

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 автоматической коробки передач для легкового
автомобиля

Обучающийся

А.Б. Садыков

(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 автоматической коробки передач для легкового автомобиля».

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

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

Целью дипломного проекта является разработка автоматической коробки передач для легкового автомобиля на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции автоматической трансмиссии, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается коробка передач, силовые и прочностные расчеты коробки передач и ее отдельных деталей, разработка технологического процесса изготовления агрегата коробки передач, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция автоматической коробки передач обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с агрегатами,

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

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках серийного производства и использована на серийных автомобилях.

Annotation

A graduation project on the topic "Development of an automatic transmission for a passenger car" was presented.

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

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

The purpose of the diploma project is to develop an automatic transmission for a passenger car 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 in the design of automatic transmission, traction calculation of the vehicle for which the gearbox is being developed, power and strength calculations of the gearbox and its individual parts, development of the technological process for manufacturing the gearbox unit, the development of safe working conditions at the site and the economic justification for the effectiveness of the project.

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

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have practical significance. The developed design can be implemented as part of mass production and used on mass-produced vehicles.

Содержание

Введение	8
1 Анализ объекта разработки дипломного проектирования	11
1.1 Анализ конструкции коробок передач легкового автомобиля	11
1.2 Анализ конструкции автоматической коробки передач	19
1.3 Выбор компоновочной схемы проектируемой автоматической коробки передач.....	22
2 Расчет эксплуатационных характеристик транспортного средства	25
2.1 Анализ характеристик транспортных средств малого класса	25
2.2 Расчет полной массы автомобиля	27
2.3 Определение колесной формулы автомобиля и расчет распределения массы автомобиля	27
2.4 Расчет нагрузки на колесо и выбор шин автомобиля	29
2.5 Расчет площади лобового сопротивления и коэффициента сопротивления воздуха	30
2.6 Определение мощности двигателя автомобиля	31
2.7 Расчет внешней скоростной характеристики	32
2.8 Определение передаточных чисел трансмиссии	34
2.9 Расчет динамической характеристики	35
2.10 Расчет времени и пути разгона	38
2.11 Построение топливно-экономической характеристики автомобиля .	42
3 Разработка и расчет конструкции автоматической коробки передач	45
3.1 Выбор рабочей жидкости автоматической коробки передач	45
3.2 Расчет фрикционных дисковых элементов управления	46
3.3 Расчет шлицевых соединений	50
3.4 Расчет осей сателлитов планетарных рядов	52
4 Технологический раздел дипломного проекта	56
4.1 Обоснование выбора объекта технологической разработки	56
4.2 Оценка технологичности объекта технологической разработки	57

4.3 Оценка наличия баз и установочных поверхностей	57
4.4 Расчет технической нормы времени	58
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	65
5.1 Характеристика участка сборки	65
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка	67
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	71
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	75
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	78
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	80
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	80
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	81
Заключение	90
Список используемой литературы и используемых источников	95
Приложение А Графики тягового расчета	98

Введение

Автоматическая коробка передач является одним из основных компонентов современного легкового автомобиля, обеспечивающим комфорт и удобство во время вождения. Она позволяет автоматически выбирать оптимальную передачу в зависимости от скорости движения, оборотов двигателя и нагрузки на автомобиль. Разработка автоматической коробки передач является актуальной и востребованной темой в автомобильной индустрии, так как позволяет улучшить эксплуатационные характеристики автомобиля и повысить комфорт вождения.

Автоматические коробки передач (АКПП) представляют собой трансмиссию, которая позволяет автомобилю автоматически переключать передачи без вмешательства водителя. Они отличаются от механических коробок передач тем, что не требуют сцепления и ручного переключения передач.

АКПП состоит из нескольких основных компонентов, включая гидравлическую систему управления, гидротрансформатор, блоки переключения передач и систему контроля и диагностики. Гидравлическая система управления отвечает за передачу гидравлического давления, которое управляет переключением передач и сцеплением. Гидротрансформатор преобразует механическую мощность от двигателя в гидравлическую и позволяет плавно и плавно переключать передачи.

Одним из основных преимуществ автоматических коробок передач является повышенный комфорт вождения. Водитель больше не обязан сам переключать передачи, что позволяет сосредоточиться на управлении автомобилем и безопасности на дороге. Это особенно важно в условиях городского движения, где постоянное переключение передач может быть утомительным и отвлекающим. Другим преимуществом АКПП является повышенная эффективность и экономичность. Благодаря точному управлению гидравлической системой и оптимальному выбору передач, АКПП может

работать в наиболее эффективном режиме и обеспечивать оптимальное использование мощности двигателя. Это позволяет снизить расход топлива и выбросы вредных веществ.

Кроме того, АКПП обладает более широким диапазоном передач, что позволяет достичь лучшей динамики и управляемости автомобиля. Они также обеспечивают плавное переключение передач без рывков и потери мощности, что делает езду более комфортной и позволяет получить максимальное удовольствие от вождения.

Однако, автоматические коробки передач имеют и некоторые недостатки. Они могут быть более сложными в конструкции и требовать более тщательного обслуживания и ремонта по сравнению с механическими коробками передач. Также, автоматические коробки передач могут быть дороже в производстве и замене, что может повлиять на стоимость автомобиля.

В целом, автоматические коробки передач представляют собой важный компонент современных автомобилей, обеспечивая комфорт, экономичность и эффективность вождения. Разработка новых и совершенствование существующих технологий АКПП является актуальной темой в автомобильной индустрии и вносит значительный вклад в развитие автомобильной технологии. Целью данного дипломного проекта является разработка автоматической коробки передач для легкового автомобиля, учитывая требования к надежности, эффективности и экономичности. В рамках проекта будет выполнен анализ существующих конструкций и принципов работы автоматических коробок передач, обзор современных технологических решений, а также проведен расчет и моделирование для определения оптимальных параметров и характеристик автоматической коробки передач.

Особое внимание будет уделено выбору и расчету компонентов коробки передач, таких как гидравлическая система управления, гидротрансформатор, блоки переключения передач, а также система контроля и диагностики. Будет

разработана схема автоматической коробки передач, определены требования к материалам и технологиям производства, а также разработаны рекомендации по сборке и тестированию.

Значимость данного дипломного проекта заключается в его практической применимости и потенциале для улучшения автомобильной технологии. Разработка новой автоматической коробки передач позволит создать более эффективные и экономичные автомобили, способствуя снижению расхода топлива и выбросов вредных веществ. Кроме того, разработка новых технологических решений и компонентов может иметь перспективы для применения в других областях автомобильной и машиностроительной промышленности.

В результате выполнения данного дипломного проекта ожидается получение конкретных рекомендаций и решений, которые могут быть использованы при разработке и производстве автоматических коробок передач для легковых автомобилей. Также, предполагается, что результаты проекта будут полезны для автомобильных компаний, занимающихся разработкой и производством автомобилей, а также для автомобильных инженеров и специалистов в области автоматических трансмиссий.

1 Анализ объекта разработки дипломного проектирования

1.1 Анализ конструкции коробок передач легкового автомобиля

Коробка передач в автомобиле имеет основное назначение - передача мощности от двигателя к колесам, позволяя регулировать скорость и момент вращения колес в зависимости от условий движения и требуемой производительности.

Коробка передач передает мощность от двигателя к приводным колесам автомобиля. Она позволяет выбирать оптимальную передачу относительно скорости движения, нагрузки и требуемой производительности, чтобы обеспечить эффективное использование мощности двигателя.

Коробка передач меняет отношение между частотой вращения коленчатого вала двигателя и частотой вращения колес. Это позволяет автомобилю двигаться с различной скоростью, соответствующей дорожным условиям и обеспечивать необходимый момент для обеспечения движения в гору или в сложных дорожных условиях.

Коробка передач используется для увеличения крутящего момента двигателя, особенно на низких оборотах, когда мощность двигателя не достаточна для уверенного движения. При помощи коробки передач можно многократно мультиплицировать мощность, передаваемую на колеса, например для ускорения при обгоне или улучшения проходимости автомобиля.

Коробка передач позволяет обеспечивать движение задним ходом, что необходимо для выполнения маневров, парковки и движения назад. Также, коробка передач позволяет плавно и контролируемо начать движение автомобиля с места, обеспечивая плавность и комфорт вождения. Коробка передач защищает двигатель от перегрузки, предотвращая его поломку и обеспечивая оптимальные обороты для достижения наилучшей тягово-экономической характеристики.

В целом, коробка передач в автомобиле играет важную роль при передаче мощности от двигателя к ведущим колесам и выбора оптимального соотношения скорости и крутящего момента. Она обеспечивает эффективность, производительность и комфорт вождения, а также защиту двигателя и оптимальное использование мощности.

Существует несколько различных типов коробок передач, каждый из которых имеет свои особенности и применение в автомобильной промышленности. Основные типы коробок передач включают:

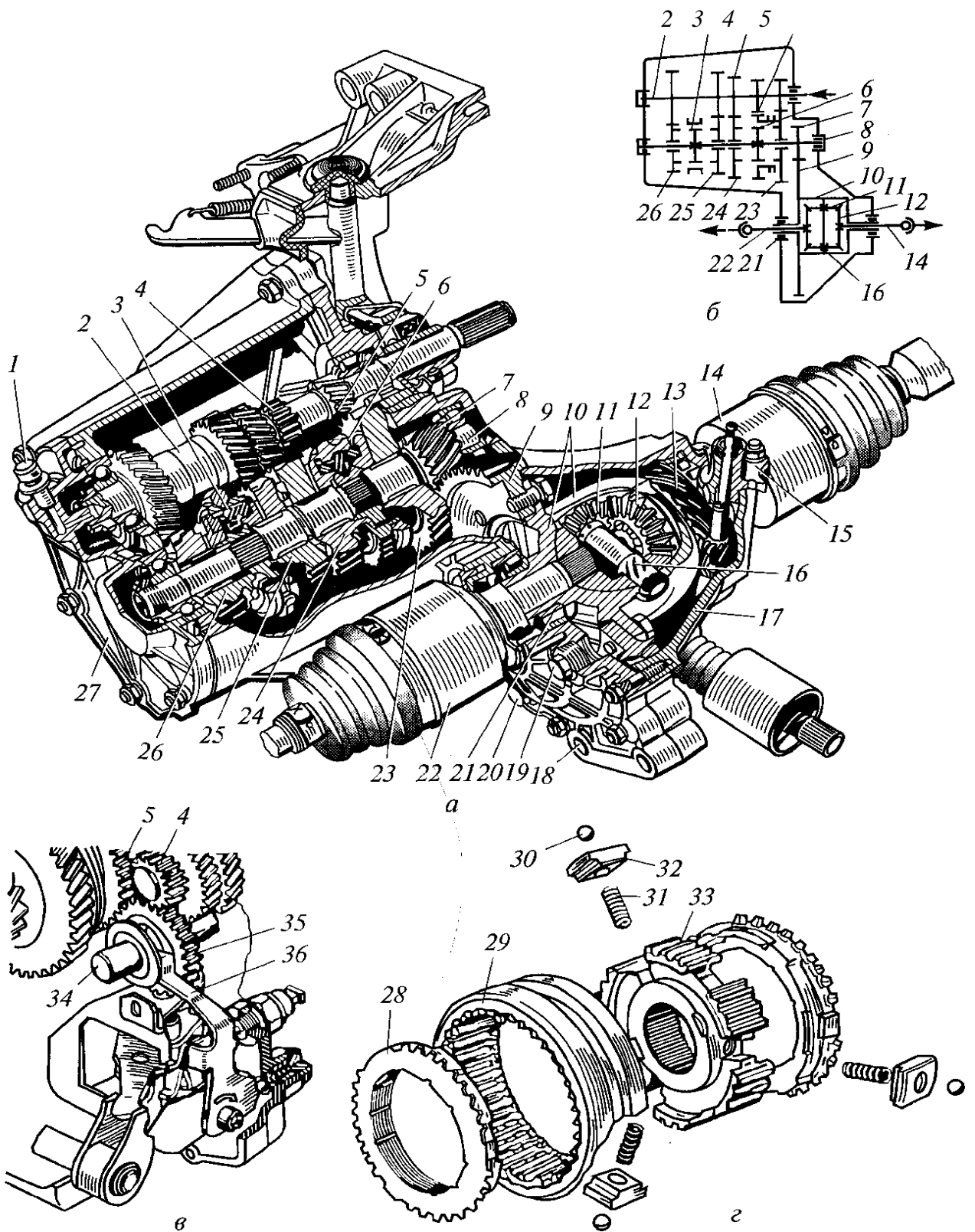
Механические коробки передач (МКПП). Наиболее распространенный тип коробки передач, который использует систему зубчатых передач для передачи мощности от двигателя к колесам. Водитель переключает передачи с помощью рычага передач, что позволяет контролировать скорость и момент вращения. МКПП обычно более просты в конструкции и дешевле в обслуживании, но требуют навыков ручного переключения передач и сцепления.

Конструкция двухвальной механической коробки передач, применяемой на переднеприводных легковых автомобилях ВАЗ, представлена на рисунке 1.

«Коробка передач механическая, четырехступенчатая, трехходовая, с постоянным зацеплением шестерен, с синхронизаторами и ручным управлением.

Использование в конструкции коробки передач синхронизаторов позволяет переключать передачи быстро и без дополнительных усилий, прилагаемых водителем. Подавляющее большинство современных механических коробок передач являются синхронизированными.» [10]

Конструкция, представленная на рисунке 1 является наиболее выразительным представителем агрегатов своего класса и без особых изменений конструкции находит свое применение на транспортных средствах различных автопроизводителей.



a — общий вид; *б* — схема; *в* — включение заднего хода; *г* — детали синхронизатора; 1 — сапун; 2 — первичный вал; 3, 6 — синхронизаторы; 4, 7, 9, 12, 13, 23, 24, 25, 26, 35 — шестерни; 5 — зубчатый венец; 8 — вторичный вал; 10 — корпус; 11 — сателлит; 14, 22 — шарниры; 15 — привод спидометра; 16, 34 — оси; 17, 18 — картеры; 19, 20 — пробки; 21 — подшипник; 27 — крышка; 28 — кольцо; 29 — муфта; 30 — фиксатор; 31 — пружина; 32 — сухарь; 33 — ступица; 36 — вилка

Рисунок 1 - Коробка передач переднеприводных легковых автомобилей ВАЗ

Автоматические коробки передач (АКП). Этот тип коробки передач, автоматически переключает передачи без непосредственного вмешательства водителя. Как правило, АКП используют гидравлическую систему управления для выбора оптимальной передачи в зависимости от условий движения. Они обеспечивают удобство и комфорт вождения, позволяют плавно переключать передачи и часто имеют режимы работы, такие как экономия топлива или спортивный режим.

