

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 коробки передач грузового автомобиля большой
грузоподъемности

Обучающийся

Р.А. Урашев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка коробки передач грузового автомобиля большой грузоподъемности».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования к надежности и безотказности работы агрегатов трансмиссии грузовых автомобилей. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы, применяемых в агрегатах трансмиссии. Для грузовых автомобилей это особенно актуально еще и по причине условий передвижения. В тяжелых дорожных условиях и в условиях транспортировки грузов особенно важна надежность агрегата.

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 коробки передач грузового автомобиля большой грузоподъемности на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений конструкции коробок передач, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается коробка передач, силовые и прочностные расчеты узлов системы и элементов узлов, разработка технологического процесса сборки коробки передач, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Модернизированная в рамках дипломного проекта конструкция коробки передач обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с узлами и агрегатами, применяемыми в

серийных грузовых автомобилях 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 gearbox for a heavy-duty truck" is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands on the reliability and non-failure operation of the transmission units of trucks. This requires the use of new types of units and assemblies operating on other mechanical principles than traditional units used in transmission units. For trucks, this is especially true also because of the conditions of movement. In difficult road conditions and in the conditions of transportation of goods, the reliability of the unit is especially important.

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 aim of the thesis project is to develop a transmission of a heavy-duty truck at the level of a technical project.

Logically, the structure of the graduation project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions for the design of gearboxes, traction calculation of the vehicle for which the gearbox is being developed, power and strength calculations of system nodes and elements of nodes, development of a technological process for assembling a gearbox, development of safe working conditions at the site and the economic justification for the effectiveness of the project.

The design of the gearbox upgraded as part of the graduation project has significantly higher performance characteristics in comparison with the units and assemblies currently used in serial trucks. 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 Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей различных типов	10
1.1 Анализ конструктивных особенностей коробок передач грузовых автомобилей	10
1.2 Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей Scania .	11
1.3 Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей MAN ..	19
2 Обоснование выбора и описание конструкции коробки передач грузового автомобиля	25
2.1 Анализ конструкторских схем коробок передач грузовых автомобилей	25
2.2 Конструктивные схемы многоступенчатых коробок передач с задним двухступенчатым диапазонным редуктором	30
3 Тяговый расчет транспортного средства	33
3.1 Исходные данные для выполнения расчета	33
3.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя	34
3.3 Расчет тяговой силы на ведущих колесах	35
3.4 Расчет трансмиссии транспортного средства	37
3.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах	39
3.6 Определение силы сопротивления движению	41
3.7 Определение лобового сопротивления транспортного средства	42
3.8 Расчет динамического фактора автомобиля	44
3.9 Расчет и построение графика разгона автомобиля	46
3.10 Расчет и построение графиков времени и пути разгона	48
4 Конструкторский раздел	51
4.1 Выбор основных конструктивных параметров деталей, расчет передаточных чисел	51

4.2 Расчет геометрии зубчатых колес	57
4.3 Расчет на контактную усталость	59
5 Технологический раздел дипломного проекта	65
5.1 Обоснование выбора объекта технологической разработки	65
5.2 Оценка технологичности объекта технологической разработки	65
5.3 Оценка наличия баз и установочных поверхностей	66
5.4 Технологический процесс сборки	67
5.5 Расчет технической нормы времени	70
6 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	74
6.1 Характеристика участка сборки	74
6.2 Профессиональные риски, характерные для участка	76
6.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	80
6.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	84
6.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	87
7 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	89
7.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	89
7.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	90
Заключение	99
Список используемой литературы и используемых источников	105
Приложение А Графики тягового расчета	108

Введение

Грузовые автомобили большой грузоподъемности играют важную роль в современной логистике и транспортной отрасли. Они предназначены для перевозки тяжелых и крупногабаритных грузов на большие расстояния. Эффективность и надежность таких автомобилей в значительной степени зависят от конструкции и характеристик их коробки передач.

Цель данного дипломного проекта состоит в разработке и проектировании коробки передач для грузового автомобиля большой грузоподъемности. Основной задачей дипломного проекта будет являться оптимизация конструкции с тем, чтобы обеспечить высокую производительность, надежность и экономичность автомобиля.

Конструкция коробки передач для грузового автомобиля представляет собой сложный механический агрегат, который позволяет передавать мощность от двигателя к колесам и обеспечивать переключение передач в зависимости от требуемой скорости и нагрузки. Коробка передач состоит из нескольких основных узлов, типичных для большинства конструкций коробок передач грузовых автомобилей.

Механизм сцепления отвечает за соединение двигателя с коробкой передач и обеспечивает плавный старт автомобиля. Он состоит из сцепления с фрикционными дисками и гидравлической системы, выполняющей функции привода.

Механизмы переключения передач управляют переключением передач в зависимости от требуемой скорости и нагрузки. Это может быть рычаг переключения, система управления с электрическим приводом или другие механизмы, которые перемещают зубчатые передачи в нужное положение.

Механизм блокировки дифференциала обеспечивает одинаковое пропорциональное распределение мощности между колесами автомобиля. Он позволяет управлять трением и блокировкой между ведущими и приводными колесами в зависимости от условий езды.

Важно отметить, что конструкция коробки передач для грузового автомобиля может различаться в зависимости от его грузоподъемности, типа передвижения (передний, задний или полный привод) и других требований. Некоторые грузовые автомобили также могут быть оснащены дополнительными системами, такими как интардеры или ретардеры, которые обеспечивают дополнительное торможение и контроль скорости спуска.

В целом, конструкция коробки передач для грузового автомобиля является сложной и специализированной, позволяющей обеспечить эффективную передачу мощности и управление для максимальной производительности и надежности при перевозке грузов большой массы.

В ходе работы будут рассмотрены основные требования и особенности грузовых автомобилей большой грузоподъемности, а также анализироваться условия эксплуатации и нагрузки, с которыми они сталкиваются. Будут изучены различные типы и конструкции коробок передач, а также проведены расчеты и анализ, чтобы определить оптимальные параметры для разрабатываемой коробки передач.

Для успешного выполнения дипломного проекта необходимо применить современные методы и инструменты проектирования, провести необходимые расчеты и моделирования, а также учесть требования безопасности и эргономики. В результате работы будет получена готовая конструкция коробки передач, которая удовлетворяет требованиям грузовых автомобилей большой грузоподъемности и способствует повышению их эффективности и надежности.

Данный дипломный проект имеет практическую значимость, так как его результаты могут быть использованы в реальном производстве грузовых автомобилей и способствовать развитию транспортной отрасли. Кроме того, результаты работы могут быть использованы в дальнейших исследованиях и разработках в области автомобильной техники и механики.

1 Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей различных типов

1.1 Анализ конструктивных особенностей коробок передач грузовых автомобилей

Анализ конструктивных особенностей коробок передач грузовых автомобилей позволяет выделить ряд характерных особенностей и решений, которые применяются для обеспечения надежности, производительности и удобства в эксплуатации.

Коробки передач для грузовых автомобилей обычно имеют более мощные и прочные детали и компоненты по сравнению с автомобилями малого класса. Это необходимо для того, чтобы выдерживать большие нагрузки и обеспечивать надежность и долговечность в условиях интенсивной эксплуатации.

Грузовые автомобили обычно имеют большее количество передач, чем автомобили малого класса. Это позволяет достичь более широкого диапазона передаточных отношений для обеспечения эффективности и производительности при различных нагрузках и условиях движения. Грузовые автомобили часто имеют мощные двигатели с высоким крутящим моментом. Коробки передач должны быть спроектированы и адаптированы для безопасной и эффективной передачи этого крутящего момента на ведущие колеса, обеспечивая при этом управляемость и повышенную проходимость.

Коробки передач грузовых автомобилей обычно имеют более жесткое и устойчивое переключение передач в сравнении с автоматическими коробками передач для легковых автомобилей. Это связано с необходимостью обеспечения надежности и точности переключения, особенно при высоких нагрузках и в условиях горного рельефа.

В некоторых грузовых автомобилях могут быть предусмотрены дополнительные системы, такие как интардеры или ретардеры. Они позволяют

обеспечить дополнительное торможение и контроль скорости, особенно при спуске по склону или в условиях горного рельефа.

Коробки передач грузовых автомобилей обычно имеют доступные и удобные места обслуживания, такие как съемные крышки и дверцы, удобные точки слива и заправки масла. Это упрощает проведение технического обслуживания и ремонта для поддержания надежности и долговечности коробки передач. В целом, конструктивные особенности коробок передач грузовых автомобилей направлены на обеспечение надежности, прочности и эффективности в условиях интенсивной эксплуатации и больших нагрузок. Они представляют собой специально разработанные системы, которые отвечают особым требованиям и условиям, связанным с перевозкой грузов большой массы.

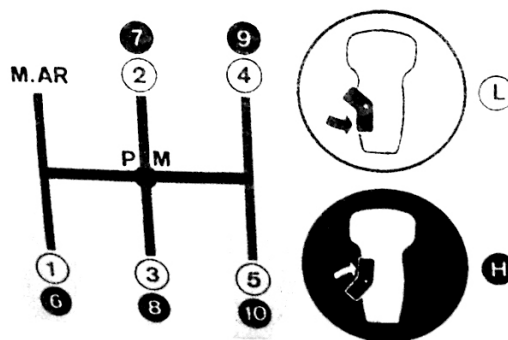
1.2 Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей Scania

Для выбора конструкции коробки передач транспортного средства требуется выполнить анализ конструкции коробок передач ведущих автопроизводителей. Это позволит определить наиболее прогрессивные конструкторские решения и выявить прогрессивные конструкторские тенденции.

«Коробки передач Scania GR 870 и Scania GR 871 – типа «ряд» с шестью передними синхронизированными передачами, сцепным и выходным реле, что создает всего десять передач и одну передачу заднего хода.

Изменение ряда на выходном реле осуществляется переключателем, находящимся в верхней части рычага скоростей.

При положении переключателя на «L» выходное реле находится на «малой скорости». Когда переключатель стоит на “Н”, это означает, что включена «высокая скорость», рисунок 1.» [1]



L- «малая скорость», H- «высокая скорость», M.AR- задний ход

Рисунок 1 – Решетка рычага скоростей

«Главное отличие между коробками передач Scania GR870 (рисунок 2) и Scania GR871 состоит в передаточном числе заднего хода, которое составляет 11,10 для первой из моделей и 13,77- для второй.

Коробки Scania GR 870 и GR 871 имеют смазку под давлением от масляного насоса ротационного типа. Этот насос закреплен на внутренней стенке картера сцепления; он приводится в движение от промежуточного вала.

Насос забирает масло в нижней части картера и нагнетает его в сторону первичного вала. Затем это масло идет на вторичный вал и на вал выходного реле. При буксировке автомобиля следует отсоединить вал трансмиссии на уровне картера масла и закрепить его на реле шасси, поскольку масляный насос коробки передач в случае буксировки не подключен так как промежуточный вал не вращается и, таким образом возникает риск порчи подшипников и втулок из-за отсутствия смазки.» [2]

Характеристики коробок скоростей марок Scania GR870 и GR871 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики передаточных чисел коробок передач Scania GR870 и GR871

1-ая передача	13,51	6-ая передача	3,19
2-ая передача	10,07	7-ая передача	2,38
3-я передача	7,55	8-ая передача	1,78
4-ая передача	5,66	9-ая передача	1,34
5-ая передача	4,24	10-ая передача	1

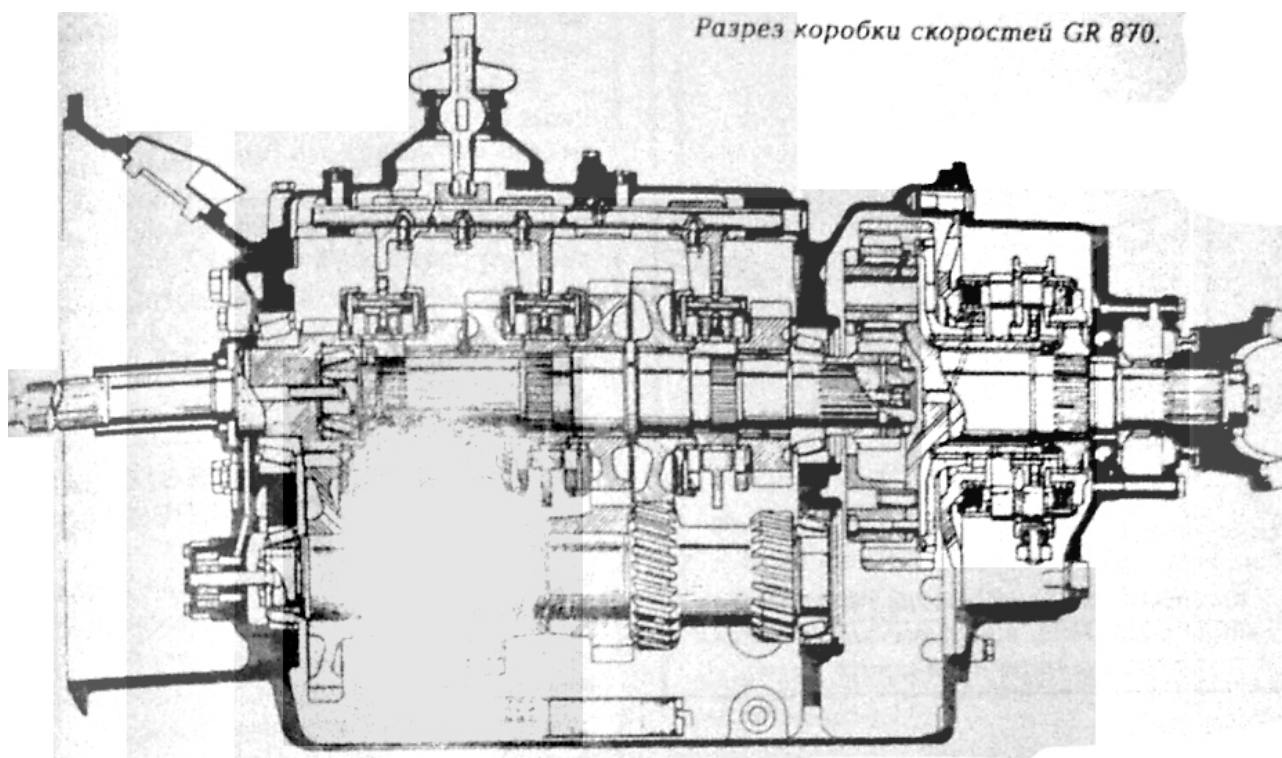


Рисунок 2 – Разрез коробки скоростей GR 870

«Электрическое оборудование, осуществляющее управление реле, включает множество компонентов (рисунок 3). Схема защищена плавким предохранителем на 8А. Выключатель нейтрального положения расположен на правой стороне КП, размыкает цепь, когда главная коробка находится в положении нейтрали.» [14]

«Включение рядов “малой скорости” и “большой скорости”, осуществляется посредством переключателя (рисунок 1).

