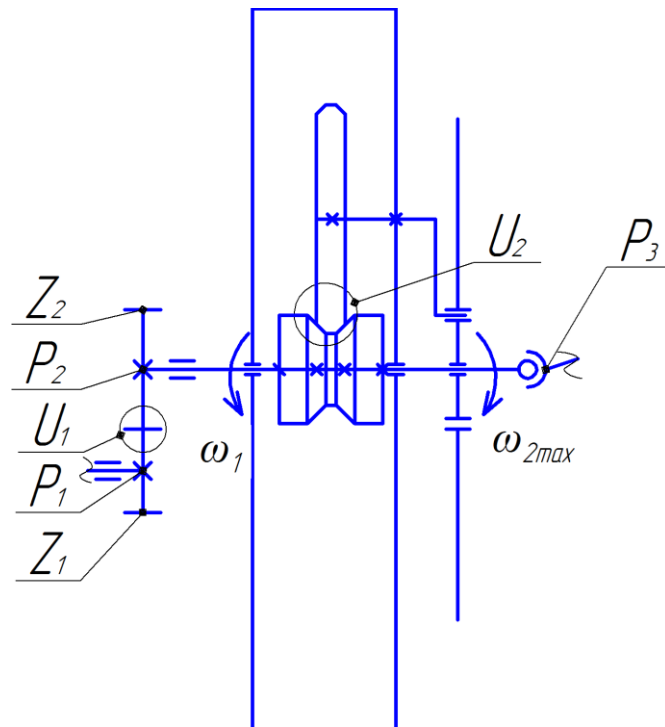


Рисунок 3.3 – Кинематическая схема вариатора

В конструкции разрабатываемого вариатора выделяют две ступени, обеспечивающих передачу крутящего момента от двигателя к колесам транспортного средства:

- цилиндрическая передача;
- ременная передача с изменяющимся передаточным числом.

Тогда:

$$U_1 = \frac{Z_2}{Z_1} = const, \quad (79)$$

«где U_1 - передаточное число быстроходной цилиндрической ступени, $U_1 = 2,0$;

Z_1 - число зубьев шестерни;

Z_2 - число зубьев колеса.» [9]

Для дискового вариатора:

$$U_{\max} = \frac{\omega_1}{\omega_{2\min}}, \quad (80)$$

где ω_1 - угловая скорость ведущего колеса;

$\omega_{2\max}$ - угловая скорость ведомого колеса.

Изначально принимаем $U_1 = 2,0$, тогда:

$$U_2 = 0,4 \dots 1,8$$

В связи с этим общее передаточное число вариатора равно:

$$U_{\text{ОБЩ.}} = U_1 \cdot U_2, \quad (81)$$

$$U_{\text{ОБЩ.}} = 2,0 \cdot (0,40 \dots 1,80) = 0,80 \dots 3,60$$

Допускаемые отклонения передаточного числа не должны превышать 4%:

$$\Delta U_{\text{ОБЩ.быстр}} = \frac{0,80 - 0,794}{0,80} \cdot 100\% = 0,75\% < 4,0\%, \quad (82)$$

$$\Delta U_{\text{ОБЩ.тих}} = \frac{3,618 - 3,60}{3,60} \cdot 100\% = 0,50\% < 4,0\% .$$

Условие передаточного отношения выполняется, поэтому можно дальше продолжать расчёты.

Мощность транспортного средства, принятое по результатам расчета:

- максимальная мощность – 140 кВт;
- номинальная частота вращения – 5000,0 мин⁻¹.

Мощность на выходе из вариатора с учётом КПД трансмиссии составит:

$$P_{\text{ВЫХ.}} = P_{\text{ДВ.}} \cdot \eta_{\text{ОБЩ.}}, \quad (83)$$

где $P_{\text{ДВ.}}$ - максимальная мощность, $P_{\text{ДВ.}} = 110,2$ кВт;

$\eta_{\text{ОБЩ.}}$ - общий КПД привода, определяемый как произведение КПД отдельных передач и муфт.

$$\eta_{\text{ОБЩ.}} = \eta_{\text{М.}} \cdot \eta_{\text{Ц.}} \cdot \eta_{\text{РЕМ}} \cdot \eta_{\text{М.}}, \quad (84)$$

где $\eta_{\text{М.}}$ - КПД муфт и соединений, $\eta_{\text{М.}} = 0,98$;

$\eta_{\text{Ц.}}$ - КПД цилиндрической передачи, $\eta_{\text{Ц.}} = 0,98$;