Основным элементом любой автоматической коробки передач будет являться гидротрансформатор, рисунок 2

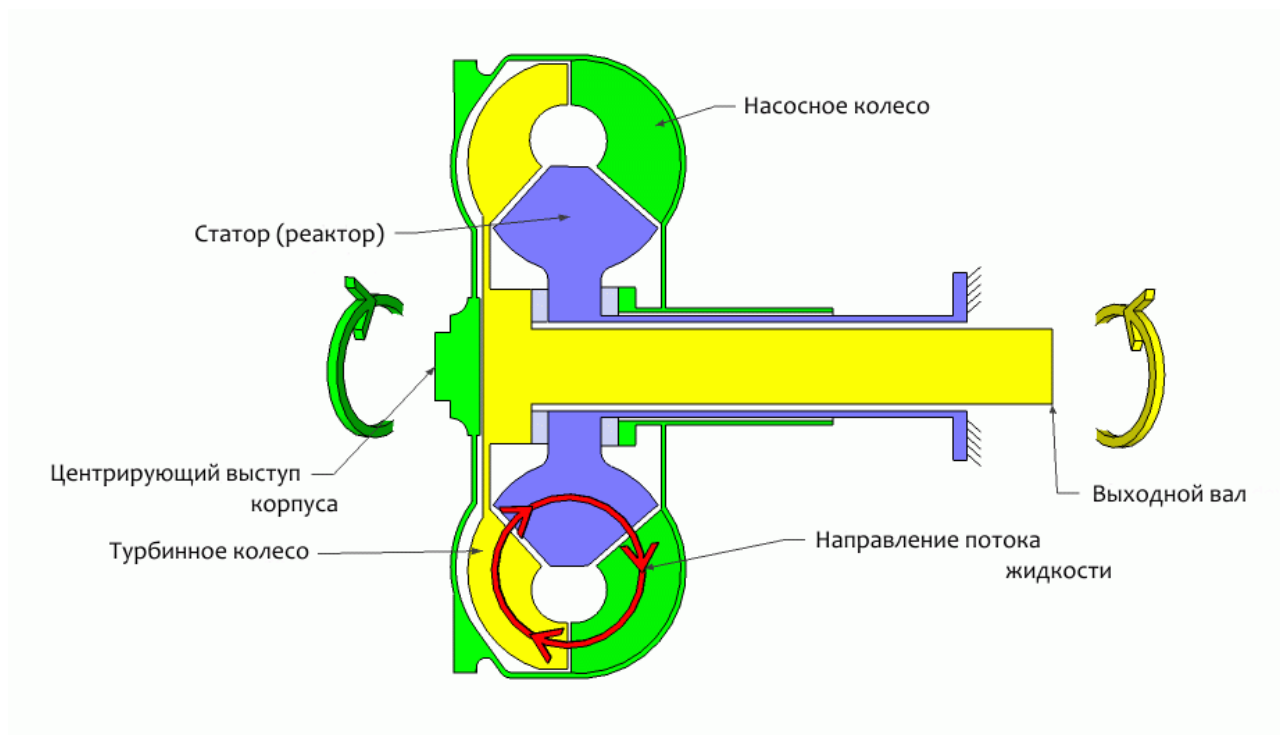


Рисунок 2 – Схема работы гидротрансформатора

«Именно за счёт гидротрансформатора обеспечивается возможность кратковременной остановки автомобиля без необходимости перевода АКП в режим нейтрали. Гидротрансформатор позволяет увеличивать крутящий момент в зависимости от нагрузки, что является преимуществом любой гидромеханической АКП. Гидротрансформатор сглаживает крутильные

колебания. Также именно гидротрансформатор обеспечивает возможность так называемого «ползущего режима», когда расторможенная машина на холостом ходу мотора может двигаться с очень низкой скоростью. Ради экономии топлива гидротрансформатор блокируется на подавляющем большинстве режимов движения. На АКП автобусов и гусеничных машин возможно использование гидротрансформатора в качестве гидродинамического тормоза. Заполнение жидкостью гидротрансформатора происходит из общей гидросистемы АКП. По умолчанию гидротрансформатор располагается между двигателем и самой КП, но в трансмиссиях грузовых автомобилей, автобусов и гусеничных машин гидротрансформатор также может располагаться внутри самой АКП между планетарными рядами.» [1], [8]

Роботизированные коробки передач (РКПП). Этот тип коробки передач, который комбинирует механическую коробку передач с автоматическим управлением. РКПП используют электронику и актуаторы для автоматического переключения передач без необходимости вмешательства водителя. Они обеспечивают быстрые переключения передач и возможность ручного режима для более активного вождения.

«Конструкция роботизированной коробки не отличается от конструкции механической, и это ее основной плюс. Минусом данной коробки передач является сложная электронная система управления механизмом выжима сцепления и переключения передачи. Сам механизм сцепления тоже значительно отличается от аналогичного узла на механической коробке передач. Революционным решением стала появившаяся в начале 80-х трансмиссия с двумя сцеплениями DCT (dual clutch transmission), представленной на рисунке 3» [20]

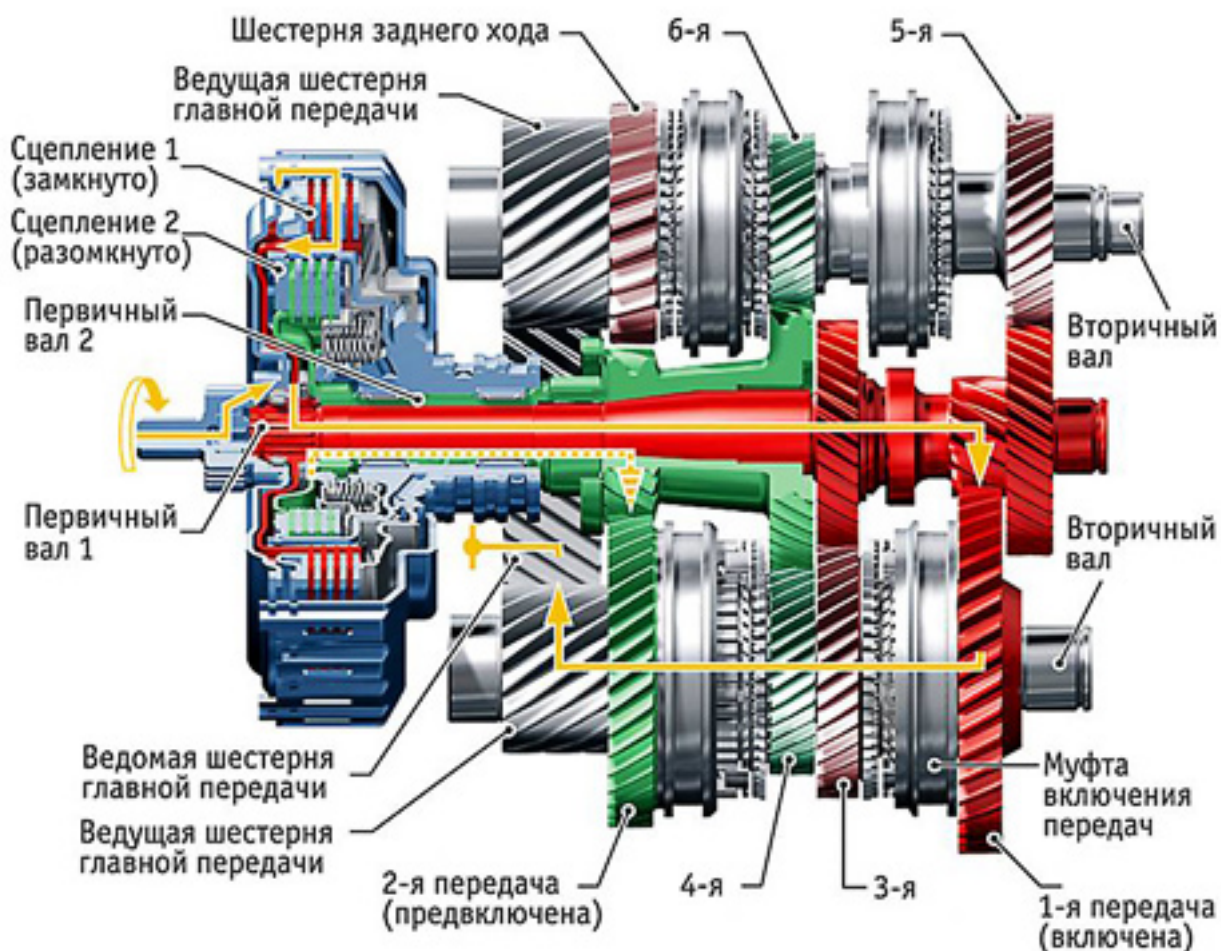


Рисунок 3 – Состояние DSG при движении на первой передаче.

Муфтами блокированы шестерни 1-й и 2-й передач

Вариаторные коробки передач (CVT). Этот тип коробки передач, который использует вариатор для плавного изменения передаточного отношения. Вариаторные коробки передач не имеют фиксированных передач, а предлагают бесконечное количество вариантов передачи в зависимости от требуемой скорости и нагрузки. Они обеспечивают плавное ускорение и лучшую экономию топлива, но могут быть менее надежными и требуют особого обслуживания. Конструкция вариаторной коробки передач представлена на рисунке 4.

«Существуют вариаторы не только с ременным приводом (вариатор CVT), но и цепным. В основном применяется в автомобилях Audi. Крутящий момент передается, так же, как и в CVT, только диски сжимают цепь, которая имеет клиновидные оси звеньев. Цепь передает усилие тянущее, а не толкательное как ремень.» [2], [20]

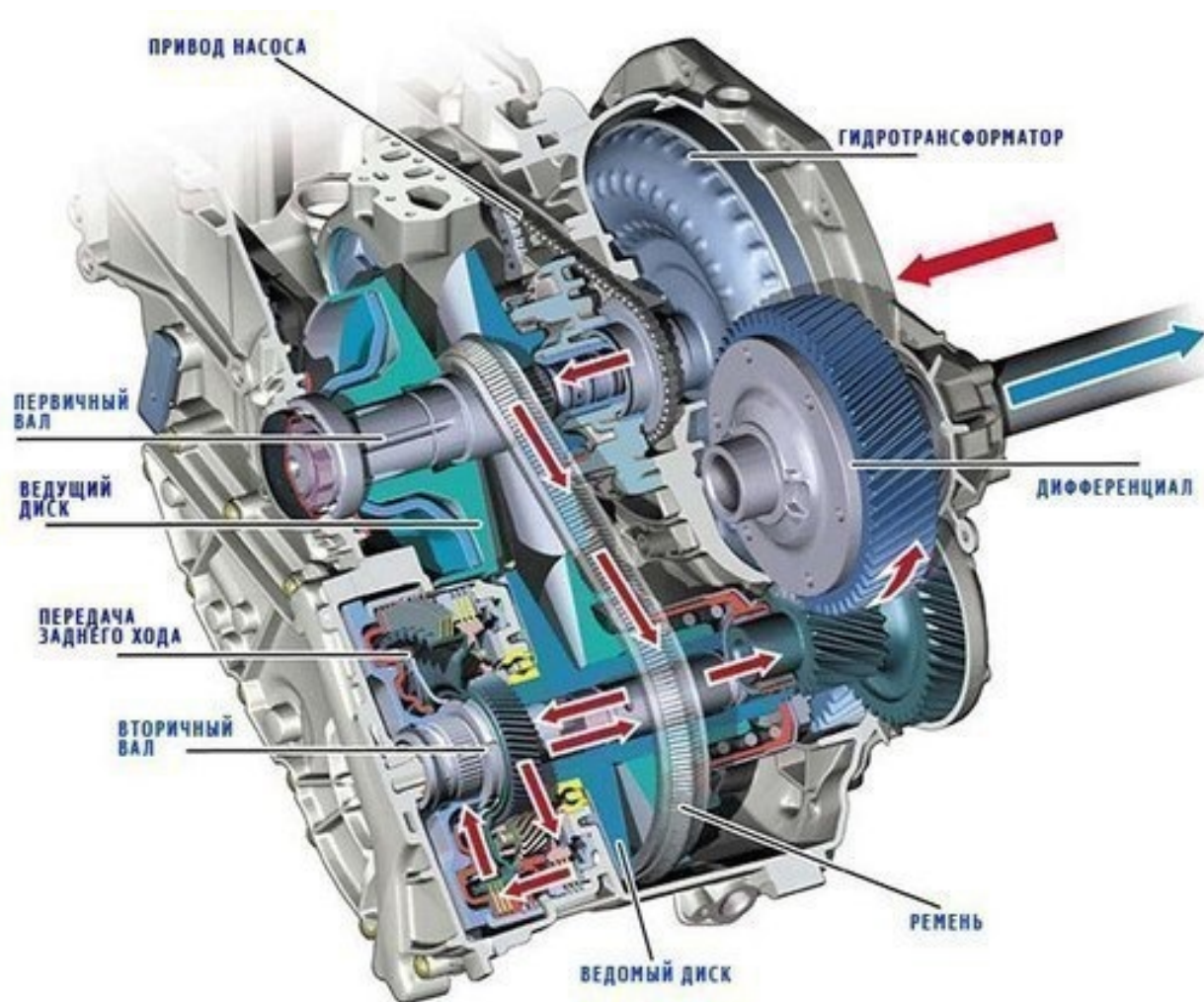


Рисунок 4 – Вариаторная коробка передач

«При увеличении оборотов двигателя приводится в действие гидротрансформатор, который передает крутящий момент на первичный вал. На первичном валу установлен ведущий шкив и при воздействии на него гидроцилиндра, «щеки» начинают сходиться, что приводит к увеличению трения между ними и клиновидным ремнем. Далее под действием трения

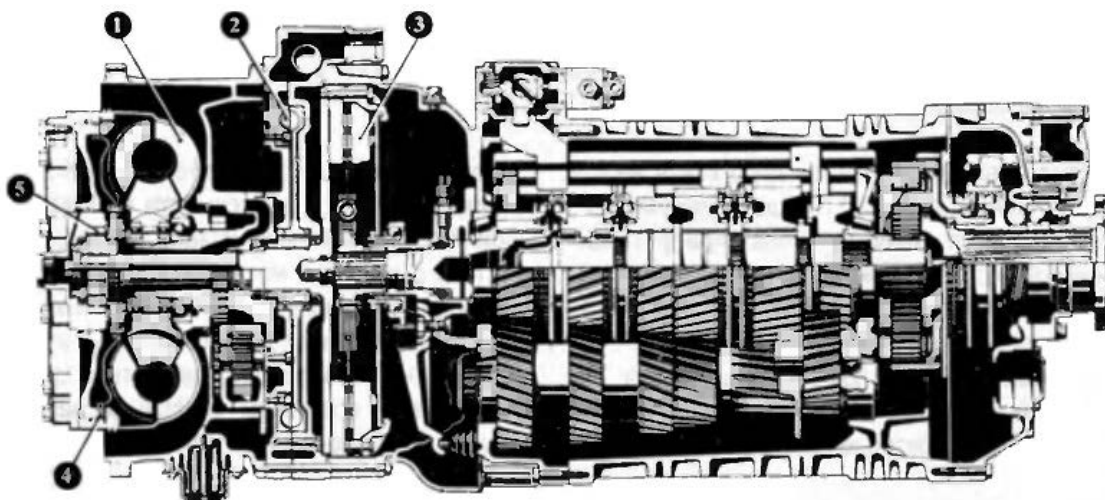
усилие передается на ведомый шкив, который соединен с вторичным валом. «Щеки» ведомого шкива в этот момент максимально сведены, то есть получается низшая передача. Далее при развитии оборотов происходит смена диаметров ведущего и ведомого шкивов. Передаточное число увеличивается максимально. Ведомый вал вращает дифференциал, к которому присоединены полуоси ведущих колес. Задняя передача обеспечивается подсоединением к ведомому валу планетарного механизма, который и обеспечивает реверсивное движение ведомого вала. Обеспечивает управление диаметрами шкивом электронная система управления, она же включает, по средствам актуаторов заднюю и пониженную передачу.» [3], [21]

Полуавтоматические коробки передач (SMT). Этот тип коробки передач комбинирует элементы автоматической и механической коробок передач. Водитель может ручным образом переключать передачи с помощью рычага передач, но без необходимости использования сцепления. Полуавтоматические коробки передач предлагают удобство автоматической коробки передач, но с возможностью более активного вмешательства водителя при необходимости.