На части картера располагаются два электроклапана: один из которых предназначен для ряда “малой скорости”, а другой – для “большой скорости”. Эти клапаны подключены к пневматическому контуру.» [3]

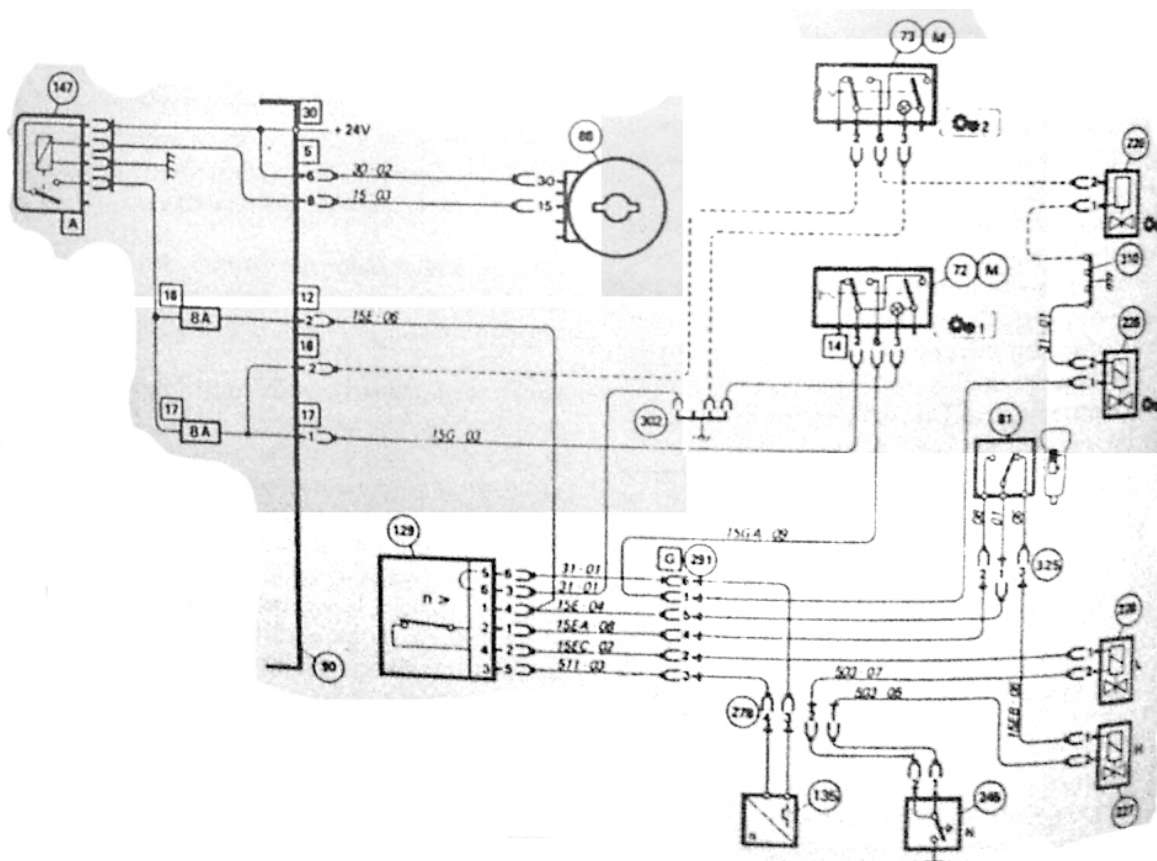


Рисунок 3 – Электрическая схема управления коробкой передач с отбором мощности GR870

«Еще одна модификация – коробка передач Scania с делителем GRS900 (8+1 –ступенчатая).

Это надежная коробка передач с делителем и одной ползущей передачей (рисунок 4). Предназначена для установки на автомобили общей массой от 24 до 60 тонн с двигателем мощностью до 470 л.с. Эта коробка передач отличается своей универсальностью. GRS900 особенно подойдет для

внутригородских, многоадресных или региональных перевозок, а также будет полезна на самых протяженных магистральных и международных маршрутах. Оператору магистральных перевозок GRS900 предоставляет идеальную комбинацию всех ключевых факторов, необходимых для выполнения любого задания.» [11]

«Простота конструкции коробки передач, - за ее основу взята 4-ступенчатая коробка с дополнительной планетарной передачей, - представляет для многих водителей особую ценность. Ее прочности с запасом хватает для передачи крутящего момента от всех рядных двигателей Scania.

Эта коробка передач экономична в эксплуатации. Широкий диапазон больших величин крутящих моментов, передаваемый ей от всех двигателей Scania, позволяет легко выбирать такую передачу, на которой двигатель автомобиля практически всегда будет развивать обороты, соответствующие зеленой зоне экономичного режима. Высшая ступень соответствует прямой передаче.» [16]

«Дополнительная установка ретардера Scania позволит сократить продолжительность поездок и повысить их экономичность, особенно тогда, когда маршрут пролегает по холмистой местности.

GRS 900 имеет многолетнюю репутацию надежной коробки передач. Ее техническое обслуживание сводится к периодической замене масла и фильтров. Если автомобиль работает с большой нагрузкой и в экстремальных условиях, в местном представительстве компании Scania Коробка передач дополнительно оснащается масляным радиатором.» [11]

GRS 900

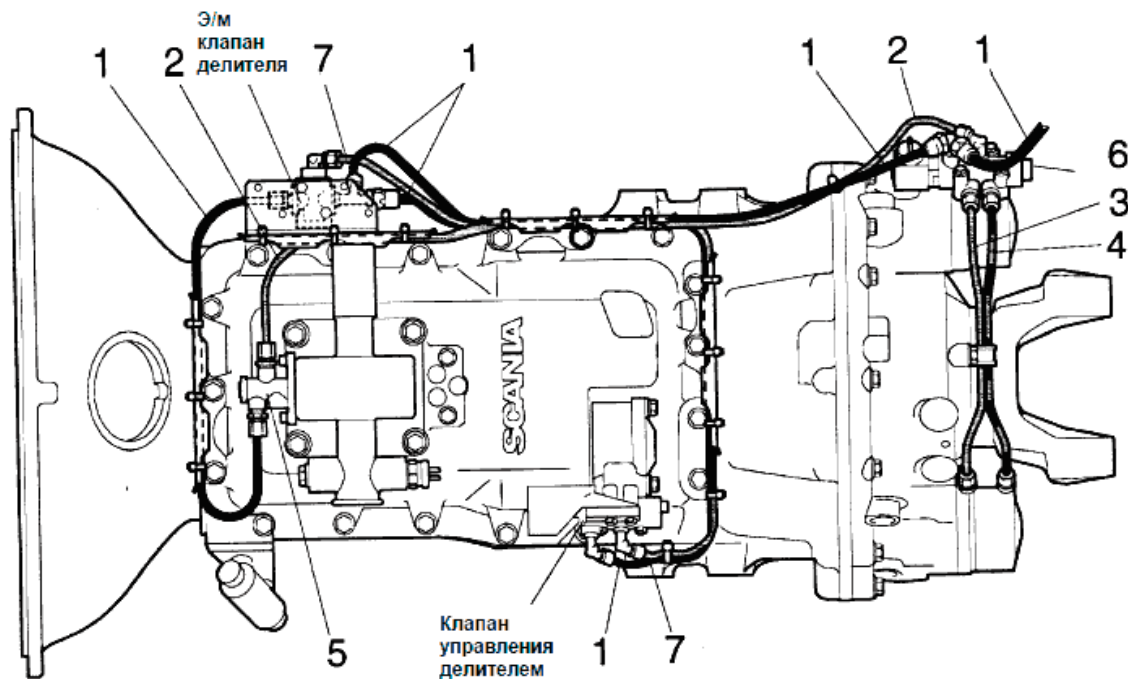


Рисунок 4 – Ступенчатая коробка передач с делителем GRS 900

«Шасси F12 в коммерческой версии грузовика и тягача оборудуются коробкой передач R или SR1700 (рисунок 5).

Коробка передач SR1700 имеет 14 скоростей, из которых 12 синхронизированные, а две передачи заднего хода не синхронизированные.

Трансмиссии R и SR1700 состоит из туннельного картера, длина которого на 46,5 мм длиннее, чем для коробки R1700. Этот картер включает в себя вторичную и промежуточную оси. В модели SR1700 имеется входное реле, расположенное против картера сцепления. Выходное реле состоит из планетарной передачи, помещенной в заднем картере.

Как все современные модели эти трансмиссии имеют смазку под давлением, осуществляемую посредством масляного насоса. В случае буксировки рекомендуется отсоединить вал трансмиссии на уровне моста, поскольку если коробка передач не смазывается, то существенно возрастет риск заклинивания.» [4]

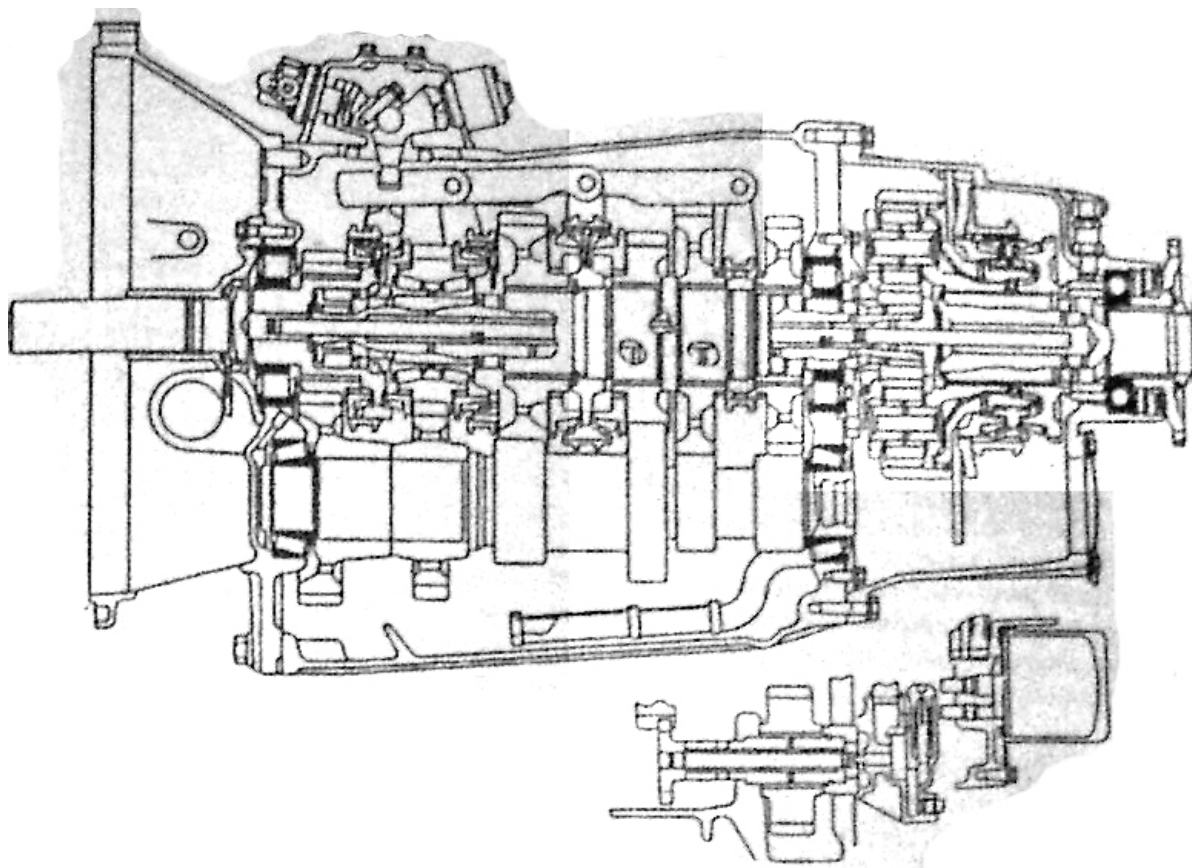
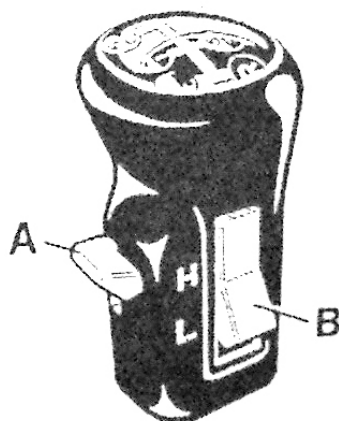


Рисунок 5 – Вид в разрезе коробки скоростей SR1700



А- коммутатор входного реле; В- коммутатор выходного реле; Н- верхний ряд; L- нижний ряд.

Рисунок 6 – Идентификация коммутаторов на наконечнике рычага переключения скоростей.

«Базовая часть управляется механически, тогда как входное реле для коробок SR1700 приводится в действие пневматическим путем постановки переключателя “А” против головки рычага переключения скоростей. Выходное реле так же управляется пневматически с помощью переключателя “В”, помещенного слева от головки (рисунок 7).» [8]

Характеристики редукторной характеристики коробки передач SR1700 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Редукция скорости коробки передач SR1700

СКОРОСТЬ	НИЖНИЙ РЯД	ВЕРХНИЙ РЯД
Медленная	16,68	13,27
Первая	11,3	8,97
Вторая	7,16	5,74
Третья	4,68	3,75
Четвертая	2,97	2,38
Пятая	1,91	1,58
Шестая	1,25	1
Седьмая	0,81	0,90
Задний ход	4,07	3,28

Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей Scania показывает их высокий уровень надежности и производительности. Scania известна своими качественными и продуманными решениями в области конструкции коробок передач, которые обеспечивают эффективность и долговечность в условиях интенсивной эксплуатации.

Коробки передач Scania обладают усиленной конструкцией, что позволяет им выдерживать большие нагрузки и обеспечивать надежную передачу мощности от двигателя к колесам. Это особенно важно для грузовых автомобилей, которые часто перевозят тяжелые грузы на большие расстояния. Одной из особенностей коробок передач Scania является их большое количество передач, что позволяет достичь широкого диапазона передаточных

отношений и обеспечить оптимальную производительность при различных скоростях и условиях движения.

Кроме того, коробки передач Scania обладают четким и внятным переключением передач, что обеспечивает точность и надежность переключения, особенно при высоких нагрузках и в условиях горного рельефа. Важно также удобство обслуживания коробок передач Scania. Они оснащены доступными и удобными местами обслуживания, что упрощает проведение технического обслуживания и ремонта для эксплуатационных качеств автомобиля.

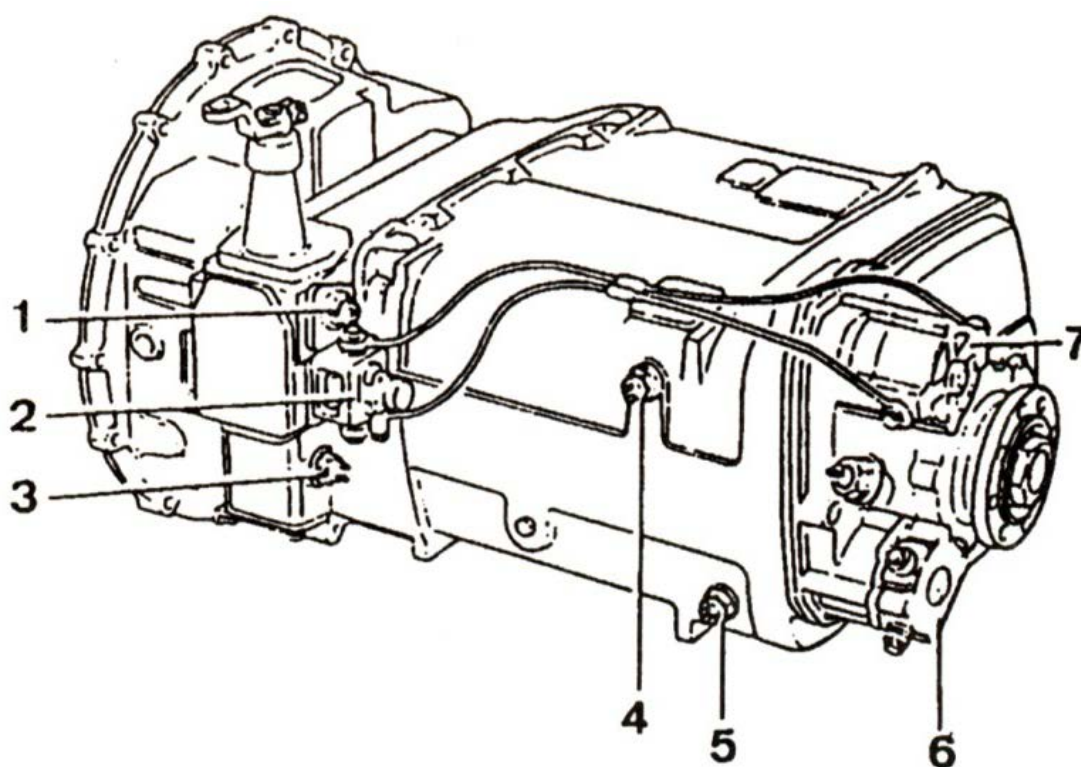
Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей Scania позволяет заключить, что Scania активно разрабатывает и совершенствует свои коробки передач, чтобы соответствовать требованиям современных грузовых автомобилей. Это обеспечивает высокую надежность, производительность и удобство в эксплуатации для водителей и владельцев грузовых автомобилей Scania. В целом, анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей Scania подтверждает их высокое качество и соответствие требованиям современных грузовых перевозок. Коробки передач Scania представляют собой надежные, производительные и удобные в эксплуатации агрегаты, которые способствуют повышению эффективности и надежности грузовых автомобилей.