$\eta_{\text{д}}$ - КПД дисковой передачи вариатора, $\eta_{\text{РЕМ}} = 0,80$.

$$\eta_{\text{ОБЩ.}} = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,80 \cdot 0,98 = 0,75.$$

Тогда:

$$P_{\text{ВЫХ.}} = 110,2 \cdot 0,75 = 82,65 \text{ кВт.}$$

Разберёмся с повышенной и пониженной частотами вращения на выходе по ступеням:

$$P_1 = P_{\text{ДВ.}} \cdot \eta_{\text{М.}} = 110,20 \cdot 0,98 = 108,0 \text{ кВт}, \quad (85)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{Ц.}} = 108,0 \cdot 0,98 = 105,84 \text{ кВт}, \quad (86)$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{д}} = 105,84 \cdot 0,80 = 84,67 \text{ кВт}. \quad (87)$$

Крутящий момент по ступеням считается следующим образом:

$$T = 9550 \cdot \frac{P}{n}.$$

Тогда:

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{108,0}{5000,0} = 206,28 \text{ Нм.}$$

Частоты вращения распределяться по ступеням следующим образом:

$$n_1 = n_{дв.} = 5000,0 \text{ мин}^{-1}, \quad (88)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_1} = \frac{5000,0}{2,0} = 2500,0 \text{ мин}^{-1}, \quad (89)$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_1} = \frac{2500,0}{0,40 \dots 1,8} = 1388,89 \dots 6250,0 \text{ мин}^{-1},$$

где $n_{1,2,3}$ - частоты вращения соответственно на 1,2,3 валах, мин^{-1} .

Тогда:

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{105,84}{2500,0} = 404,31 \text{ Нм};$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{86,40}{1388,89 \dots 6250,0} = 132,02 \dots 594,09 \text{ Нм}$$

Последующие прочностные расчёты будем вести именно по данным получившимся цифрам.

Выводы по выполненному разделу подтверждают, что дисковый вариатор является эффективным и инновационным решением в области бесступенчатых трансмиссий. В процессе разработки и расчета дискового вариатора были рассмотрены различные аспекты, включая конструкцию, принцип работы, оптимизацию передаточного отношения и оценку производительности. Одним из важных элементов разработки дискового

вариатора является определение оптимального размера и геометрии дисков. Это включает выбор материала, размеров, формы и расположения дисков, чтобы обеспечить надежное сцепление и эффективную передачу мощности. Проведенные расчеты позволили определить необходимые параметры и технические характеристики для достижения желаемого передаточного отношения.

Также был проведен расчет момента трения между дисками, что позволило определить требуемую силу сцепления и эффективность передачи мощности. Это позволило обеспечить надежную и эффективную работу вариатора в различных условиях эксплуатации. Результаты разработки и расчета дискового вариатора показали его потенциал в области бесступенчатых трансмиссий. Дисковый вариатор обладает высокой передаточной способностью, позволяя обеспечивать плавное и бесступенчатое изменение передаточного отношения в трансмиссии автомобиля. Он также обладает высокой эффективностью и адаптивностью к различным дорожным условиям.

Необходимо отметить, что разработка и расчет дискового вариатора требует комплексного подхода и учета множества факторов, включая механику твердого тела, термодинамику и гидродинамику. Также важным аспектом является определение оптимального алгоритма управления для достижения наилучшей производительности и экономии топлива.

В целом, разработка и расчет дискового вариатора автомобиля позволяют создать эффективную и инновационную трансмиссию, способную обеспечить плавное и эффективное изменение передаточного числа трансмиссии автомобиля. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут направлены на улучшение эффективности, надежности и применимости дисковых вариаторов в автомобильной промышленности.

4 Разработка технологического процесса сборки

В качестве взятой на проработку в технологическом разделе дипломного проекта сборочной единицы, принимаем изделие «Дисковый вариатор». Исходными данными для проработки технологического процесса сборки будут являться следующие документы и данные:

- рабочая конструкторская документация изделия, полученная при его конструкторской проработке;
- данные о годовом объеме сборки изделий, принятом в количестве $N = 100$ шт.

На базе исходных данных приступаем к разработке технологического процесса сборки.

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

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

– обеспечение свободного инструментального доступа к деталям узла.» [8]

Разработку технологической схемы сборки ведем на основе сборочного чертежа трансмиссии транспортного средства с вариатором. Определяем последовательность сборки мотор-колеса и разбиваем сборку на узловую и общую. Технологическая схема сборки показана на чертеже «Технологическая схема сборки заднего мотор-колеса в сборе»

Составление перечня сборочных работ.