«Первый массово использовавшийся тип ПАКП был создан фирмой Chrysler в 1930-х годах и широко использовалась на её автомобилях вплоть до 1950-х годов. Тип М4 (на довоенных моделях, коммерческие обозначения — Vacamatic или Simplimatic) или М6 (с 1946 года, коммерческие обозначения — Presto-Matic, Fluidmatic, Tip-Toe Shift, Gyro-Matic и Gyro-Torque) и изначально представлял собой комбинацию трёх агрегатов — гидромуфты, традиционной механической коробки передач с двумя ступенями переднего хода, и автоматически (на М4 вакуумным, на М6 электрическим приводом) включающегося овердрайва (игравшего в данной конструкции роль делителя передач).» [4], [25]

На рисунке 5 представлена конструкция полуавтоматической коробки передач ZF-Transmatic, применяемой на строительной технике, поскольку

назначение коробок подобного типа на современном транспорте – грузовой и специальный транспорт.



1 – гидродинамический трансформатор крутящего момента; 2 – первичный замедлитель (ретардер); 3 – сцепление; 4 – муфта блокировки гидротрансформатора; 5 – муфта для режима принудительного холостого хода

Рисунок 5 – Трансмиссия ZF-Transmatic

Каждый тип коробки передач имеет свои преимущества и ограничения, которые могут быть важными при выборе подходящего типа для конкретного автомобиля и условий эксплуатации. Разработка и совершенствование этих типов является активной областью исследований и разработок в автомобильной индустрии.

1.2 Анализ конструкции автоматической коробки передач

Автоматическая коробка передач (АКП) состоит из нескольких основных компонентов, которые работают вместе для автоматического переключения передач в зависимости от условий движения. Основные компоненты конструкции АКП включают:

Гидравлическая система управления один из ключевых компонентов АКП, который отвечает за передачу гидравлического давления для управления переключением передач и сцеплением. Гидравлическая система включает в себя гидравлический насос, клапаны, актуаторы и гидравлические линии. Гидротрансформатор соединяет двигатель с коробкой передач и предназначено для преобразования механической мощности в гидравлическую. Гидротрансформатор состоит из двух соприкасающихся импеллеров и турбин, а также статора. Он обеспечивает плавное и плавное переключение передач и позволяет автоматически регулировать передаточное отношение.

«Гидротрансформатор конструктивно располагается так же, как сцепление по МКП – между двигателем и собственно АКП. Корпус гидротрансформатора с ведущей турбиной закрепляется на маховике двигателя, как корзина сцепления. Основная роль гидротрансформатора – передача момента с проскальзыванием при трогании с места. На высоких оборотах двигателя (и обычно на 3-4 передачи) гидротрансформатор обычно блокируется находится внутри него фрикционной муфтой, делает проскальзывания невозможным и ликвидирует затраты энергии (и расход топлива) на вязкое трение масла в турбинах. Гидротрансформатор состоит из трех рабочих колес – турбонасоса (жестко связанного с корпусом), турбины и статора. Статор обычно глухо заторможен на корпус АКП, но в некоторых исполнениях торможение статора включается фрикционной муфтой с целью максимально эффективного использования гидротрансформатора во всем диапазоне оборотов.» [19]

Блоки переключения передач отвечают за физическое переключение передач в АКП. Они могут быть выполнены в виде планетарных передач или других механизмов, которые обеспечивают различные передаточные отношения. Блоки переключения передач могут быть управляемыми гидравлически или электромеханически, в зависимости от конкретной конструкции АКП.

«АКП (планетарная часть автоматической передачи) состоят из планетарных редукторов, фрикционных и обгонных муфт, соединительных валов и барабанов. Также иногда применяется тормозная лента, затормаживают один из барабанов относительно корпуса коробки передач при включении той или иной передачи.

Фрикционные муфты (иногда называются «пакет») осуществляют переключение передач соединением или разъединением элементов АКП – входного и выходного валов и элементов планетарных редукторов, а также их затормаживанием на корпус АКП. Муфта выглядит как нечто среднее между сцеплением и синхронизатором в МКП и состоит из барабана и хаба, барабан имеет большие прямоугольные шлицы внутри, хаб – большие прямоугольные зубы снаружи. Между барабаном и хабом расположен пакет кольцеобразных фрикционных дисков, часть из которых выполнена из металла и имеет выступы снаружи, входящие в шлицы барабана, а часть – из пластмассы и имеет вырезы внутри, куда входят зубы хаба. Сжатие фрикционной муфты производится сжатием пакета дисков гидравлически кольцеобразным поршнем, установленном в барабане. Масло к цилиндру подводится через канавки в барабане, валах и корпусе АКП.» [10], [18]

Система контроля и диагностики отвечает за мониторинг и управление работы АКП. Она включает в себя электронные контроллеры, датчики и актуаторы, которые анализируют данные о скорости движения, оборотах двигателя, нагрузке и других параметрах для определения оптимального режима работы и переключения передач. В АКП могут присутствовать механизмы блокировки, которые предотвращают обратное вращение, а также сцепления, которые обеспечивают передачу мощности от двигателя к колесам. Эти механизмы обеспечивают надежность и эффективность работы АКП.

«Гидравлическая автоматика использует давление масла от центробежного регулятора, соединенного с выходным валом АКП, а также давление масла от нажатой водителем педали газа. Это дает автоматике

информацию о скорости автомобиля и положении педали газа, на основании которой переключаются золотники.

Электронная автоматика использует соленоиды, перемещающие золотника. Кабели от соленоидов выходят вне АКП и идут к расположенному где-то вне АКП блоку управления, иногда объединенному с блоком управления впрыском топлива и зажиганием. Решение о перемещении соленоидов принимается электроникой на основе информации о положении педали газа и скорости автомобиля, а также положении рукоятки селектора.» [12]

Конструкция АКП может различаться в зависимости от конкретного производителя и модели автомобиля. Однако, вышеуказанные компоненты являются общими и характерными для большинства автоматических коробок передач. Разработка и совершенствование этих компонентов является активной областью исследований и разработок для улучшения производительности, экономичности и надежности АКП, в том числе и в рамках данного дипломного проекта.

1.3 Выбор компоновочной схемы проектируемой автоматической коробки передач

Эксплуатация автомобиля в городском режиме подразумевает движение в условиях городского трафика и частые остановки и старты. В городе обычно преобладает низкая скорость и интенсивное движение, что требует частого переключения передач и маневрирования.

Для автомобиля малого класса в рамках выполнения дипломного проекта по результатам анализа, проведенного в разделе, выбрана конструкция трехступенчатой автоматической коробки передач.

Преимущества трехступенчатой автоматической коробки передач (АКП) в городском режиме включают следующие аспекты.

АКП позволяет водителю не производить ручное переключение передач и использовать только педали газа и тормоза. Это снижает утомляемость водителя, особенно в условиях городского трафика, и позволяет сосредоточиться на дороге и безопасности.

Трехступенчатая АКП обеспечивает плавное и плавное переключение передач, что делает движение более комфортным для пассажиров и уменьшает риск рывков и потери мощности при переключении. АКП позволяет быстро и автоматически выбирать оптимальную передачу в зависимости от скорости движения, нагрузки и требуемой производительности. Это позволяет автомобилю быстро реагировать на изменения дорожных условий и обеспечивать достаточную мощность и ускорение.

Трехступенчатая АКП обеспечивает эффективное использование мощности двигателя и оптимальное передаточное отношение для достижения лучшей экономии топлива. Это особенно важно в городском режиме, где постоянные остановки и старты могут потреблять больше топлива. АКП позволяет легко маневрировать в условиях интенсивного городского движения, так как конструкция коробки передач может быстро изменять передачи и переключаться между ними в зависимости от требуемой мощности и скорости. Это облегчает парковку, выполнение разворотов и выполнение других маневров.

По результатам анализа, произведенного в первом разделе дипломного проекта можно сделать следующие выводы. Конструкция автоматической коробки передач является сложной и многофункциональной. Она включает в себя гидравлическую систему управления, гидротрансформатор, блоки переключения передач, систему контроля и диагностики, а также механизмы блокировки и сцепления. Важно отметить, что выбор конкретной конструкции коробки передач должен быть основан на проведении соответствующих расчетов и анализе требований и условий эксплуатации.

Расчеты, связанные с конструкцией коробки передач, могут включать определение оптимального передаточного отношения для достижения

наилучшей производительности и экономии топлива, а также анализ нагрузок и динамики системы. Эти расчеты позволяют оптимизировать конструкцию коробки передач и обеспечить ее надежность и эффективность в различных условиях эксплуатации.

Выбор конструкции автоматической коробки передач также зависит от требований и предпочтений водителя. Различные типы и конструкции коробок передач, такие как трехступенчатая АКП, многоступенчатая АПП, роботизированная коробка передач или вариатор, предлагают различные преимущества в области комфорта вождения, экономии топлива и производительности. Поэтому важно учитывать конкретные потребности и условия эксплуатации автомобиля при выборе конструкции коробки передач.

Для автомобиля, принятого в качестве базового выбрана трехступенчатая автоматическая коробка передач.

Итак, анализ конструкции автоматической коробки передач требует проведения расчетов и анализа, чтобы определить оптимальные параметры и удовлетворить требования водителя и условия эксплуатации. Это позволяет выбрать конструкцию, которая обеспечивает комфорт, надежность, эффективность и производительность автомобиля.

2 Расчет эксплуатационных характеристик транспортного средства

2.1 Анализ характеристик транспортных средств малого класса

«Начальным этапом расчета автомобиля является анализ существующих моделей автомобилей, являются аналогами проектируемого автомобиля по определенному критерию. Сравнение и анализ преимуществ и недостатков существующих автомобилей позволит избежать ошибок в будущих расчетах и окончательно определиться с компоновкой и характеристиками автомобиля. За основной критерий для сравнения в нашем случае является класс автомобиля и объем его двигателя.» [8]

В качестве ближайших аналогов принимаем автомобили поздних годов выпуска. Для сравнения выбираем три автомобиля. Их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ ближайших аналогов

Наименование параметра	Аналоги разрабатываемого автомобиля		
	Модель, страна-производитель		
	ВАЗ-1117 (Россия)	Daewoo Matiz (Узбекистан)	Peugeot 107 (Франция)
Вид автомобиля	Легковой малого класса	Легковой малого класса	Легковой малого класса
Компоновочная схема	хетчбек	хетчбек	хетчбек
Вместимость пассажиров, n .	5	5	5
Снаряженная масса, m_0 , кг.	980	793	880
Полная масса, m_a , кг.	1190	1168	1235
Максимальная скорость V_{max} , км/год	160	144	158
Время разгона до 100 км/год	14,0	17,0	13,7
Рабочий объем, V_p , л	1600	800	1000
Наличие ограничителя частоты вращения коленчатого вала двигателя (+, -)	+	+	+
Максимальная мощность двигателя, N_{max} , кВт	81	40	80

Продолжение таблицы 1

Наименование параметра	Аналоги разрабатываемого автомобиля		
	Модель, страна-производитель		
	ВАЗ-1117 (Россия)	Daewoo Matiz (Узбекистан)	Peugeot 107 (Франция)
Частота вращения двигателя при максимальной мощности, n_{max} , об/хв.	5500	5900	6000
Максимальный крутящий момент, M_{max} , Н*м	110	69	95
Частота вращения двигателя при максимальном крутящем моменте, n_m , об/мин	3000-3500	4600	3600
Сцепление	сухое, однодисковое	-	сухое, однодисковое
Коробка передач	Механическая, 5-ст.	АКП, 4-ст.	Автоматическая роботизированная, 5-ст.
Главная передача	1 ст., цилиндрическая	1 ст., цилиндрическая	1 ст., цилиндрическая
Передаточные числа коробки передач: первая, $U_{к1}$	3,454	2,91	3,55
вторая, $U_{к2}$	2,056	1,53	1,91
третья, $U_{к3}$	1,333	1	1,31
четвертая, $U_{к4}$	0,969	0,73	1,03
пятая, $U_{к5}$	0,828	-	0,85
задняя, U_3	3,6	3,5	3,21
главной передачи, U_o	3,875	4,71	3,55
Количество осей	2	2	2
Масса на ведущих колесах, m_v , кг	577	706	754
Размер шин	175/70R13	155/70R13	175/70R13
Колесная формула	4×2	4×2	4×2
Габаритная высота, мм.	1410	1485	1470
База, L , мм	2320	2340	2340
Колея передних колес, B , м.	1314	1315	1415
Коэффициент лобового сопротивления, k , н·с/м ²	0,32	0,28	0,29
КПД трансмиссии, $\eta_{тр}$	0,91	0,86	0,92

2.2 Расчет полной массы автомобиля

Снаряженная масса легковых автомобилей зависит от его класса и группы. Рабочий объем двигателя – основной параметр, определяющий снаряженную массу автомобиля.

В число мест для сидения в легковых автомобилях включается место водителя. Массу багажа водителя и пассажира грузовых автомобилей и городских автобусов принимают равной 5 кг, а в автобусах международного сообщения – 15 кг, а в легковых автомобилях – 10 кг на одного мужчину.

Определяем полную массу автомобиля по следующей формуле:

$$m_a = m_0 + m_n \cdot n_c + m_B, \quad (1)$$

где m_0 – снаряженная масса автомобиля, для легкового автомобиля, принимаем $m_0 = 850$ кг .;

m_n – масса одного пассажира, в среднем составляет 75 кг .;

n_c – количество пассажиров, принимаем 5 чел .;

M_B – масса багажа, принимаем 10 кг. на одного пассажира.

Итак, рассчитываем полную массу автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_n \cdot n_c + m_B = 850 + 75 \cdot 4 + 40 = 1190 \text{ кг}$$

2.3 Определение колесной формулы автомобиля и расчет распределения массы автомобиля

«Колесную формулу автомобиля определяют, пользуясь следующими условиями: полно приводной автомобиль принимается тогда, когда:

$$\frac{\psi_{\max}}{\varphi} \leq 0,5 \quad \text{– для двухосных автомобилей с одинарными колесами на}$$

задней оси;

$$\frac{\psi_{\max}}{\varphi} \leq 0,67 \quad - \text{ для двухосных автомобилей со сдвоенными колесами}$$

задней оси;

$$\frac{\psi_{\max}}{\varphi} \leq 0,75 \quad - \text{ для трехосных грузовых автомобилей со сдвоенными}$$

колесами задней осей.

где φ – коэффициент сцепления колес с дорогой, который задается в исходных данных для характеристики грунтовых дорог с твердым покрытием принимается 0,7;» [18]

« ψ_{\max} – максимальный коэффициент сопротивления дороги, который задается в исходных данных, должен учитывать преодоления автомобиля максимальных подъемов, заложенных в стандартах.

f – коэффициент сопротивления качению,

α – угол продольного наклона дороги, для расчетов принимаем угол наклона дороги равен 0.