1.3 Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей MAN

Другим производителем тяжелой грузовой техники, разрабатывающей не только автомобили, но и агрегаты для нее, использующейся в том числе другими производителями автотранспортных средств является фирма MAN. Анализ конструкции агрегатов, производимых этой фирмой, также позволит выявить конструкторские и технологические перспективы развития коробок передач для грузовых автомобилей.

«Шасси MAN серии «F90», описываемые в дипломном проекте, оборудованы трансмиссией ZF модели Ecosplit на 16 передач. Автомобили 19.332 получали изначально коробку передач 16 S 130 (рисунок 7), а шасси 19.362 были снабжены моделью 16 S 160.

Впоследствии все автомобили 19.292-19.332 и 19.362 оборудовались коробкой передач 16 S1 150 (рисунок 8). Эта трансмиссия отличается от других моделей присутствием конических подшипников на первичном и вторичном валах и монтажом синхронизаторов пониженного хода с двойным конусом.» [18]



1 – Контактёр сигнального огня заднего хода; 2 – Клапан привода выходного реле; Контактёр индикатора мертвой точки; 4 – Контактёр индикатора выходного реле; 5 – Контактёр индикатора входного реле; 6 – Клапан привода входного реле; 7 – Домкрат привода входного реле

Рисунок 9 – Коробка передач ZF модели Ecosplit 16 S 130

Передаточные числа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики коробок передач ZF модели Ecosplit

Модель коробки передач	16 S 130 и 16 S 160		16 S 150	
Передача	Ряд		Ряд	
	нижний	верхний	нижний	верхний
1-ая	14,29	11,72	13,80	11,55
2-ая	9,93	8,14	9,59	8,02
3-ая	7,05	5,78	6,81	5,70
4-ая	4,59	3,76	4,58	3,84
5-ая	3,12	2,56	3,01	2,52
6-ая	2,17	1,79	2,09	1,75
7-ая	1,54	1,26	1,49	1,24
8-ая	1	0,82	1	0,84
Задний ход	12,70	10,40	12,23	10,24

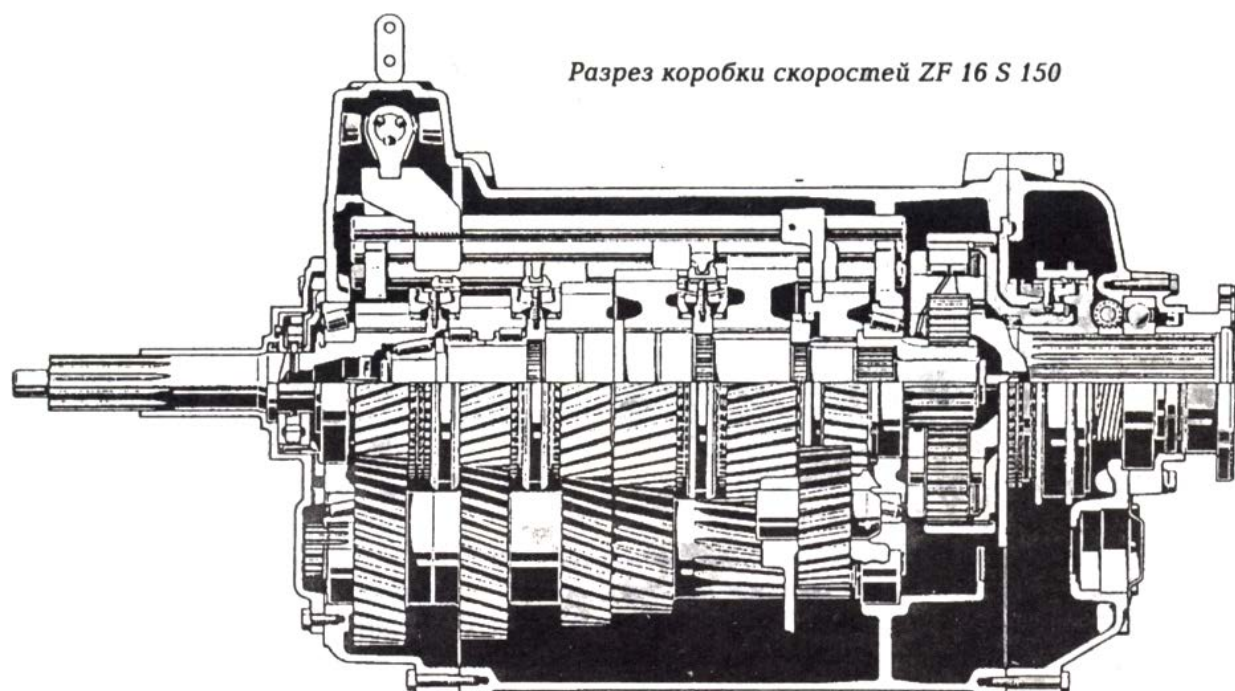
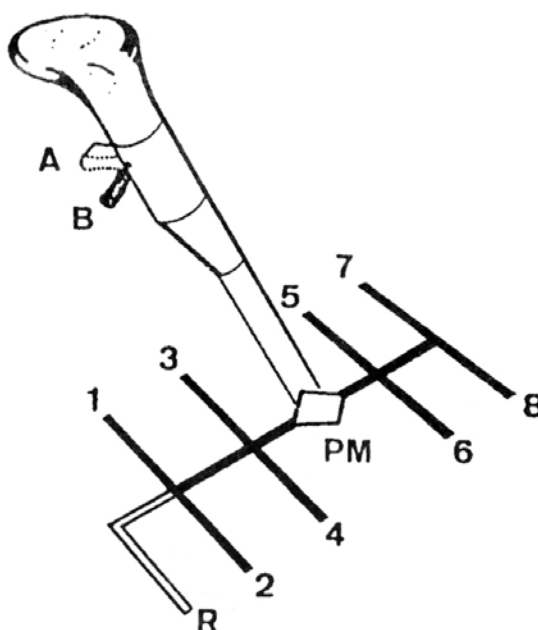


Рисунок 8 – Разрез коробки скоростей ZF модели Ecosplit 16 S 150

Рычаг переключения скоростей коробок передач ZF модели Ecosplit с клапаном предварительного переключения показан на рисунке 9



А – Переключатель в положении выбора верхнего ряда; В – Переключатель в положении выбора нижнего ряда

Рисунок 9 – Рычаг переключения скоростей коробок передач ZF модели Ecosplit с клапаном предварительного переключения

«Входное реле встроено в переднюю часть главного картера. Управление входным реле осуществляется переключателем, расположенным на рычаге переключения скоростей, который запитывает предохранительный клапан, встроенный в рычаг. Чтобы перейти с нижнего ряда на верхний следует переместить переключатель и до упора нажать на педаль сцепления, чтобы включить домкрат привода входного реле. При нахождении переключателя в позиции «А» каретка входного реле перемещается в направлении вторичного вала в положение «верхний ряд». Если переключатель находится в позиции «В», то каретка входного реле у первичного вала, а коробка передач – в положении «верхний ряд».» [11]

Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей MAN позволяет сделать вывод о высоком уровне надежности и производительности

данных коробок передач. Компания MAN известна своими инновационными и качественными решениями, которые обеспечивают эффективность и долговечность в условиях интенсивной эксплуатации.

Коробки передач MAN обладают усиленной конструкцией, что позволяет им выдерживать большие нагрузки и обеспечивать надежную передачу мощности от двигателя к колесам. Это особенно важно для грузовых автомобилей, которые часто перевозят тяжелые грузы на большие расстояния.

Одной из особенностей коробок передач MAN является их широкий диапазон передаточных чисел, что позволяет достичь оптимальной производительности при различных скоростях и условиях движения. Это обеспечивает гибкость и адаптивность коробки передач к разным нагрузкам и условиям работы. Важным также является удобство обслуживания коробок передач MAN. Они обычно оснащены доступными и удобными местами обслуживания, что упрощает проведение технического обслуживания и ремонта для поддержания надежности и долговечности.

Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей MAN позволяет сделать вывод о высоком уровне инженерного мастерства и инновационности компании. Коробки передач MAN являются надежными, производительными и удобными в эксплуатации системами, которые способствуют повышению эффективности и надежности грузовых автомобилей MAN. В целом, анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей MAN подтверждает их высокое качество и соответствие требованиям современных грузовых перевозок. Коробки передач MAN представляют собой надежные, производительные и удобные в эксплуатации системы, которые способствуют повышению эффективности и надежности грузовых автомобилей MAN.

По результатам выполнения первого раздела дипломного проекта можно сделать следующие выводы. Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей различных типов позволяет сделать вывод о том, что каждый тип автомобиля имеет свои особенности и требования к конструкции коробки

передач. Грузовые автомобили большой грузоподъемности обычно имеют усиленную конструкцию коробки передач, чтобы выдерживать большие нагрузки и обеспечивать надежную передачу мощности от двигателя к колесам.

Автомобили с разными типами передвижения (задний или полный привод) имеют различные конструктивные особенности коробки передач. Например, автомобили с полным приводом имеют дополнительные механизмы блокировки дифференциала для обеспечения равномерного распределения мощности между колесами. Коробки передач грузовых автомобилей обладают большим количеством передач, что позволяет достичь широкого диапазона передаточных отношений и обеспечить оптимальную производительность при различных скоростях и условиях движения.

Удобство обслуживания также является важным фактором при анализе конструкции коробок передач грузовых автомобилей. Хороший доступ к местам обслуживания и удобные точки слива и заправки масла упрощают проведение технического обслуживания и ремонта для поддержания надежности и долговечности коробки передач.

В целом, анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей различных типов позволяет заключить, что эти коробки передач представляют собой специализированные и надежные агрегаты, которые соответствуют требованиям современных грузовых перевозок. Каждая конструкция коробки передач разработана с учетом требований и особенностей определенного типа автомобиля, обеспечивая надежность, производительность и удобство в эксплуатации.

2 Обоснование выбора и описание конструкции коробки передач грузового автомобиля

2.1 Анализ конструкторских схем коробок передач грузовых автомобилей

Анализ конструкторских схем коробок передач грузовых автомобилей позволяет выявить различные типы и решения, используемые в их конструкции.

Механическая коробка передач является наиболее распространенным типом коробки передач на грузовых автомобилях. Она состоит из набора зубчатых пар различного размера, которые взаимодействуют друг с другом для передачи мощности от двигателя к ведущим колесам. Переключение передач осуществляется с помощью рычага, который механически перемещает нужную шестерню в положение для передачи мощности.

Автоматическая коробка передач обеспечивает автоматическое переключение передач без вмешательства водителя. Она использует гидравлическую систему для управления переключением передач, а также электронные датчики и контроллеры для анализа скорости, нагрузки и других параметров и определения оптимальной передачи. Автоматические коробки передач обычно более сложные и имеют большее количество деталей по сравнению с механическими коробками передач.

Полуавтоматическая коробка передач: Этот тип коробки передач комбинирует преимущества механической и автоматической коробок передач. Водитель может выбрать режим ручного управления переключением передач с помощью рычага, или же оставить переключение на автоматический режим. Полуавтоматические коробки передач имеют механический механизм переключения, который контролируется электронной системой.

Конструкторские схемы коробок передач грузовых автомобилей могут различаться в зависимости от производителя, модели и спецификаций. Каждая

схема имеет свои преимущества и особенности, и выбор определенного типа коробки передач зависит от требований по производительности, эффективности и удобству в эксплуатации грузового автомобиля.

«Коробки передач современных бортовых грузовых автомобилей и автомобилей-тягачей отличаются, большим разнообразием принципиальных схем, диапазоном изменения передаточных чисел и числом передач переднего хода. Все это усложняет работу конструктора, создающего автомобиль. Однако ее можно несколько упростить, если ориентироваться на тенденции и закономерности, существующие в мировом автомобилестроении.» [10]

«На автопоезде полной массой 38 т с автомобилем-тягачом Вольво FL7 устанавливают 12-ступенчатую коробку передач с диапазоном изменения передаточных чисел, равным 34,5. При выборе числа передач необходимо также учитывать следующее: на грузовые автомобили, не предназначенные для работы в составе автопоезда, устанавливают, в зависимости от грузоподъемности, коробки передач с числом передач от 4 до 6, на автомобили-тягачи автопоездов полной массой до 38 т с числом передач от 8 до 13, полной массой от 38 до 52 т с числом передач около 16 и полной массой выше 52 т с числом передач до 20.» [16]

«Второй этап – выбор типа коробки передач. А их в последнее время сформировалось шесть: обычные; с дополнительной коробкой передач (демультипликатором); с двухступенчатым делителем; с трехступенчатым делителем; с диапазонным редуктором; с двухступенчатым делителем и диапазонным редуктором.» [11]

«Как следует из самого определения, под обычной коробкой понимается такая, которая обеспечивает весь набор передаточных чисел без использования каких-либо дополнительных шестеренчатых устройств. Они, как свидетельствует статистика, имеют от четырех до шести передач. Их передаточные числа не распределяются точно по геометрической прогрессии – шаг между передаточными числами (отношение соседних передаточных

чисел) уменьшается от низших передач к высшим. Кроме того, диапазон изменения передаточных чисел у них небольшой.

По конструктивным соображениям передаточное число одной пары шестерен не должно превышать трех, значит, при работе двух пар шестерен передаточное число первой передачи составит 9 (шестерни постоянного зацепления имеют передаточное число несколько меньше трех, а шестерни первой передачи – несколько больше трех).» [11]

«Однако передаточные, числа основной коробки передач, сочетаясь с передаточными числами дополнительной коробки, не образуют единого ряда, т.е. их непрерывного уменьшения от низших передач к высшим. При этом часто оказывалось, что на разных передачах в коробках итоговое передаточное число получалось примерно одним и тем же. Поэтому такой коробкой передач приходилось управлять не совсем обычным образом: в облегченных дорожных условиях в дополнительной коробке постоянно включена одна из высших передач, а необходимые переключения водитель выполняет в основной коробке; в тяжелых дорожных условиях в дополнительной коробке постоянно включена одна из низших передач, а все переключения выполняются опять-таки в основной коробке.

Из сказанного ясно, что такую дополнительную коробку следует рассматривать как многоступенчатый демультипликатор, который в настоящее время на дорожных автомобилях встречается редко, но применяется в подавляющем большинстве трансмиссий автомобилей повышенной проходимости (раздаточная коробка передач с несколькими передачами).» [16]

«Развитие многоступенчатых коробок передач дорожных автомобилей пошло по иному пути. Стали использовать схемы коробок, обеспечивающие изменение передаточных чисел по закону геометрической прогрессии или близкому к ней. Цель очевидна: обеспечить разгон автомобиля в оптимальном диапазоне рабочих режимов двигателя.

Одно из таких решений, позволяющее значительно уменьшить шаг между передаточными числами несколько – диапазон передаточных чисел, – сочетание обычной коробки передач с двухступенчатым делителем. Причем обычная коробка чаще всего пяти- или шестиступенчатая.

В первом случае шаг между передаточными числами передач составляет 1,36...1,69, во втором 1,33...1,50.