Перечень сборочных работ составляем на основе технологической схемы сборки. Перечень сборочных работ показан в таблице 5.

Таблица 5 - Перечень сборочных работ

Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) Т _{шт}
1. Узловая сборка трансмиссии			
Сборка вариатора	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрессовать подшипники в сателлиты 2. Установить сателлиты на водило, соединив осью 3. Нанести консистентную смазку на сателлиты 4. Установить водило с сателлитами в корпус 5. Убедиться в фиксации водила в корпусе 6. Поместить корпус в кожух ротора. 7. Поместить крышку катушки на корпус и зафиксировать болтами на 17 8. Зафиксировать болтами на 17 заднюю крышку 9. Убедиться в отсутствии заеданий 10. Переместить сборочную единицу на следующую позицию 	Стенд сборочный Молоток Выколотка Ключ на 17 Смазка	7,25

Продолжение таблицы 5

Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) Т _{шт}
2. Узловая сборка мотор-колеса			
Сборка корпуса редуктора реверса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить обмотку в корпус и зафиксировать 2. Закрутить фиксирующие болты ДП 2105- 1/13438/33 ключом на 10 3. Запрессовать конические подшипники в корпус 4. Запрессовать манжету в корпус 5. Убедится в отсутствии заеданий при проворачивании ступицы 	<p>Ключ на 10 Стенд сборочный Молоток Выколотка Смазка</p>	6,85
Сборка вариатора с редуктором реверса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрессовать в заднюю крышку статора подшипник ротора 2. Произвести предварительную затяжку болта ДП 2105- 1/13438/33 крышки статора 3. Установить собранный редуктор в корпус статора 4. Произвести предварительную затяжку болтов ДП 2105-1/13438/33 крышки 5. Произвести затяжку болтов ДП2105-1/13438/33 окончательно 6. Затянуть болты задней крышки ключом на 10 	<p>Ключ на 17 Ключ на 10 Стенд сборочный</p>	6,87
3. Установка мотор-колеса на автомобиль			
Монтаж вариатора на транспортное средство	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить вариатор на посадочные места фланца 2. Произвести предварительную затяжку болтов ДП 2105-1/13438/33 крепления вариатора 3. Произвести подключение силового кабеля к контроллеру управления 4. Произвести затяжку болтов ДП2105-1/13438/33 окончательно 5. Установить спаренные колеса на фланец полуоси 6. Завернуть гайки крепления колеса к фланцу полуоси 7. Произвести пробный пуск при вывешенном мосту 	<p>Ключ на 19 Ключ на 17</p>	5,05

«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 5.

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия:» [8]

$$t_{\text{опбщ}} = \Sigma t_{\text{оп}} = 26,02 \text{ мин.} \quad (90)$$

Суммарная трудоемкость сборки:

$$t_{\text{штобш}} = t_{\text{опбщ}} + t_{\text{опбщ}} (\alpha/100 + \beta/100), \quad (91)$$

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

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

$$t_{\text{штобш}} = 26,02 + 26,02 \cdot (3/100 + 5/100) = 13,57 + 13,57 \cdot 0,08 = 28,10 \text{ мин.}$$

Определение типа производства

По таблице 4.1 определяем тип производства при годовом объеме выпуска $N = 100$ шт. и $t_{\text{штобш}} = 28,10$ мин. – производство мелкосерийное.

«Для мелкосерийного производства такт выпуска определяем по формуле:

$$T_{\text{в}} = F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot m / N, \quad (92)$$

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.» [32]

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

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке трансмиссии автомобиля с дисковым вариатором. 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 – гусеничного транспортного средства 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 электрошита 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 6.

Таблица 6 – 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 6

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 6

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 7 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 7 – 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, объемное 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, объемное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«объемное 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 электрошита 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 8.

Таблица 8 – 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 43.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * N_a}{100}, \quad (43)$$

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 44. Расчет сведен в таблицу 9.

$$P_{э} = \frac{M_d * T * K_o * K_m * K_v * K_p * Ц_{эл}}{\eta * 60}, \quad (44)$$

«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 $K_v = 0,35$;

$K_{п}$ – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_{п} = 1,05$;

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

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

Таблица 9 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	Кв	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 45.

$$P_{св} = (M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot K_v \cdot K_{п} \cdot Цэ) / \eta, \quad (45)$$

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 $K_v = 0,75$;

$K_{п}$ – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_{п} = 1,05$;

$Цэ$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $Цэ = 4,56$ 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 46.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (46)$$

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

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 10. Расчет выполняется по формуле 5.