Коэффициент сопротивления качению определяем из справочной литературы.» [17]

Для движения на максимальной скорости принимаем величину коэффициента сопротивления качению для дороги с асфальтобетонным покрытием I категории $f = 0,018$, поскольку движение на скоростях выше 90 км / ч разрешен в России только на автострадах.

В других случаях автомобиль принимается не полноприводный. Уточняем колесную формулу автомобиля с помощью следующей неравенства:

$$\frac{\psi_{\max}}{\varphi} = \frac{0,018}{0,7} = 0,0257 \leq 0,5 \quad (2)$$

Поскольку полученное значение меньше 0,5, то принимаем колесную формулу 4x2 с одинарными колесами на задней оси. Тип привода принимаем –

переднеприводный автомобиль. Определяем распределение массы по осям. Для переднеприводного автомобиля он рассчитывается по формуле:

$$m_1 = 0,57m_a = 0,57 \cdot 1190 = 678,3 \text{ кг.}, \quad (3)$$

$$m_2 = 0,43m_a = 0,43 \cdot 1190 = 511,7 \text{ кг.} \quad (4)$$

Таким образом, результатом расчета явилось определение распределения массы автомобиля по осям.

2.4 Расчет нагрузки на колесо и выбор шин автомобиля

Шины легковых автомобилей определяют по ГОСТ 5513-75. Выбор шин производится по максимальной нагрузкой на колесо.

«Нагрузка на колесо передней оси G_{k1} для всех автомобилей определяют по формуле:» [10]

$$G_{k1} = \frac{m_1 \cdot g}{2}, \quad (5)$$

где – масса автомобиля, приходящаяся на переднюю ось,
 $m_{1Б}$ – аналогичный показатель базового автомобиля.

Нагрузка на колесо передней и задней оси автомобиля для выбранной колесной формулы для определяем по формуле:

$$G_{k1} = \frac{m_1 g}{2} = \frac{678,3 \cdot 9,81}{2} = 3,33 \text{ кН}$$
$$G_{k2} = \frac{m_2 g}{2} = \frac{511,7 \cdot 9,81}{2} = 2,51 \text{ кН.}$$

По максимальной нагрузке выбираем следующий тип шин: 175/70 R14 согласно ГОСТ 20993-75, выписываем основные характеристики шины которые приведены ниже:

$$G_k = 4,17 \text{ кН}, r_{ст} = 263 \text{ мм.}, V_{max} = 50 \text{ м / с}, D_n = 578 \text{ мм.}$$

Динамический радиус r_d и радиус качения колеса r_k с достаточной точностью можно определить по выражению:

$$r_k = \frac{d}{2} + \lambda_2 \frac{D-d}{2} = \frac{330,2}{2} + 0,87 \cdot \frac{578-330,2}{2} = 273 \text{ мм.}, \quad (6)$$

где d – диаметр обода; D – наружный диаметр колеса без нагрузки;

λ – коэффициент вертикальной деформации, для тороидальных шин – $\lambda = 0,85 \dots 0,87$.

Таким образом, Определен тип и габаритные размеры шины колеса, Что важно для дальнейшего расчета динамики транспортного средства.

2.5 Расчет площади лобового сопротивления и коэффициента сопротивления воздуха

Выбираем габаритные размеры автомобиля и коэффициент сопротивления воздуха.

При выборе габаритных размеров ориентируемся на значение размеров автомобиля, принятого в качестве прототипа, рисунок 6.

Габаритные размеры принимаем следующие:

- $H = 1490$ мм. – габаритная высота;
- $B = 1421$ мм. – колея передних колес;
- $L = 2385$ мм. – колесная база;
- габаритная длина 3595 мм;
- габаритная ширина $B_g = 1595$ мм.

«Коэффициент сопротивления воздуха для легковых автомобилей составляет $K = 0,2 \dots 0,35$, принимаем $K = 0,22$.» [1].

2.6 Определение мощности двигателя автомобиля

Необходимую мощность двигателя N_v , (кВт) для движения с максимальной скоростью можно определить с такого уравнения:

$$\begin{aligned} N_v &= \frac{m_a \cdot g \cdot \psi \cdot V_{\max}}{3600 \cdot \eta} + \frac{K \cdot F \cdot V_{\max}^3}{46656 \cdot \eta} = \\ &= \frac{1190 \cdot 9,81 \cdot 0,018 \cdot 145}{3600 \cdot 0,86} + \frac{0,22 \cdot 1,8 \cdot 145^3}{46656 \cdot 0,86} = 40 \text{ кВт.}, \end{aligned} \quad (7)$$

где $g = 9,81 \text{ м / с}^2$ – ускорение свободного падения;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при V_{\max} ;

η – механический КПД трансмиссии.

Лобовую площадь F определяют по формуле:

$$F = \alpha V H = 0,85 \cdot 1,421 \cdot 1,49 = 1,8 \text{ м}^2, \quad (8)$$

где α – коэффициент сопротивления лобовой площади автомобиля и принимается $\alpha = 0,7 \dots 0,9$;

ψ – коэффициент сопротивления дороги при V_{\max} ; V_{\max} – максимальная скорость движения, избирается на основе анализа статистических автомобилей-прототипов и принимается исходя из действующих правил дорожного движения. Для дальнейшего расчета принимаем максимальную скорость проектируемого автомобиля $V_{\max} = 145 \text{ км/ч}$.

η – общий КПД трансмиссии. Для современных гидромеханических передач КПД составляет не ниже 80%. Для гидромеханических передач автомобилей КПД лежит в пределах $0,85 \dots 0,89$ [5]. Принимаем, что $\eta = 0,86$.

Поскольку выбрали бензиновый двигатель, то:

$$N_{\max} = 1,2N_v = 1,2 \cdot 40 = 48 \text{ кВт.} \quad (9)$$

Поскольку выбрали бензиновый тип двигателя, то согласно [1]:

$$n_{\max} = (0,8...0,9)n_n = 0,9 \cdot 6000 = 5400 \approx 5500 \text{ об/мин} \quad (10)$$

Результаты расчета представлены в виде графика в Приложении А и на листах графической части.

2.7 Расчет внешней скоростной характеристики

«Для построения внешней скоростной характеристики поршневого двигателя используют эмпирическую зависимость, которая позволяет по известным координатам одной точки скоростной характеристики (N_{\max} и n_n) построить всю кривую мощности:» [11]

$$N_e = N_{e\max} \left(A_1 \frac{n}{n_{\max}} + A_2 \left(\frac{n}{n_{\max}} \right)^2 - \left(\frac{n}{n_{\max}} \right)^3 \right), \quad (11)$$

«где N_e , кВт – текущее значение мощности двигателя, соответствующее частоте вращения вала n , об / мин. ;

A_1 и A_2 – эмпирические коэффициенты, характеризующие тип двигателя (для двигателей $A_1 = A_2 = 1$, а для $A_1 = 0,5$; $A_2 = 1,5$).

Выбирая текущие значения n , устанавливают частоты вращения вала от n_{\max} ($n_{\min} = (0,16...0,18) n_n$) до n_{\max} , который разбивают на произвольное количество участков с постоянным значением Δn , который соразмерен 50 или 100:» [9]

$$n_{\min} = (0,16...0,18)n_n = (0,16...0,18) \cdot 5500 = 1020 \approx 1000 \quad (12)$$

$$\Delta n = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{6 \div 8} = \frac{5500 - 1000}{8} = 550 \quad (13)$$

«Так как у двигателей без ограничения частоты вращения вала $n_{\max} > n_n$, то желательно принять, $n = n_n$.

Определив N_e для принятых значений n , рассчитывают соответствующие величины крутящего момента M_e :» [4]

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n}. \quad (14)$$

На основе полученных данных строим внешнюю скоростную характеристику двигателя. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Параметры	Значения n								
	1000	1550	2100	2650	3200	3750	4300	4850	5500
n , об/мин	1000	1550	2100	2650	3200	3750	4300	4850	5500
n/n_n	0,182	0,282	0,382	0,482	0,582	0,682	0,782	0,882	1,0
$(n/n_n)^2$	0,033	0,079	0,146	0,232	0,339	0,465	0,611	0,778	1,0
$(n/n_n)^3$	0,006	0,022	0,056	0,112	0,197	0,317	0,478	0,686	1,0
$A_1 \frac{n}{n_{\max}} + A_2 \left(\frac{n}{n_{\max}}\right)^2 - \left(\frac{n}{n_{\max}}\right)^3$	0,209	0,339	0,472	0,602	0,723	0,830	0,915	0,974	1,0
N_e , кВт	10,0	16,3	22,7	28,9	34,7	39,8	43,9	46,7	48,0
M_e , Н·м	96	100	103	104	104	101	98	92	83

На основе расчетных данных, приведенных в таблице 2, строится график внешней скоростной характеристики двигателя, приведенной в Приложении А и на листе графической части.

2.8 Определение передаточных чисел трансмиссии

«Определение передаточных чисел трансмиссии производим по методике, аналогичной расчету механической коробки передач, поскольку механические части функционируют аналогичным образом. Расчет выполняется аналогичным образом, поскольку динамика транспортного средства зависит от работы механической части коробки передач. При расчете учтем меньший КПД, поскольку гидромеханические потери автоматической коробки передач намного выше, чем в механической.»

Расчет передаточного числа главной передачи U_0 , согласно рекомендациям, осуществляется по формуле:» [6]

$$U_0 = 0,377 \frac{n_e r_k}{V_{\max} U_{KB} U_{\text{одд}}} = 0,377 \cdot \frac{5500 \cdot 0,273}{145 \cdot 1} = 3,904; \quad (15)$$

«где r_k – радиус качения колеса; U_{KB} , $U_{\text{рв}}$ – передаточное число коробки передач на самой высокой передаче и раздаточной коробки или делителя тоже на высшей передаче. Выбор необходимо осуществлять с учетом конструкции автомобилей-аналогов.» [16]

«Передаточное число первой передачи КПП определяем по двум условиям: при условии преодоления дорожного сопротивления:

$$U_{k1} = \frac{m_a g \psi r_d}{M_{e\max} U_0 \eta} = \frac{1190 \cdot 9,81 \cdot 0,018 \cdot 0,273}{95 \cdot 3,904 \cdot 0,86} = 0,1799; \quad (16)$$

при условии обеспечения устойчивости и минимальной скорости движения АТС, которая согласно характеристикам аналогов составляет 8 м/с:» [19]

$$U_{k1} = 0,377 \frac{n_{\min} r_k}{V_{\min} U_0 \eta} = 0,377 \cdot \frac{1000 \cdot 0,273}{8 \cdot 3,904 \cdot 0,86} = 3,832. \quad (17)$$

Из двух полученных значений принимаем наибольшее, то есть $U_{k1} = 3,832$.

Передаточное число промежуточных передач определяются по следующей формуле:

$$U_k = \sqrt[p-1]{U_{ku}^{p-u}} \quad (18)$$

где p – число передач, u – промежуточный номер передачи.

$$U_{k2} = \sqrt[p-1]{U_{ku}^{p-u}} = \sqrt[3-1]{3,832^{3-2}} = 1,958,$$

$$U_{k3} = 1,000,$$

Передаточные числа трансмиссии, рассчитанные в разделе, в дальнейшем будут использованы при расчете динамических характеристик транспортного средства.

2.9 Расчет динамической характеристики

«Динамическая характеристика рассматривается по теоретическим значениями передаточных чисел, полученных расчетом. Расчет следует выполнять после компоновки коробки передач и главной передачи и корректировки передаточных чисел коробки передач.

Определяем скорость автомобиля на всех четырех передачах КПП по следующей формуле:» [14]

$$V_i = \frac{0,105 \cdot n_i \cdot r_d}{U_{ki} \cdot U_0}, \quad (19)$$

«где U_{ki} – передаточное число соответствующей степени КПП;
 U_0 – передаточное число главной передачи;
 n_i – частота вращения коленчатого вала двигателя.» [15]

Находим тяговую силу по формуле:

$$P_{ii} = \frac{M_e \cdot U_{ki} \cdot U_0 \cdot \eta}{r_\partial}, \quad (20)$$

Определяем силу сопротивления качению:

$$P_k = G_a \cdot f \cdot \cos \alpha, \quad (21)$$

где f – коэффициент сопротивления качению, принимаем $f = \psi_{\max} = 0,018$.

Находим мощность, которая расходуется на преодоление силы сопротивления качению:

$$\Delta y = x_\Sigma - y \quad (22)$$

«Рассчитываем силу сопротивления воздуха. На минимальных оборотах принимаем скорость на 1 передаче, а для всех остальных соответственно на высшей:» [16]

$$P_g = k_g \cdot F \cdot V^2, \quad (23)$$

где k_g – коэффициент обтекаемости.

Мощность, затрачиваемая на преодоление силы сопротивления воздуха:

$$N_g = P_g \cdot V. \quad (24)$$

Находим мощность с учетом КПД трансмиссии:

$$N_m = N_e \cdot \eta \cdot k_p. \quad (25)$$

где k_p – коэффициент коррекции внешней скоростной характеристики.

Результаты расчета динамической характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет динамической характеристики

Показатель	Передача	n, частота вращения, мин ⁻¹								
		1000	1550	2100	2650	3200	3750	4300	4850	5500
V, м/с	1	1,92	2,97	4,02	5,08	6,13	7,19	8,24	9,29	10,54
	2	3,75	5,81	7,87	9,94	12,00	14,06	16,12	18,19	20,62
	3	7,34	11,38	15,42	19,46	23,50	27,53	31,57	35,61	40,38
M _e , Н·м		96	100	103	104	104	101	98	92	83
P, кН	1	4,52	4,71	4,85	4,90	4,90	4,76	4,62	4,34	3,91
	2	2,31	2,41	2,48	2,50	2,50	2,43	2,36	2,22	2,00
	3	1,18	1,23	1,27	1,28	1,28	1,24	1,21	1,13	1,02
P _к , кН		0,21								
P _в , кН		0,0015	0,051	0,094	0,150	0,219	0,300	0,395	0,502	0,646
P _в +P _к		0,21	0,26	0,30	0,36	0,43	0,51	0,60	0,71	0,86
N _e , кВт		10	16,3	22,7	28,9	34,7	39,8	43,9	46,7	48
N _t , кВт		8,6	14,0	19,5	24,9	29,8	34,2	37,8	40,2	41,3
ψ		0,018								
N _в , кВт		0,0028	0,58	1,45	2,92	5,14	8,27	12,46	17,88	26,08
N _к , кВт		0,4	2,4	3,2	4,1	4,9	5,8	6,6	7,5	8,5
N _в + N _к		0,4	3,0	4,7	7,0	10,1	14,1	19,1	25,4	34,6
D, кН	1	0,3874	0,3993	0,4077	0,4070	0,4011	0,3820	0,362	0,328	0,2797
	2	0,1979	0,2019	0,2044	0,2017	0,1958	0,1826	0,1683	0,1468	0,1159
	3	0,1010	0,1010	0,1004	0,0967	0,0908	0,0807	0,0694	0,0539	0,0321

Рассчитываем динамический фактор по следующей формуле:

$$D = \frac{P_m - P_e}{G_a}. \quad (26)$$

«Поскольку все расчеты данного раздела выполняются и повторяются много раз, то ход решения не показывается, а результаты расчетов сведем в таблицу 3.» [2]

2.10 Расчет времени и пути разгона

«Для определения времени и пути разгона принимаются допущения:

- разгон начинается со скорости, соответствующей минимальным оборотам коленчатого вала;
- двигатель работает в режиме внешней скоростной характеристики (зависимости M_e , N_e , $g_e = f(n_e)$ при максимальной подаче топлива.