Делитель может быть выполнен как с разрезным, так и неразрезным валом. Делается это по чистой «унификационным» соображениям: если вал разрезной, то коробку можно устанавливать и на те модели автомобилей, где делитель не нужен. Например, одну и ту же коробку применяют на бортовом автомобиле КамАЗ-5320, работающем с прицепом, и на самосвале КамАЗ-5511. Но в одном случае – с делителем, в другом – без него.» [11]

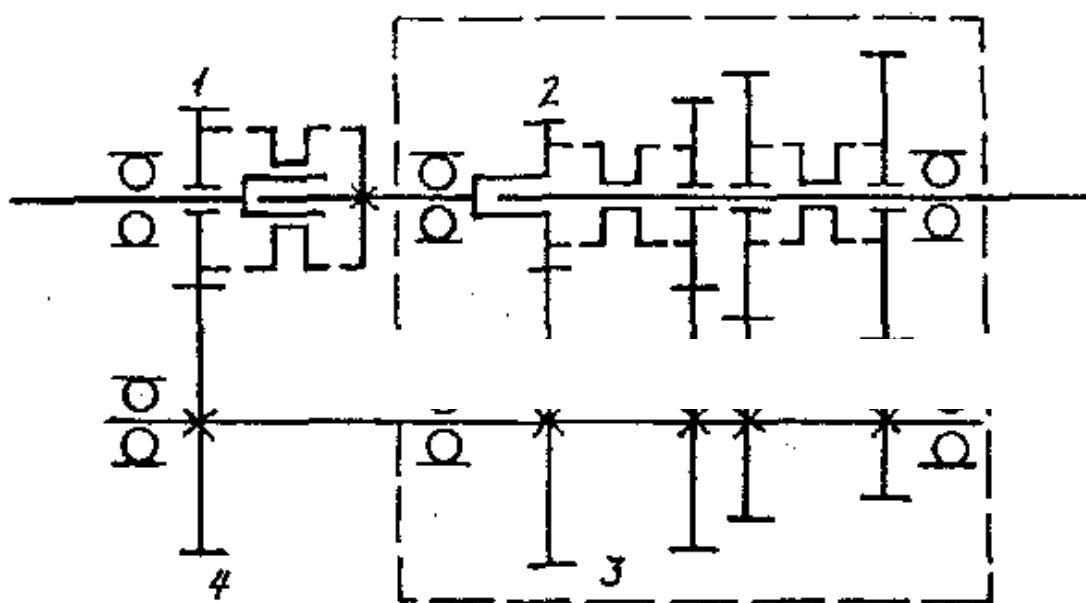


Рисунок 10 – Схема «четырёхступенчатая коробка + делитель с разрезным валом»

«Работу коробки передач с делителем рассмотрим на рисунке 10, где приведена схема «четырёхступенчатая коробка+делитель с разрезным валом». Вращение на промежуточный вал в этой схеме передастся или через пару

шестерен 2 и 3 основной коробки, или через пару шестерен 1 и 4 делителя. Причем в процессе последовательного уменьшения или увеличения передаточного числа делитель включается между переключениями в основной коробке передач и делит шаг ее передаточных чисел пополам.» [11]

«Если необходимо значительно увеличить диапазон изменения передаточных чисел и получить прямую последнюю передачу, трехступенчатый делитель располагают за основной коробкой передач (рисунок 11). При этом его шестерни, естественно, приходится рассчитывать на больший передаваемый крутящий момент, чем при переднем расположении. Однако поскольку передаточные числа шестеренных пар делителя невелики, его удастся выполнить с тем же межцентровым расстоянием, что и основную коробку передач (за счет более широких шестерен).» [2]

Передаточные числа в основной коробке передач при трехступенчатом делителе располагают по геометрической прогрессии с весьма большим (1,9–2,1) знаменателем.

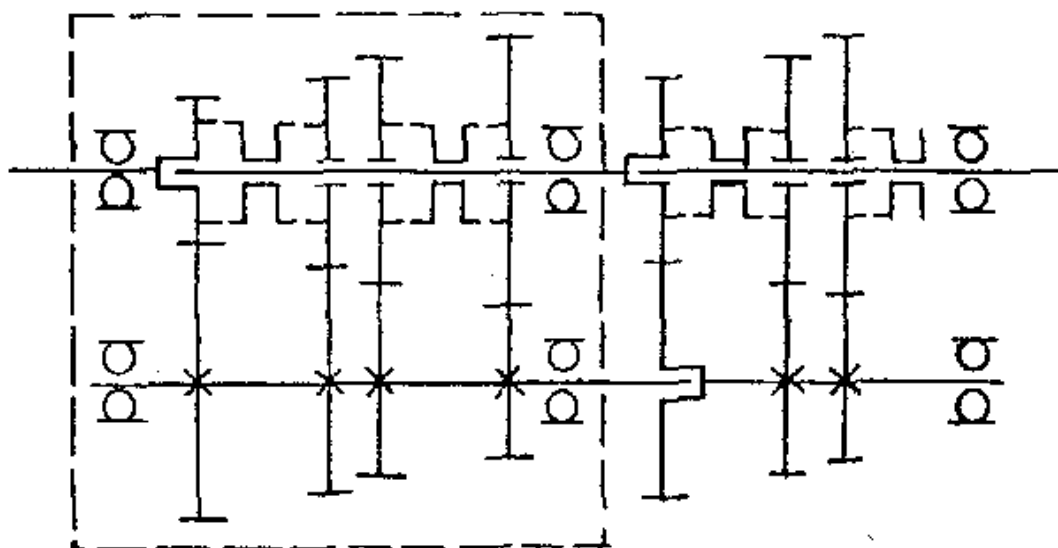


Рисунок 11 – Схема «четырёхступенчатая коробка+трехступенчатый делитель»

При управлении коробкой передач с трехступенчатым делителем для последовательного уменьшения передаточного числа трансмиссии в основной коробке включают первую передачу, а затем первую, вторую и третью в делителе; после этого в основной коробке включают вторую передачу и последовательно все передачи в делителе; подобным образом с третьей и четвертой передачами в основной коробке используют все передачи делителя.

2.2 Конструктивные схемы многоступенчатых коробок передач с задним двухступенчатым диапазонным редуктором

На современных транспортных средствах большое распространение получили механические многоступенчатые коробки передач с задним двухступенчатым редуктором. Этот тип коробок передач обеспечивает широкий диапазон передаточных чисел, вместе с тем сама конструкция коробки передач имеет достаточно простую механическую часть конструкции. Данный тип коробки передач находит свое применение на большегрузных шасси грузовых автомобилей, используемых в качестве самосвалов или тяжелых тягачей полуприцепного типа.

«В настоящее время большое распространение получили коробки передач с задним двухступенчатым диапазонным редуктором («роуд-рэнжер»). Основная коробка передач здесь выполняется с прямой или – значительно реже – с ускоряющей передачей. Передаточные числа в ней распределяются по геометрической прогрессии.

Двухступенчатый редуктор выполняют, как это сделано на автомобиле МАЗ-53352 (рисунок 12), непланетарным или более компактным планетарным (рисунок 13), как на автомобиле МАЗ-5336.» [11]

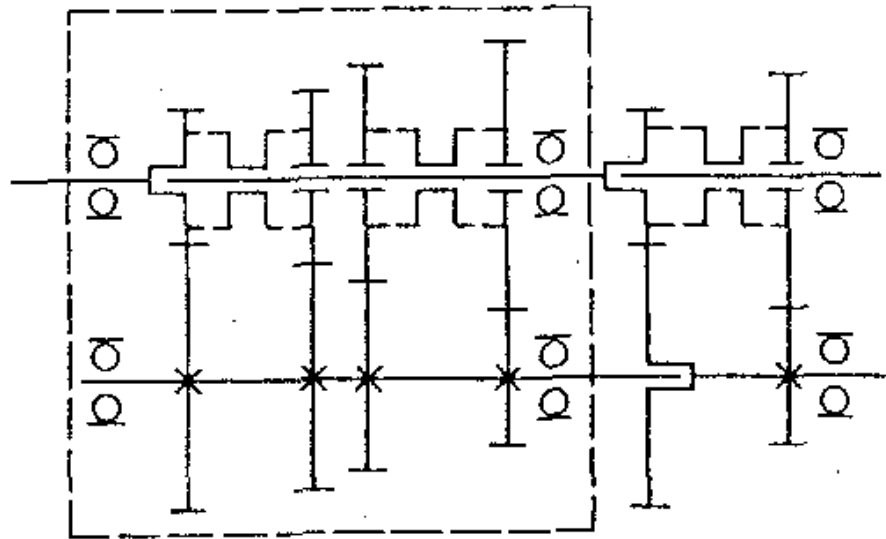


Рисунок 2 – Схема «четырёхступенчатая коробка + двухступенчатый задний диапазонный редуктор»

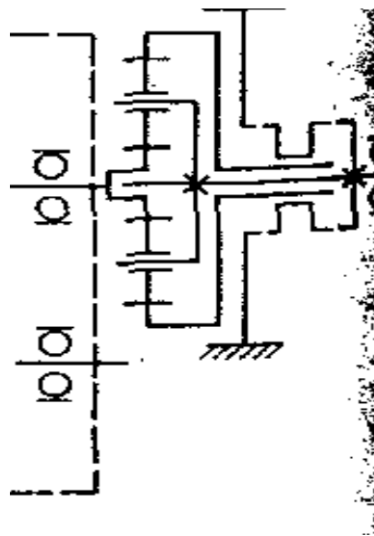


Рисунок 3 – Схема заднего планетарного редуктора коробки передач автомобиля МАЗ-5336

«Управление коробкой с диапазонным редуктором отличается от управления коробкой с делителем. При последовательном уменьшении передаточного числа трансмиссии включают понижающую передачу

диапазонного редуктора и проходят вес передачи основной коробки. Затем в диапазоне редукторе включают прямую передачу и повторяют все переключения в основной коробке. Таким образом, диапазонный редуктор удваивает число передач основной коробки.» [11]

Для проектируемой конструкции коробки, на основании комплексного анализа, принимаем трехвальную шестиступенчатую коробку передач. Выбор шестиступенчатой трехвальной коробки передач для грузового автомобиля может быть обоснован следующими причинами.

Шестиступенчатая коробка передач предоставляет широкий диапазон передаточных отношений, что делает ее универсальным выбором для различных типов грузовых автомобилей. Она позволяет достичь оптимальной производительности при различных скоростях и условиях движения, включая горный рельеф и трассу. Шестиступенчатая коробка передач является относительно простой в конструкции и обслуживании. Она имеет меньше деталей и механизмов по сравнению с более сложными коробками передач, что облегчает проведение технического обслуживания и ремонта. Это может снизить затраты на обслуживание и уменьшить время простоя автомобиля. Шестиступенчатая коробка передач обычно имеет прочную и надежную конструкцию, способную выдерживать высокие нагрузки и обеспечивать долговечность. Она может быть разработана с использованием качественных материалов и технологий, что повышает ее надежность и устойчивость к износу. Шестиступенчатая коробка передач обеспечивает достаточное количество передач для обеспечения требуемой производительности грузового автомобиля без излишней сложности и дополнительных затрат на более многоступенчатые коробки передач.

В целом, шестиступенчатая трехвальная коробка передач предлагает универсальность, экономичность, простоту обслуживания, надежность и хорошее соотношение производительности и стоимости для грузовых автомобилей. Она является популярным и рациональным выбором для трансмиссии грузовых автомобилей.

3 Тяговый расчет транспортного средства

3.1 Исходные данные для выполнения расчета

Целью раздела является выполнение тягового расчета автомобиля, расчета его скорости при движении по дорогам с различными покрытиями и уклонами и в итоге- расчет времени нахождения автомобиля в пути.

Исходные данные для расчета приводятся в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные тягового расчета

Параметр	Значение
Грузоподъемность	145 кН
Собственный вес	115 кН
Максимальная мощность двигателя	229 кВт
Частота вращения при V макс.	44,16 с ⁻¹
Передаточные числа коробки передач	1 – 9,01 2 – 5,24 3 – 3,22 4 – 2,2 5 – 1,5 6 – 1,0
Передаточное число раздаточной коробки	–
Передаточное число главной передачи	7,66
Размер шин (В x d) дюйм	11.00-20
Колея	1,97 м
Максимальная высота	2,49 м
Уклон дороги	$\alpha_1 - 10^\circ$ $\alpha_2 - 3^\circ$
Тип дорожного покрытия	Гравий

Выбор основан на характеристиках транспортного средства.

3.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя

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

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

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

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

K – значение выражения в квадратных скобках.» [13]

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

Значения коэффициента K считают по выражению в квадратных скобках формулы 1, но чаще пользуются таблицей, в которой приведены примерные величины K определенные для значений частот вращения n_e , отношения которых к n_N равны 0,2; 0,3; 1,0 для дизельных двигателей.

M_e – эффективный крутящий момент, Нм;

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

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

ω - угловая скорость вращения вала двигателя, $\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$

Расчет значений мощности и крутящего момента двигателя транспортного средства приводится в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет мощности и крутящего момента

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

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

3.3 Расчет тяговой силы на ведущих колесах

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

Уравнением тягового баланса автомобиля будет являться формула:

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

«где G – вес автомобиля;

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

P_f – сила сопротивления качению;

P_e – сила сопротивления воздуха;

P_j - сила инерции;

P_m – тяговая сила.» [1]

Сумма сил сопротивления качению и сопротивлению подъема – сопротивлением дороги

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

Тогда уравнение тягового баланса будет иметь вид:

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

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

Крутящий момент, подводимый к ведущим колесам, при равномерном движении автомобиля:» [2]

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

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

I_{mp} – передаточное число трансмиссии,

η_{mp} – КПД трансмиссии.

Тяговая сила:

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

где r_K - радиус колеса, м.

«Величина тяговой силы P_m на ведущих колесах автомобиля, необходимая для его движения, ограничивается сцеплением шин ведущих колес с поверхностью дороги.» [11]

Отсюда вытекает основное условие движения автомобиля:

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

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

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

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

Расчетные значения будут в дальнейшем использованы в расчетах, результаты которых сводятся в таблицу 7.

3.4 Расчет трансмиссии транспортного средства

Общее передаточное число трансмиссии рассчитывается по формуле:

$$I_{tr} = I_{kn} \cdot I_{pk} \cdot I_{gl} \quad (10)$$

«где I_{tr} - передаточное число трансмиссии,

I_{kn} - передаточное число коробки передач,

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

I_{gl} – передаточное число главной передачи.» [17], [22]

В общем виде КПД трансмиссии автомобиля определяется как

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

где η_{kn} – КПД коробки передач,

η_{pk} – КПД раздаточной коробки,

η_k – КПД карданного вала,

η_{zn} – КПД главной передачи,

I – количество карданных валов,

j – количество главных передач.

Значения величин коэффициентов полезного действия для различных узлов транспортного средства приводятся в таблице 6.

Таблица 6 – Значение КПД различных механизмов транспортного средства

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

КПД трансмиссии:

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

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

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

Рассчитанные значения силы тяги для каждой передачи транспортного средства P_{mj} заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Рассчитанные значения силы тяги P_{mj}

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

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

3.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах

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

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

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

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

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

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

где d – посадочный диаметр обода колеса и B' - ширина профиля шины в дюймах (1 дюйм = 2,54 мм),

Для определения скорости движения автомобиля используют формулу

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

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

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

Значения частоты вращения коленчатого вала двигателя n_e и величины эффективного крутящего момента M_e (из таблицы 4), расчетные скорости движения автомобиля V_i на каждой передаче заносим в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах

Частота вращения, $n_e, \text{ с}^{-1}$	Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах, м/с					
	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
8,8	0,4	0,7	1,1	1,6	2,4	3,6
13,2	0,6	1	1,7	2,5	3,6	5,5
17,7	0,8	1,4	2,3	3,3	4,9	7,3
22,1	1,1	1,7	2,8	4,2	6,1	9,2
26,5	1,2	2,1	3,4	5	7,3	11
30,9	1,4	2,4	3,9	5,8	8,5	12,8
35,3	1,6	2,8	4,5	6,6	9,8	14,7
39,7	1,8	3,1	5,1	7,5	11	16,5
44,2	2	3,5	5,7	8,3	12,2	18,3

«Для каждой из передач (1, 2, 3, 4, 5, 6) по найденным значениям P_m в зависимости от скорости движения автомобиля, приведенной в таблице 3.4, строим кривые, которые образуют тяговую характеристику автомобиля.» [19]

3.6 Определение силы сопротивления движению

Сумму сопротивлений качению и подъему автомобиля называют силой сопротивления дороги P_d :

$$P_d = P_f \pm P_y = G \cdot \cos a \cdot f \pm G \cdot \sin a = G \cdot (f \cdot \cos a \pm \sin a). \quad (15)$$

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

$f = 0,04$ - коэффициент сопротивления качения;

Угол a считают положительным при движении на подъеме и отрицательным при движении на спуске: $\alpha_1 = 10^\circ$, $\alpha_2 = 3^\circ$;

$P_{d0} = 115 \text{ кН}$ – вес автомобиля в снаряженном состоянии, с водителем без нагрузки;

$P_{d100} = 260 \text{ кН}$ – вес автомобиля с полной (номинальной) нагрузкой.