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

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

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 10 – 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 47.

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд}/100, \quad (47)$$

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 48.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (48)$$

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.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (49)$$

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

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 11.

Таблица 11 – 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 11

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.

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (50)$$

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

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 12.

Таблица 12 – 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 51.

$$Снч = Собщ / Туч, \quad (51)$$

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 обзор видов и типов конструкции бесступенчатых трансмиссий.

Выводы из анализа конструкции бесступенчатых трансмиссий подтверждают, что они предлагают ряд преимуществ и инноваций в автомобильной индустрии. Бесступенчатые трансмиссии обеспечивают плавное и бесступенчатое изменение передаточного отношения, что позволяет оптимизировать производительность двигателя и обеспечить экономию топлива.

Одной из распространенных конструкций бесступенчатых трансмиссий является гидрообъемная передача, основанная на использовании гидравлического привода. Она обладает высокой эффективностью, плавным переключением передач и возможностью трансмиссии больших мощностей. Однако, она может быть сложной в конструкции и требовать более сложной системы управления и обслуживания.

Еще одним типом бесступенчатой трансмиссии является фрикционная бесступенчатая трансмиссия, которая использует фрикционные механизмы для передачи мощности. Она обеспечивает плавное и комфортное переключение передач, высокую эффективность и гибкость в управлении. Однако, она также может быть сложной в конструкции и требовать более сложной системы управления и обслуживания.

Третьим типом бесступенчатой трансмиссии является вариатор с фрикционными дисками. Он обеспечивает бесступенчатое изменение передаточного отношения с помощью принципа трения между дисками. Вариатор с фрикционными дисками обладает плавным переключением передач, высокой эффективностью и адаптивностью к условиям дороги. Однако, он может быть сложным в конструкции и требовать более сложной системы управления и обслуживания.

Для дальнейшей проработки принят именно этот тип трансмиссии, поскольку те преимущества, связанные с высоким КПД и высокой адаптивностью, в наибольшей степени соответствуют задачам проекта.

В целом, бесступенчатые трансмиссии предлагают преимущества в плане производительности, экономии топлива и комфорта вождения. Однако, они также могут иметь некоторые ограничения, связанные с сложностью конструкции, стоимостью и требованиями к обслуживанию. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут направлены на улучшение эффективности, надежности и применимости бесступенчатых трансмиссий в автомобильной промышленности.

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 автомобиля.

Передачное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля 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 автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчет динамических характеристики, приведенных в расчете, также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. 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 выполненном разделе и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности проектируемого автомобиля с дисковым вариатором.

Выводы по выполненному конструкторскому разделу подтверждают, что дисковый вариатор является эффективным и инновационным решением в области бесступенчатых трансмиссий. В процессе разработки и расчета дискового вариатора были рассмотрены различные аспекты, включая конструкцию, принцип работы, оптимизацию передаточного отношения и оценку производительности. Одним из важных элементов разработки дискового вариатора является определение оптимального размера и геометрии дисков. Это включает выбор материала, размеров, формы и расположения дисков, чтобы обеспечить надежное сцепление и эффективную передачу мощности. Проведенные расчеты позволили определить необходимые параметры и технические характеристики для достижения желаемого передаточного отношения.

Также был проведен расчет момента трения между дисками, что позволило определить требуемую силу сцепления и эффективность передачи мощности. Это позволило обеспечить надежную и эффективную работу вариатора в различных условиях эксплуатации. Результаты разработки и расчета дискового вариатора показали его потенциал в области бесступенчатых трансмиссий. Дисковый вариатор обладает высокой передаточной способностью, позволяя обеспечивать плавное и бесступенчатое изменение передаточного отношения в трансмиссии автомобиля. Он также обладает высокой эффективностью и адаптивностью к различным дорожным условиям.

Необходимо отметить, что разработка и расчет дискового вариатора требует комплексного подхода и учета множества факторов, включая механику твердого тела, термодинамику и гидродинамику. Также важным аспектом является определение оптимального алгоритма управления для достижения наилучшей производительности и экономии топлива.

В целом, разработка и расчет дискового вариатора автомобиля позволяют создать эффективную и инновационную трансмиссию, способную обеспечить плавное и эффективное изменение передаточного числа трансмиссии автомобиля. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут направлены на улучшение эффективности, надежности и применимости дисковых вариаторов в автомобильной промышленности.

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке трансмиссии автомобиля с дисковым вариатором. 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.