Рассчитываем коэффициент учета вращающихся масс для каждой передачи:» [18]

$$\delta_{BPi} = 1 + 0,04U_{Ki}^2 + 0,04 \quad (27)$$

$$\delta_{BP1} = 1 + 0,05 \cdot 3,832^2 + 0,06 = 1,931$$

$$\delta_{BP2} = 1 + 0,05 \cdot 1,958^2 + 0,06 = 1,280$$

$$\delta_{BP3} = 1 + 0,05 \cdot 1,0^2 + 0,06 = 1,1$$

Определяем ускорения автомобиля по следующей формуле:

$$J_i = g \frac{D_i - \psi}{\delta_{BPi}}. \quad (28)$$

Значение динамического фактора автомобиля из предыдущего пункта. Рассчитываем время за которое автомобиль увеличит скорость с V_1 до V_2 :

$$\Delta t = \frac{V_2 - V_1}{J_{cp}}, \quad (29)$$

где J_{cp} – среднее ускорение на участке от V_1 до V_2 .

Находим прирост пути, то есть путь который пройдет набирая скорость от V_1 до V_2 :

$$\Delta S = V_{cp} \cdot \Delta t, \quad (30)$$

где V_{cp} – средняя скорость движения автомобиля на данном участке разгона.

Определяем падение ускорения при переключении передач:

$$J_i = g \frac{\left(-\frac{P_B}{G_a} \right) - \psi}{\delta_{BPi}} = g \frac{\left(-\frac{k_B F V^2}{G_a} \right) - \psi}{\delta_{BPi}} \quad (31)$$

$$J_{1-2} = g \frac{\left(-\frac{k_B F V^2}{G_a} \right) - \psi}{\delta_{BP1}} = g \frac{\left(-\frac{0,22 \cdot 1,8 \cdot 10,54^2}{1190 \cdot 9,81} \right) - 0,018}{1,931} = -0,111 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$J_{2-3} = g \frac{\left(-\frac{k_B F V^2}{G_a} \right) - \psi}{\delta_{BP2}} = g \frac{\left(-\frac{0,22 \cdot 1,8 \cdot 20,62^2}{1190 \cdot 9,81} \right) - 0,018}{1,280} = -0,248 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

Находим падение скорости при переключении передач:

$$V_i = J_{i-j} \cdot t_n, \quad (32)$$

$$V_{1-2} = J_{1-2} \cdot t_n = -0,11 \cdot 0,13 = -0,017 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{2-3} = J_{2-3} \cdot t_n = -0,248 \cdot 0,13 = -0,037 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

где t_n – время переключения передачи, принимаем равным 0,13 сек.

Рассчитываем путь, который пройдет автомобиль за время переключения передачи:

$$S_{i-j} = V_{i\max} \cdot t_n, \quad (33)$$

$$S_{1-2} = V_{1\max} \cdot t_n = 10,54 \cdot 0,13 = 1,58 \text{ м.},$$

$$S_{2-3} = V_{2\max} \cdot t_n = 20,62 \cdot 0,13 = 3,09 \text{ м.}$$

Поскольку все расчеты данного раздела являются однотипными и повторяются много раз, то ход решения не приводят, а результаты расчетов сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Разгонная характеристика

	n , об/мин	1000	1550	2100	2650	3200	3750	4300	4850	5500
D, кН	1	0,3874	0,3993	0,4077	0,407	0,4011	0,382	0,362	0,328	0,2797
	2	0,1979	0,2019	0,2044	0,2017	0,1958	0,1826	0,1683	0,1468	0,1159
	3	0,101	0,101	0,1004	0,0967	0,0908	0,0807	0,0694	0,0539	0,0321
V, м/с	1	1,92	2,97	4,02	5,08	6,13	7,19	8,24	9,29	10,54
	2	3,75	5,81	7,87	9,94	12	14,06	16,12	18,19	20,62
	3	7,34	11,38	15,42	19,46	23,5	27,53	31,57	35,61	40,38
J, м/с ²	1	1,877	1,937	1,980	1,976	1,946	1,849	1,748	1,575	1,329
	2	1,379	1,409	1,429	1,408	1,363	1,261	1,152	0,987	0,750
	3	0,740	0,740	0,735	0,702	0,649	0,559	0,458	0,320	0,126
J, м/с ²	1	1,907	1,958	1,978	1,961	1,898	1,798	1,661	1,452	-
	2	1,394	1,419	1,418	1,385	1,312	1,207	1,069	0,869	-
	3	0,740	0,738	0,718	0,676	0,604	0,509	0,389	0,223	-

Продолжение таблицы 4

	<i>n</i> , об/мин	1000	1550	2100	2650	3200	3750	4300	4850	5500
<i>V</i> _{ср.} , м/с	1	2,45	3,50	4,55	5,61	6,66	7,72	8,77	9,92	-
	2	4,78	6,84	8,91	10,97	13,03	15,09	17,16	19,41	-
	3	9,36	13,40	17,44	21,48	25,52	29,55	33,59	38,00	-
Δt , сек	1	0,551	0,536	0,536	0,535	0,559	0,584	0,632	0,861	-
	2	1,478	1,452	1,460	1,487	1,570	1,707	1,935	2,797	-
	3	5,458	5,478	5,624	5,980	6,670	7,941	10,378	21,394	-
ΔS , м	1	1,35	1,87	2,44	3,00	3,72	4,50	5,54	8,53	-
	2	7,06	9,93	13,00	16,31	20,46	25,76	33,20	54,28	-
	3	51,09	73,40	98,08	128,46	170,18	234,64	348,60	812,88	-

«Далее необходимо построить график разгона автомобиля. Для этого составляем таблицу разгона. В строке «скорость» записываем текущее значение скорости автомобиля, в строке «время» отмечаем значение времени за который автомобиль достиг данной скорости, в строке «путь» записываем сколько проехал автомобиль для достижения соответствующей скорости, таблица 5.» [4]

Таблица 5 – Разгон автомобиля

1 передача	Скорость, м/с	1,92	2,97	4,02	5,08	6,13	7,19	8,24	9,29	10,54	10,52
	Время, с	0	0,55	1,09	1,62	2,16	2,72	3,30	3,93	4,79	4,94
	Расстояние, м	0	1,35	3,22	5,66	8,66	12,38	16,88	22,42	30,96	32,54
2 передача	Скорость, м/с	-	-	-	-	12	14,06	16,12	18,19	20,62	20,58
	Время, с	-	-	-	-	6,43	8,00	8,14	10,07	12,87	13,02
	Расстояние, м	-	-	-	-	48,85	69,31	74,61	107,82	162,1	165,19
3 передача	Скорость, м/с	-	-	-	-	23,5	27,53	31,57	35,61	40,38	-
	Время, с	-	-	-	-	19,0	25,7	26,9	37,3	58,7	-
	Расстояние, м	-	-	-	-	293,6	463,8	528,3	876,9	1690	-

По полученным значениям строим графики разгона на котором показываем зависимости $V = f(t)$ и $V = f(S)$.

2.11 Построение топливно–экономической характеристики автомобиля

Топливная экономичность рассчитывается по формуле:

$$Q_s = \frac{g_e (N_\psi + N_n)}{36 \cdot \rho \cdot V \cdot \eta_{mp}}, \quad (34)$$

где g_e – удельный расход топлива в г/кВт·ч, рассчитывается по формуле:

$$g_e = g_n K_u K_\omega, \quad (35)$$

«где g_n – удельный расход топлива при максимальной мощности. Она больше на 5 – 15% от минимального расхода топлива и составляет 260...310 г/кВт·ч для дизельных двигателей, и 195...230 г/кВт·ч для карбюраторного и инжекторных двигателей.

K_ω – коэффициент, учитывающий частоту вращения вала, который для всех типов двигателей определяют по формуле:» [5]

$$K_\omega = 1,26 - 0,85 \left(\frac{n_e}{n_n} \right) + 0,59 \left(\frac{n_e}{n_n} \right)^2, \quad (36)$$

« K_u – коэффициент, учитывающий степень использования мощности двигателя. K_u для дизеля и бензинового двигателя определяют по формуле:» [13]

$$K_u = 1,7 - 2,63U + 1,92U^2, \quad (37)$$

где U – показатель степени использования мощности:

$$U = \frac{N_\psi + N_e}{N_e \cdot \eta_{mp}}, \quad (38)$$

N_ψ, N_n – мощность сопротивления движению и воздуха;

« N_n – мощность двигателя при оборотах n_e и его работе в режиме внешней скоростной характеристики;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии, ρ – плотность топлива (бензин – $\rho = 750 \text{ кг / м}^3$),

V – скорость установившегося движения, м/с.» [6]

«Расчет ведем для трех значений коэффициента дорожного сопротивления. Поскольку все расчеты данного раздела выполняются и повторяются много раз, то ход решения не показывается, а результаты расчетов сведем в таблицу 6.» [1]

Таблица 6 – Построение топливно-экономической характеристики автомобиля

Показатели	Частота вращения коленвала, об/мин									
	1000	1550	2100	2650	3200	3750	4300	4850	5500	
$V, \text{м/с}$	7,34	11,38	15,42	19,46	23,5	27,53	31,57	35,61	40,4	
$N_e, \text{кВт}$	0,1566	0,58	1,45	2,92	5,14	8,27	12,46	17,88	26,1	
$N_e, \text{кВт}$	10	16,3	22,7	28,9	34,7	39,8	43,9	46,7	48	
$N_m, \text{кВт}$	8,60	14,02	19,52	24,85	29,84	34,23	37,75	40,16	41,3	
K_u	1,125	1,067	1,021	0,987	0,965	0,955	0,956	0,969	1	
$N_d, \text{кВт}$	$\psi_1 = 0,018$	1,542	2,39	3,24	4,09	4,94	5,78	6,63	7,48	8,5
$N_d + N_e$		1,699	2,97	4,69	7,01	10,08	14,05	19,1	25,4	34,6
U		0,198	0,212	0,240	0,282	0,338	0,411	0,506	0,632	0,837
K_ω		1,255	1,229	1,179	1,111	1,031	0,944	0,861	0,805	0,844
g_e		310,7	288,5	264,9	241,3	218,9	198,2	181,1	171,6	185,7
Q_s		3,10	3,24	3,47	3,74	4,04	4,36	4,72	5,26	6,84
$N_d, \text{кВт}$		$\psi_2 = 0,046$	3,9	6,1	8,2	10,4	12,5	14,7	16,8	19,0
$N_d + N_e$	4,1		6,6	9,7	13,3	17,6	22,9	29,3	36,8	47,6
u	0,47		0,47	0,49	0,53	0,59	0,67	0,78	0,92	1,15
K_ω	0,886		0,885	0,869	0,843	0,816	0,800	0,815	0,903	1,219
g_e		219,3	207,8	195,2	183,1	173,3	168,0	171,4	192,5	268,2
Q_s		5,23	5,22	5,27	5,38	5,61	6,02	6,84	8,58	13,61
$N_d, \text{кВт}$	$\psi_3 = 0,073$	6,3	9,7	13,2	16,6	20,1	23,5	27,0	30,4	34,5
$N_d + N_e$		6,4	10,3	14,6	19,5	25,2	31,8	39,4	48,3	60,6
u		0,75	0,74	0,75	0,79	0,85	0,93	1,04	1,20	1,47
K_ω		0,807	0,804	0,807	0,819	0,849	0,914	1,048	1,314	1,976
g_e		199,7	188,8	181,4	178,0	180,2	191,9	220,4	280,3	434,7
Q_s		7,53	7,36	7,41	7,70	8,33	9,55	11,86	16,38	28,09

Выводы по разделу. Расчет эксплуатационных характеристик автомобиля малого класса 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 малого класса. 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 малого класса позволяет оптимизировать его производительность, экономичность и управляемость. Он способствует созданию автомобиля, который отвечает требованиям современных водителей в различных условиях эксплуатации.

3 Разработка и расчет конструкции автоматической коробки передач

3.1 Выбор рабочей жидкости автоматической коробки передач

«Теоретически для зубчатых колес и подшипников при циркуляционной системе смазки наиболее предпочтительны чисто нефтяные масла максимальной вязкости. На практике во многих случаях приходится использовать масла сравнительно невысокой вязкости, повышая их несущую способность введением антизадирные присадок. Выбор вязкости нефтяных масел для смазки стальных зубчатых колес рекомендуется проводить по графику, представленному на рисунке 6» [14].

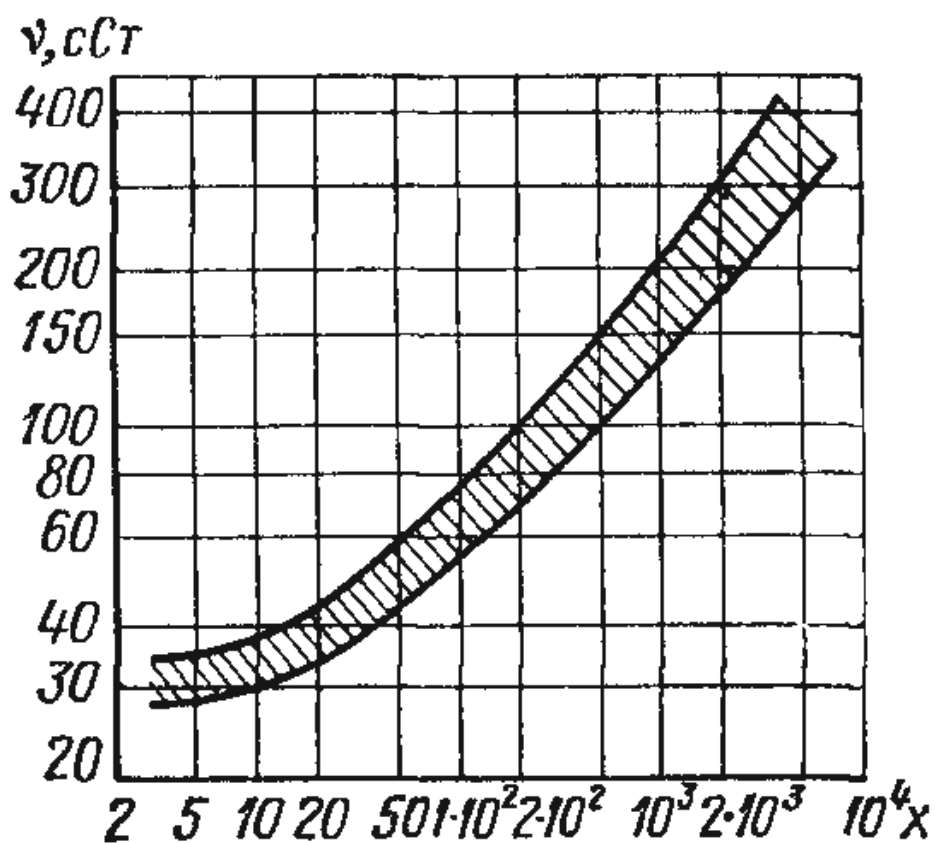


Рисунок 6 – График для определения необходимой вязкости масла

Параметр X определяется как:

$$x = 7,85 \cdot HVC \cdot C_H / v \quad (39)$$

«где HVC – твердость по Виккерсу зубов, более мягкого с зубчатых колес;

C_H – коэффициент контактных напряжений в полюсе зацепления;

v – окружная скорость.» [2]

«Поскольку автоматические коробки передач включают в себя несколько совершенно разных узлов - гидротрансформатор, шестеренчатую коробку передач, сложную систему управления - спектр функций масла очень велик: оно смазывает, охлаждает, защищает от коррозии и износа, передает момент и обеспечивает фрикционное сцепление.