Сила сопротивления груженого автомобиля на I участке дороги

$$P_{d100} = G(f \cos 10 + \sin 10) = 260 (0,04 \cdot 0,98 + 0,17) = 55,39 \text{ кН}$$

Сила сопротивления груженого автомобиля на II участке дороги

$$P_{d100} = G(f \cos 0 + \sin 0) = 260 (0,04 \cdot 1 + 0) = 10,4 \text{ кН}$$

Сила сопротивления груженого автомобиля на III участке дороги

$$P_{d100} = G(f \cos 3 - \sin 3) = 260 (0,04 \cdot 0,99 - 0,052) = -3,22 \text{ кН}$$

Сила сопротивления порожнего автомобиля на III участке дороги

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

Сила сопротивления порожнего автомобиля на II участке дороги

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

Сила сопротивления порожнего автомобиля на I участке дороги

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

Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ($P_{\partial 100}$) и порожнего ($P_{\partial 0}$) автомобиля согласно схемы движения автомобиля на участках I, II и III дороги сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ($P_{\partial 100}$) и порожнего ($P_{\partial 0}$) автомобиля

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

3.7 Определение лобового сопротивления транспортного средства

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

Наибольшая часть мощности при преодолении сопротивления воздуха затрачивается на образование воздушных вихрей. Если все сопротивление воздуха принять за 100%, то на образование воздушных вихрей будет приходиться примерно 60%. Около 25% составляет сопротивление, создаваемое передней и выступающими частями автомобиля (крылья, подножки и т. д.), а также сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через радиатор. Около 15% общего сопротивления воздуха приходится на трение поверхности автомобиля об обтекающие его слои воздуха.» [1]

Опытным путем установлено, что сила сопротивления воздуха равна

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

где K_{ϵ} —коэффициент обтекаемости, принимается в соответствии со значениями по таблице 10.

Таблица 10 – Значения коэффициента обтекаемости

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

«Принимаем по таблице коэффициент K_{ϵ} равный 0,65 Н·сек²/м⁴;

F —лобовая площадь автомобиля, м²;

V —скорость движения автомобиля в м/сек.

Произведение $K_{\epsilon} \cdot F$ принято называть фактором обтекаемости и обозначать W , тогда:» [23]

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

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

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

где H — наибольшая высота автомобиля, м,

B — колея автомобиля, м.

$$F = 1,97 \cdot 2,49 = 4,9 \text{ м}^2$$

Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей движения автомобиля (8-10 значений) сводим в таблицу 11.

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

Таблица 11 – Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей

Точки графика	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
$V, \text{ м/с}$	5	10	15	20	22	25	27	30
$P_{\text{в}}, \text{ Н}$	73	294	1177	1424	1839	2145	2648	3013

3.8 Расчет динамического фактора автомобиля

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

$$P_m - P_{\text{в}} = P_{\text{сц}} + P_j, \quad (19)$$

где P_j - сила сопротивления разгону.

Вместо $P_{\text{сц}}$ и P_j подставим их значения, тогда

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

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

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

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

j – ускорение автомобиля, м/с²,

φ – коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги,

g – ускорение силы тяжести, м/с².

Разделим обе части уравнения на вес автомобиля G

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

Левая часть уравнения представляет собой отношение избыточной силы тяги ($P_T - P_B$) к весу автомобиля G . Это отношение называется динамическим фактором и обозначается буквой D

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

Результаты расчета представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет динамического фактора

Параметры	Частота вращения $n_c \text{ c}^{-1}$								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
V1; м/с	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Pm1	65'357	77'806	86'365	93'368	96'480	98'703	98'036	96'480	93'368
Pв1	0,5	1,1	1,9	3,0	4,4	5,9	7,8	9,8	12,2
D1	0,25	0,29	0,33	0,34	0,37	0,38	0,377	0,371	0,36

Продолжение таблицы 12

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

По данным таблицы 12 строим график изменения динамического фактора в зависимости от скорости движения на различных передачах.

3.9 Расчет и построение графика разгона автомобиля

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

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

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

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

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

$$\delta_1 = 1,05 + 0,07 \cdot 9,01^2 = 6,73;$$

$$\delta_2 = 1,05 + 0,07 \cdot 5,24^2 = 2,97;$$

$$\delta_3 = 1,05 + 0,07 \cdot 3,22^2 = 1,77;$$

$$\delta_4 = 1,05 + 0,07 \cdot 2,2^2 = 1,38;$$

$$\delta_5 = 1,05 + 0,07 \cdot 1,5^2 = 1,2$$

$$\delta_6 = 1,05 + 0,07 \cdot 1,0^2 = 1,12$$

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

Таблица 13 – Таблица значений для построения графика ускорений автомобиля

Параметры	Частота вращения $n_e \text{ с}^{-1}$								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
$V_1 \text{ м/с}$	0,41	0,61	0,81	1,02	1,22	1,43	1,63	1,83	2,04
$J_1 \text{ м/с}^2$	0,34	0,41	0,46	0,5	0,52	0,53	0,53	0,52	0,5
$V_2 \text{ м/с}$	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15	3,5
$J_2 \text{ м/с}^2$	0,43	0,52	0,59	0,64	0,66	0,68	0,67	0,66	0,64
$V_3 \text{ м/с}$	1,14	1,71	2,28	2,85	3,42	3,99	4,56	5,13	5,7
$J_3 \text{ м/с}^2$	0,41	0,51	0,57	0,63	0,65	0,67	0,66	0,65	0,63
$V_4 \text{ м/с}$	1,67	2,5	3,34	4,17	5	5,84	6,67	7,5	8,34
$J_4 \text{ м/с}^2$	0,33	0,41	0,47	0,51	0,53	0,55	0,54	0,53	0,51
$V_5 \text{ м/с}$	2,45	3,67	4,89	6,11	7,34	8,56	9,78	11	12,2

Продолжение таблицы 13

Параметры	Частота вращения n_e c^{-1}								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
J_5 m/c^2	0,22	0,28	0,33	0,36	0,38	0,39	0,39	0,38	0,36
V_6 m/c	3,67	5,5	7,34	9,17	11	12,8	14,7	16,5	18,3
J_6 m/c^2	0,11	0,16	0,19	0,22	0,23	0,24	0,23	0,23	0,22

По данным таблицы 13 строим график ускорений при разгоне, который отображается в приложении А и на листе графической части.

3.10 Расчет и построение графиков времени и пути разгона

Время и путь разгона определяют графо-аналитическим методом, используя график ускорений. Кривую ускорений разбивают на ряд одинаковых участков (кроме участков переключения передач), которые для удобства обозначают буквами а, б, в и т.д., и считают, что в каждом интервале скорости автомобиль разгоняется с постоянным ускорением

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

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

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

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

Следовательно, время разгона в том же интервале a скорости

$$t_a = (V_{ак} - V_{ан}) / J_{ср} \quad (34)$$

Определяем время разгона в тех же интервалах

$$t_a = (0.8 - 0.4) / 0.38 = 1.05 \text{ с } (V_{ак} - V_{ан}) / J_{ср}$$

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

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

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

$$T_p = 58 \text{ сек.}$$

Путь, пройденный автомобилем за время переключения:

$$s_n = V_{ср}^n t_n = 0.4 \cdot 1.0 = 0.4 \text{ м}$$

Рассчитанные графики отображаются в приложении А и на листе графической части.

Выводы по разделу. Результатом выполнения третьего раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства. Расчет эксплуатационных характеристик автомобиля является важным этапом проектирования и анализа

таких транспортных средств. Он позволяет определить основные параметры, такие как мощность двигателя, передаточное отношение коробки передач, коэффициенты сопротивления движению и эффективность топлива, которые влияют на производительность и экономичность автомобиля.

Одним из ключевых расчетов является расчет мощности двигателя, который основывается на скорости движения, массе автомобиля и требуемой динамике. Правильный расчет мощности позволяет обеспечить достаточную производительность автомобиля при различных условиях эксплуатации, включая езду в городе и на трассе. Также проводится расчет передаточного отношения коробки передач, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью двигателя и максимальной скоростью автомобиля. Правильно выбранное передаточное отношение позволяет достичь оптимальной эффективности топлива и обеспечить легкость управления автомобилем в различных ситуациях. Коэффициенты сопротивления движению также учитываются при расчете эксплуатационных характеристик автомобиля. Они включают аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению и сопротивление подъемам. Правильный расчет и учет этих коэффициентов позволяет оптимизировать энергопотребление и обеспечить лучшую экономию топлива.

Таким образом, расчет эксплуатационных характеристик автомобиля позволяет оптимизировать его производительность, экономичность и управляемость. Он способствует созданию трансмиссии автомобиля, который отвечает требованиям современных водителей в различных условиях эксплуатации.

4 Конструкторский раздел

4.1 Выбор основных конструктивных параметров деталей, расчет передаточных чисел

«Так как техническим заданием определено передаточное число главной передачи, то расчет начинают с определения передаточного числа первой передачи.

Определение передаточного числа первой передачи U_1 осуществляется исходя из трех условий:» [14], [25]

возможность преодоления максимального дорожного сопротивления:

$$U_{1\psi} = \frac{\psi_{\max} \cdot G_a \cdot r_0}{M_{e\max} \cdot U_0 \cdot \eta_1} \quad (36)$$

где $\psi_{\max} = 0,35 \dots 0,40$ – максимальное дорожное сопротивление.

$$U_{1\psi} = \frac{0,35 \cdot 10100 \cdot 9,81 \cdot 0,365}{540 \cdot 3,3 \cdot 0,922} = 7,7$$

недопущение пробуксовки при трогании с места:

$$U_{1\varphi} = \frac{\varphi \cdot G_\varphi \cdot r_0}{M_{e\max} \cdot U_0 \cdot \eta_1} \quad (37)$$

где G_φ - сцепной вес автомобиля

$$G_\varphi = G_2 \cdot k_{R2} \quad (38)$$

где k_{R2} – коэффициент перераспределения нормальных реакций, для заднеприводных автомобилей находится в пределах $1,05 \dots 1,15$, принимаем $k_{R2} = 1,1$;

$$G_{\phi} = 6450 \cdot 9,81 \cdot 1,1 = 69601,9H ,$$

Тогда:

$$U_{1\phi} = \frac{69601,9 \cdot 0,8 \cdot 0,365}{540 \cdot 3,3 \cdot 0,922} = 12,37$$

обеспечение движения с минимально устойчивой скоростью для маневрирования в стесненных условиях:

$$U_{1v} = 0,377 \cdot \frac{n_{e\min} \cdot r_0}{U_0 \cdot V_{a\min}} \quad (39)$$

где $V_{a\min}$ –минимальная скорость движения, принимается равной 4-6 км/ч.

«Минимальную устойчивую частоту вращения коленчатого вала двигателя примем равной 800 об/мин . Минимальную скорость автомобиля примем $V_{a\min}=4$ км/ч.» [14], [24]

Тогда:

$$U_{1v} = 0,377 \cdot \frac{800 \cdot 0,365}{3,3 \cdot 4} = 8,34$$

Должно соблюдаться условие:

$$U_{1v} \leq U_1 \leq U_{1\phi} \quad (40)$$

$$7,7 \leq U_1 \leq 12,37$$

Принимаем $U_1=8,34$

«Передаточные числа промежуточных передач выбираются из условия обеспечения максимальной интенсивности разгона автомобиля, а также возможности длительного движения при повышенном сопротивлении дороги.

Число передач в КП при известном ее диапазоне зависит от среднего значения показателя плотности ряда передаточных отношений q_{cp} (шага передаточных отношений).» [14]

$$D_{kn} = \frac{U_1}{U_6} \quad (41)$$

$$D_{kn} = \frac{8,34}{1} = 8,34$$

$$q_{cp} = \sqrt[k-1]{D_{kn}} \quad (42)$$

где k – число передач переднего хода.

$$q_{cp} = \sqrt[5-1]{8,34} = 1,699$$

«После того, как определено число передач и q_{cp} , устанавливаются требуемые значения передаточных отношений на всех передачах:» [21]

$$U_{i-1} = \frac{U_i}{q_{cp}} \quad (43)$$

$$U_2 = \frac{8,34}{1,699} = 4,91$$

Расчеты передаточных чисел коробки передач:

Передаточное число привода промежуточного вала:

$$U_n = K_{un} \cdot \sqrt{U_1} \quad (44)$$

где $K_{ин}$ – коэффициент передаточного числа зубчатых передач промежуточного вала; $K_{ин} = 0,7 \dots 0,8$, принимаем $K_{ин} = 0,7$.

Тогда:

$$U_n = 0,7 \cdot \sqrt{8,34} = 2,06$$

Рассчитываем требуемые значения передаточных чисел выходных зубчатых пар:

$$U'_i = \frac{U_i}{U_n} \quad (45)$$

$$U'_1 = \frac{8,34}{2,06} = 4,04$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 14

Выбираем геометрические параметры коробки передач, а затем уточняем значения действительных передаточных чисел.

Межосевое расстояние a_w рассчитываем по формуле:

(46)

$$a_w = K_a \cdot \sqrt[3]{M_{вых}},$$

где $K_a = 8,4 \dots 9,6$ – для грузовых автомобилей, принимаем $K_a = 8,4$

$$a_w = 8,4 \cdot \sqrt[3]{540 \cdot 8,34 \cdot 0,922} = 135,01 \text{ мм}.$$

Принимаем $a_w = 135$ мм.

Ширина венца зубчатых колес b может быть найдена из следующих отношений:

для прямозубых зубчатых колес $\frac{b}{m_n} = 4,5 \div 7,5$,

для косозубых зубчатых колес $\frac{b}{m_n} = 7,0 \div 8,6$,

прямозубые $\frac{b}{m_n} = 7$; $b = m_n \cdot 7 = 4 \cdot 7 = 28 \text{ мм}$,

косозубые $\frac{b}{m_n} = 7,8$; $b = m_n \cdot 7,8 = 4 \cdot 7,8 = 31,2 \text{ мм}$,

Угол наклона зубьев косозубых колес

$$\beta = \arcsin \frac{\pi \cdot m_n}{b}, \quad (47)$$

$$\beta = \arcsin \frac{3,14 \cdot 4}{31,2} = 23,74^\circ.$$

Сумма зубьев колес зубчатой пары:

$$z_\Sigma = \frac{a_w \cdot \cos \beta}{0,5 \cdot m_n}, \quad (48)$$

$$z_\Sigma = \frac{135 \cdot \cos 23,74^\circ}{0,5 \cdot 4} = 61,8.$$

Принимаем $z_\Sigma = 62$.

Уточняем значение угла β :

$$\beta = \arccos \frac{0,5 \cdot m_n \cdot z_\Sigma}{a_w}, \quad (49)$$

$$\beta = \arccos \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 62}{134} = 23,29^\circ.$$

Окружной модуль:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}, \quad (50)$$

$$m_t = \frac{4}{\cos 23,29^\circ} = 4,35 \text{ мм}.$$

Определяем числа зубьев исходя из уравнений для ведущего зубчатого колеса $Z_{вщ}$ и ведомого зубчатого колеса $Z_{вм}$:

$$z_{вщ} = \frac{z_\Sigma}{1 + U'}, \quad (51)$$

$$z_{вщ} = \frac{62}{1 + 4,04} = 11,9.$$

Принимаем $z_{вщ} = 12$

$$Z_{вм} = Z_\Sigma - Z_{вщ}, \quad (52)$$

$$z_{вм} = 62 - 12 = 50.$$

Действительное передаточное число зубчатой пары

$$U' = \frac{z_{вм}}{z_{вщ}}, \quad (53)$$

$$U' = \frac{50}{12} = 4,17$$

Действительные значения передаточных чисел КП:

$$U_i = U_n \cdot U'_i, \quad (54)$$

$$U_i = 2,1 \cdot 4,17 = 8,75.$$

Погрешность ΔU действительных значений передаточных чисел от требуемых:

$$\Delta U = \frac{U_{\text{имреб}} - U_{\text{идеис}}}{U_{\text{имреб}}} \cdot 100\% , \quad (55)$$

$$\Delta U = \frac{8,34 - 8,75}{8,34} \cdot 100 = 4,9$$

Численные значения количества зубьев и действительные передаточные числа приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Результаты кинематического расчёта

Передача	Требуемые значения		Z_{Σ}	$\frac{Z_{\text{вц}}}{Z_{\text{вм}}}$	Числа зубьев	Действительные значения		$\Delta U, \%$
	U_i	$U_{п}, U_i'$				$U_{п}, U_i'$	U_i	
ПШВ	----	2,06	62	$Z_{\text{вцп}}/Z_{\text{вмп}}$	20/42	2,1	----	----
1	8,34	4,04		$Z_{\text{вц1}}/Z_{\text{вм1}}$	12/50	4,17	8,75	4,9
2	4,91	2,38		$Z_{\text{вц2}}/Z_{\text{вм2}}$	18/44	2,44	5,12	4,2
3	2,89	1,4		$Z_{\text{вц3}}/Z_{\text{вм3}}$	26/36	1,38	2,9	0,4
4	1,70	0,83		$Z_{\text{вц4}}/Z_{\text{вм4}}$	34/28	0,82	1,72	1,2
5	1,0	-		-	-	-	1	0

Результатом выполненной работы явился расчет передаточных чисел пар шестерен коробки передач.