Средняя температура жидкости в картере автоматической коробки передач составляет 80-90°C. В большинстве автомобилей с АКП используется жидкость типа DEXRON - DEXRON II, DEXRON III и т.д. Эти жидкости в полной мере удовлетворяют перечисленным требованиям.» [11], [14]

3.2 Расчет фрикционных дисковых элементов управления

«В планетарных, а также в некоторых коробках передач с неподвижными осями, для переключения передач используются фрикционные узлы (блокировочные муфты, тормоза и обгонные муфты), с помощью которых осуществляется полная блокировка и остановка звеньев.

Опыт проектирования и эксплуатации фрикционных узлов позволяет сформулировать ряд требований, которым они должны удовлетворять для обеспечения необходимой работоспособности и долговечности:» [14]

«Исходным условием для расчета блокировочных муфт и тормозов коробок передач является величина номинального момента M_n , который должен передавать фрикционный элемент. Расчетный момент определяется на основании анализа кинематической схемы трансмиссии при условии, что

двигатель развивает максимальный крутящий момент. Для надежной работы фрикцион должен быть рассчитан на момент, превышает расчетный:» [10]

$$M_{\varphi} = \beta M_n, \quad (40)$$

где β - коэффициент запаса фрикциона, при трении в масле: $\beta = 1,2 \dots 1,5$.
Принимаем 1,3.

«Рассмотрим расчетную схему фрикционного узла (рисунок 7). Диски трения сжимаются силой P , которая создается поршнем. Момент из ведущих деталей на ведомые передается за счет сил трения между сжатыми дисками.» [10]

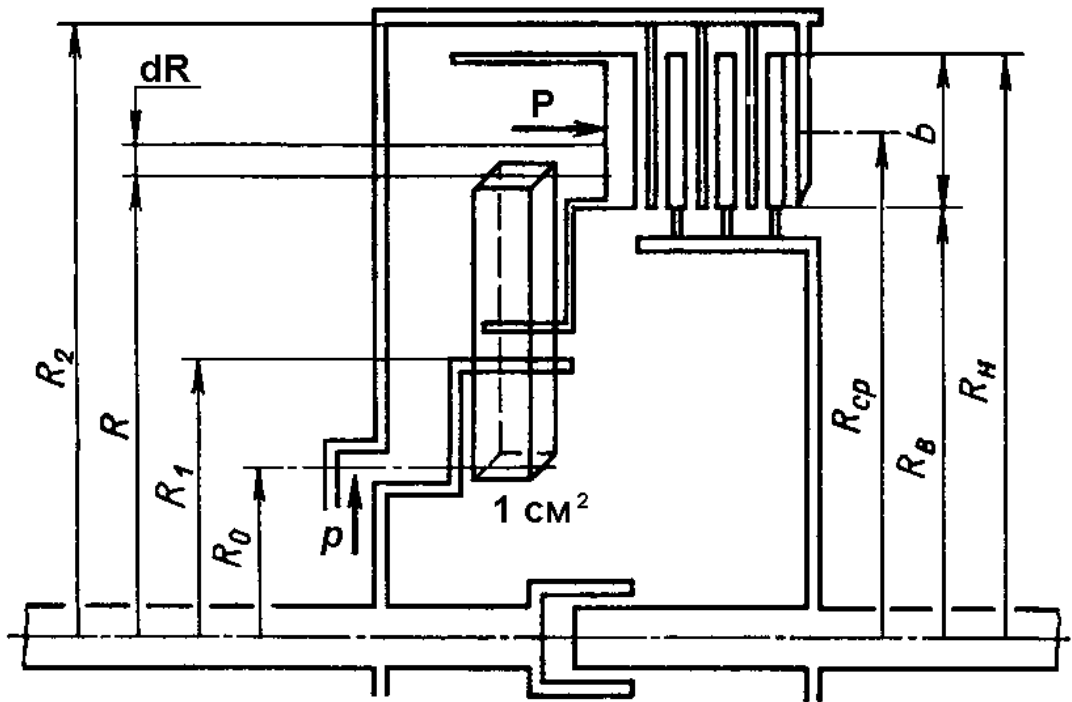


Рисунок 7 – Расчетная схема фрикциона управления

Удельное давление на диски считаем равномерно распределенным по всей фактической площади контакта дисков:

$$F = 2\pi R_{сер} b(1 - \lambda), \quad (41)$$

где $R_{сер}$ - средний радиус поверхности трения диска;

b - ширина поверхности трения диска;

λ - коэффициент, учитывающий уменьшение площади поверхности трения диска из-за наличия канавок.

Тогда давление на поверхности трения:

$$q = \frac{P}{2\pi R_{сер} b(1 - \lambda)}. \quad (42)$$

Элементарный момент трения определяется выражением:

$$dM_{\phi} = 2\pi z \mu q r^2 dr, \quad (43)$$

«где z - число пар трения;

μ - коэффициент трения;

r - текущий радиус.» [14]

Интегрируя это выражение, получаем:

$$M_{\phi} = \frac{2}{3} \pi z \mu q (R_H^3 - R_B^3)(1 - \lambda), \quad (44)$$

«где R_H и R_B - соответственно внешний и внутренний радиусы поверхности трения.» [14]

Тогда, число пар трения:

$$z = \frac{M_{\phi}}{\frac{2}{3} \pi \mu q (R_H^3 - R_B^3)(1 - \lambda)} \quad (45)$$

Осевое усилие сжатия фрикционных пакетов дисков без учета возвратной пружины:

$$P = \frac{M_{\phi}}{z \cdot \mu \cdot R_{сер}} \quad (46)$$

Сила действия поршня:

$$P_n = P + P_{np}, \quad (47)$$

Сила P является исходным параметром для расчета площади поршня:

$$F_n = \frac{P_n - P_{np}}{P_m}, \quad (48)$$

где p_m – давление масла в системе управления; P_{np} – усилие возвратных пружин.

«Из практики проектирования дисковых фрикционных элементов управления планетарных коробок передач известно, что усилия возвратных пружин составляет, примерно, 20% от осевого усилия сжатия пакета фрикционных дисков P . Давление в системе управления составляет 1...1,5 МПа. принимаем:» [14]

$$p = 1.5 \text{ (МПа)}, P_{np} = 0,2 P$$

«При проектировании дисковых фрикционных элементов управления осевое усилие P ограничивается только допускаются удельным давлением q на поверхности трения и рассчитывается по формуле:» [14]

$$P_o = 2 \cdot [q] \cdot \pi \cdot b \cdot R_{сер} \quad (49)$$

Результаты вычислений и исходные данные для вышеуказанного расчета приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты расчета фрикционных дисков

	T2	T3	T4	БМ6	БМ7
M_{ϕ} , Нм	1064	173	322	273	217
R_n , мм	190	140	190	140	105
R_6 , мм	160	120	168	120	65
z , шт	8	4	4	6	4
P , Н	6332	2742	3752	2881	3547
P_{np} , Н	1266	548	751	576	795
P_n , Н	7599	3290	4503	3457	4257
P_{∂} , Н	9896	4950	7423	5030	6409
$R_{вн.н.}$, мм	155	145	187	115	85
$R_{н.н.}$, мм	194	122	164	140	120

Таким образом, рассчитаны параметры шлицевых соединений дисковых фрикционных элементов коробки передач.

3.3 Расчет шлицевых соединений

При расчете соединения на смятие определяется среднее напряжение на рабочих поверхностях шлицев и сравнивается с допустимыми:

$$\sigma_{зм} = \frac{10^3 \cdot M_{кр}}{4 \cdot R^2 \cdot f \cdot l} \leq [\sigma_{зм}], \quad (50)$$

где $[\sigma_{зм}]$ - допустимые средние напряжения при расчете на смятие, МПа;

$$[\sigma_{см}] = 100 \dots 150 \text{ МПа} \quad (51)$$

$M_{кр}$ - расчетный крутящий момент (самый большой из длительных моментов), Нм; R - делительный радиус соединения, мм:

$$R = \frac{mz}{2} \quad (52)$$

где m - модуль, мм; z - количество шлицев; f - коэффициент высоты профиля зуба, мм:

$$f = \frac{D - D_f}{2 \cdot m} - 0,2 \quad (53)$$

где D - наружный диаметр шлицев, мм; D_f - диаметр впадин зубьев, мм;
 l - рабочая длина шлицев, мм.

Результаты вычислений и исходные данные для расчета шлицевых соединений приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты расчета эвольвентных шлицевых соединений

	z , мм	m , мм	R , мм	D , мм	D_f , мм	f , мм	L , мм	$M_{кр}$, Нм	σ , МПа
МЦК ПР2- входной вал	30	1,25	18,75	40	34,375	2,05	35	167	16,5
Водило ПР2 вал №2	28	2	28	60	51	2,05	11	818	115
Водило ПР2- муфта 7	28	2	28	60	51	2,05	4,5	167	57
МЦК ПР1-муфта 6	38	2	38	80	71	2,05	4,5	209	39,3
Соединение муфт 6-7 и входного вала	26	1,25	16,25	35	29,375	2,05	10	209	96,8
Тормоз 4-МЦК ПР3	36	2	36	75	67	1,8	5	248	53
Входной вал-ГМТ	36	0,8	14,4	30	26,8	1,8	32	167	35
Выходной вал	28	2	28	60	51	2,05	35	818	47,5

Рассчитаны эвольвентные зацепления шестерен коробки передач, результаты будут приняты к проектированию.

3.4 Расчет осей сателлитов планетарных рядов

«Особое внимание при расчете элементов планетарного ряда необходимо обратить на оси сателлитов, поскольку эти элементы являются одними из наиболее нагруженных деталей планетарного ряда. При этом следует иметь в виду, что схема нагрузки осей сателлитов во многом определяется типом планетарного ряда.» [14]

На оси сателлитов действуют следующие силы: окружные P , радиальные, осевые. Радиальные силы взаимно компенсируются силами от центральных колес, а осевые нагрузки равны нулю так как передача прямозубая.

В планетарных механизмах оси сателлитов нагружаются также центробежными силами, которые при значительной угловой скорости водила могут превысить нагрузку от усилий в зацеплении. Вектор центробежной силы для сателлитов лежит в плоскости действия радиальных составляющих и прикладывается в центре тяжести сателлита.» [14]

Величина центробежной силы $P_{ц}$ [Н] определяется по известной зависимости:

$$P_{ц} = m_{ст} \omega_{вод}^2 R_{ст} \quad (54)$$

«где $m_{ст}$ - масса сателлита, кг

$\omega_{вод}$ - частота вращения водила, с-1;

$R_{ст}$ - радиус, на котором расположены оси сателлитов.» [4]

Таким образом нетрудно заметить, что силы P и $P_{ц}$ взаимно перпендикулярны, следовательно суммарную нагрузку:

$$P_{\Sigma} = \sqrt{P^2 + P_{ц}^2} \quad (55)$$

Круговая сила во всех зацеплениях планетарного ряда имеет постоянное значение (в случае пренебрежения силами трения), которое может быть вычислено по формуле:

$$P = \frac{2 \cdot M_{\text{мцк}} \cdot 10^3}{n_{\text{сат}} \cdot d_{\text{мцк}}} \quad (56)$$

«где $M_{\text{мцк}}$ - момент на малом центральном колесе (МЦК) планетарного ряда, Нм;

$d_{\text{мцк}}$ - делительный диаметр солнечной шестерни; мм;

$n_{\text{сат}}$ - количество сателлитов планетарного ряда.» [14]

Поскольку оси, в отличие от валов, не передают крутящий момент, а воспринимают только поперечные нагрузки, то их рассчитывают на изгиб. При расчете на изгиб напряжения в поперечном сечении оси, определяются по формуле:

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W_{\text{зг}}} \leq [\sigma_{\text{зг}}]; \quad (57)$$

«где $M_{\text{зг}}$ - изгибающий момент, действующий в рассматриваемом поперечном сечении оси;

$[\sigma_{\text{зг}}]$ - допускаемое напряжение изгиба, для осей с хромоникелевых сталей $[\sigma_{\text{зг}}] = (250 \dots 400)$ МПа;

$W_{\text{зг}}$ - момент сопротивления изгибу поперечного сечения, для осей с отверстиями:» [14]

$$W_{\text{зг}} = \frac{0,2 \cdot (D^4 - d^4)}{d} \quad (58)$$

Поскольку все сателлиты размещены на середине своих осей, изгибной момент будет рассчитываться по формуле:

$$M_{зг} = \frac{P_{\Sigma} \cdot l}{2}, \quad (59)$$

где l - расстояние между опорами оси.

«В таблице 9 приведены исходные данные для расчетов осей сателлитов планетарных рядов и расчетное (минимальное) значение диаметров осей.»

Таблица 9 – Результаты расчетов осей сателлитов на изгиб

Ряд	$P, Н$	$m_{сат}, кг$	$\omega_{вод}, рад/с$	$R_{сат}, мм$	$P_{ц}, Н$	$P_{\Sigma}, кН$	$l, мм$	$M_{зг}, Н \cdot м$	$d, мм$	$D, мм$	$\sigma_{зг}, МПа$
ПР1	3637	0,496	137,2	97,3	4577	7,28	45	856	16	33	128
ПР2	3637	0,496	137,2	97,3	4577	7,28	45	856	16	33	128
ПР3	3357	0,379	177,8	93,6	7045	6,75	57	962	16	33	144

В результате выполнения конструкторского раздела дипломного проекта был выполнен подбор гидравлической жидкости в коробке-автомате и выполнен ряд конструкторских прочностных и мощностных расчетов.

Разработка и расчет конструкции автоматической коробки передач является сложным и многоэтапным процессом. Она включает в себя анализ требований и условий эксплуатации, выбор соответствующей конструкции, а также проведение расчетов для оптимизации производительности и надежности коробки передач.

Расчет фрикционных дисковых элементов управления является важной частью разработки коробки передач. Он включает анализ требуемой силы сцепления и расчет оптимального давления гидравлической системы для успешного переключения передач.

Расчет шлицевых соединений служит для определения оптимальных размеров и геометрии шлицев, чтобы обеспечить надежное и прочное соединение между различными компонентами коробки передач.

Расчет осей сателлитов планетарных рядов необходим для определения их размеров и геометрии, чтобы обеспечить правильное функционирование передачи и равномерное распределение нагрузки.

Проведение этих расчетов позволяет улучшить производительность, надежность и эффективность коробки передач. Они помогают оптимизировать конструкцию и выбрать оптимальные параметры для достижения требуемых характеристик и удовлетворения потребностей водителя.

Также в результате выполнения конструкторских расчетов установлено, что требования к выполнению условия обеспечения запаса прочности деталями механизма выполняются. В целом, разработка и расчет конструкции автоматической коробки передач требует тщательного анализа и проведения различных расчетов. Они позволяют создать надежную, эффективную и производительную коробку передач, которая обеспечивает комфорт и безопасность водителя при различных условиях эксплуатации.