4.2 Расчет геометрии зубчатых колес

Диаметры зубчатых колес находятся по следующим формулам:

Делительный диаметр:

$$d = z \cdot m_t, \quad (56)$$

$$d = 20 \cdot 4,35 = 87 \text{ мм}$$

Диаметр вершин зубьев:

$$d_a = d + 2 \cdot m_n \cdot h_a^*, \quad (57)$$

$$d_a = 87 + 2 \cdot 4 \cdot 1 = 95 \text{ мм}.$$

Диаметр впадин зубьев:

$$d_f = d - 2 \cdot m_n \cdot (h_a^* + c^*), \quad (58)$$

$$d_f = 87 - 2 \cdot 4 \cdot (1 + 0,25) = 77 \text{ мм}$$

Ширина зубчатых венцов:

$$b_w = (0,19 \dots 0,23) a_w, \quad (59)$$

$$b_w = 0,21 \cdot 135 = 28 \text{ мм}.$$

Рабочая ширина зубчатых венцов:

$$b_{\text{фвц}} = 1,1 b_w, \quad (60)$$

$$b_{\text{фвц}} = 1,1 \cdot 28 = 31 \text{ мм}$$

$$b_{\text{фвм}} = b_w = 28 \text{ мм}.$$

Расчет диаметров валов:

первичный вал у шлицевой части:

$$d = k_m \cdot \sqrt[3]{M_{e \max}}, \quad (61)$$

$$d = 4 \cdot \sqrt[3]{540} = 32,6 \text{ мм}.$$

вторичный и промежуточный валы в средней части:

$$d = 0,45 \cdot a_w, \quad (62)$$

$$d = 0,45 \cdot 135 = 60,7 \text{ мм}.$$

Геометрические параметры, согласно выполненному расчету, сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Результаты геометрического расчёта

Передача	$Z_{вщ}$	$Z_{вм}$	a_w	β	m_n	m_t	b_w	b_f	$d_{вщ}$	$d_{вм}$	$d_{авщ}$	$d_{авм}$	$d_{фвщ}$	$d_{фвм}$
ППВ	20	42	135	23,29	4	4,35	28	31	87	182,7	95	190,7	77	172,7
1	12	50	135	23,29	4	4,35	28	31	52,2	217,5	60,2	225,5	42,2	207,5
2	18	44	135	23,29	4	4,35	28	31	78,3	191,4	86,3	199,4	68,3	181,4
3	26	36	135	23,29	4	4,35	28	31	113,1	156,6	121,1	164,6	103,1	146,6
4	34	28	135	23,29	4	4,35	28	31	147,9	121,8	155,9	129,8	137,9	111,8
5	-	-	-	23,29	4	4,35	28	31	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	23,29	4	4,35	28	31	-	-	-	-	-	-

Результатом выполненной работы явился геометрический расчёт пар шестерен коробки передач.

4.3 Расчет на контактную усталость

Расчет выполнен для второй передачи по методике приведенной в литературе.

Определяем параметры расчетного контактного напряжения:

$$\Pi_H = \frac{F_t}{b_w d_{w1}} Z_H Z_\epsilon K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{H\nu} K_{H\mu} K_{H\xi} \quad (63)$$

Для этого определяем расчетную окружную силу:

$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M_{\varepsilon_{\max}}}{d_w}, \quad (64)$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 540 \cdot 2,1}{78,3} = 28965 \text{ H}.$$

Единичное контактное напряжение Z_H :

$$Z_H = \frac{2 \cdot (U + 1) \cdot \cos^2 \beta}{U \cdot \sin 2\alpha}, \quad (65)$$

$$Z_H = \frac{2 \cdot (2,44 + 1) \cdot \cos^2 23,29}{2,44 \cdot \sin 2 \cdot 20} = 3,7$$

Коэффициент Z_ε определяется в зависимости от осевого ε_β и торцевого ε_α перекрытий.

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_1} \right) \right] \cdot \cos \beta \quad (66)$$

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{44} \right) \right] \cdot \cos 23,29 = 1,5;$$

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_w \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_n} \quad (67)$$

$$\varepsilon_\beta = \frac{28 \cdot \sin 23,29}{3,14 \cdot 4} = 0,88$$

Коэффициент $K_{H\alpha}$ находим из соотношения:

$$k_{H\alpha} = k_{H\varphi} \cdot k_{H\gamma}, \quad (68)$$

$$k_{H\alpha} = 1,30 \cdot 1,15 = 1,49$$

«где $K_{H\psi}$ - коэффициент учитывающий повышение интенсивности нагрузки на наклонных контактных линиях у около полюсных участков вследствие меньшей суммарной деформации зубьев в средней фазе зацепления по сравнению с суммарной деформацией в начальной и конечной фазах;

$K_{H\gamma}$ - коэффициент учитывающий неточность распределения нагрузки между зубьями.» [14]

Коэффициент учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца $K_{H\beta}$ находим по формуле:

$$k_{H\beta} = 1 + (k_{\beta}^0 - 1) \cdot k_{H\omega}, \quad (69)$$

где K_{β}^0 определяем исходя из $\varphi_{bd} = \frac{b_w}{d_w} = \frac{28}{78,3} = 0,36$;

$$k_{H\beta} = 1 + (1,15 - 1) \cdot 0,8 = 1,12,$$

Коэффициент приработки зубьев $K_{H\omega}$ определяем исходя из окружной скорости :

$$v = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_p}{60 \cdot 10^3}, \quad (70)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 78,3 \cdot 1200}{60000} = 4,9 \text{ м / с}$$

Расчетная скорость вращения первичного вала для дизельных двигателей:

$$n_p = 0,5 \cdot n_{e\max}, \quad (71)$$

$$n_p = 0,5 \cdot 2400 = 1200 \text{ об/мин}$$

Коэффициент учета динамической нагрузки $K_{H\beta}$ находим по формуле:

$$k_{H\beta} = \sqrt{k_{H\Delta} \cdot k_{\beta e}}, \quad (72)$$

$$k_{H\beta} = \sqrt{1,05 \cdot 1,12} = 1,08$$

где $K_{\beta\Delta}$ и $K_{\beta e}$ определяются по графику 3.27 из литературы [1];

Принимаем коэффициенты смазки $K_{H\mu} = 1$ и учета размеров колеса

$$K_{Hx} = 1.$$

Таким образом получаем:

$$\Pi_H = \frac{F_t}{b_w d_{w1}} Z_H Z_\varepsilon K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{H\nu} K_{H\mu} K_{Hx}, \quad (73)$$

$$\Pi_H = \frac{28965}{28 \cdot 78,3} \cdot 3,7 \cdot 0,68 \cdot 1,49 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 = 59,91 \text{ МПа}$$

В качестве материала для шестерни принимаем сталь 20Х2Н4А.

Определяем предельные контактные напряжения:

$$\Pi_{HPO} = \Pi_{H\lim b} Z_R, \quad (74)$$

$$\Pi_{HPO} = 21 \cdot 1 = 21$$

Так как $\Pi_H > 0,9 \cdot \Pi_{HPO}$ то рассчитываем ресурс зубчатого колеса по контактной усталости обеспечивающий 1 км пробега автомобиля:

$$R_{1H} = \Pi_H^{mH} N_{1HE}, \quad (75)$$

где $mH = 3$,

$$N_{1HE} = \frac{500 \cdot U_{\text{вк}} \cdot \xi \cdot K_{nFi} \cdot a}{\pi \cdot r_0}, \quad (76)$$

где: $U_{\text{вк}} = U_o \cdot U_2 = 3,3 \cdot 5,12 = 16,89$; $\xi_i = 0,015$, $a = 1$ и K_{Hi} -коэффициент пробега определяется по графику из соотношения γ_p / γ_m .

$$N_{1HE} = \frac{500 \cdot 16,89 \cdot 0,015 \cdot 0,09 \cdot 1}{3,14 \cdot 0,365} = 9,94$$

Таким образом получаем число циклов нагружения за 1 км пробега:

$$P_{1H} = \Pi_H^{mH} \cdot N_{1HE}, \quad (77)$$

$$P_{1H} = 59,91^3 \cdot 9,94 = 2137392$$

Общий ресурс зубчатого колеса:

$$R_{H \text{ lim}} = \Pi_{HPO}^{mH} \cdot N_{HO}, \quad (78)$$

$$R_{H \text{ lim}} = 21^3 \cdot 1,2 \cdot 10^8 = 1,11 \cdot 10^{12}$$

Получаем пробег автомобиля:

$$L_H = R_{H \text{ lim}} / R_{1H}, \quad (79)$$

$$L_H = 1,11 \cdot 10^{12} / 2137392 = 519324,5 \text{ км}$$

В конструкторском разделе был выполнен прочностной и силовой расчет коробки передач грузового автомобиля. Расчет коробки передач грузового автомобиля является важной частью разработки автомобиля,

поскольку он определяет передаточные отношения и геометрию зубчатых колес, которые влияют на производительность и эффективность автомобиля.

Расчет передаточных чисел позволил определить оптимальные передаточные отношения для каждой передачи коробки передач. Это влияет на ускорение, максимальную скорость и экономию топлива автомобиля.

Расчет геометрии зубчатых колес включает определение модуля, числа зубьев, профиля зубьев и других параметров. Это необходимо для обеспечения правильного взаимодействия зубчатых колес и передачи мощности без излишнего шума и износа. В процессе конструкторского расчета коробки передач грузового автомобиля важно учитывать требования к грузоподъемности, скоростному режиму, условиям эксплуатации и другим факторам, которые могут влиять на выбор передаточных чисел и геометрии зубчатых колес.

При расчете передаточных чисел и геометрии зубчатых колес необходимо использовать соответствующие стандарты и нормативы, чтобы обеспечить соответствие конструкции автомобиля требованиям безопасности и надежности. Конструкторский расчет коробки передач грузового автомобиля требует использования специализированного программного обеспечения, которое позволяет провести точные и надежные расчеты. При этом необходимо учитывать особенности и требования конкретного проекта.

В целом, конструкторский расчет коробки передач грузового автомобиля является сложным и ответственным процессом, который требует учета множества факторов и использования специальных инструментов. Правильное определение передаточных чисел и геометрии зубчатых колес позволяет создать эффективную и надежную коробку передач, обеспечивая оптимальную производительность и долговечность грузового автомобиля.

5 Технологический раздел дипломного проекта

5.1 Обоснование выбора объекта технологической разработки

В конструкторской части дипломного проекта производится анализ и разработка варианта конструкции коробки передач, которую предполагается применять на грузовом автомобиле.

На основе выполненных расчетов, представленных в конструкторской части, можно заключить, что использование спроектированной коробки передач позволяет достичь улучшения показателей топливной экономичности и снижения количества выбросов вредных веществ, а также улучшения эксплуатационных характеристик транспортного средства.

После завершения работ по разработке необходимо единичное изготовление опытных образцов коробки передач для проведения испытаний, в случае положительного результата которых возможна организация мелкосерийного производства изделия. Но в перспективе следует ожидать значительного увеличения объемов производства автомобилей с модернизированной коробкой передач.

Далее приведен анализ технологичности конструкции при сборке, выбран маршрут сборки, описан технологический процесс, порядок контроля узла, расчет штучного и оперативного времени по операциям, связанным со сборкой вторичного вала коробки передач.

5.2 Оценка технологичности объекта технологической разработки

Технологичность - свойство конструкции, заложенное в ней при проектировании и позволяющее получить наиболее рациональными способами изделие с высокими эксплуатационными качествами при снижении затрат труда, средств и материалов. Технологичность конструкции требует, чтобы при решении этих вопросов наряду с учетом прочностных и

конструктивно-эксплуатационных требований учитывались также технологические условия серийного изготовления машины.

Процесс производства складывается из трех основных этапов: производства заготовок, механической обработки деталей и сборки (узловой и общей), технический контроль и испытания.

Оценка технологичности конструкции при сборке производится в соответствии с ГОСТ 14204-73 по параметрам, оказывающим наибольшее влияние на технологический процесс сборки изделия.

Габаритные размеры и масса изменены по сравнению со стандартным приводом незначительно, что обусловлено экономическими и конструктивными причинами, о чем было сказано выше. Следовательно по этому параметру изделие не изменилось с точки зрения технологичности. Вторичный вал весит 10,8 кг и имеет длину в собранном виде 560,6 мм, что позволяет брать его из тары и устанавливать на место сборки вручную.

5.3 Оценка наличия баз и установочных поверхностей

Базовой деталью является вторичный вал коробки передач. Перед выполнением любой операции в первую очередь необходима фиксация вала. Приспособления спроектированы таким образом, что вал встает торцом в пята, а цилиндрической поверхностью опирается на призму. То есть установочными поверхностями являются торец вала и его цилиндрическая поверхность. Это позволяет легко осуществлять установку и снятие узла без применения дополнительных устройств.

Количество деталей в изделии минимально, благодаря, в том числе, наличию сборочных единиц, синхронизаторов передач, подборка которых производится заранее. Ориентация одной детали относительно другой в основном осуществляется вдоль оси (по валу, шлицам), установка всех деталей удобна и не требует специальных приемов работы или сложного оборудования. Соединение валов и собранных синхронизаторов

осуществляется при помощи шлицевых соединений и стопорных колец, крышка внутреннего шарнира напрессовывается, хомуты крепятся пассатижами.

За все время технологического процесса узел перебазируется 3 раза, что обусловлено необходимостью использования прессового оборудования. Но технологический процесс составлен таким образом, что операции, выполняемые при одном положении узла, следуют одна за другой. Это позволяет существенно сократить общее время выполнения сборки изделия.

Контроль можно производить сразу после сборки, не меняя положения узла после выполнения последней операции, что исключает лишние переходы. Достаточно контролировать 10% от собираемых изделий. В основном контроль изделия визуальный, дополнительное оборудование необходимо только для контроля окружного люфта в соединениях.

5.4 Технологический процесс сборки

Маршрут – это та последовательность, с которой детали и сборочные единицы более низкого уровня соединяются при сборке изделия.

Маршрут сборки оказывает большое влияние на компоновку сборочного оборудования, на осуществление необходимого контроля точности соединений и, таким образом, на эффективность процесса в целом.

В конструкции вторичного вала КП базовой деталью является вал, который ставится в необходимое при данной операции приспособление. Учитывая, что многие операции делаются при одном и том же положении вала, лучше всего закрепить его один раз на несколько операций, затем лишь меняя оправки. Таким образом, получаем достаточно мало переходов с изменением положения базовой детали.

Основой проектирования технологического процесса сборки является определение наиболее рациональной последовательности операций.

Все работы производятся в слесарно-сборочном цехе.

Далее приводится разработанный технологический процесс сборки вторичного вала с указанием необходимого для каждой операции оборудования и приспособлений, таблица 16.

Таблица 16 – Технологический процесс сборки вторичного вала

№ операции	Наименование операции	Оборудование и приспособления
10	Взять из тары вал и положить на стол. Покрыть посадочные поверхности вала тонким слоем мастики	Стол сборочный
20	Взять из тары зубчатое колесо, покрыть посадочные поверхности шлицов тонким слоем мастики.	Стол сборочный
30	Взять из тары игольчатый подшипник и надеть на вал до упора. Установить в приспособление. Запрессовать кольцо стопорное. При необходимости поправить кольцо на кольцевой канавке вала и держателе с помощью оправки.	Стенд пневматический, приспособление для запрессовки кольца стопорного на вал.
40	Взять из тары зубчатое колесо, покрыть посадочные поверхности шлицов тонким слоем мастики.	Стол сборочный
50	Взять из тары игольчатый подшипник и надеть на вал до упора. Установить в приспособление. Запрессовать кольцо стопорное. При необходимости поправить кольцо на кольцевой канавке вала и держателе с помощью оправки.	Стенд пневматический, приспособление для запрессовки кольца стопорного на вал.
60	Взять из тары зубчатое колесо, покрыть посадочные поверхности шлицов тонким слоем мастики.	Стол сборочный
70	Взять из тары игольчатый подшипник и надеть на вал до упора. Установить в приспособление. Запрессовать кольцо стопорное. При необходимости поправить кольцо на кольцевой канавке вала и держателе с помощью оправки.	Стенд пневматический, приспособление для запрессовки кольца стопорного на вал.
80	Взять из тары зубчатое колесо, покрыть посадочные поверхности шлицов тонким слоем мастики.	Стол сборочный

Продолжение таблицы 16

№ операции	Наименование операции	Оборудование и приспособления
90	Взять из тары игольчатый подшипник и надеть на вал до упора. Установить в приспособление. Запрессовать кольцо стопорное. При необходимости поправить кольцо на кольцевой канавке вала и держателе с помощью оправки.	Стенд пневматический, приспособление для запрессовки кольца стопорного на вал.
100	Проверить работоспособность вторичного вала. Корпус фрикциона должен плавно, без заеданий проворачиваться относительно вала.	Стол сборочный

В таблице 17 представлен порядок контроля вторичного вала АКП после сборки

Таблица 17 – Порядок контроля вторичного вала

Контролируемые параметры	Уровень контроля
Проверить правильность установки зубчатого колеса и наличие повреждений на их наружных поверхностях.	10%
Проверить правильность установки игольчатого подшипника. Корпус подшипника устанавливается до захода запорного кольца в канавку вала.	10%
Проверить надежность крепления зубчатого колеса. Проверяется вручную.	10%
Проверить окружной люфт колеса, в диапазоне углов от 0° до 40° окружной люфт не должен превышать 35° при крутящем моменте 10 Нм.	10%
Проверить окружной люфт колеса, в диапазоне ходов ± 10 мм окружной люфт относительно средней линии не должен превышать 15° при крутящем моменте 10 Нм.	10%

Таким образом, определен порядок сборки узла и порядок выполнения контрольных операций

5.5 Расчет технической нормы времени

Техническая норма времени на сборку – это задание по производительности труда сборщику, представляющее собой время, необходимое для выполнения определенной работы.

Сборочные работы, типичные для отрасли машиностроения нормируются на основе общемашиностроительных нормативов времени. Для различных отраслей разрабатывают отраслевые нормативы. Специфические процессы нормируют на основе заводских нормативов.

Расчет штучного времени - времени, потребного для выполнения сборочной операции - выполняем по формуле:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{T_{обс} + T_{отд}}{100}\right) \quad (80)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время, в которое при сборке входит время на выполнение основного комплекса работ, в том числе время на установочно-соединительные работы;

$T_{обс}$ – время на организационно-техническое обслуживание, включает раскладку инструмента в начале операции и уборку по окончании, регулировку и наладку сборочных приспособлений, уборку рабочего места в процессе работы и по окончании смены;

$T_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, определяется в процентах от оперативного времени.

Типовые операции и время их выполнения (уже с учетом массы и габаритов узла): взятие детали – 0,043, установка детали – 0,043, установка одной детали на другую по направляющей – 0,125, установка колец в выточку вала – 0,066, перевертывание детали – 0,026, крепление в приспособлении – 0,04, запрессовка – 0,115, смазывание – 0,065, подтяжка соединений – 0,035. Все данные из отраслевых нормативов.

Организационно-техническое обслуживание принято - 5%, время на отдых – 4%.

Далее рассчитываем оперативное и штучное время на каждой операции.

Операция 10:

$$T_{оп} = 0,043 + 0,043 + 0,043 + 0,065 + 0,125 = 0,319$$

$$T_{шт} = 0,319(1 + (5+4)/100) = 0,348$$

Операция 20:

$$T_{оп} = 0,043 + 0,065 + 0,125 = 0,233$$

$$T_{шт} = 0,233(1 + (5+4)/100) = 0,254$$

Операция 30:

$$T_{оп} = 0,043 + 0,125 + 0,035 + 0,04 + 0,066 + 0,115 = 0,424$$

$$T_{шт} = 0,424(1 + (5+4)/100) = 0,462$$

Операция 40:

$$T_{оп} = 0,043 + 0,026 + 0,125 + 0,035 + 0,115 = 0,344$$

$$T_{шт} = 0,344(1 + (5+4)/100) = 0,375$$

Операция 50:

$$T_{оп} = 0,043 + 0,026 + 0,125 + 0,035 + 0,115 = 0,344$$

$$T_{шт} = 0,344(1 + (5+4)/100) = 0,375$$

Операция 60:

$$T_{оп}=0,043+0,043+0,043+0,135=0,264$$

$$T_{шт}=0,264(1+(5+4)/100)=0,288$$

Операция 70:

$$T_{оп}=0,043+0,135+0,064=0,242$$

$$T_{шт}=0,242(1+(5+4)/100)=0,264$$

Определяем общее время технологического процесса:

$$T_{шт}=\sum T_{шти}=3,003 \text{ мин.}$$

Разработка технологического процесса сборки вторичного вала является важной задачей в производстве автомобилей. Она включает в себя определение последовательности операций, выбор необходимого оборудования и инструментов, а также установление требований к квалификации персонала.

Технологический процесс должен быть разработан с учетом требований к качеству, эффективности и безопасности сборки вторичного вала автоматической коробки. Каждая операция должна быть определена с учетом необходимых шагов, проверок и контроля качества, чтобы гарантировать надежность и долговечность вала.

При разработке технологического процесса необходимо учитывать особенности конструкции вторичного вала грузовой коробки передач, типы компонентов и материалов, а также требования к точности и силе затяжки соединений. Это позволяет избежать ошибок в процессе сборки и обеспечить правильное функционирование трансмиссии.

Важным аспектом разработки технологического процесса является оптимизация времени сборки, чтобы достичь высокой производительности и эффективности процесса. Это может быть достигнуто путем рационализации

операций, автоматизации некоторых этапов и оптимального использования рабочего пространства. Кроме того, обучение и квалификация персонала являются важными аспектами успешной реализации технологического процесса. Персонал должен быть обучен правильной технике и последовательности сборки, а также обладать знаниями о технических характеристиках компонентов и инструментов.

Разработка технологического процесса сборки вторичного вала коробки передач требует системного подхода и взаимодействия между различными отделами и специалистами, такими как конструкторы, технологи, инженеры качества и производства. Это позволяет создать оптимальный и надежный процесс сборки.

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

6.1 Характеристика участка сборки

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – автоматической коробки передач легкового автомобиля. 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 сообразно 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.

6.2 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.» [25]

«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.

6.3 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 18.

Таблица 18 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
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 18

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«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

Продолжение таблицы 18

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«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
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«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

Продолжение таблицы 18

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«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]

6.4 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 19 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 19 – 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>

Продолжение таблицы 19

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«С - горение газообразных горючих веществ» [12]	сварочные газы, метан	«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]	«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]

«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.

6.5 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;
- 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 отдельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планировании 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.

7 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта

7.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности

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

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

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное

освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

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

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

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

7.2 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 20.

Таблица 20 – 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 рассчитана 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 81.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} \cdot Ц_{пл} \cdot Н_a}{100}, \quad (81)$$

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

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

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

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

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 82. Расчет сведен в таблицу 21.

$$P_{э} = \frac{M_d \cdot T \cdot K_o \cdot K_m \cdot K_v \cdot K_p \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (82)$$

«где M_d – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

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

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

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

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

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

$C_{\text{э}}$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_{\text{э}} = 4,56$ руб;

η – КПД двигателей оборудования участка, $\eta = 0,75$.» [9], [20]

Таблица 21 – Расчет затрат на электрическую энергию

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

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 83.

$$R_{\text{св}} = (M_{\text{св}} \cdot n \cdot T \cdot K_{\text{од}} \cdot K_v \cdot K_p \cdot C_{\text{э}}) / \eta, \quad (83)$$

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

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

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

$K_{\text{од}}$ – коэффициент одновременной работы светильников, $K_{\text{од}} = 0,85$;

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

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

$C_{\text{э}}$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_{\text{э}} = 4,56$ руб;

η – КПД светильников, $\eta = 0,75$.

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

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 84.

$$P = P_{\text{Э}} + P_{\text{св}} \quad (84)$$

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

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 22. Расчет выполняется по формуле 85.

$$Озп = Ст \cdot Т \cdot \left(1 + \frac{Дп}{100}\right), \quad (85)$$

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

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 22 – 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 86.

$$Дзп = Озп \cdot Кд / 100, \quad (86)$$

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

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

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 87.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (87)$$

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.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (88)$$

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

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 23.

Таблица 23 – 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 23

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.

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (89)$$

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

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 24.

Таблица 24 – 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 90.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (90)$$

где $C_{общ}$ – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{уч}$ – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

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

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

По результатам анализа, произведенного в первом разделе дипломного проекта можно сделать следующие выводы. По результатам выполнения первого раздела дипломного проекта можно сделать следующие выводы. Анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей различных типов позволяет сделать вывод о том, что каждый тип автомобиля имеет свои особенности и требования к конструкции коробки передач. Грузовые автомобили большой грузоподъемности обычно имеют усиленную конструкцию коробки передач, чтобы выдерживать большие нагрузки и обеспечивать надежную передачу мощности от двигателя к колесам.

Автомобили с разными типами передвижения (задний или полный привод) имеют различные конструктивные особенности коробки передач. Например, автомобили с полным приводом имеют дополнительные механизмы блокировки дифференциала для обеспечения равномерного распределения мощности между колесами. Коробки передач грузовых автомобилей обладают большим количеством передач, что позволяет достичь широкого диапазона передаточных отношений и обеспечить оптимальную производительность при различных скоростях и условиях движения.

Удобство обслуживания также является важным фактором при анализе конструкции коробок передач грузовых автомобилей. Хороший доступ к местам обслуживания и удобные точки слива и заправки масла упрощают проведение технического обслуживания и ремонта для поддержания надежности и долговечности коробки передач.

В целом, анализ конструкции коробок передач грузовых автомобилей различных типов позволяет заключить, что эти коробки передач представляют собой специализированные и надежные агрегаты, которые соответствуют требованиям современных грузовых перевозок. Каждая конструкция коробки передач разработана с учетом требований и особенностей определенного типа

автомобиля, обеспечивая надежность, производительность и удобство в эксплуатации.

Для проектируемой конструкции коробки, на основании комплексного анализа, принимаем трехвальную шестиступенчатую коробку передач. Выбор пятиступенчатой трехвальной коробки передач для грузового автомобиля может быть обоснован следующими причинами.

Шестиступенчатая коробка передач предоставляет широкий диапазон передаточных отношений, что делает ее универсальным выбором для различных типов грузовых автомобилей. Она позволяет достичь оптимальной производительности при различных скоростях и условиях движения, включая горный рельеф и трассу. Шестиступенчатая коробка передач является относительно простой в конструкции и обслуживании. Она имеет меньше деталей и механизмов по сравнению с более сложными коробками передач, что облегчает проведение технического обслуживания и ремонта. Это может снизить затраты на обслуживание и уменьшить время простоя автомобиля. Шестиступенчатая коробка передач обычно имеет прочную и надежную конструкцию, способную выдерживать высокие нагрузки и обеспечивать долговечность. Она может быть разработана с использованием качественных материалов и технологий, что повышает ее надежность и устойчивость к износу. Шестиступенчатая коробка передач обеспечивает достаточное количество передач для обеспечения требуемой производительности грузового автомобиля без излишней сложности и дополнительных затрат на более многоступенчатые коробки передач.

В целом, шестиступенчатая трехвальная коробка передач предлагает универсальность, экономичность, простоту обслуживания, надежность и хорошее соотношение производительности и стоимости для грузовых автомобилей. Она является популярным и рациональным выбором для трансмиссии грузовых автомобилей.

Результатом выполнения третьего раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства. Расчет эксплуатационных характеристик автомобиля является важным этапом проектирования и анализа таких транспортных средств. Он позволяет определить основные параметры, такие как мощность двигателя, передаточное отношение коробки передач, коэффициенты сопротивления движению и эффективность топлива, которые влияют на производительность и экономичность автомобиля.

Одним из ключевых расчетов является расчет мощности двигателя, который основывается на скорости движения, массе автомобиля и требуемой динамике. Правильный расчет мощности позволяет обеспечить достаточную производительность автомобиля при различных условиях эксплуатации, включая езду в городе и на трассе. Также проводится расчет передаточного отношения коробки передач, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью двигателя и максимальной скоростью автомобиля. Правильно выбранное передаточное отношение позволяет достичь оптимальной эффективности топлива и обеспечить легкость управления автомобилем в различных ситуациях. Коэффициенты сопротивления движению также учитываются при расчете эксплуатационных характеристик автомобиля. Они включают аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению и сопротивление подъемам. Правильный расчет и учет этих коэффициентов позволяет оптимизировать энергопотребление и обеспечить лучшую экономию топлива.

Таким образом, расчет эксплуатационных характеристик автомобиля позволяет оптимизировать его производительность, экономичность и управляемость. Он способствует созданию трансмиссии автомобиля, который отвечает требованиям современных водителей в различных условиях эксплуатации.

В конструкторском разделе был выполнен прочностной и силовой расчет коробки передач грузового автомобиля. Расчет коробки передач грузового автомобиля является важной частью разработки автомобиля, поскольку он определяет передаточные отношения и геометрию зубчатых колес, которые влияют на производительность и эффективность автомобиля.

Расчет передаточных чисел позволил определить оптимальные передаточные отношения для каждой передачи коробки передач. Это влияет на ускорение, максимальную скорость и экономию топлива автомобиля.

Расчет геометрии зубчатых колес включает определение модуля, числа зубьев, профиля зубьев и других параметров. Это необходимо для обеспечения правильного взаимодействия зубчатых колес и передачи мощности без излишнего шума и износа. В процессе конструкторского расчета коробки передач грузового автомобиля важно учитывать требования к грузоподъемности, скоростному режиму, условиям эксплуатации и другим факторам, которые могут влиять на выбор передаточных чисел и геометрии зубчатых колес.

При расчете передаточных чисел и геометрии зубчатых колес необходимо использовать соответствующие стандарты и нормативы, чтобы обеспечить соответствие конструкции автомобиля требованиям безопасности и надежности. Конструкторский расчет коробки передач грузового автомобиля требует использования специализированного программного обеспечения, которое позволяет провести точные и надежные расчеты. При этом необходимо учитывать особенности и требования конкретного проекта.

В целом, конструкторский расчет коробки передач грузового автомобиля является сложным и ответственным процессом, который требует учета множества факторов и использования специальных инструментов. Правильное определение передаточных чисел и геометрии зубчатых колес позволяет создать эффективную и надежную коробку передач, обеспечивая оптимальную производительность и долговечность грузового автомобиля.

Разработка технологического процесса сборки вторичного вала является важной задачей в производстве автомобилей. Она включает в себя определение последовательности операций, выбор необходимого оборудования и инструментов, а также установление требований к квалификации персонала. Технологический процесс должен быть разработан с учетом требований к качеству, эффективности и безопасности сборки вторичного вала автоматической коробки. Каждая операция должна быть определена с учетом необходимых шагов, проверок и контроля качества, чтобы гарантировать надежность и долговечность вала. При разработке технологического процесса необходимо учитывать особенности конструкции вторичного вала автоматической коробки, типы компонентов и материалов, а также требования к точности и силе затяжки соединений. Это позволяет избежать ошибок в процессе сборки и обеспечить правильное функционирование привода.

Важным аспектом разработки технологического процесса является оптимизация времени сборки, чтобы достичь высокой производительности и эффективности процесса. Это может быть достигнуто путем рационализации операций, автоматизации некоторых этапов и оптимального использования рабочего пространства. Кроме того, обучение и квалификация персонала являются важными аспектами успешной реализации технологического процесса. Персонал должен быть обучен правильной технике и последовательности сборки, а также обладать знаниями о технических характеристиках компонентов и инструментов.

Разработка технологического процесса сборки вторичного вала автоматической коробки требует системного подхода и взаимодействия между различными отделами и специалистами, такими как конструкторы, технологи, инженеры качества и производства. Это позволяет создать оптимальный и надежный процесс сборки. 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.

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

Список используемой литературы и используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

17. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» :

ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

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

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

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

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

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

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

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

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

Приложение А
Графики тягового расчета

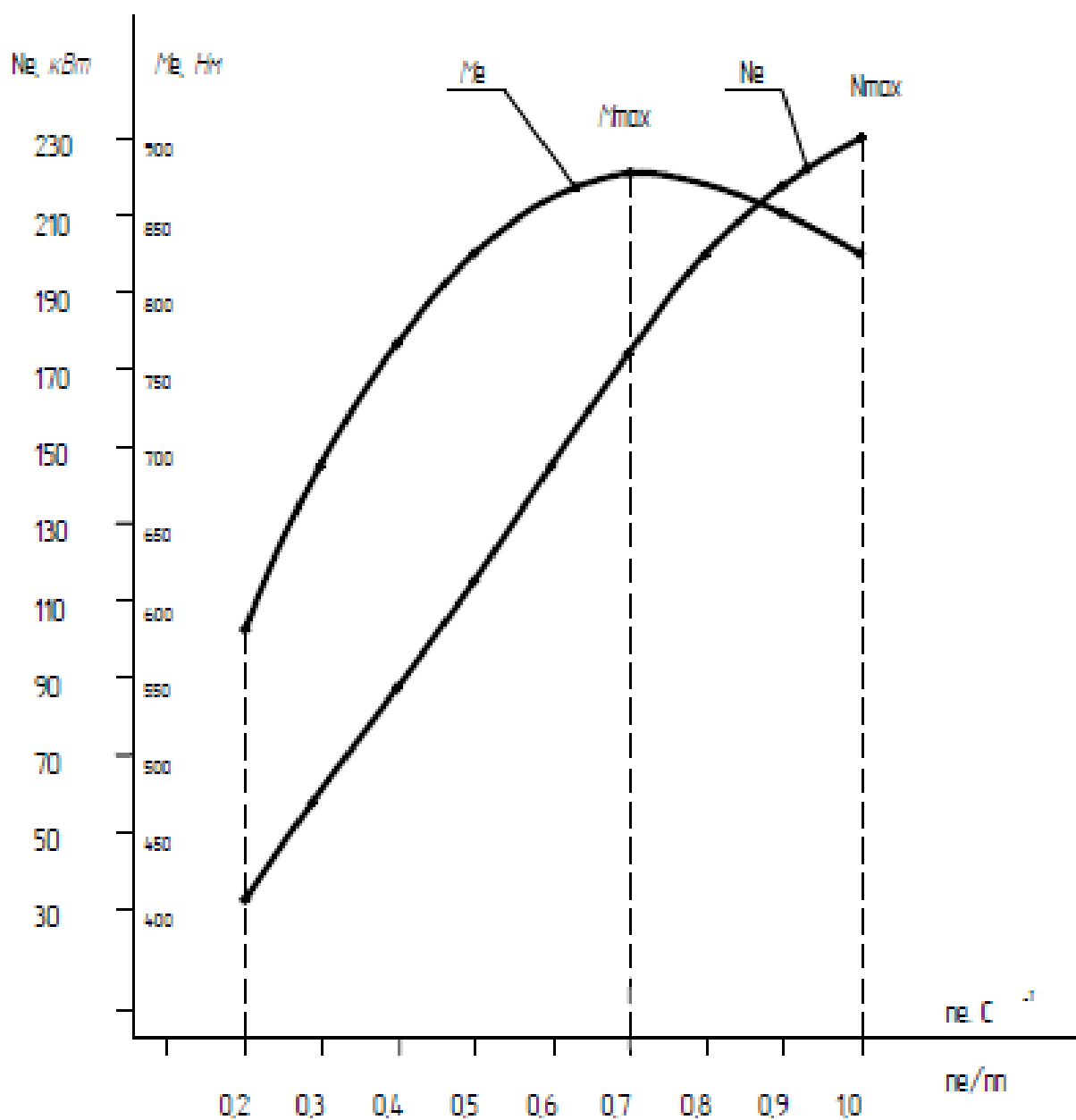


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика транспортного средства

Продолжение Приложения А

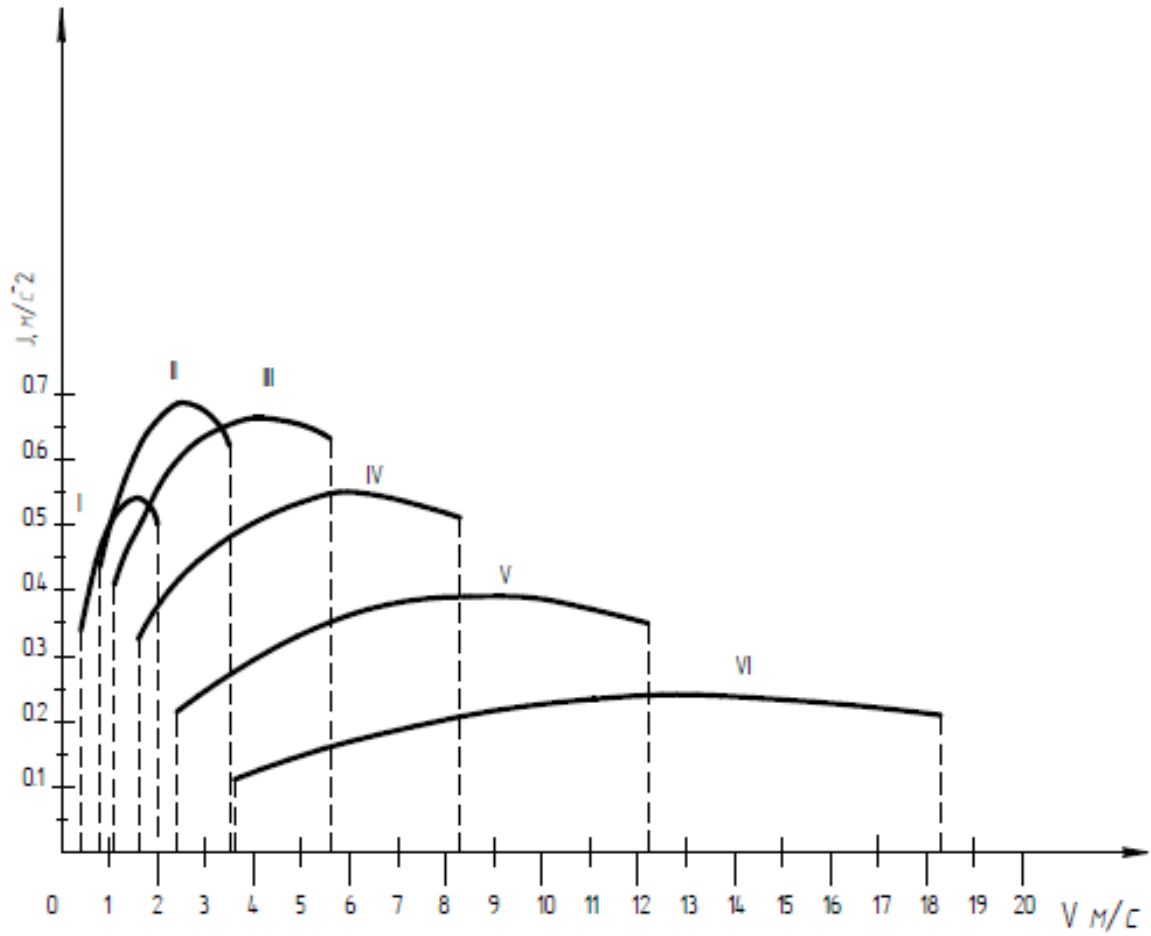


Рисунок А2 – График ускорений транспортного средства

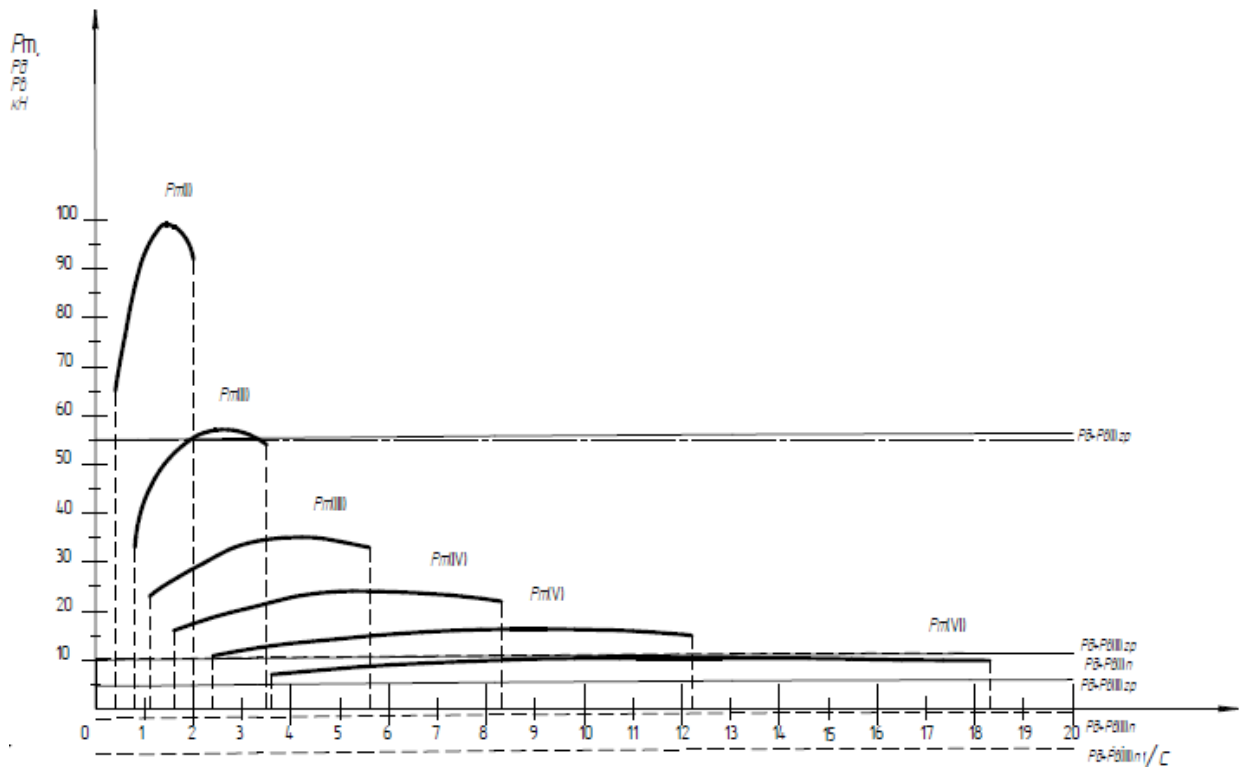


Рисунок А3 – График тягового баланса транспортного средства

Продолжение Приложения А

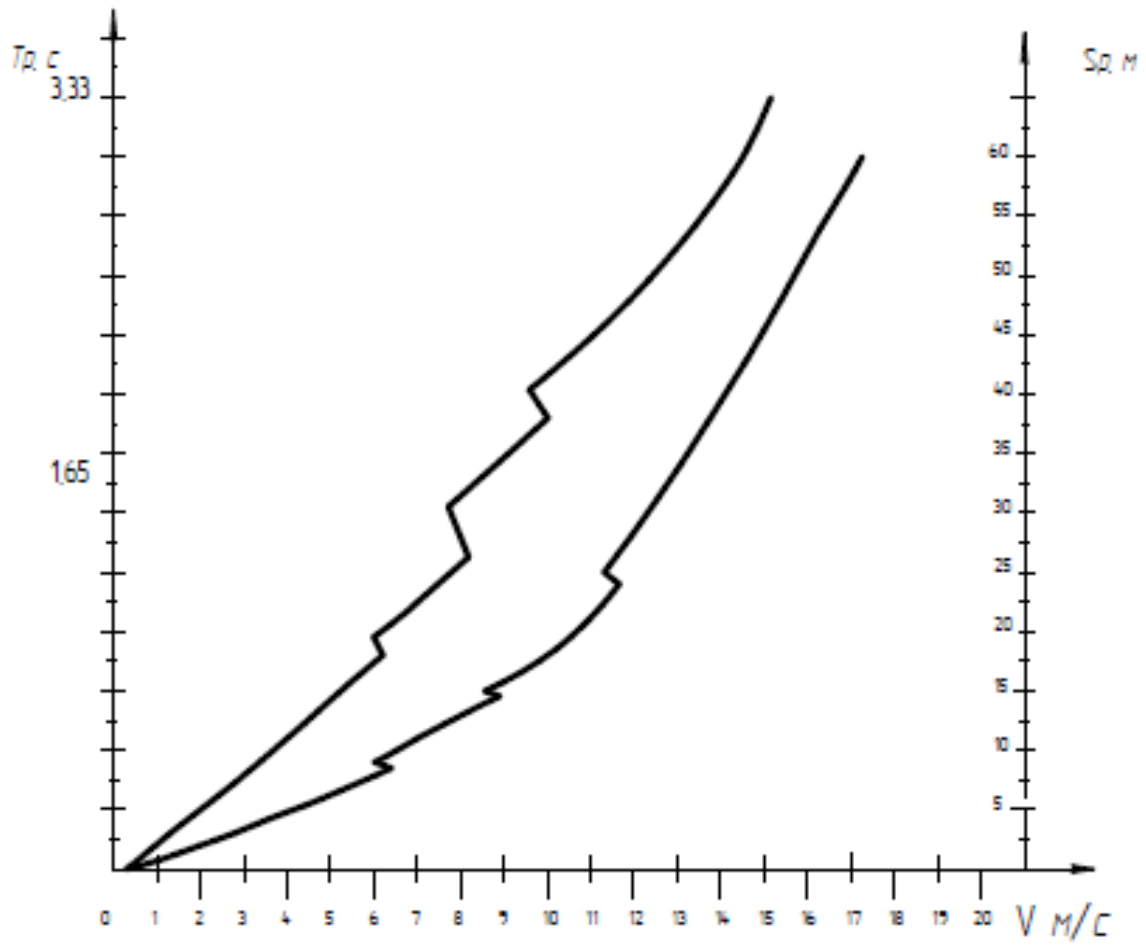


Рисунок А4 – Кривые пути и времени разгона транспортного средства

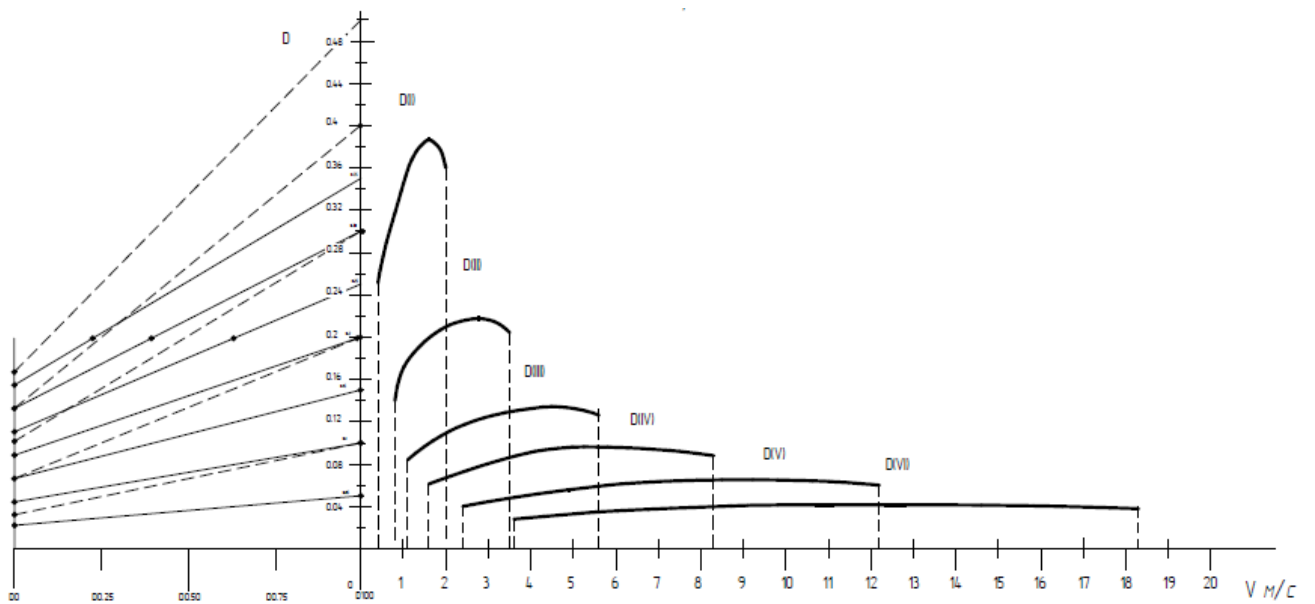


Рисунок А5 – Динамический паспорт транспортного средства