4 Технологический раздел дипломного проекта

4.1 Обоснование выбора объекта технологической разработки

В конструкторской части дипломного проекта производится анализ и разработка варианта конструкции автоматической трехступенчатой коробки передач, которую предполагается применять на легковом автомобиле малого класса.

Как было отмечено выше, создание легкового автомобиля с автоматической трансмиссией считается наиболее перспективным направлением поиска решения проблемы ухудшения общей экологической обстановки городов за счет негативного воздействия автотранспорта. На основе выполненных расчетов, представленных в конструкторской части, можно заключить, что использование спроектированной автоматической коробки передач позволяет достичь существенного улучшения показателей топливной экономичности и снижения количества выбросов вредных веществ.

После завершения работ по разработке необходимо единичное изготовление опытных образцов автоматической 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 автоматической трансмиссией.

Одним из узлов, разработанных в конструкторской части проекта, является привод передних колес. В отличие от многих других узлов, этот претерпел незначительные изменения по сравнению со стандартным, что вызвано экономическими (необходимость удешевления автомобиля) и техническими причинами, связанными с изменением габаритной длины коробки 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.

4.2 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 5,8 кг и имеет длину в собранном виде 360,6 мм, что позволяет брать его из тары и устанавливать на место сборки вручную.

4.3 Оценка наличия баз и установочных поверхностей

Базовой деталью является вторичный вал автоматической коробки передач. Перед выполнением любой операции в первую очередь необходима фиксация вала. Приспособления спроектированы таким образом, что вал

встает торцом в пяту, 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 двух сборочных единиц, пластин фрикционов, 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 фрикционов 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.

4.4 Технологический процесс сборки привода передних колес

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 АКП 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 10.

Таблица 10 – 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 фрикционную пластину, 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 корпус фрикциона запрессовать на вал до захода кольца запорного в канавку. При необходимости спозиционировать на кольцевой канавке наружного шарнира и вала с помощью оправки.	Стенд пневматический, приспособление: для запрессовки на вал.

Продолжение таблицы 10

№ операции	Наименование операции	Оборудование и приспособления
50	Взять из тары и установить пружины фрикционов. Совпадение пружин и крышки в процессе сборки обеспечить инструментом.	Стенд пневматический, приспособление: для запрессовки крышки.
60	Подсобранный вторичный вал установить на подставку и зажать ручным зажимом. Взять из тары стопорное кольцо с помощью пассатижей установить в корпус со стороны вала.	Подставка, зажим, пассатижи.
70	Взять из тары игольчатый подшипник и установить на вал. Подшипник зафиксировать при помощи стопорного кольца.	Подставка, зажим, пассатижи.
80	Проверить работоспособность вторичного вала. Корпус фрикциона должен плавно, без заеданий проворачиваться относительно вала.	Стол сборочный

В таблице 11 представлен порядок контроля вторичного вала АКП после сборки

Таблица 11 – Порядок контроля вторичного вала

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

4.4 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:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{T_{обс} + T_{отд}}{100}\right) \quad (60)$$

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 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.

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

5.1 Характеристика участка сборки

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – 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 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.

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

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

5.2 Профессиональные риски, характерные для участка

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

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

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

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

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

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

- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

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

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

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

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

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

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

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

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [25]

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

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- апериодически 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 блесккость;
- повышенная пульсация светового потока» [12]

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

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [12]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;

- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

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

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

5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих

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

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

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

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

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 12.

Таблица 12 – 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 12

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 12

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 12

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]

5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся

вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 13 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 13 – 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 13

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.

5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка

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

– обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;

– смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;

– пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;

– обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

«В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической

безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- 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.

6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта

6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности

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

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенном 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 согласно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

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

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

6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 14.

Таблица 14 – 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 61.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} \cdot Ц_{пл} \cdot Н_{а}}{100}, \quad (61)$$

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

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

$Н_{а}$ – норма амортизации площадей помещения, $Н_{а} = 2,5\%$.

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

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 62. Расчет сведен в таблицу 15.

$$P_{э} = \frac{M_{д} \cdot T \cdot K_{о} \cdot K_{м} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (62)$$

«где $M_{д}$ – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

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

$K_{о}$ – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка $K_{о} = 0,4$;

$K_{м}$ – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем $K_{м} = 0,7$;

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 15 – Расчет затрат на электрическую энергию

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

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 63.

$$R_{\text{св}} = (M_{\text{св}} \cdot n \cdot T \cdot \text{Код} \cdot K_v \cdot K_p \cdot C_{\text{э}}) / \eta, \quad (63)$$

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;

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

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

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

$C_{\text{э}}$ – 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 64.

$$P = P_{\text{Э}} + P_{\text{св}} \quad (64)$$

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

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 16. Расчет выполняется по формуле 65.

$$Озп = Ст \cdot Т \cdot \left(1 + \frac{Дп}{100}\right), \quad (65)$$

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

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 16 – 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 66.

$$Дзп = Озп \cdot Кд / 100, \quad (66)$$

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 67.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (67)$$

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.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (68)$$

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

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 17.

Таблица 17 – 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 17

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.

$$H_p = 1,25 \cdot O_t \quad (69)$$

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

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 18.

Таблица 18 – 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 70.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (70)$$

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. Конструкция автоматической коробки передач является сложной и многофункциональной. Она включает в себя гидравлическую систему управления, гидротрансформатор, блоки переключения передач, систему контроля и диагностики, а также механизмы блокировки и сцепления. Важно отметить, что выбор конкретной конструкции коробки передач должен быть основан на проведении соответствующих расчетов и анализе требований и условий эксплуатации.

Расчеты, связанные с конструкцией коробки передач, могут включать определение оптимального передаточного отношения для достижения наилучшей производительности и экономии топлива, а также анализ нагрузок и динамики системы. Эти расчеты позволяют оптимизировать конструкцию коробки передач и обеспечить ее надежность и эффективность в различных условиях эксплуатации.

Выбор конструкции автоматической коробки передач также зависит от требований и предпочтений водителя. Различные типы и конструкции коробок передач, такие как трехступенчатая АКП, многоступенчатая АПП, роботизированная коробка передач или вариатор, предлагают различные преимущества в области комфорта вождения, экономии топлива и производительности. Поэтому важно учитывать конкретные потребности и условия эксплуатации автомобиля при выборе конструкции коробки передач.

Для автомобиля, принятого в качестве базового выбрана трехступенчатая автоматическая коробка передач.

Итак, анализ конструкции автоматической коробки передач требует проведения расчетов и анализа, чтобы определить оптимальные параметры и удовлетворить требования водителя и условия эксплуатации. Это позволяет выбрать конструкцию, которая обеспечивает комфорт, надежность, эффективность и производительность автомобиля.

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства. Расчет эксплуатационных характеристик автомобиля малого класса 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 малого класса. 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 малого класса позволяет оптимизировать его производительность, экономичность и управляемость. Он способствует созданию автомобиля, который отвечает требованиям современных водителей в различных условиях эксплуатации.

В результате выполнения конструкторского раздела дипломного проекта был выполнен подбор гидравлической жидкости в коробке-автомате и выполнен ряд конструкторских прочностных и мощностных расчетов.

Разработка и расчет конструкции автоматической коробки передач является сложным и многоэтапным процессом. Она включает в себя анализ требований и условий эксплуатации, выбор соответствующей конструкции, а также проведение расчетов для оптимизации производительности и надежности коробки передач.

Расчет фрикционных дисковых элементов управления является важной частью разработки коробки передач. Он включает анализ требуемой силы сцепления и расчет оптимального давления гидравлической системы для успешного переключения передач.

Расчет шлицевых соединений служит для определения оптимальных размеров и геометрии шлицев, чтобы обеспечить надежное и прочное соединение между различными компонентами коробки передач.

Расчет осей сателлитов планетарных рядов необходим для определения их размеров и геометрии, чтобы обеспечить правильное функционирование передачи и равномерное распределение нагрузки.

Проведение этих расчетов позволяет улучшить производительность, надежность и эффективность коробки передач. Они помогают оптимизировать конструкцию и выбрать оптимальные параметры для достижения требуемых характеристик и удовлетворения потребностей водителя.

В целом, разработка и расчет конструкции автоматической коробки передач требует тщательного анализа и проведения различных расчетов. Они позволяют создать надежную, эффективную и производительную коробку передач, которая обеспечивает комфорт и безопасность водителя при различных условиях эксплуатации.

Также в результате выполнения конструкторских расчетов установлено, что требования к выполнению условия обеспечения запаса прочности деталями механизма выполняются.

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

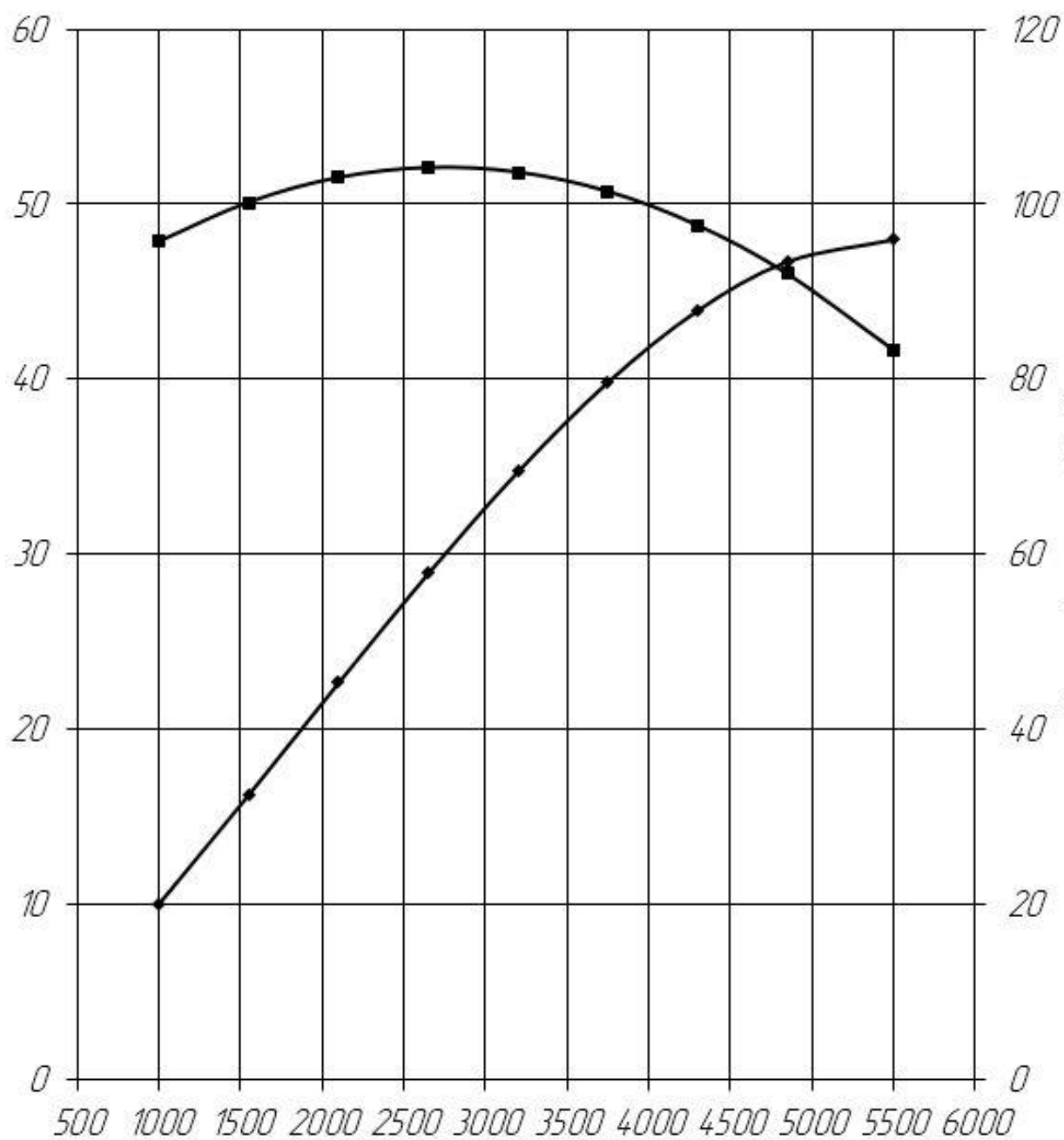


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

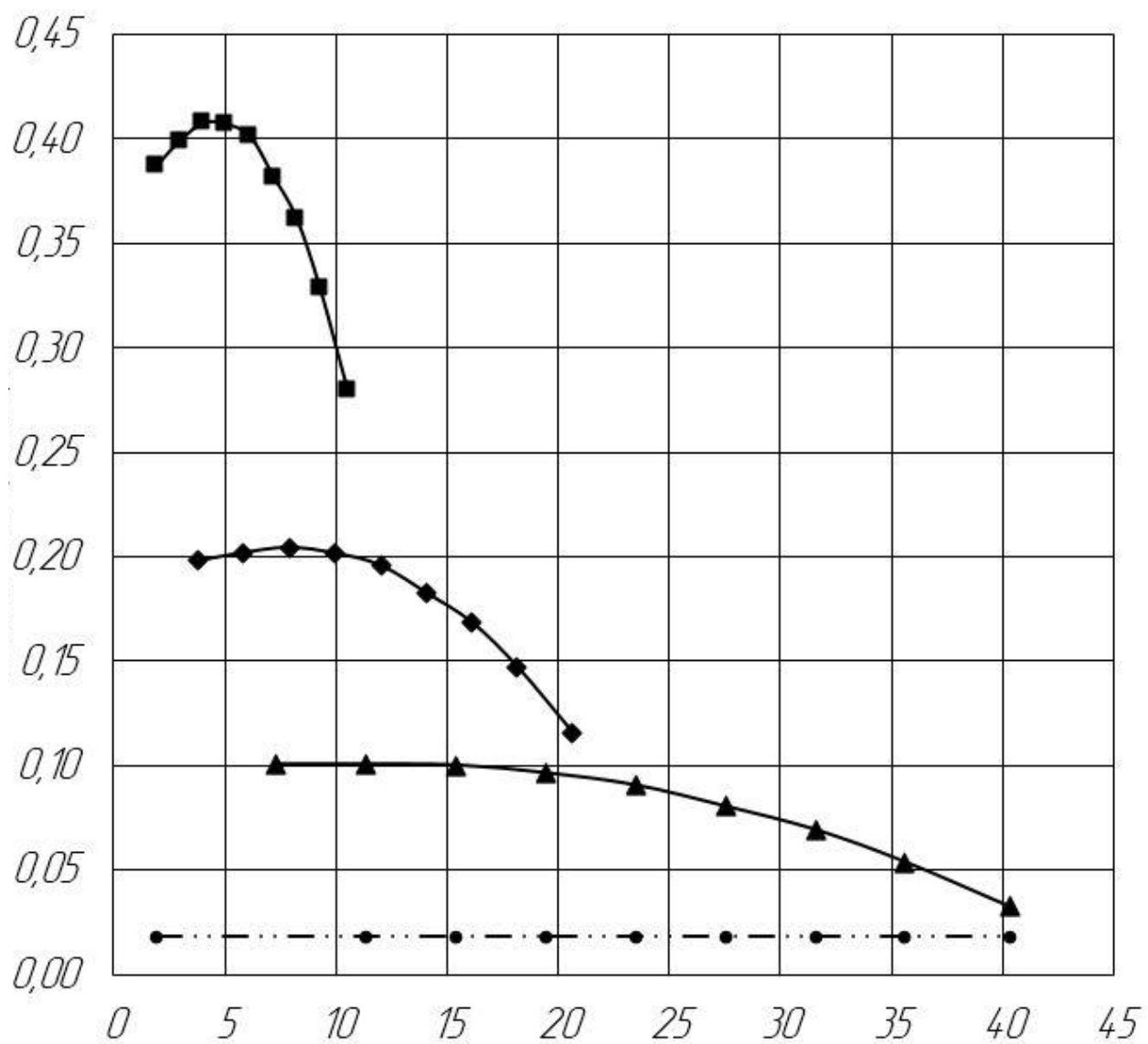


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

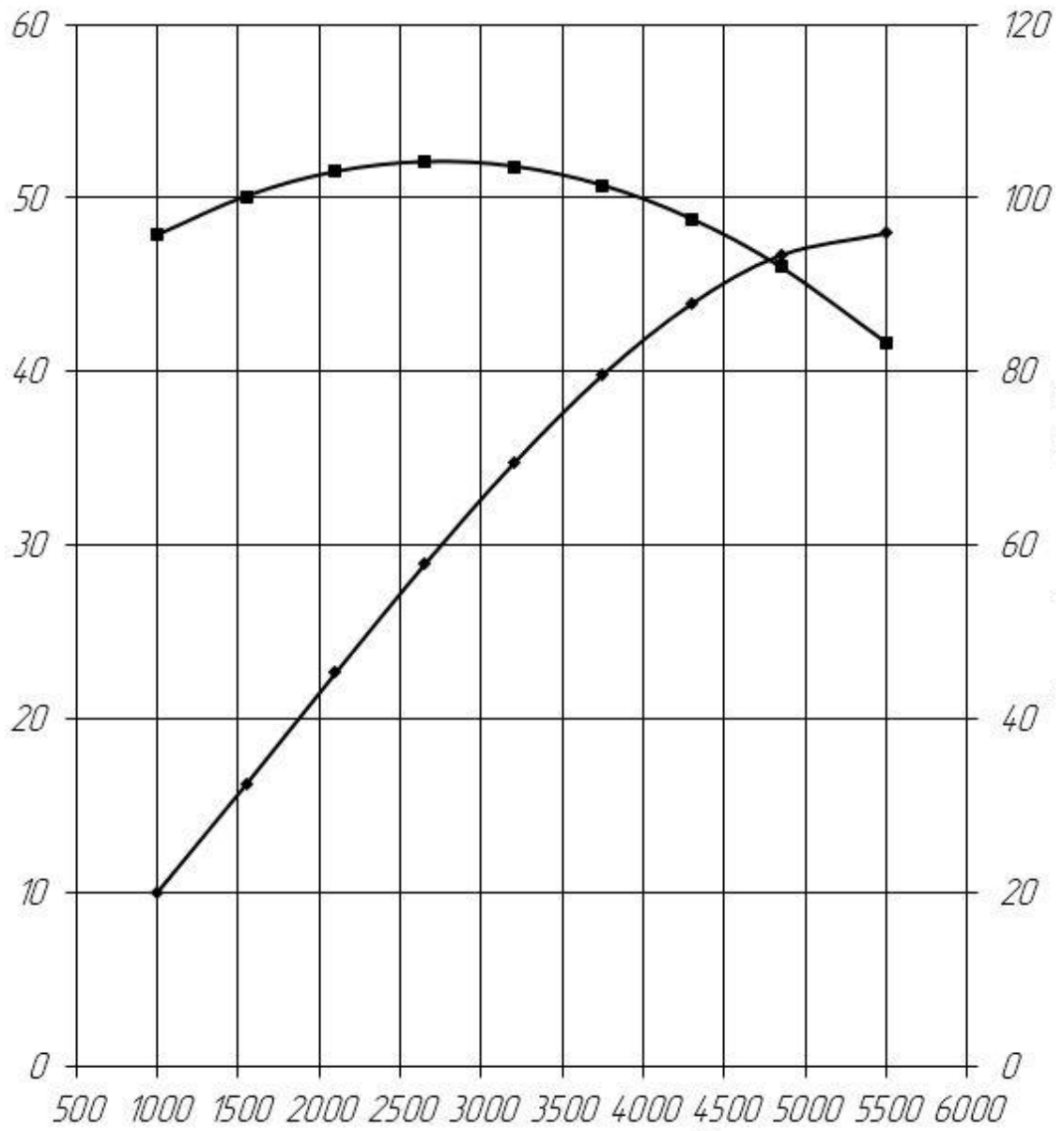


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

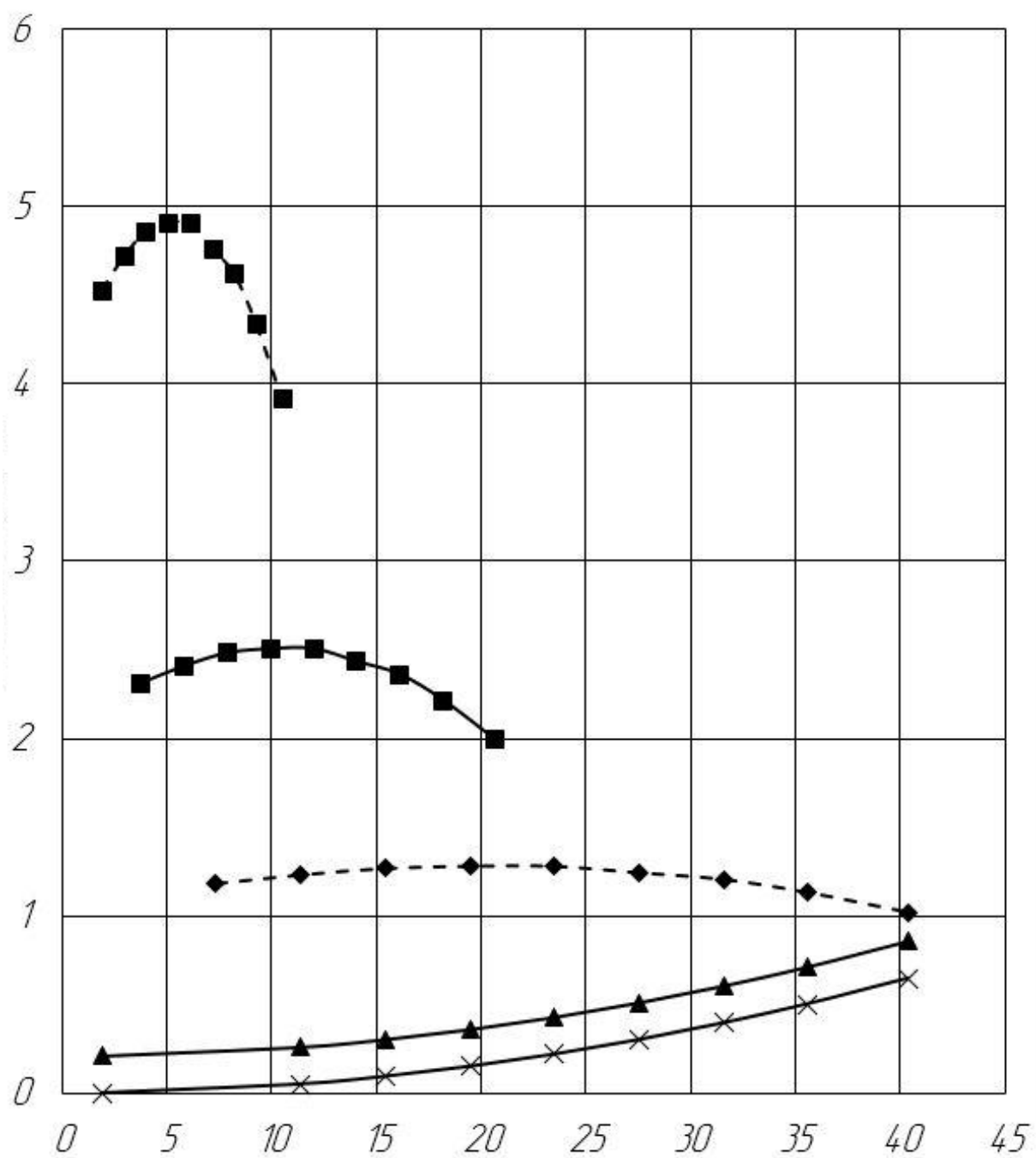


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

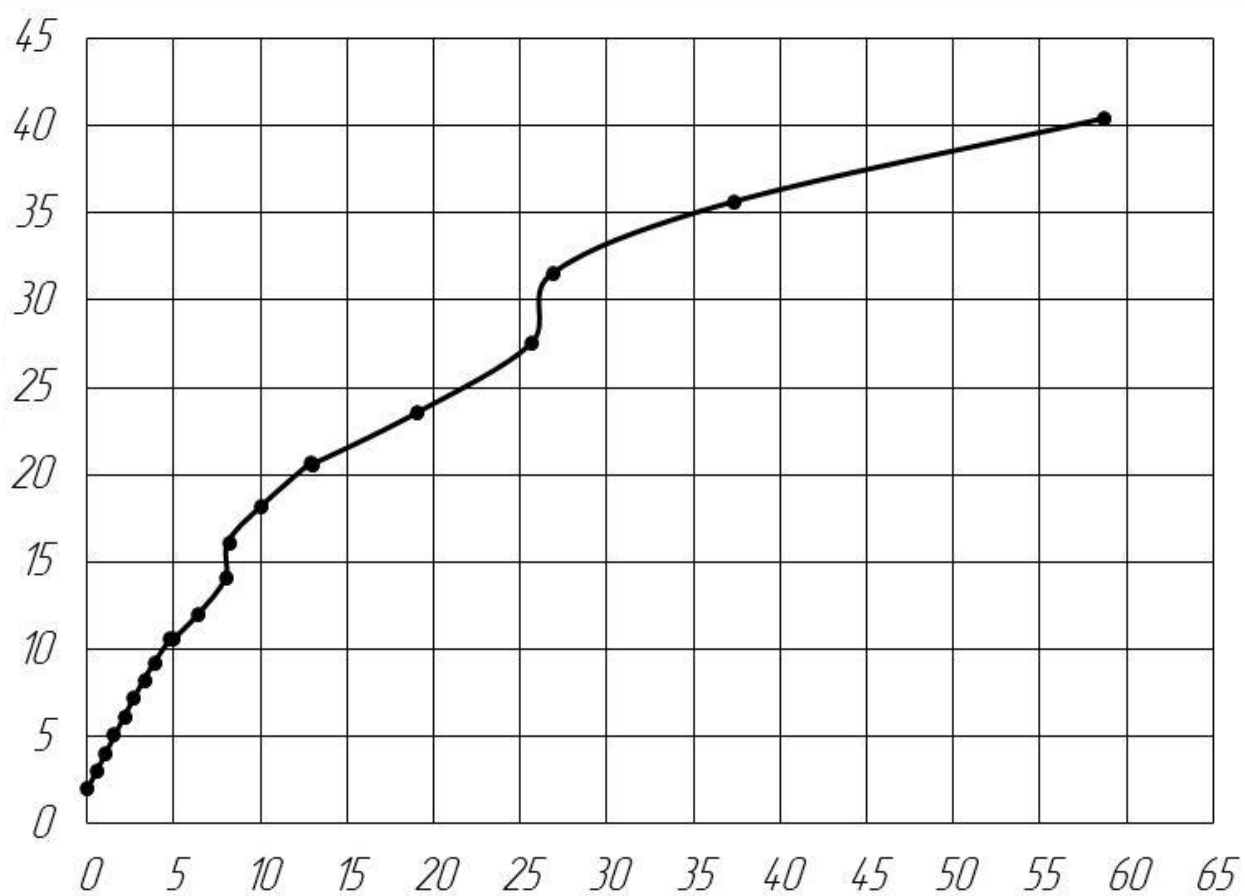


Рисунок А5 – Время разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

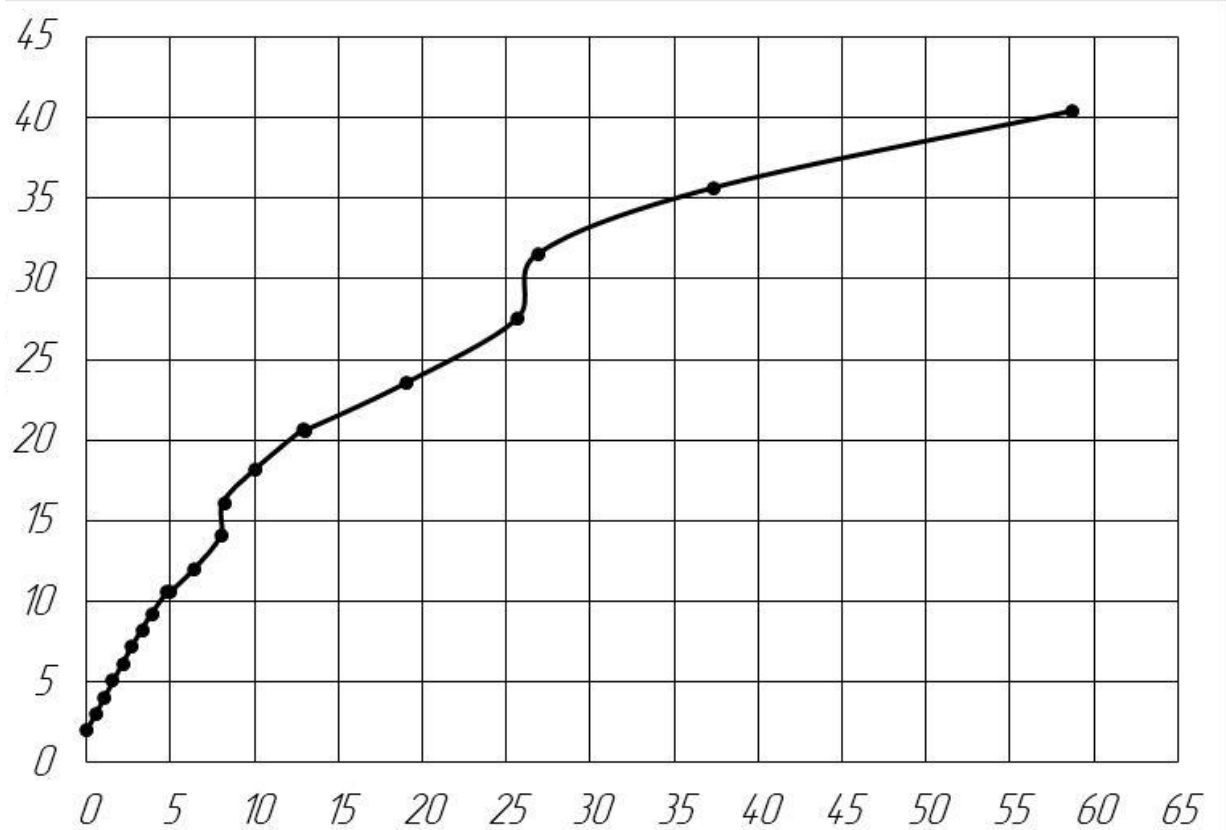


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика