

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))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Полноприводный автомобиль категории М1. Модернизация рулевого  
управления

Обучающийся

А.В. Сариев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

И.Ю. Усатова

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Полноприводный автомобиль категории М1. Модернизация рулевого управления».

Цель проекта заключается в модернизации системы рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1. Модернизация данной системы позволит улучшить управляемость, маневренность и общий комфорт вождения такого транспортного средства.

С учетом современных технологий и инженерных решений будет разработана оптимизированная система, способная обеспечить более точное и плавное управление автомобилем в различных условиях эксплуатации.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 121 страница с приложениями.

Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрены требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления, основные классификации рулевого управления, обзор и тенденции развития рулевого управления.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля.

В третьем разделе выполнены следующие конструкторские расчеты элементов рулевого управления.

В четвертом разделе выбран, обоснован и составлен технологический процесс сборки.

В пятом разделе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, разработаны меры и мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности объекта дипломного проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

## **Abstract**

The diploma project was carried out on the topic: "The all-wheel drive car of the M1 category. Modernization of the steering system."

The goal of the project is to modernize the steering system of an all-wheel drive vehicle in the M1 category. Upgrading this system will improve the handling, maneuverability and overall driving comfort of such a vehicle.

Taking into account modern technologies and engineering solutions, an optimized system will be developed that can provide more accurate and smooth vehicle control in various operating conditions.

The explanatory note contains six sections, introduction and conclusion, a list of references and sources used, applications, a total of 121 pages with applications.

The graphic part contains 10 sheets of A1 format, made in the automated system for the development and execution of design and design documentation KOMPAS-Graphic. The completed diploma project fully complies with the approved assignment.

The first section discusses the requirements for steering design, the main classifications of steering, an overview and trends in the development of steering.

In the second section, a traction and dynamic calculation of the vehicle is performed.

In the third section, the following design calculations of the steering elements were performed.

In the fourth section, the assembly process is selected, justified and compiled.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

## Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса .....	7
1.1 Требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления .....	8
1.2 Основные классификации рулевого управления .....	8
1.3 Обзор и тенденции развития рулевого управления.....	10
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	21
3 Конструкторская часть .....	49
3.1 Выбор компоновочной схемы рулевого управления .....	49
3.2 Расчет рулевого механизма.....	54
3.3 Расчет гидроусилителя .....	57
3.4 Описание разрабатываемого узла.....	68
4 Технологический раздел.....	69
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	69
4.2 Разработка технологического процесса сборки.....	73
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	77
5.1 Описание технологического процесса сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1 .....	78
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	79
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	81
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	87
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса.....	90
6 Экономическая эффективность проекта.....	93
6.1 Расчет себестоимости проектируемого узла автомобиля.....	93
6.2 Расчет коммерческой эффективности проекта .....	103
Заключение .....	112
Список используемой литературы и используемых источников.....	113
Приложение А. Спецификации.....	117

## Введение

По данным статистики, продажи полноприводных автомобилей в России за последний год значительно выросли. Это свидетельствует о том, что потребители все больше ценят надежность и комфорт, которые предоставляют такие машины.

Полноприводные автомобили становятся все более востребованными на рынке, так как они обладают улучшенной проходимостью и управляемостью. Эти автомобили особенно популярны среди водителей, которые живут в регионах с непредсказуемой погодой или любят активный отдых на природе.

Рейтинг полноприводных автомобилей на российском рынке также постоянно меняется. Каждый год производители представляют новые модели, которые конкурируют между собой за внимание покупателей. Это способствует разнообразию предложений и делает выбор автомобиля еще более интересным.

Однако конкуренция в этом сегменте рынка также не стоит на месте. Множество производителей предлагают свои версии полноприводных автомобилей, поэтому важно следить за тенденциями и выбирать наиболее эффективные модели. Эффективность полноприводных автомобилей зависит от многих факторов, включая качество материалов, технологии и инженерные решения. Важно выбирать автомобиль, который соответствует вашим потребностям и предпочтениям, чтобы получить максимальную отдачу от своей инвестиции.

В итоге, рынок полноприводных автомобилей продолжает развиваться и привлекать внимание потребителей. Конкуренция между производителями способствует улучшению качества и эффективности моделей, что делает выбор автомобиля еще более интересным и разнообразным.

«Во время движения автомобиля водитель управляет сцеплением, коробкой передач, системой тормозов и сигнализацией (звуковой и световой) периодически, а рулевым колесом непрерывно. Водитель должен постоянно и

внимательно наблюдать за дорогой и приводить в действие рулевое управление, что связано с затратой физической силы. Таким образом, наиболее сложным и утомительным видом управления является рулевое. В отношении безопасности движения автомобиля рулевое управление – один из наиболее ответственных механизмов» [3].

Рулевое управление – это система, которая позволяет водителю управлять направлением движения транспортного средства. Она состоит из рулевого колеса, рулевой колонки, рулевого вала, рулевых тяг и других компонентов. При повороте рулевого колеса водитель передает управляющие команды на передние колеса, изменяя направление движения автомобиля. Рулевое управление играет ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта во время движения.

«Существует два основных принципа связи управляемых колес и управляющего: механический и дистанционный. Широко распространенному принципу связи (механическому) с развитием науки и техники и созданием большегрузных автомобилей потребовались усилители рулевого управления, которые прижились и на легковых автомобилях.

По конструкции усилители рулевого управления разделяются на механические, пневматические, гидравлические, электрические и др.

Для того чтобы уменьшить количество оборотов и снизить усилие на рулевом колесе конструкторы автомобилисты всего мира стремятся найти оптимальный вариант усилителя рулевого управления (зависимость между силой на рулевом колесе и скоростью движения автомобиля, и других факторов). Автоматика, установленная на автомобиле, по показаниям различных датчиков сама выбирает величину помощи водителю» [2].

Целью работы является повышение активной безопасности автомобилей путем разработки гидроусилителя рулевого управления и рулевого механизма для легкового полноприводного автомобиля.

## 1 Состояние вопроса

Рулевое управление в автомобиле – один из самых важных элементов, от которого зависит безопасность и комфорт во время движения. Этот механизм позволяет водителю контролировать направление движения автомобиля, поворачивать колеса и маневрировать на дороге. Важность правильного функционирования рулевого управления не может быть недооценена, ведь именно от него зависит возможность избежать аварий и обеспечить безопасность на дороге.

Безопасность – это одно из основных принципов, которыми руководствуется Евразийская экономическая комиссия при установлении стандартов качества и безопасности автомобилей. ГОСТы, разработанные в соответствии с требованиями ЕЭК, устанавливают обязательные требования к рулевому управлению и другим системам автомобиля с целью обеспечения безопасности на дорогах.

Правильное функционирование рулевого управления обеспечивает водителю возможность быстро реагировать на изменения на дороге, выполнять маневры безопасно и эффективно, а также контролировать движение автомобиля в любых условиях. В случае неисправности рулевого управления возникает риск потери контроля над автомобилем, что может привести к серьезным последствиям, включая аварии и травмы.

Важность рулевого управления заключается не только в его влиянии на безопасность, но и на комфорт вождения. Хорошо настроенная система рулевого управления позволяет водителю легко управлять автомобилем, делая поездку более приятной и безопасной.

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления, и далее рассмотрим основные классификационные признаки, по которым разделяются конструкции рулевого управления.

## **1.1 Требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления**

«К рулевому управлению предъявляются следующие требования:

- обеспечение кинематического и силового следящего действия (кинематическое следящее действие – пропорционально между угловым перемещением рулевого колеса и углом поворота управляемых колес; силовое следящее действие – пропорциональность между силой, приложенной к рулевому колесу, и силой сопротивления повороту управляемых колес);
- сохранение возможности управления автомобилем в случае выхода из строя усилителя;
- обеспечение минимального времени срабатывания усилителя;
- минимальное влияние на стабилизацию управляемых колес;
- исключение возможности произвольного включения от толчков управляемых колес» [4].

«Также к рулевым управлениям предъявляются общие требования:

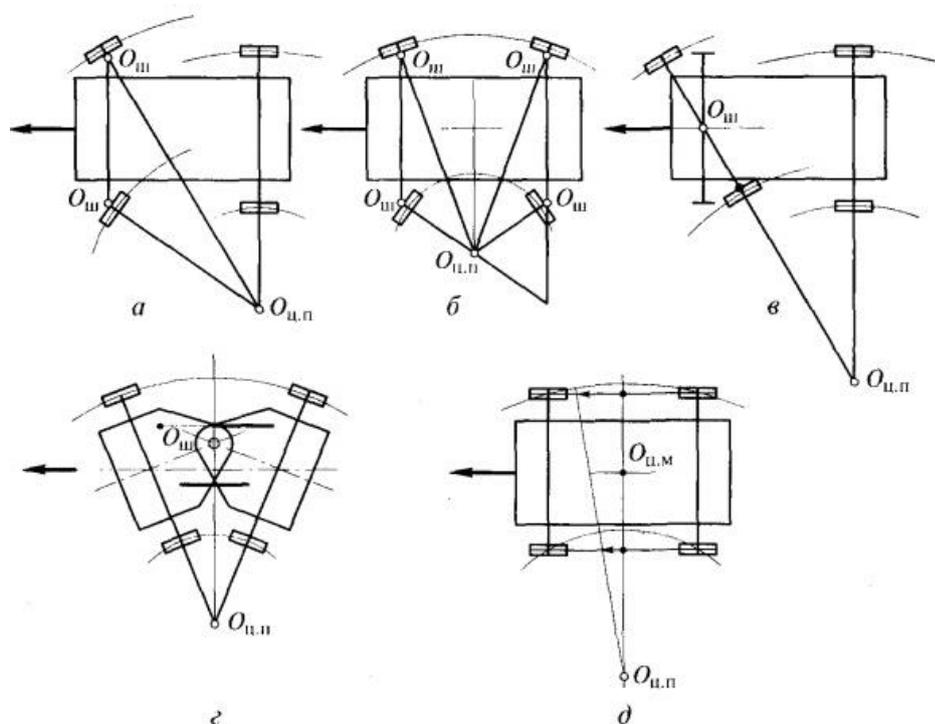
- обеспечение минимальных размеров и массы, высокая надежность;
- минимальное обслуживание;
- технологичность» [24].

## **1.2 Основные классификации рулевого управления**

«Рулевые управления колесных машин подразделяются по следующим основным классификационным признакам:

- по способу поворота (рисунок 1): управляемыми колесами, управляемой осью, складыванием звеньев, бортовым поворотом (принудительным вращением ведущих колес одного борта с иной угловой скоростью, чем ведущих колес другого борта);

- расположению места водителя: правое – при левостороннем движении, левое – при правостороннем движении.



а, б – управляемыми колесами; в – управляемой осью; г – складыванием звеньев; д – бортовой поворот;  $O_{ш}$  – ось шкворня;  $O_{ц.п}$  – центр поворота;  $O_{ц.м}$  – центр масс

Рисунок 1 – Схемы типовых способов поворота колесных машин

Кроме того, для получившего наибольшее применение на автомобилях рулевого управления с управляемыми колесами (оно состоит из рулевого колеса, рулевого механизма, рулевого привода, а также часто и усилителя) выделяют классификацию рулевых механизмов и рулевых приводов» [4].

«Классификация рулевых механизмов осуществляется:

- по типу передачи: механический, гидравлический (рулевой механизм или рулевое управление);
- по передаточному числу: постоянное, переменное;
- по конструктивным признакам: с шестеренчатой передачей: цилиндрическими шестернями; коническими шестернями; реечной парой; с кулачной передачей: улитками; кулаком специальной формы; с винтовой передачей: вильчатым рычагом; кривошипом;

качающимся рулевым валом; шатунно-кривошипной парой; поворачивающейся гайкой; зубчатой парой; двуплечим рычагом; с кривошипной передачей: одним скользящим пальцем; одним скользящим поворачивающимся пальцем; двумя скользящими пальцами; одним вращающимся пальцем; двумя вращающимися пальцами; с червячной передачей с винтовой нарезкой: на цилиндре (зубья на торце сектора), на внутренней поверхности шара, на глобоиде» [6].

«Классификация рулевых приводов (рулевых трапеций):

- по расположению: передняя – перед осью, задняя – за осью;
- в зависимости от типа подвески: цельная (при зависимой подвеске), разрезная (при независимой подвеске)» [7].

«Усилитель ставится в систему рулевого управления с целью облегчения труда водителя и обеспечения безопасности движения и состоит из источника энергии; исполнительного органа (силового цилиндра); распределительного органа (распределителя); центрирующего элемента и реактивного устройства.

По роду рабочей среды или используемой энергии усилители разделяются на механические, электрические, пневматические, гидравлические» [27].

### **1.3 Обзор и тенденции развития рулевого управления**

«В настоящее время в основном применяются гидроусилители с золотниковыми распределителями, а также электроусилители и рулевое управление с электрическим приводом, и сенсорные без жесткой механической связи управляемых колес и руля в прототипах.

На рисунке 2 представлена классификация усилителей рулевого управления.

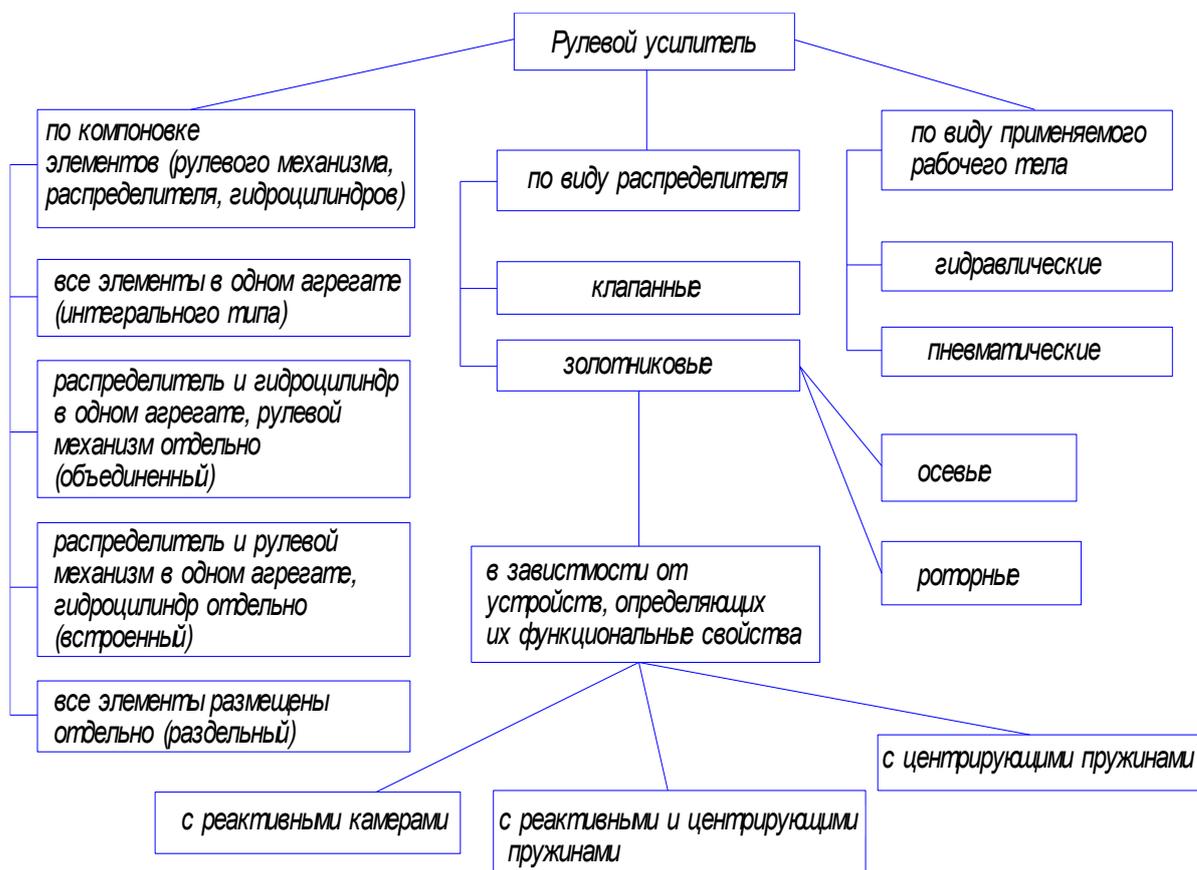


Рисунок 2 – Классификация усилителей рулевого управления

К рулевым усилителям предъявляются следующие требования:

- обеспечение кинематического и силового следящего действия (кинематическое следящее действие – пропорционально между угловым перемещением рулевого колеса и углом поворота управляемых колес; силовое следящее действие – пропорциональность между силой, приложенной к рулевому колесу, и силой сопротивления повороту управляемых колес);
- сохранение возможности управления автомобилем в случае выхода из строя усилителя;
- обеспечение минимального времени срабатывания усилителя;
- минимальное влияние на стабилизацию управляемых колес;
- исключение возможности произвольного включения от толчков управляемых колес.

Гидроусилители чаще всех остальных усилителей используют в рулевом управлении, к их достоинствам следует отнести:

- небольшие размеры благодаря высокому рабочему давлению (6-10 МПа);
- малое время срабатывания (0,2-2,4 с);
- поглощение ударов и толчков, воспринимаемых управляемыми колесами со стороны дороги» [7].

«При применении гидроусилителя несколько снижается стабилизация управляемых колес, так как стабилизирующий момент на колесах должен преодолевать сопротивление жидкости в гидроусилителе. Гидроусилители должны иметь надежные уплотнения, так как течь жидкости приводит к выходу гидроусилителя из строя» [8].

«Существует несколько схем компоновки элементов гидроусилителей, каждой из которых присущи как достоинства, так и недостатки. Практическое применение, получили четыре схемы.

Схема №1 – рулевой механизм РМ, гидрораспределитель ГР и гидроцилиндр ГЦ, представляют собой один агрегат, который называют усилителем интегрального типа (гидроруль); гидронасос ГН и бачок с рабочей жидкостью Б располагаются отдельно (рисунок 3).

Такая компоновка применяется на всех автомобилях ЗИЛ и КамАЗ.

Достоинством схемы является компактность, малая длина трубопроводов» [8].

«При расположении гидрораспределителя перед рулевым механизмом сокращается время срабатывания усилителя. К недостаткам схемы следует отнести нагружение всех деталей рулевого управления усилием гидроцилиндра. Нагружается также кронштейн (или рама) в месте крепления картера гидроруля» [17].

В качестве примера на рисунке 3 показана компоновка на автомобиле и конструкция гидроусилителя автомобиля КамАЗ.

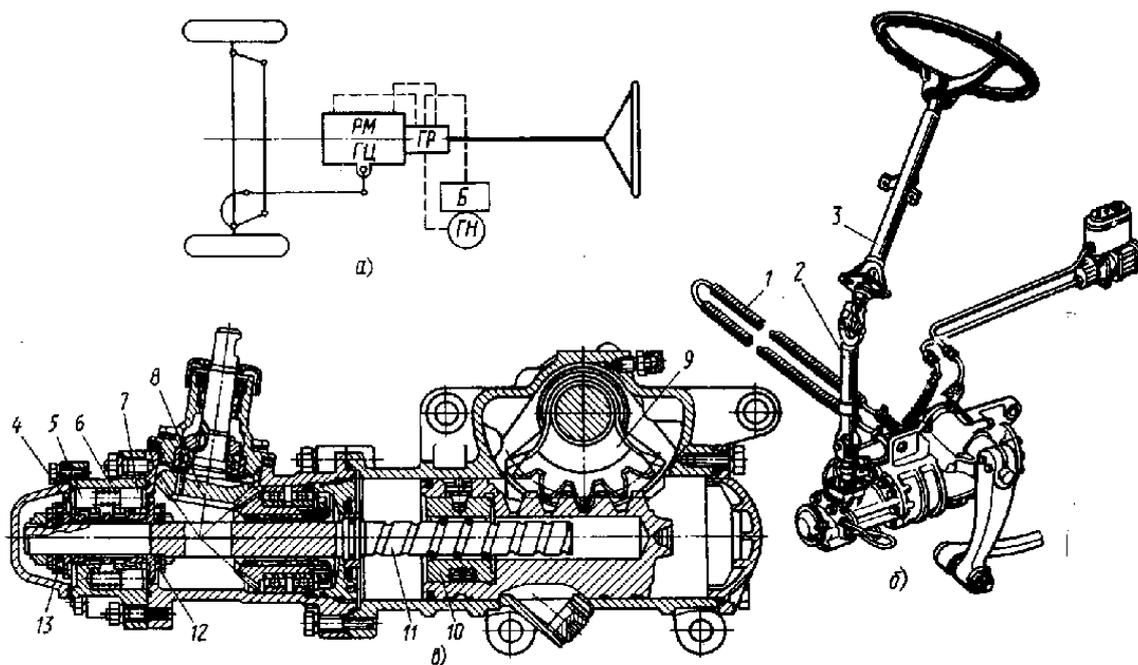


Рисунок 3 – Схема № 1

«Винтореечный рулевой механизм объединен с гидроцилиндром, гидрораспределителем и угловым редуктором в общем картере. Для охлаждения масла предусмотрен специальный радиатор 1. Угловой редуктор 8, передаточное число которого равно единице, служит для передачи вращения от вала рулевого колеса к винту рулевого механизма, поскольку рулевой механизм расположен горизонтально. Рулевой вал, соединяющий рулевое колесо с редуктором, составной; он включает вал рулевой колонки 3 и карданный вал 2 с двумя карданными шарнирами. Винт рулевого механизма, поворачиваясь, перемещает шариковую гайку 10, закрепленную в поршне-рейке; рейка, перемещаясь, поворачивает зубчатый сектор 9, выполненный заодно с валом сошки» [7].

«В отдельном корпусе, прикрепленном к корпусу редуктора, установлен осевой золотниковый гидрораспределителя. Золотник гидрораспределителя 4 закреплен на конце вала винта между двумя упорными подшипниками 12 и 13. Золотник вместе с подшипниками имеет возможность перемещаться

относительно корпуса в осевом направлении на 1,1 мм в обе стороны от нейтрального положения.

В нейтральном положении золотник удерживается центрирующими пружинами 6, которые воздействуют на упорные подшипники через реактивные плунжеры 5 и 7. При повороте рулевого колеса в начальный момент, вследствие сопротивления повороту со стороны дороги, поршень усилителя остается неподвижным, а винт 11 получает осевое перемещение вместе с золотником на 1,1 мм. При этом, в зависимости от направления поворота рулевого колеса, золотник сообщает одну полость гидроцилиндра с напорной гидролинией, а другую – со сливной гидролинией» [7].

«В реактивных камерах (между плунжерами) создается давление тем большее, чем больше сопротивление повороту. При большом давлении перемещение реактивных плунжеров требует большего усилия, что позволяет водителю чувствовать дорогу.

В усилителе предусмотрены предохранительный клапан, ограничивающий максимальное давление в системе до 6,5-7,0 МПа, и предохраняющий от перегрузок гидронасос, а также перепускной клапан, соединяющий обе полости цилиндра, уменьшая этим гидросопротивление при повороте в случае, если гидронасос не работает» [1].

Схема № 2 представлена на рисунке 4.

«В усилителе этого типа гидрораспределитель смонтирован в одном блоке с гидроцилиндром отдельно от рулевого механизма. Достоинством схемы является возможность применения рулевого механизма любой конструкции, меньшая сложность и стоимость по сравнению со схемой 1, несколько меньшее число нагруженных гидроусилителем деталей.

Гидроусилитель автомобиля МАЗ-5335 выполнен по этой схеме. Осевой золотниковый гидрораспределитель 1 своим корпусом закреплен на корпусе шаровых шарниров 2, который, в свою очередь, связан с гидроцилиндром 4 при помощи резьбового соединения. Шаровой палец 3 рулевой сошки помещен в стакане, который может перемещаться вместе с пальцем в осевом

направлении в пределах 4 мм, перемещая одновременно закрепленный в стакане золотник гидрораспределителя. Шаровой палец 5 соединен с продольной рулевой тягой. В нейтральном положении золотник центрируется реактивными камерами, центрирующие пружины отсутствуют. Гидроусилитель обладает большой чувствительностью, включаясь при перемещении золотника на 0,4-0,6 мм» [3].

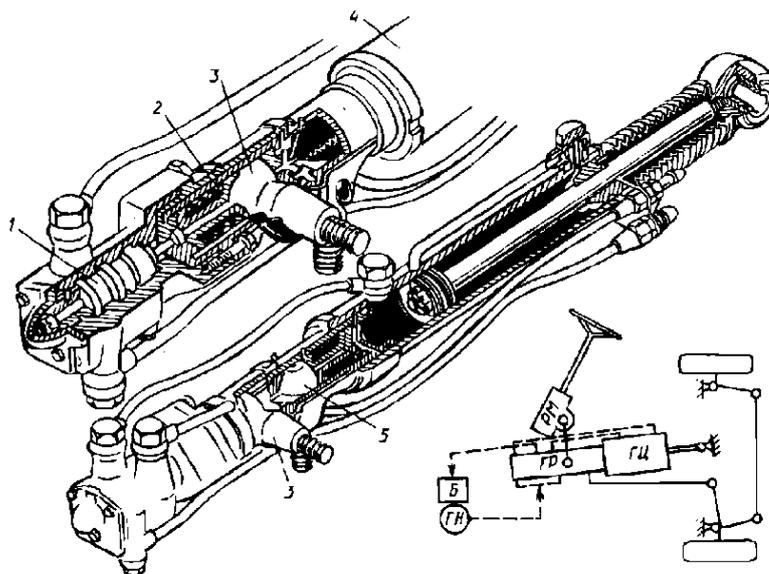


Рисунок 4 – Схема № 2

Схема № 3 представлена на рисунке 5.

«В этой схеме гидрораспределитель располагается перед рулевым механизмом, а гидроцилиндр – отдельно. При установке гидрораспределителя перед рулевым механизмом увеличивается чувствительность гидроусилителя.

Недостатком схемы является большая длина трубопроводов, особенно если гидроцилиндр располагается на удалении от рулевого механизма. По такой схеме выполнены усилители автомобилей Урал-4320 и КАЗ-4540» [5].

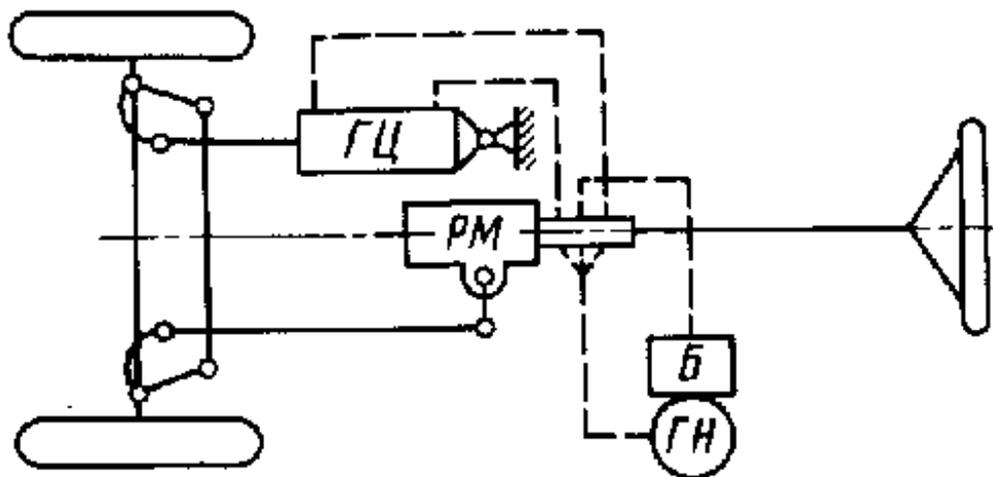


Рисунок 5 – Схема № 3

Схема № 4 представлена на рисунке 6.

«Отличительная особенность этой схемы – раздельное размещение всех элементов гидроусилителя. Достоинством схемы является свободная компоновка, возможность применения рулевого механизма любой конструкции. Основной недостаток – большая длина трубопроводов» [8].

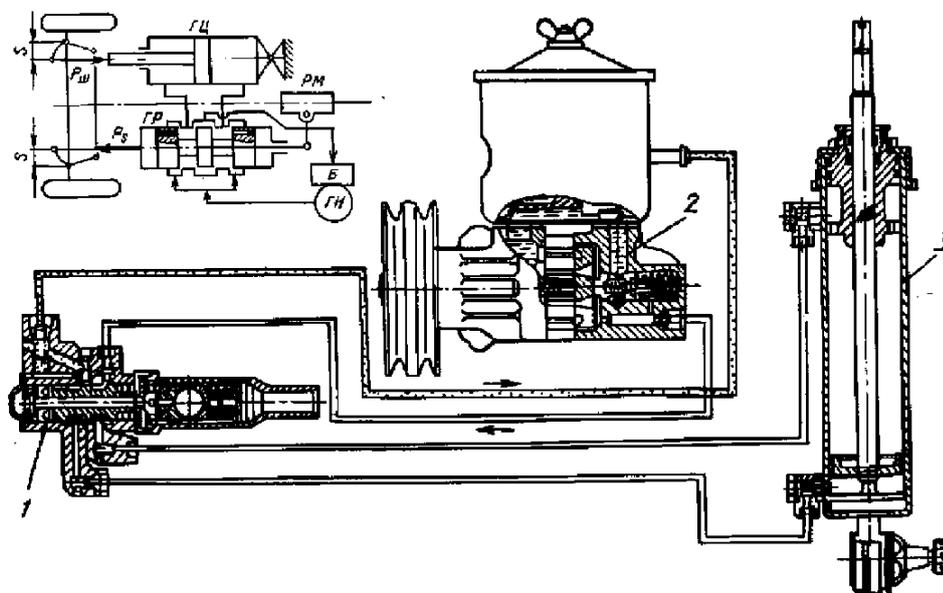


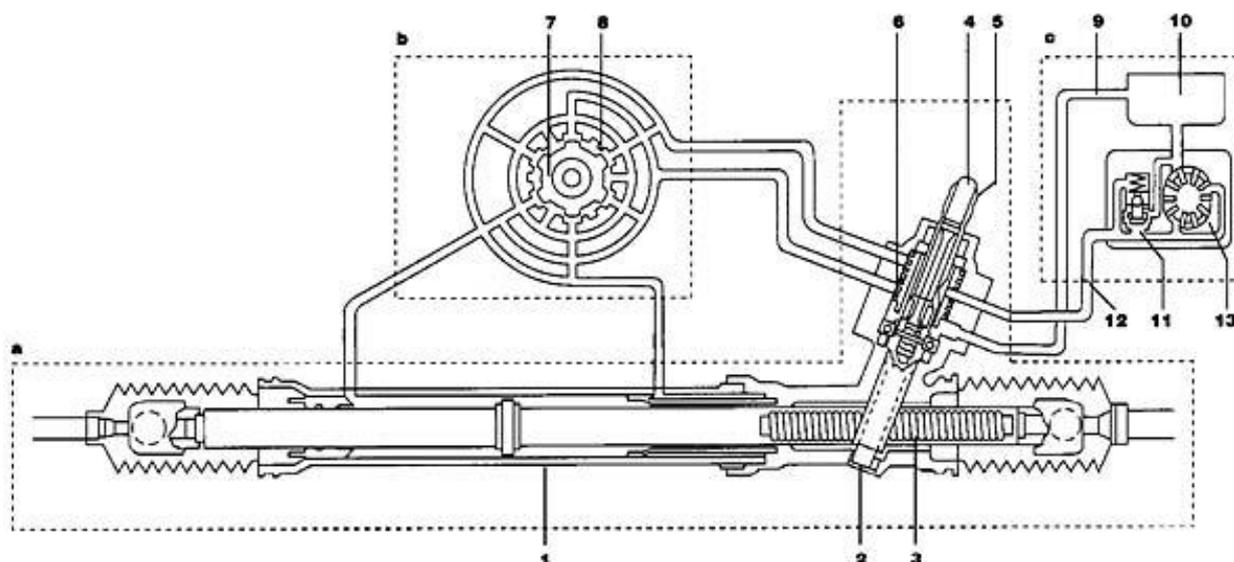
Рисунок 6 – Схема № 4

«Следует отметить, что большая длина трубопроводов между гидрораспределителем (1) и гидроцилиндром (3) в любой конструкции

гидроусилителя часто приводит к пульсации давления в системе и возбуждению колебаний управляемых колес» [9].

Исполнительный механизм гидроусилителя легкового автомобиля, как правило, выполнен заодно с рулевым механизмом (рисунок 7)

«Усилители называются интегральными. В качестве рабочей жидкости в гидроусилителях иномарок используется масло ATF – то же, что и в автоматических коробках передач. Отечественные агрегаты работают на масле марки Р, по своим свойствам близком к обычной веретенке» [11].



а – рулевое управление в сборе; б – поперечное сечение вращающегося распределителя (увеличено); с – источник энергии; 1 – силовой цилиндр гидроусилителя; 2 – шестерня рулевого механизма; 3 – зубчатая рейка; 4 – торсионный стержень; 5 – рулевой вал; 6 – контрольное окно; 7 – вращающийся золотник; 8 – втулка золотника; 9 – возвратная магистраль; 10 – масляный резервуар; 11 – нагнетательный и перепускной клапан; 12 – нагнетательная магистраль; 13 – масляный насос

Рисунок 7 – Механизм гидроусилителя легкового автомобиля

«Реечный рулевой механизм с гидроусилителем. Если рулевые тяги, как здесь, располагаются по бокам рейки, то поршень размещается посередине корпуса. А если тяги крепятся к центральной части рейки, как это сделано на Самарах и Москвиче-2141, то поршень выносят вбок.

Роторный или аксиально-поршневой насос, приводимый ремнем от коленчатого вала, засасывает из бачка масло и нагнетает под высоким

давлением в 50-100 атм. в золотниковый распределитель. Задача распределителя – отслеживать усилие на руле и строго дозированно помогать поворачивать управляемые колеса. Для этого используют следящее устройство – чаще всего это торсион, встроенный в разрез рулевого вала. Когда машина стоит или едет по прямой, то усилия на рулевом валу нет, и торсион не закручен – соответственно, перекрыты дозирующие каналы распределителя, а масло сливается обратно в бачок» [25].

«Водитель поворачивает руль, колеса сопротивляются – торсион закручивается тем сильнее, чем больше усилие на руле. Золотник открывает каналы и направляет масло в исполнительное устройство. В механизме типа «винт-шариковая гайка» большее давление подается или за поршень, или до него, помогая тому перемещаться вдоль рулевого вала.

В реечном механизме масло подается в корпус рейки – в ту или иную сторону от поршня, связанного с рейкой, и подталкивает ее вправо или влево.

Когда баранка уже повернута до упора, срабатывают предохранительные клапаны, сбрасывая давление масла и сохраняя детали механизма от повреждения» [21].

«Встречается, хотя и редко, еще один вид гидроусилителей, эффективность которых изменяется в зависимости от сцепления шин с дорогой.

Главный недостаток всех традиционных ГУР – они отбирают часть мощности у двигателя. Потребляемая ГУРом мощность может достигать 5-7 л.с., а это весьма существенная потеря, к примеру, для городских малолитражек. Поэтому для снижения энергопотребления в конце 90-х стали применять электрогидроусилители: в них гидронасос приводится в действие собственным электромотором, который связан с блоком управления двигателем и работает в соответствии с заложенной в него программой» [6].

«Электроусилитель рулевого управления состоит из следующих основных компонентов (рисунок 8): электромеханизма, электронного блока управления, датчика скорости движения автомобиля, датчика оборотов

двигателя автомобиля, индикатора неисправности («отказа») системы, червячного редуктора, датчика величины крутящего момента, коммутационных проводов» [9].

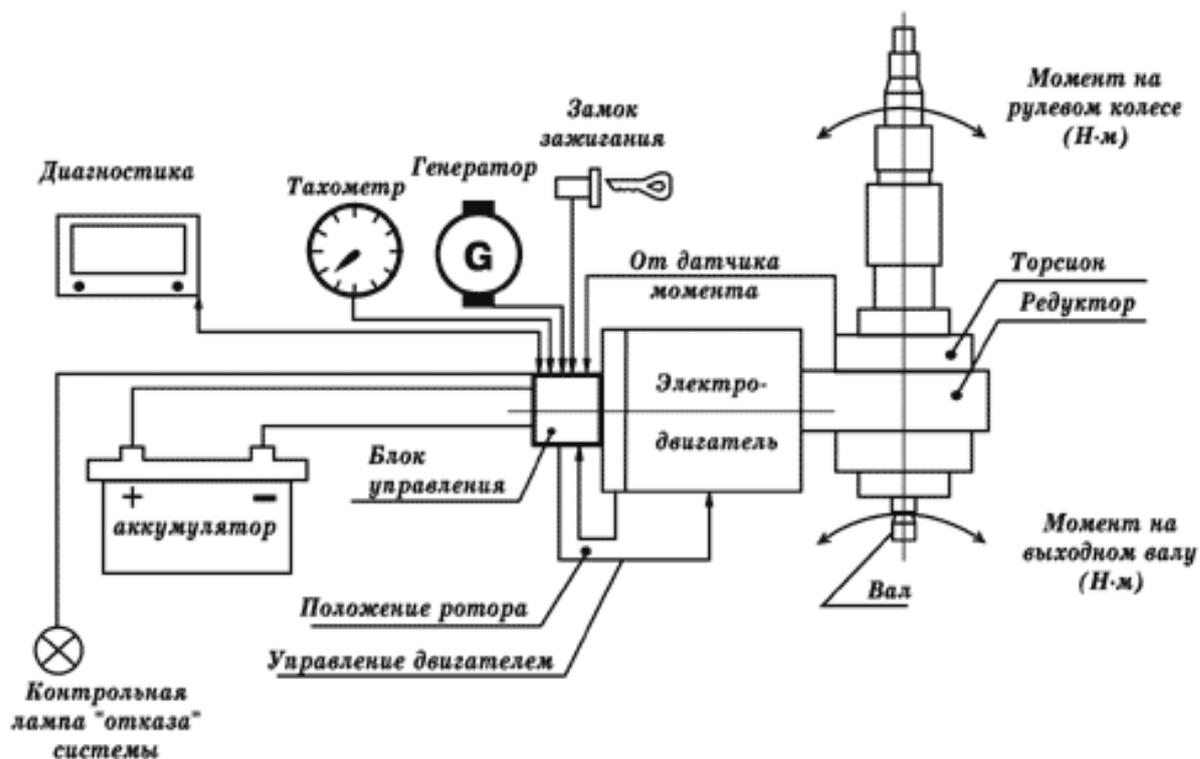
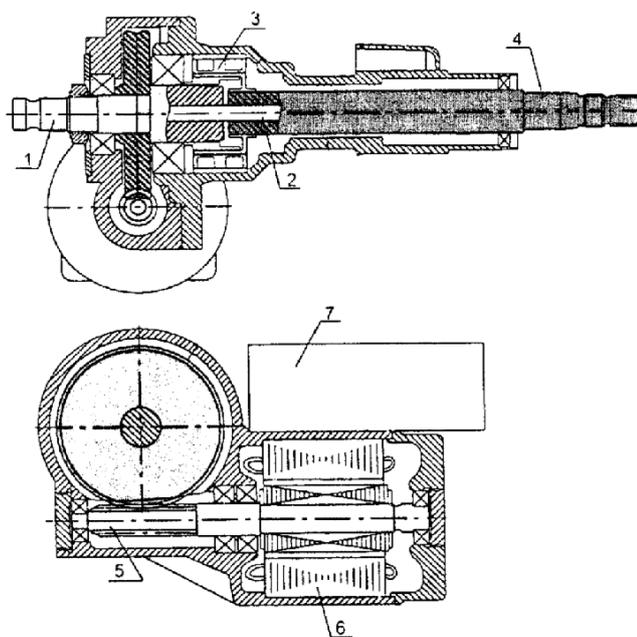


Рисунок 8 – Принципиальная схема электроусилителя

Разработка махачкалинского завода «Авиаагрегат» заключается в том, что внутри разрезанного рулевого вала встроен торсионный вал (рисунок 9).

«При вращении руля торсион закручивается, и датчик момента регистрирует взаимное смещение индуктивных катушек, связанных с ведущей и ведомой половинками рулевого вала. Чем больше относительное смещение катушек и ниже скорость автомобиля, тем более высокое питающее напряжение подает блок управления к электродвигателю, который через редуктор докручивает рулевой вал, помогая водителю повернуть управляемые колеса.



1 – ведомый вал; 2 – торсионный вал; 3 – датчик момента; 4 – вал рулевого колеса;  
5 – червячный редуктор; 6 – электродвигатель; 7 – блок управления

Рисунок 9 – Конструкция электроусилителя рулевого управления

Основные технические характеристики электроусилителя:

- напряжение питания (номинальное) – 12 В;
- максимальный компенсирующий момент  $M_{\text{кmax}}$  – 35 Н·м (соответствует уменьшению усилия на руле с 22 кгс до 3,5 кгс);
- максимальный ток потребления – 55 А;
- масса электромеханизма – 10,5 кг;
- скорость вращения руля, об/сек – до 2» [12].

«Примененный регулируемый бесколлекторный электропривод редуцивно-индукторного типа позволил создать конкурентоспособную конструкцию наиболее распространенным двигателям постоянного тока благодаря простоте устройства, повышенной надежности, низкой цене и высокому КПД» [2].

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления, классификации рулевого управления и тенденции развития рулевого управления.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Тягово-динамический расчет – это методология расчета параметров движения транспортного средства, учитывающая влияние тяговых усилий, сил сопротивления и других динамических факторов на его движение.

Этот расчет проводится для определения необходимой мощности двигателя, выбора оптимальной передачи, расчета тяговых характеристик и других параметров, которые влияют на эффективность работы транспортного средства.

Тягово-динамический расчет проводится как для разработки новых моделей транспортных средств, так и для оптимизации работы уже существующих. Он позволяет учесть все факторы, влияющие на движение транспортного средства, и провести анализ его эффективности и производительности.

Предварительный выбор конструктивных параметров проектируемого автомобиля принимаем равными данным аналога – УАЗ-3163.

«Для нахождения процентного соотношения развесовки массы автомобиля по осям воспользуемся данными прототипа (1, 2):

$$q_1 = \frac{m_1}{m_a} \cdot 100\% , \quad (1)$$

$$q_2 = \frac{m_2}{m_a} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где  $m_1$  – масса, приходящаяся на переднюю ось автомобиля, 1180 кг;

$m_2$  – масса, приходящаяся на заднюю ось автомобиля, 1640 кг;

$m_a$  – полная масса автомобиля, согласно данным 2750 кг» [10].

$$q_1 = \frac{1150}{2750} \cdot 100\% = 41,8\% ,$$

$$q_2 = \frac{1600}{2750} \cdot 100\% = 58,2\% .$$

«Полезная масса автомобиля определяется по формуле (3):

$$m_n = (m_{нас.} + m_{баг.}) \cdot n_{об.} , \quad (3)$$

где  $m_{нас.}$  – средняя масса пассажира,  $m_{нас.} = 80$  кг ;

$m_{баг.}$  – масса багажа на каждого пассажира,  $m_{баг.} = 20$  кг ;

$n_{об.}$  – общее число мест, включая водителя» [34].

$$m_n = (80 + 20) \cdot 5 = 500 \text{ кг} .$$

«Собственная масса автомобиля определяется по формуле:

$$m_c = L \cdot \eta_{см.} , \quad (4)$$

где  $L$  – база автомобиля, для УАЗ-3163  $L = 2,76$  м ;

$\eta_{см.}$  – показатель снаряженной массы, определяется по формуле (5):

$$\eta_{см.} = m_n + \eta_v , \quad (5)$$

где  $\eta_v$  – коэффициент снаряженной массы, для рабочего объема

двигателя автомобиля 2,7 литра  $\eta_v = 260 - 326$  кг/чел » [34].

$$\eta_{см.} = 500 + 316 = 816 .$$

$$m_c = 2,76 \cdot 816 = 2250 \text{ кг} .$$

«Полная масса автомобиля определяется по формуле:

$$m_a = m_c + m_n \text{ » [33],} \quad (6)$$

$$m_a = 2250 + 500 = 2750 \text{ кг} .$$

«Распределение массы по осям определяем по формулам (7) и (8) в соответствии с развесовкой, определенной по формуле (1, 2):

$$m_1 = m_a \cdot q_1, \quad (7)$$

$$m_2 = m_a \cdot q_2 \gg [5]. \quad (8)$$

$$m_a = 2750 \cdot 41,8\% = 1150 \text{ кг} ,$$

$$m_a = 2750 \cdot 58,2\% = 1600 \text{ кг} .$$

Тип шин выбираем из условия эксплуатации автомобиля, для этого определяем максимальную нагрузку на одно колесо.

«Нагрузка на одно передние и заднее колеса определяется по формулам:

$$G_{k1} = m_1 \cdot \frac{g}{n_1}, \quad (9)$$

$$G_{k2} = m_2 \cdot \frac{g}{n_2}, \quad (10)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – масса, приходящаяся на переднюю и заднюю ось соответственно;

$n_1$  и  $n_2$  – соответственно число колес на передней и задней оси;

$g$  – ускорение свободного падения» [33].

$$G_{k1} = 1150 \cdot \frac{9,82}{2} = 5647 \text{ Н} ,$$

$$G_{k1} = 1600 \cdot \frac{9,82}{2} = 7857 \text{ Н} .$$

С учетом максимальной нагрузки  $G_{k \max} = 7857 \text{ Н}$  и максимальной скорости движения автомобиля ( $V_{amax} = 130 \text{ км/ч}$ ) подбираем радиальную шину 185/80R15С.

«Проверку правильности выбора данной шины производим по действующей нагрузке на шину с учетом скоростного фактора.

Действующая нагрузка определяется по формуле:

$$G_{\lambda} = \frac{G_{k \max}}{\xi}, \quad (11)$$

где  $\xi$  – коэффициент загрузки шины» [5].

«Коэффициент загрузки шины находится в зависимости от коэффициента, характеризующего степень использования допустимой максимальной скорости шины:

$$\lambda = \frac{V_{amax}}{V_u} \gg [32], \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{130}{140} = 1,0714.$$

Тогда применяя линейную интерполяцию получаем:

$$\xi = 0,93 + \frac{(1 - 0,93) \cdot (1,1 - 1,0714)}{0,1} = 0,99.$$

$$G_{\lambda} = \frac{7931}{0,99} = 8011 \text{ Н}.$$

Вывод – шина подобрана правильно.

«КПД трансмиссии находим как совокупность КПД узлов входящих в трансмиссию автомобиля в соответствии с формулой (13):

$$\eta_{mp} = 0,98^z \cdot 0,97^k \cdot 0,99^n, \quad (13)$$

где  $z$  – число пар цилиндрических шестерен, передающих крутящий момент от двигателя к колесам,  $z=3$ ;  
 $k$  – число пар конических шестерен,  $k=2$ ;  
 $n$  – число карданных шарниров (шарниры равных угловых скоростей, передающие крутящий момент управляемым колесам не учитывается), 4» [5].

$$\eta_{mp} = 0,98^3 \cdot 0,97^2 \cdot 0,99^4 = 0,85.$$

Максимальное значение КПД трансмиссии рассчитывается на высшей передаче

$$\eta_{mp\max} = 0,98^2 \cdot 0,97^1 \cdot 0,99^2 = 0,913.$$

«Коэффициент сопротивления воздуха определяется по формуле (14):

$$k_g = c_x \cdot \frac{\rho_g}{2}, \quad (14)$$

где  $c_x$  – коэффициент обтекаемости, принимаем 0,5 (по аналогу);

$\rho_g$  – плотность воздуха при нормальных условиях, 1,293 кг/м<sup>3</sup>» [5].

$$k_g = 0,5 \cdot \frac{1,293}{2} = 0,32.$$

«Лобовая площадь автомобиля определяется по формуле (15):

$$A = k_n \cdot B_a \cdot H_a, \quad (15)$$

где  $k_n$  – поправочный коэффициент,  $k_n = 0,8$ ;

$B_a$  – габаритная ширина автомобиля, для УАЗ-3163  $B_a = 1,828$  м;

$H_a$  – высота автомобиля, для УАЗ-3163  $H_a = 1,935$  м» [5].

$$A = 0,8 \cdot 1,828 \cdot 1,935 = 2,83 \text{ м}^2.$$

«Мощность, необходимая для движения с заданной максимальной скоростью определяется по формуле:

$$P_v = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_v \cdot V_{a \max} + k_e \cdot A \cdot V_{a \max}^3}{1000 \cdot \eta_{mp \max}}, \quad (16)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля;

$\psi_v$  – суммарный коэффициент сопротивления дороги на режиме максимальной скорости, согласно экспериментальным данным принимаем равным 0,018;

$V_{a \max}$  – максимальная скорость автомобиля;

$k_e$  – коэффициент сопротивления воздуха;

$A$  – лобовая площадь автомобиля;

$V_{a \max}^3$  – КПД трансмиссии на высшей передаче» [31].

$$P_v = \frac{2750 \cdot 9,82 \cdot 0,018 \cdot 36,1 + 0,32 \cdot 2,83 \cdot 36,1^3}{1000 \cdot 0,913} = 64,7 \text{ кВт}.$$

«Максимальная мощность по условию обеспечения максимальной скорости автомобиля определяем по формуле Лейдермана:

$$P_{v \max} = \frac{P_v}{a \cdot \omega_{vp} + b \cdot \omega_{vp}^2 - c \cdot \omega_{vp}^3}, \quad (17)$$

где  $P_v$  – мощность, необходимая для движения с заданной скоростью;

$a, b, c$  – эмпирические коэффициенты, в первом приближении принимаем равными  $a = b = c = 1$ ;

$\omega_{vp}$  – относительная величина, для карбюраторных двигателей принимаем равной 1,2» [5].

$$P_{v \max} = \frac{64,7}{1 \cdot 1,2 + 1 \cdot 1,2^2 - 1 \cdot 1,2^3} = 70,9 \text{ кВт}.$$

«Мощность двигателя по максимальному динамическому фактору на высшей передаче определяется по формуле:

$$P_v = \frac{m_a \cdot g \cdot D_{o \max} \cdot \frac{V_{a \max}}{2} + k_g \cdot A \cdot \frac{V_{a \max}^3}{2^3}}{1000 \cdot \eta_{mp}}, \quad (18)$$

где  $D_{o \max}$  – максимальный динамический фактор на высшей передаче;

$V_{a \max}$  – максимальная скорость автомобиля;

$k_g$  – коэффициент сопротивления воздуха;

$A$  – лобовая площадь автомобиля;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии» [5].

$$P_D = \frac{2750 \cdot 9,82 \cdot 0,082 \cdot \frac{36,1}{2} + 0,32 \cdot 2,83 \cdot \frac{36,1^3}{8}}{1000 \cdot 0,913} = 45,7 \text{ кВт}.$$

«Максимальную мощность по динамическому фактору на высшей передаче определяем по формуле Лейдермана:

$$P_{D \max} = \frac{P_D}{a \cdot \omega_{fp} + b \cdot \omega_{fp}^2 - c \cdot \omega_{fp}^3}, \quad (19)$$

где  $P_D$  – мощность по динамическому фактору на высшей передаче;

$a, b, c$  – эмпирические коэффициенты, в первом приближении принимаем равными  $a = b = c = 1$ ;

$\omega_{вр}$  – относительная величина, для двигателей принимаем равной 0,5» [31].

$$P_{D_{\max}} = \frac{45,273}{1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,5^2 - 1 \cdot 0,5^3} = 72,9 \text{ кВт}.$$

За максимальную мощность двигателя принимаем наибольшую мощность, то есть максимальную мощность по динамическому фактору на высшей передаче  $P_{D_{\max}} = 72,9$  кВт и принимаем частоту вращения коленвала двигателя при максимальной мощности:  $n_{pe} = 4000$  мин<sup>-1</sup>.

«Момент при максимальной мощности определяем по формуле (20):

$$T_{pe} = 9550 \cdot \frac{P_{e_{\max}}}{n_{pe}} \text{ » [5],} \quad (20)$$

$$T_{pe} = 9550 \cdot \frac{72,437}{4000} = 172,94 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Принимаем частоту вращения коленвала двигателя при максимальном моменте:  $n_{pe} = 2500$  мин<sup>-1</sup>. Максимальный момент, развиваемый двигателем, принимаем исходя из данных аналога и современных тенденций  $T_e = 210$  Н · м

Определяем постоянные коэффициенты для двигателя по формулам (21-23):

$$k_m = \frac{T_{e_{\max}}}{T_{pe}} = \frac{210}{172,94} = 1,214, \quad (21)$$

$$k_w = \frac{n_{Pe}}{n_{Te}} = \frac{4000}{2500} = 1,6, \quad (22)$$

$$M_3 = k_m - 1 = 1,214 - 1 = 0,214. \quad (23)$$

Определяем значения эмпирических коэффициентов по формулам (24-26):

$$a = 1 - \frac{M_3 \cdot k_w \cdot (2 - k_w)}{(k_w - 1)^2} = 1 - \frac{0,214 \cdot 1,6 \cdot (2 - 1,6)}{(1,6 - 1)^2} = 0,619, \quad (24)$$

$$b = \frac{2 \cdot M_3 \cdot k_w}{(k_w - 1)^2} = \frac{2 \cdot 0,214 \cdot 1,6}{(1,6 - 1)^2} = 1,902, \quad (25)$$

$$c = M_3 \cdot \left( \frac{k_w}{k_w - 1} \right)^2 = 0,214 \cdot \left( \frac{1,6}{1,6 - 1} \right)^2 = 1,521. \quad (26)$$

где  $a + b - c = 0,619 + 1,9 - 1,521 = 1$ , так как условие проверки выполняется, можно сделать вывод: расчет максимальной мощности и выбор основных параметров двигателя сделаны правильно.

«Передаточное число главной передачи рассчитывается из условия обеспечения заданной максимальной скорости автомобиля по формуле (27):

$$U_o = \frac{\omega_{Pe} \cdot r_k}{U_{kn} \cdot V_{a \max}}, \quad (27)$$

где  $r_k$  – радиус качения колеса автомобиля;

$U_{kn}$  – передаточное число высшей передачи КПП. Для обеспечения лучших тягово – скоростных и топливно – экономических свойств принимаем ускоряющую высшую передачу с  $U_{kn} = 0,82$  (по аналогу);

$V_{a \max}$  – заданная максимальная скорость автомобиля;

$\omega_{pe}$  – скорость вращения коленвала двигателя, соответствующая заданной максимальной скорости автомобиля» [30], определяется по формуле:

$$\omega_{pe} = n_{pe} \cdot \frac{\pi}{30} = 4000 \cdot \frac{3,14}{30} = 418,88 \text{ рад/с}, \quad (28)$$

$$U_o = \frac{418,88 \cdot 0,316}{082 \cdot 36,1} = 4,471.$$

«Передаточное число первой передачи рассчитывается из условия преодоления заданного (для первой передачи) максимального сопротивления дороги, характеризующегося суммарным коэффициентом сопротивления дороги.

Передаточное число первой передачи, предварительно (без учета раздаточной коробки), рассчитывается по формуле:

$$U_1 = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_{1\max} \cdot r_o}{T_e \cdot U_o \cdot \eta_{mp} \cdot k_p}, \quad (29)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\psi_{1\max}$  – суммарный коэффициент сопротивления дороги на первой передаче;

$r_o$  – динамический радиус колеса автомобиля, для упрощения расчетов принимаем равным статическому радиусу колеса;

$T_e$  – максимальный крутящий момент двигателя;

$U_o$  – передаточное число главной передачи;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;

$k_p$  – коэффициент коррекции, принимаем равным 0,95» [5].

$$U_1 = \frac{2480 \cdot 9,82 \cdot 0,61 \cdot 0,310}{210 \cdot 4,471 \cdot 0,85 \cdot 0,95} = 6,074.$$

«Определяем передаточное число низшей передачи раздаточной коробки по формуле:

$$U_{PK2} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_{1\max} \cdot r_o}{T_{\max} \cdot U_o \cdot U_1 \cdot \eta_{mp} \cdot k_p \cdot \psi}, \quad (30)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\psi_{1\max}$  – суммарный коэффициент сопротивления дороги на первой передаче;

$r_o$  – динамический радиус колеса автомобиля, для упрощения расчетов принимаем равным статическому радиусу колеса;

$T_{\max}$  – максимальный крутящий момент двигателя;

$U_o$  – передаточное число главной передачи;

$U_1$  – передаточное число первой передачи;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;

$k_p$  – коэффициент коррекции, принимаем равным 0,95;

$\psi$  – коэффициент сопротивления дороги, из условия отсутствия буксования шины принимаем равным 0,55» [30].

$$U_{PK2} = \frac{2480 \cdot 9,82 \cdot 0,61 \cdot 0,310}{210 \cdot 4,471 \cdot 6,074 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,55} = 1,497.$$

«Передаточное число первой передачи с учетом раздаточной коробки определяется по формуле:

$$U_1 = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_{1\max} \cdot r_\partial}{T_{\max} \cdot U_o \cdot U_{PK2} \cdot \eta_{mp} \cdot k_p}, \quad (31)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\psi_{1\max}$  – суммарный коэффициент сопротивления дороги на первой передаче;

$r_\partial$  – динамический радиус колеса автомобиля, для упрощения расчетов принимаем равным статическому радиусу колеса;

$T_{\max}$  – максимальный крутящий момент двигателя;

$U_o$  – передаточное число главной передачи;

$U_{PK2}$  – передаточное число низшей передачи раздаточной коробки;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;

$k_p$  – коэффициент коррекции, принимаем равным 0,95» [5].

$$U_1 = \frac{2480 \cdot 9,82 \cdot 0,61 \cdot 0,310}{210 \cdot 4,471 \cdot 1,497 \cdot 0,85 \cdot 0,95} = 4,057 .$$

«Передаточное число первой передачи должно быть проверено по условию сцепления с дорогой. Максимальный угол подъема, преодолеваемый автомобилем  $\alpha = 30^\circ$ , а коэффициент сцепления шины с дорогой составляет  $\phi_x = 0,8$ .

Передаточное число первой передачи по условию сцепления с дорогой должно быть больше значения рассчитанного ранее:

$$\frac{F_c \cdot r_k}{T_{\max} \cdot U_o \cdot U_{pk} \cdot \eta_{mp} \cdot k_p} > U_1, \quad (32)$$

где  $r_k$  – радиус качения колеса автомобиля;

$T_{\max}$  – максимальный крутящий момент двигателя;

$U_o$  – передаточное число главной передачи;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;

$k_p$  – коэффициент коррекции;

$F_c$  – сила тяги по сцеплению, определяется по формуле (33):

$$F_c = R_z \cdot \phi_x, \quad (33)$$

где  $R_z$  – нормальная сила, приходящаяся на колеса автомобиля, определяется по формуле (34);

$\phi_x$  – коэффициент сцепления шины с дорогой,  $\phi_x = 0,8$ .

$$R_z = m_a \cdot g \cdot \cos(\alpha), \quad (34)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\alpha$  – максимальный угол подъема, преодолеваемый автомобилем» [5].

$$R_z = 2480 \cdot 9,82 \cdot \cos(30^\circ) = 21090,8 \text{ Н},$$

$$F_c = 21090,8 \cdot 0,8 = 16872,6 \text{ Н},$$

$$\frac{16872,6 \cdot 0,316}{210 \cdot 4,471 \cdot 1,497 \cdot 0,85 \cdot 0,95} = 4,697 > 4,057.$$

Условие выполняется, значит, расчет передаточного числа первой передачи выполнен правильно.

«Передаточные числа остальных передач рассчитываем из тех соображений, что общий ряд передаточных чисел должен представлять собой геометрическую прогрессию или гармонический ряд, а также учитывая, что КП является пятиступенчатой с четвертой прямой передачей и высшей ускоряющей.

Расчет ведем по следующим формулам (35, 36).

$$U_i = \sqrt[n-i]{(U_1)^{n-i} \cdot (1)^{i-1}}, \quad (35)$$

$$U_i = \frac{U_1}{(i-1) \cdot \frac{U_1-1}{n-1} + 1} \gg [5]. \quad (36)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет передаточных чисел КПП

№ передачи	1	2	3	4	5	1р	2р	3р	4р	5р
Геометрическая прогрессия	4,06	2,54	1,59	1	0,82	6,08	3,80	2,38	1,49	1,23
Гармонический ряд	4,06	2,00	1,34	1	0,82	6,08	2,99	2,01	1,49	1,23

Наиболее приближены значения передаточных чисел КПП к прототипу у геометрической прогрессии. Поэтому принимаем передаточные числа КПП:  $U_1 = 4,06$ ;  $U_2 = 2,54$ ;  $U_3 = 1,59$ ;  $U_4 = 1$ ;  $U_5 = 0,82$ .

«Скорость вращения коленвала двигателя автомобиля определяется по формуле:

$$\omega_e = n_e \cdot \frac{\pi}{30}, \quad (37)$$

Зависимость мощности двигателя и крутящего момента от угловой скорости вращения описывается следующими выражениями, соответственно:

$$P_e(\omega_e) = P_{e\max} \cdot \left[ a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_{pe}} + b \cdot \left( \frac{\omega_e}{\omega_{pe}} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{\omega_e}{\omega_{pe}} \right)^3 \right], \quad (38)$$

$$T_e(\omega_e) = \frac{P_e(\omega_e)}{\omega_e} \cdot 1000 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (39)$$

где  $P_{e\max}$  – максимальная мощность двигателя;

$\omega_{pe}$  – угловая скорость вращения коленвала двигателя при максимальной мощности;

a, b, c – коэффициенты эмпирического уравнения» [9].

Результаты расчетов сводим в таблицу 2 и по этим данным строим график внешней скоростной характеристики (рисунок 10).

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика

$n$ , мин <sup>-1</sup>	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
$\omega_e$ , рад/с	104,7	157,1	209,4	261,8	314,2	366,5	418,9	471,2
$P_e$ , кВт	18,1	30,4	43,1	54,9	64,7	70,9	72,4	67,9
$T_e$ , Н·м	172,8	193,4	205,7	209,9	205,8	193,5	172,9	144,2

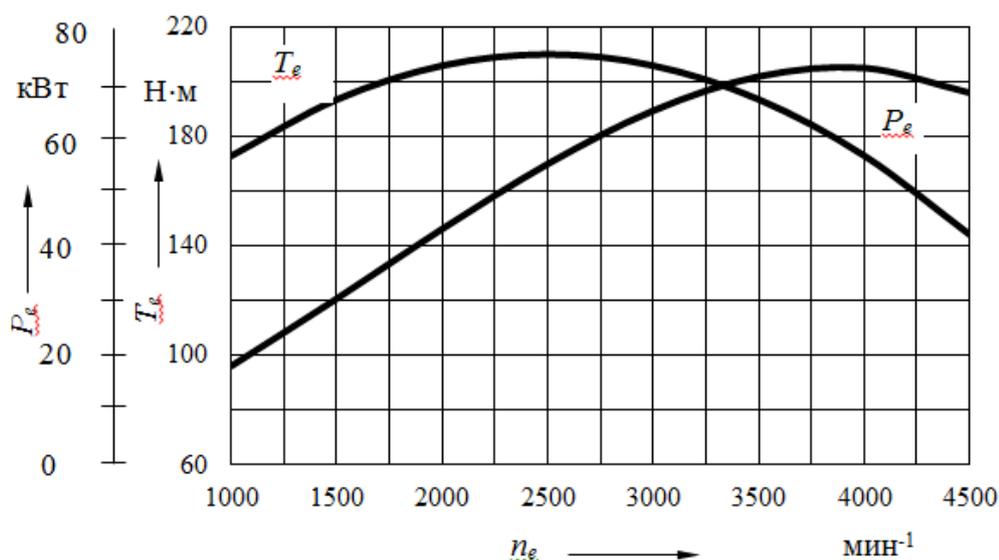


Рисунок 10 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

«Динамическая характеристика – зависимость динамического фактора от скорости движения автомобиля на различных передачах. В каждой расчетной точке на каждой передаче динамический фактор рассчитывается по формуле (40):

$$D = \frac{F_c}{m_a \cdot g}, \quad (40)$$

где  $F_c$  – свободная сила;

$m_a$  – полная масса автомобиля» [10].

«Определяем свободную силу тяги по формуле (41):

$$F_c = F_t - F_w, \quad (41)$$

где  $F_t$  – сила тяги автомобиля, определяется по формуле (42);

$F_w$  – сила сопротивления воздуха, определяется по формуле (43):

$$F_t = T_e \cdot U_o \cdot U_i \cdot \frac{\eta_{mp}}{r_o}, \quad (42)$$

где  $T_e$  – крутящий момент двигателя;

$U_o$  – передаточное число главной передачи;

$U_i$  – передаточное число КПП на  $i$ -ой передачи;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;

$r_o$  – динамический радиус колеса автомобиля.

$$F_w = k_s \cdot A \cdot V_a^2, \quad (43)$$

где  $k_s$  – коэффициент сопротивления воздуха;

$A$  – лобовая площадь автомобиля;

$V_a$  – скорость движения автомобиля, определяется по формуле (44):

$$V_a = \frac{\omega_e \cdot r_k}{U_o \cdot U_i}. \quad (44)$$

Для построения графика мощностного баланса необходимо рассчитать тяговую мощность, мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления воздуха и мощность, на преодоление сопротивления качению по следующим формулам (45-47) соответственно:

$$P_t = F_t \cdot \frac{V_a}{1000}, \quad (45)$$

$$P_w = F_w \cdot \frac{V_a}{1000}, \quad (46)$$

$$P_k = m_a \cdot g \cdot [f_o + 7 \cdot 10^{-6} \cdot V_a^2] \cdot \frac{V_a}{1000}, \quad (47)$$

где  $F_t$  – сила тяги;

$F_w$  – сила сопротивления воздуха» [13].

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты тягового расчета

Передача	n, мин-1	$\omega$ , рад/ с	$V_a$ , м/с	$F_t$ , Н	$F_w$ , Н	$F_c$ , Н	$D$	$P_t$ , кВт	$P_w$ , кВт	$P_k$ , кВт
1	1000	104,7	1,8	9106	3,0	9103	0,374	16,7	0,005	0,8
	1500	157,1	2,7	10192	6,8	10185	0,418	27,9	0,019	1,2
	2000	209,4	3,7	10840	12,1	10828	0,445	39,5	0,044	1,6
	2500	261,8	4,6	11062	18,8	11043	0,453	50,4	0,086	2,0
	3000	314,3	5,8	10840	27,1	10813	0,444	59,3	0,148	2,4
	3500	366,5	6,4	10198	36,9	10161	0,417	65,1	0,235	2,8
	4000	418,9	7,3	9112	48,2	9064	0,372	66,4	0,351	3,3
2	1000	104,7	2,9	5697	7,7	5689	0,234	16,6	0,022	1,3
	1500	157,1	4,4	6376	17,3	6359	0,261	27,9	0,076	1,9
	2000	209,4	5,8	6782	30,8	6751	0,277	39,5	0,179	2,6
	2500	261,8	7,3	6920	48,1	6872	0,282	50,4	0,35	3,3
	3000	314,2	8,74	6782	69,2	6712	0,276	59,3	0,605	4,0
	3500	366,5	10,2	6380	94,2	6286	0,258	65,1	0,961	4,7
	4000	418,9	11,6	5700	123	5578	0,229	66,4	1,434	5,4
3	1000	104,7	4,7	3566	19,6	3547	0,146	16,6	0,091	2,1
	1500	157,1	7,0	3992	44,2	3947	0,162	27,9	0,308	3,1
	2000	209,4	9,3	4245	78,5	4167	0,171	39,5	0,731	4,2
	2500	261,8	11,6	4332	123	4209	0,173	50,4	1,427	5,4
	3000	314,2	13,9	4245	177	4069	0,167	59,3	2,466	6,6
	3500	366,5	16,3	3994	240	3753	0,154	65,1	3,916	7,9
	4000	418,9	18,6	3568	314	3254	0,134	66,4	5,846	9,3

Продолжение таблицы 3

Передача	$n$ , мин-1	$\omega$ , рад/ с	$V_a$ , м/с	$F_t$ , Н	$F_w$ , Н	$F_c$ , Н	$D$	$P_t$ , кВт	$P_w$ , кВт	$P_k$ , кВт
4	1000	104,7	7,4	2243	49,6	2193	0,09	16,6	0,367	3,3
	1500	157,1	11,1	2510	112	2399	0,098	27,9	1,239	5,1
	2000	209,4	14,8	2670	198	2472	0,101	39,5	2,937	7,0
	2500	261,8	18,5	2725	310	2415	0,099	50,4	5,737	9,2
	3000	314,2	22,2	2670	446	2224	0,091	59,3	9,914	11,6
	3500	366,5	25,9	2512	608	1904	0,1	65,1	15,7	14,3
	4000	418,9	29,6	2244	794	1451	0,1	66,4	23,5	17,4
5	1000	104,7	9,03	1839	73,8	1765	0,072	16,6	0,666	4,1
	1500	157,1	13,5	2059	166	1893	0,078	27,87	2,248	6,4
	2000	209,4	18,1	2189	295	1894	0,078	39,52	5,327	8,9
	2500	261,8	22,6	2234	461	1773	0,073	50,41	10,41	11,85
	3000	314,2	27,1	2189	664	1525	0,063	59,27	17,98	15,25
	3500	366,5	31,6	2060	904	1156	0,047	65,06	28,55	19,22
	4000	418,9	36,1	1840	1180	659,9	0,027	66,44	42,62	23,85
1p	1000	104,7	1,22	13637	1,3	13636	0,56	16,6	0,002	0,534
	1500	157,1	1,83	15263	3	15260	0,627	27,87	0,006	0,801
	2000	209,4	2,43	16234	5,4	16229	0,666	39,52	0,013	1,07
	2500	261,8	3,04	16565	8,4	16557	0,68	50,41	0,026	1,339
	3000	314,2	3,65	16234	12	16222	0,666	59,27	0,044	1,609
	3500	366,5	4,26	15271	16	15255	0,626	65,06	0,07	1,881
	4000	418,9	4,87	13645	21	13624	0,559	66,44	0,105	2,154
2p	1000	104,7	1,95	8523	3,4	8520	0,35	16,6	0,007	0,855
	1500	157,1	2,92	9539	7,7	9532	0,391	27,87	0,023	1,285
	2000	209,4	3,9	10146	14	10132	0,416	39,52	0,054	1,718
	2500	261,8	4,87	10353	21	10332	0,424	50,41	0,105	2,154
	3000	314,2	5,84	10146	31	10115	0,415	59,27	0,181	2,595
	3500	366,5	6,82	9544	42	9502	0,39	65,06	0,287	3,042
	4000	418,9	7,79	8528	55	8473	0,348	66,44	0,428	3,496
3p	1000	104,7	3,11	5338	8,8	5330	0,219	16,6	0,027	1,368
	1500	157,1	4,66	5975	20	5955	0,245	27,87	0,092	2,062
	2000	209,4	6,22	6355	35	6320	0,259	39,52	0,218	2,767
	2500	261,8	7,77	6484	55	6430	0,264	50,41	0,426	3,488
	3000	314,2	9,33	6355	79	6276	0,258	59,27	0,735	4,228
	3500	366,5	10,9	5978	107	5871	0,241	65,06	1,168	4,991
	4000	418,9	12,4	5341	140	5201	0,214	66,44	1,743	5,781
4p	1000	104,7	4,97	3342	22	3320	0,136	16,6	0,111	2,198
	1500	157,1	7,45	3740	50	3690	0,152	27,87	0,375	3,337
	2000	209,4	9,93	3978	89	3889	0,16	39,52	0,888	4,522
	2500	261,8	12,4	4060	140	3920	0,161	50,41	1,734	5,77
	3000	314,2	14,9	3978	201	3777	0,155	59,27	2,997	7,097
	3500	366,5	17,4	3742	274	3469	0,142	65,06	4,759	8,517
	4000	418,9	19,9	3344	358	2986	0,123	66,44	7,104	10,05
5p	1000	104,7	6,07	2736	33	2703	0,111	16,6	0,202	2,697
	1500	157,1	9,1	3063	75	2988	0,123	27,87	0,682	4,118
	2000	209,4	12,1	3257	133	3124	0,128	39,52	1,618	5,623
	2500	261,8	15,2	3324	208	3116	0,128	50,41	3,159	7,243
	3000	314,2	18,2	3257	300	2957	0,121	59,27	5,46	9,006
	3500	366,5	21,3	3064	408	2656	0,109	65,06	8,67	10,94

По результатам расчетов строим графики (рисунки 11, 12, 13).

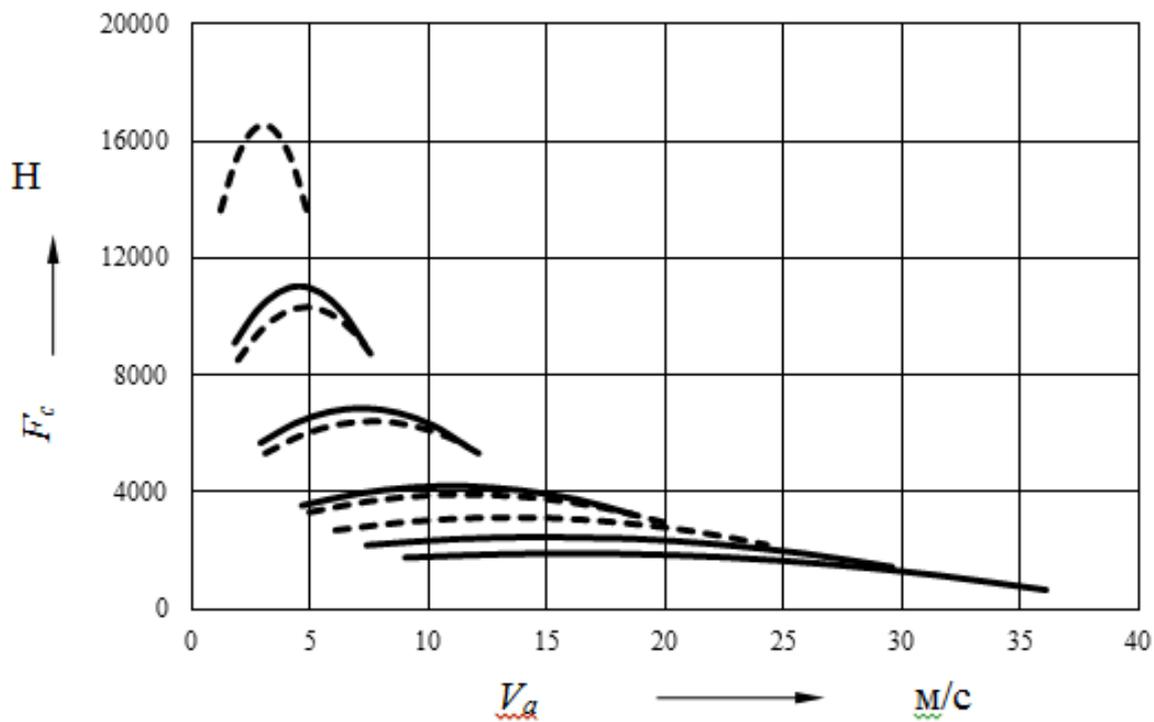


Рисунок 11 – Тяговая характеристика автомобиля

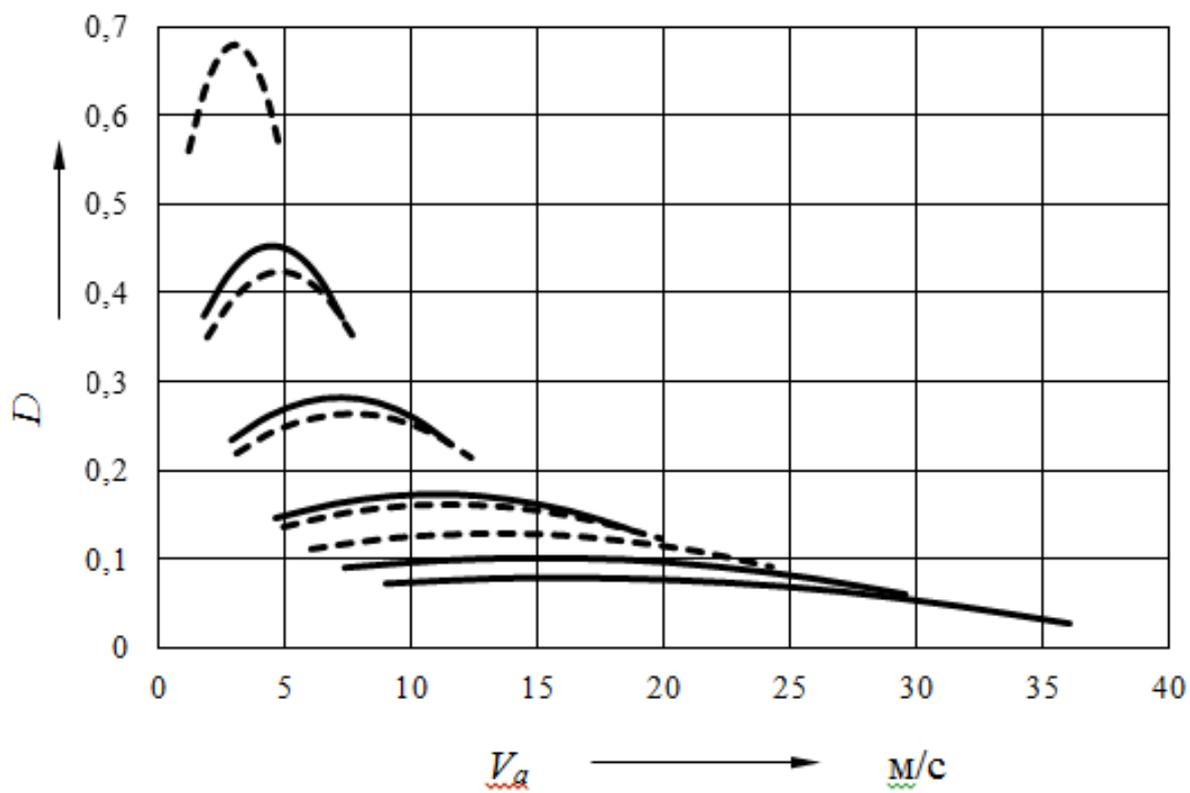


Рисунок 12 – Динамическая характеристика автомобиля

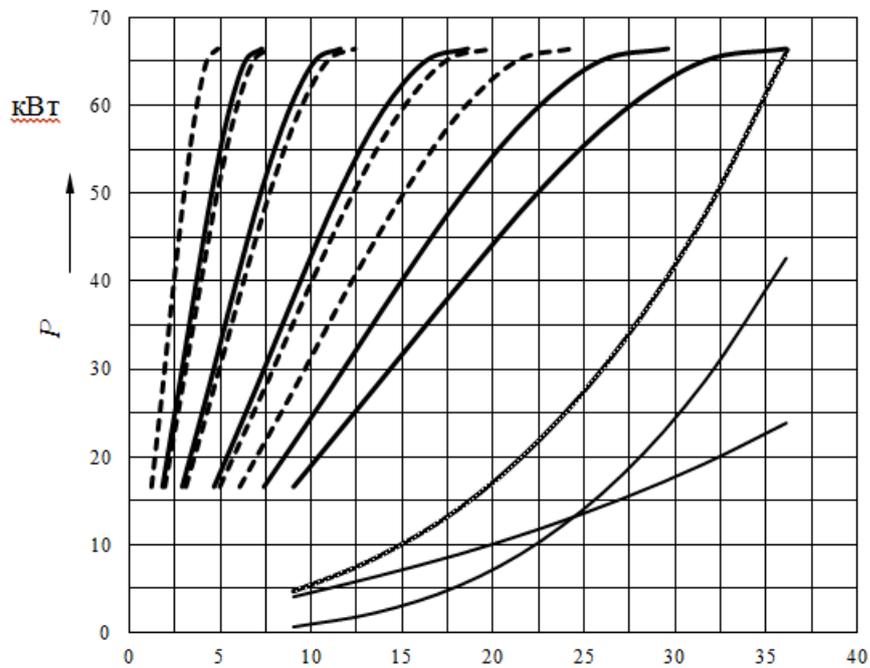


Рисунок 13 – Мощностной баланс автомобиля

«Ускорение автомобиля в каждой расчетной точке определяется:

$$J = (D - \psi) \cdot \frac{g}{\delta_{ep}}, \quad (48)$$

где  $D$  – динамический фактор;

$\psi$  – коэффициент сопротивления дороги, при расчете ускорения на всех передачах значение  $\psi$  принимается равным коэффициенту сопротивления качению  $f$ ;

$\delta_{ep}$  – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс автомобиля, определяется по формуле (49):

$$\delta_{ep} = 1 + \frac{I_M \cdot U_{mp}^2 \cdot \eta_{mp} + \Sigma I_k}{m_a \cdot r_k \cdot r_d}, \quad (49)$$

где  $I_M$  – момент инерции маховика двигателя и деталей трансмиссии, связанных с ним (принимается равным данным аналога 0,36 кг·м<sup>2</sup>);

$\Sigma I_k$  – суммарный момент инерции колес (принимается 11,6 кг·м<sup>2</sup>)» [19].

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Ускорения автомобиля и величины обратные ускорению

Передача	1	2	3	4	5	1р	2р	3р	4р	5р
$\delta_{ep}$	1,48	1,22	1,11	1,07	1,07	2,01	1,42	1,2	1,11	1,09
$n, \text{мин}^{-1}$	$J, \text{м/с}^2$									
1000	2,36	1,74	1,12	0,66	0,5	2,65	2,29	1,65	1,05	0,84
1500	2,66	1,96	1,27	0,73	0,54	2,97	2,57	1,86	1,18	0,94
2000	2,84	2,09	1,34	0,75	0,53	3,17	2,74	1,98	1,25	0,99
2500	2,89	2,13	1,36	0,72	0,47	3,23	2,8	2,02	1,26	0,98
3000	2,83	2,08	1,3	0,64	0,36	3,16	2,74	1,96	1,2	0,91
3500	2,65	1,93	1,18	0,51	0,21	2,97	2,56	1,83	1,09	0,79
4000	2,35	1,7	1	0,32	0	2,64	2,27	1,6	0,9	0,62
$n, \text{мин}^{-1}$	$1 / J, \text{с}^2/\text{м}$									
1000	0,42	0,57	0,89	1,53	2,01	0,38	0,44	0,61	0,95	1,19
1500	0,38	0,51	0,79	1,37	1,86	0,34	0,39	0,54	0,85	1,06
2000	0,35	0,48	0,74	1,33	1,89	0,32	0,36	0,5	0,8	1,01
2500	0,35	0,47	0,74	1,39	2,12	0,31	0,36	0,5	0,79	1,02
3000	0,35	0,48	0,77	1,57	2,75	0,32	0,37	0,51	0,83	1,09
3500	0,38	0,52	0,84	1,97	4,83	0,34	0,39	0,55	0,92	1,26
4000	0,43	0,59	1	3,09	–	0,38	0,44	0,63	1,11	1,62

По данным таблицы строим графики ускорений автомобиля (рисунки 14, 15).

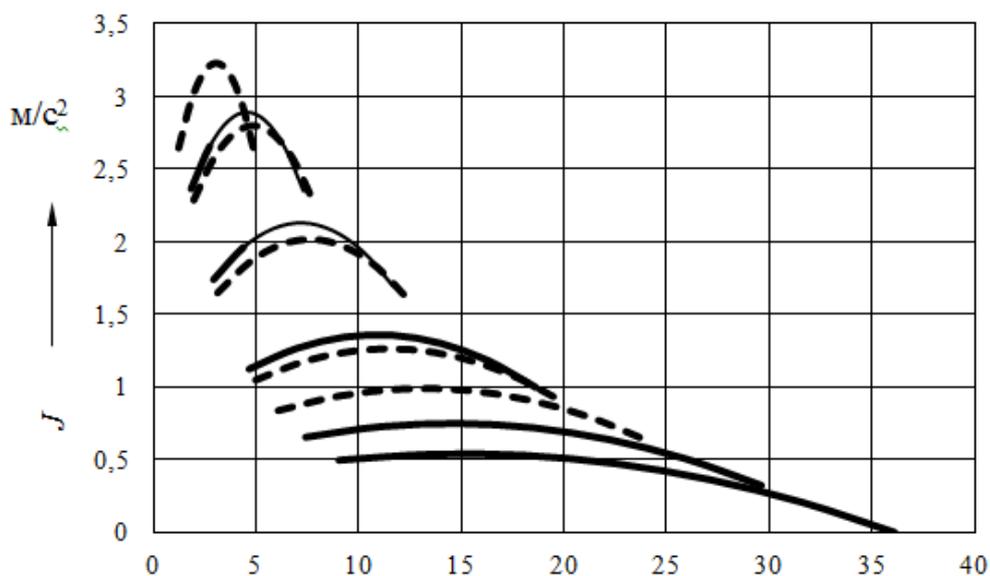


Рисунок 14 – График ускорений автомобиля

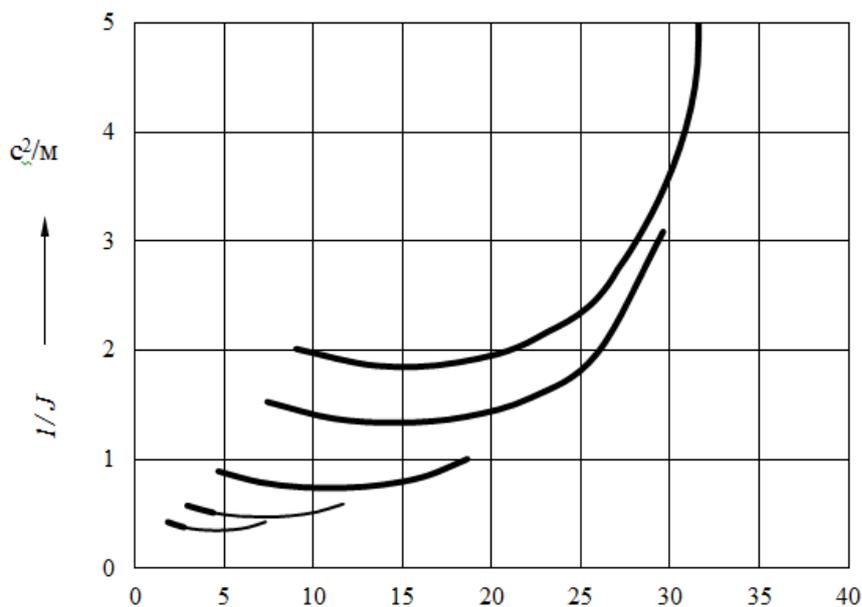


Рисунок 15 – График величин обратных ускорениям

«Расчет времени разгона автомобиля основан на определении как первой производной от скорости по времени  $J = dV/dt$ , отсюда время разгона в конечном интервале изменения скоростей выражается как определенный интеграл (формула (50):

$$t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{dV}{J}. \quad (50)$$

Методика расчета пути разгона аналогична той, что использовалась для расчета времени разгона. Скорость есть первая производная от пути по времени, следовательно, путь разгона автомобиля в конечном интервале скорости определится из выражения (формула 51):

$$S = \int_{t_1}^{t_2} V \cdot dt \gg [16]. \quad (51)$$

Результат расчета сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчет времени и пути разгона

Передача	Единицы измерения	№ интервала					
		1	2	3	4	5	6
1	$V_{cp}$ , м/с	2,279	3,19	4,102	5,013	5,925	6,836
	$t$ , с	0,363	0,695	1,013	1,331	1,664	2,028
	$S$ , м	0,827	1,058	1,305	1,597	1,97	2,491
2	$V_{cp}$ , м/с	3,642	5,099	6,556	8,013	9,47	10,93
	$t$ , с	0,787	1,506	2,196	2,888	3,615	4,418
	$S$ , м	2,866	3,665	4,525	5,55	6,882	8,772
3	$V_{cp}$ , м/с	5,819	8,146	10,47	12,8	15,13	17,46
	$t$ , с	1,946	3,728	5,451	7,202	9,074	11,21
	$S$ , м	11,33	14,52	18,05	22,41	28,32	37,24
4	$V_{cp}$ , м/с	9,252	12,95	16,65	20,35	24,05	27,76
	$t$ , с	5,349	10,36	15,39	20,84	27,3	36,2
	$S$ , м	49,48	64,87	83,87	110,9	155,3	247,1
5	$V_{cp}$ , м/с	11,28	15,8	20,31	24,82	29,33	33,85
	$t$ , с	8,715	17,16	26,17	36,96	52,75	96,38
	$S$ , м	98,33	133,4	182,9	267,8	463,4	1477

По рассчитанным данным строим графики 16 и 17.

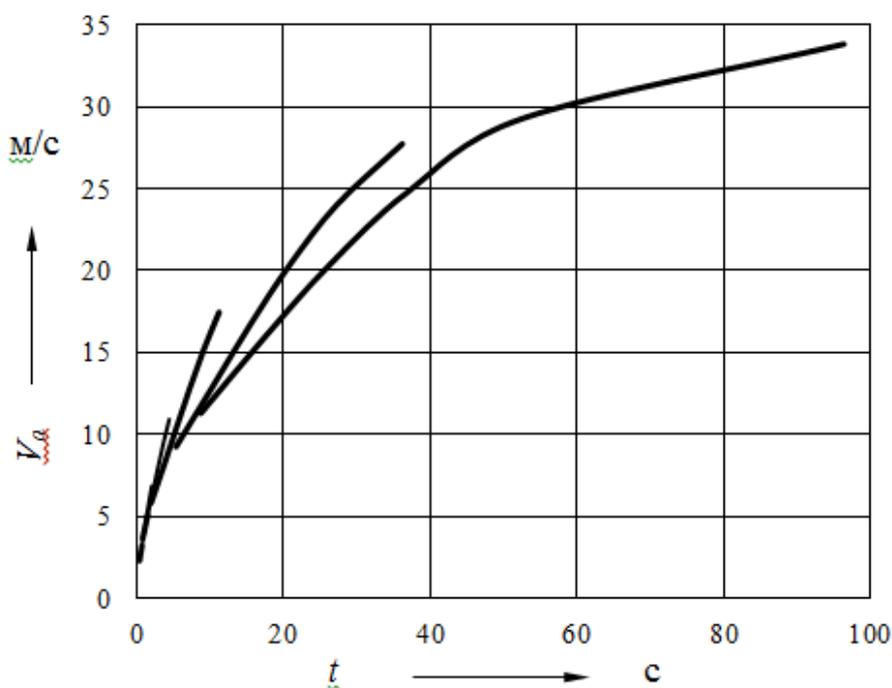


Рисунок 16 – График времени разгона

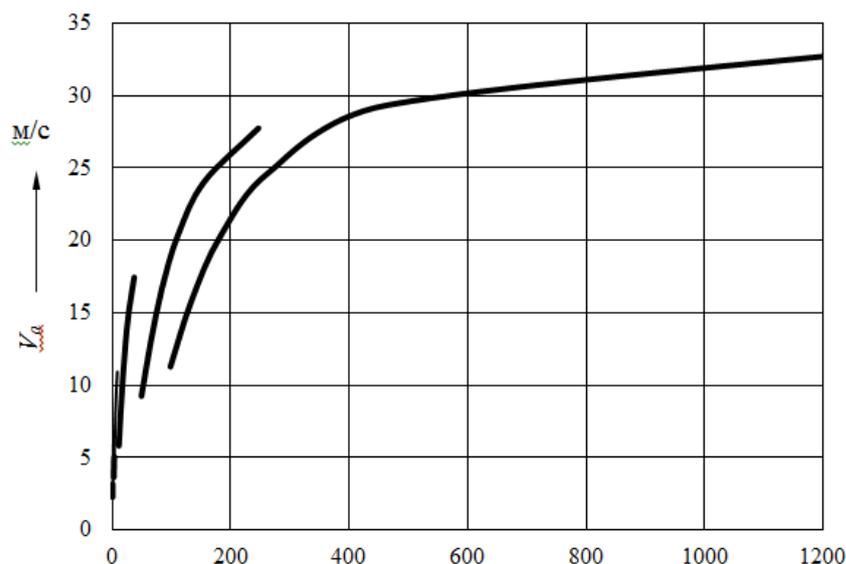


Рисунок 17 – График пути разгона

«Топливную экономичность автомобиля будем оценивать с помощью путевого расхода топлива на различных передачах по формуле:

$$Q_s = \frac{g_{ePe} \cdot k_u \cdot k_w \cdot (P_\psi + P_w)}{36 \cdot V_a \cdot \rho \cdot \eta_{mp}}, \quad (52)$$

где  $g_{ePe}$  – удельный расход топлива при максимальной мощности

двигателя, принимаем равным 313 г/кВт ч;

$k_u$  – коэффициент, учитывающий влияние, на расход топлива, степени использования мощности двигателя;

$k_w$  – коэффициент, учитывающий влияние, на расход топлива, степень использования скоростного режима двигателя;

$V_a$  – скорость движения автомобиля;

$P_w$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

$P_\psi$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления дороги, определяется по формуле (54);

$\rho$  – плотность топлива, для бензина принимаем равным 0,71 кг/дм<sup>3</sup>;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии.

$$k_w = 3,27 - 8,22 \cdot u + 9,13 \cdot u^2 - 3,18 \cdot u^3, \quad (53)$$

$$u = \frac{P_\psi + P_w}{\eta_{mp} \cdot P_e},$$

$$k_w = 1,25 - 0,99 \cdot e + 0,88 \cdot e^2 - 0,24 \cdot e^3,$$

$$e = \frac{\omega_e}{\omega_{Pe}},$$

$$P_\psi = \psi \cdot m_a \cdot g \cdot V_a \cdot 10^{-3}, \quad (54)$$

где  $\psi$  – коэффициент сопротивления дороги, принимается равным для различных передач  $\psi_1 = 0,114$ ;  $\psi_2 = 0,08$ ;  $\psi_3 = 0,06$ ;  $\psi_4 = 0,04$ ;  $\psi_5 = 0,02$  » [19].

Результаты расчетов сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Путь расход топлива

$\psi$	V, км/ч	e	u	$k_w$	$k_u$	$Q_s$ , л/100км
0,114	1,82	0,25	0,2993	1,0538	1,5424	59,241
	2,73	0,375	0,2679	0,9898	1,662	60,059
	3,65	0,5	0,253	0,945	1,7232	59,563
	4,56	0,625	0,2485	0,9164	1,7422	58,544
	5,47	0,75	0,2541	0,9013	1,7185	56,966
	6,38	0,875	0,2713	0,8967	1,6486	54,571
	7,29	1	0,3046	0,9	1,5233	50,82
0,08	2,91	0,25	0,349	1,0538	1,378	38,603
	4,37	0,375	0,3139	0,9898	1,4912	39,437
	5,83	0,5	0,2972	0,945	1,5499	39,4
	7,28	0,625	0,2936	0,9164	1,563	38,869
	8,74	0,75	0,3028	0,9013	1,53	37,815
	10,2	0,875	0,3262	0,8967	1,4498	36,096
	11,6	1	0,3683	0,9	1,3222	33,514
0,06	4,66	0,25	0,4232	1,0538	1,1855	25,144
	4,66	0,25	0,4232	1,0538	1,1855	25,144
	6,98	0,375	0,3839	0,9898	1,28	25,925
	9,31	0,5	0,3693	0,945	1,3194	26,096
	11,6	0,625	0,3713	0,9164	1,3138	25,928
	13,9	0,75	0,3911	0,9013	1,2614	25,324
	16,3	0,875	0,4343	0,8967	1,1617	24,096
	18,6	1	0,5061	0,9	1,0361	22,509

Продолжение таблицы 6

$\psi$	$V$ , км/ч	$e$	$u$	$k_w$	$k_u$	$Q_s$ , л/100км
0,04	7,4	0,25	0,4646	1,0538	1,1028	16,172
	11,1	0,375	0,4404	0,9898	1,1491	16,788
	14,8	0,5	0,4471	0,945	1,1357	17,108
	18,5	0,625	0,4801	0,9164	1,0761	17,218
	22,2	0,75	0,5417	0,9013	0,9909	17,251
	25,9	0,875	0,6417	0,8967	0,9145	17,639
	29,6	1	0,8023	0,9	0,9097	19,685
0,02	9,03	0,25	0,3106	1,0538	1,5024	12,07
	13,5	0,375	0,3225	0,9898	1,4621	12,86
	18,1	0,5	0,3645	0,945	1,3329	13,384
	22,6	0,625	0,4329	0,9164	1,1645	13,753
	27,1	0,75	0,5356	0,9013	0,9978	14,072
	31,6	0,875	0,6884	0,8967	0,9006	15,274
	36,1	1	0,9231	0,9	0,9606	19,611

По результатам расчетов строим график (рисунок 18).

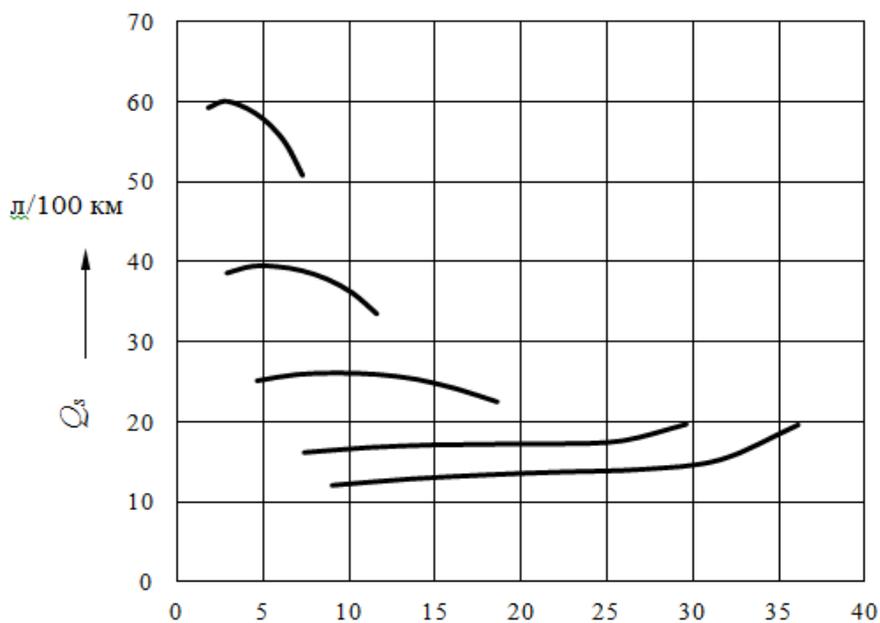


Рисунок 18 – График путевого расхода топлива

«Удельный расход топлива определяется по формуле (55):

$$g_e = g_{Pe} \cdot k_u \cdot k_w, \quad (55)$$

где  $g_{Pe}$  – удельный расход топлива при максимальной мощности;

$k_u$  – коэффициент, учитывающий влияние на расход топлива, степени использования мощности двигателя (формула 56);

$k_w$  – коэффициент, учитывающий влияние на расход топлива, степени использования скоростного режима двигателя.

$$k_u = 3,27 - 8,22 \cdot u + 9,13 \cdot u^2 - 3,18 \cdot u^3, \quad (56)$$

$$u = \frac{P}{\eta_{mp} \cdot P_e},$$

$$k_w = 1,25 - 0,99 \cdot e + 0,88 \cdot e^2 - 0,24 \cdot e^3, \quad (57)$$

$$e = \frac{n_e}{n_{Pe}}.$$

Часовой расход топлива определяется по формуле:

$$G_t = g_e \cdot P \cdot 10^{-3} \gg [21]. \quad (58)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 7 и таблицу 8.

Таблица 7 – Удельный расход топлива

$u, \%$	20	40	60	80	100
$n, \text{мин}^{-1}$	$g_e, \text{Г/(кВт ч)}$				
1000	648,39	408,76	309,36	299,84	329,84
2000	581,44	366,56	277,42	268,88	295,79
3000	561,75	354,15	268,03	259,78	285,77
4000	553,75	349,11	264,21	256,08	281,7

Таблица 8 – Удельный расход топлива

1	20	40	60	80	100
$n, \text{мин}^{-1}$	$G_t, \text{кг/ч}$				
1000	2,35	2,96	3,36	4,34	5,97
2000	5,01	6,32	7,17	9,27	12,75
3000	7,26	9,16	10,4	13,4	18,47
4000	8,02	10,1	11,5	14,8	20,41

По результатам расчетов строим графики нагрузочной характеристики (рисунки 19, 20).

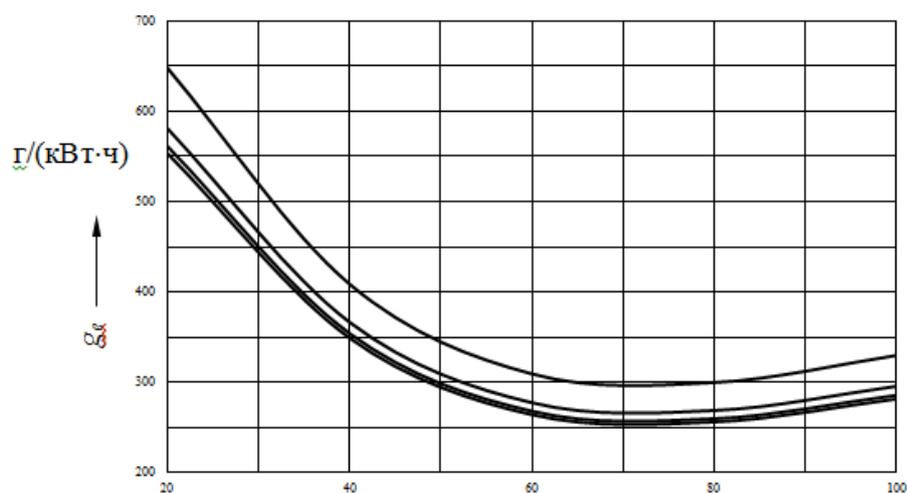


Рисунок 19 – Нагрузочная характеристика автомобиля (удельный расход топлива)

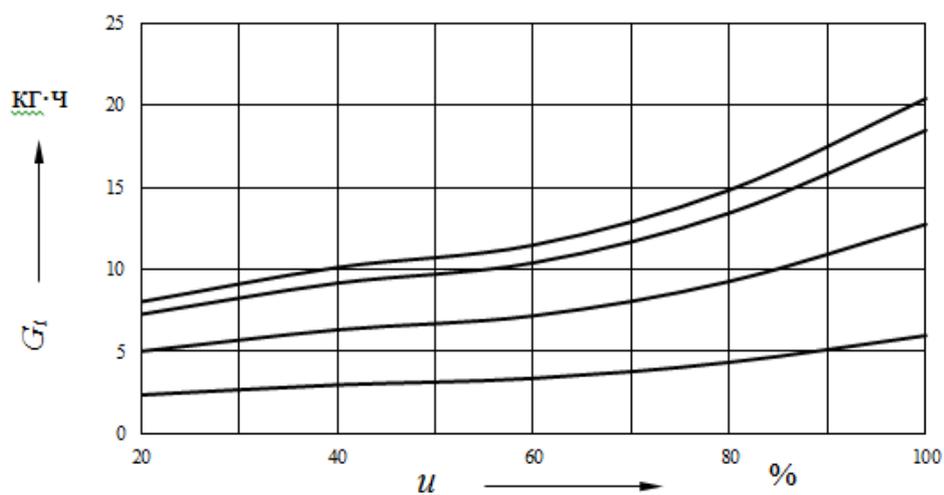


Рисунок 20 – Нагрузочная характеристика автомобиля

Выводы по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчет автомобиля УАЗ-3163. Тягово-динамический расчет позволяет оптимизировать работу автомобиля, улучшить его производительность и экономичность. На основе результатов расчета можно принимать решения по модификации автомобиля, выбору оптимальной стратегии вождения и другим вопросам, связанным с его эксплуатацией.

### 3 Конструкторская часть

Конструкторская разработка – это процесс создания нового продукта или устройства, начиная с идеи и заканчивая готовым прототипом. В этот процесс включены проектирование, тестирование, моделирование, анализ, выбор материалов и компонентов, а также создание документации и спецификаций. Она требует тщательного планирования, согласования требований с заказчиком, постановки задач и контроля за выполнением работ. Важными этапами конструкторской разработки являются: исследование и анализ рынка, определение потребностей пользователей, создание концепции продукта, проектирование, создание прототипа, тестирование и внесение корректировок. Конструкторская разработка является ключевым этапом в процессе создания новых продуктов и играет важную роль в инновационном развитии компаний.

#### 3.1 Выбор компоновочной схемы рулевого управления

«Расчетный момент сопротивления повороту на цапфах управляемых колес определяют из уравнений движения по криволинейной траектории с минимально возможной скоростью по зависимости (59):

$$T_{c\Sigma} = T_f + T_\varphi + T_h, \quad (59)$$

где  $T_f$  – момент сопротивления качению колес;

$T_\varphi$  – момент сопротивления скольжению, возникающий при повороте колес на месте;

$T_h$  – момент сопротивления, обусловленный наличием углов наклона осей поворота колес.

Момент сопротивления качению колес определяется по формуле (60):

$$T_f = z \cdot G_K \cdot f_c \cdot a_K, \quad (60)$$

где  $z$  – число управляемых колес,  $z = 2$ ;

$G_K$  – вес автомобиля, приходящийся на колесо,  $G_K = 4730$  Н;

$f_c$  – коэффициент качения колеса, на асфальто-бетонном покрытии,

$f_c = 0,015$ .

$a_K$  – плечо обкатки колеса,  $a_K = 100$  мм.

$$T_f = 2 \cdot 4730 \cdot 0,015 \cdot 0,1 = 14,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления скольжению (61)

$$T_\varphi = z \cdot G_K \cdot \varphi \cdot a_\varphi, \quad (61)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления колеса с опорной поверхностью,

$\varphi = 0,7$ ;

$a_\varphi$  – плечо момента трения скольжения,  $a_\varphi = 0,057$  м» [22].

$$T_\varphi = 2 \cdot 4730 \cdot 0,7 \cdot 0,057 = 377,5 \text{ Н}.$$

«Момент сопротивления этому подъему определяют по формуле.

$$T_h = m \cdot G_K \cdot a_K \cdot [\delta_0 \cdot (\sin \alpha_B + \sin \alpha_H) + \gamma_0 \cdot (\cos \alpha_B + \cos \alpha_H)], \quad (62)$$

где  $m$  – число осей (мостов) с управляемыми колесами,  $m = 1$ ;  $\delta_0 = 8^\circ$ ,

$\gamma_0 = 30^\circ$ ;

$\alpha_B$  и  $\alpha_H$  – средние углы поворота внутренних и наружных колес автомобиля, принимаем 13,5.

$$L' = (r_T - b) \cdot \sin \alpha_{H \max}, \quad (64)$$

где  $r_T$  – радиус поворота автомобиля по внешнему управляемому колесу,  
 принимаем равным 6,4 м;  
 $b$  – вынос переднего колеса относительно оси поворота колеса,  
 $b = 114$  мм;  
 $L'$  – координата положения центра поворота,  $L' = 2$  м.

$$\sin \alpha_{H \max} = \frac{L'}{(r_T - b)} \gg [24].$$

$$\alpha_{H \max} = \frac{2}{(6,4 - 0,114)} = 0,31816 = 18,5^\circ,$$

$$\alpha_H = 0,5 \cdot \alpha_{H \max} = 9,25^\circ.$$

$$T_h = 1 \cdot 4730 \cdot 0,1 \cdot [0,1396 \cdot (\sin 13,5 + \sin 9,25) + 0,5236 \cdot (\cos 13,5 + \cos 9,25)] = 511,3 \text{ Н}.$$

Выбор диаметра рулевого колеса проводят по отраслевой нормали, которая дает следующий ряд диаметров, мм: 380, 400, 425, 440, 475, 550. Выбираем диаметр, равный 425 мм.

«Угловое передаточное число рулевого привода определяется по формуле (65):

$$U_{PI} = \frac{2d\Omega}{d\alpha_n + d\alpha_l}, \quad (65)$$

где  $d\Omega$ ,  $d\alpha_n$ ,  $d\alpha_l$  – элементарные углы поворота вала сошки, цапф правого и левого колес соответственно,  $d\Omega = 20^\circ$ ,  $d\alpha_n = 13^\circ$ ,  $d\alpha_l = 9^\circ$  » [22].

$$U_{PI} = \frac{2 \cdot 20}{13 + 9} = 1,8.$$

«КПД рулевого привода определяется по формуле:

$$\eta_{PI} = \frac{\eta_{PY}}{\eta_{PM}}, \quad (66)$$

где  $\eta_{PY}$  – общий КПД рулевого управления для одной управляемой оси,

$$\eta_{PY} = 0,8;$$

$\eta_{PM}$  – КПД рулевого механизма типа винт-шариковая гайка-рейка-сектор,  $\eta_{PM} = 0,82$ » [22].

$$\eta_{PI} = \frac{0,8}{0,82} = 0,97.$$

«Силовое передаточное число рулевого привода определяем по формуле:

$$U'_{PI} = \eta_{PI} \cdot U_{PI} \text{» [22],} \quad (67)$$

$$U'_{PI} = 0,97 \cdot 1,8 = 1,75.$$

«В основу определения расчетных сил положены сила  $P_B$ , действующая от рулевого колеса в самых трудных условиях поворота, и обратные ей силы  $P_p \tau$ , действующие от управляемого колеса при одновременном наезде управляемых колес на препятствие или их неодинаковой интенсивности торможения.

Силу  $P_B$  вычисляют по формуле:

$$P_B = \frac{T_C \Sigma}{R_p \cdot \eta_{PY} \cdot u_{PY}}, \quad (68)$$

где  $R_p$  – радиус рулевого колеса,  $R_p = 0,2125$  м ;

$u_{PY}$  – угловое передаточное число,  $u_{PY} = 19,1$ » [22].

$$P_B = \frac{903}{0,2125 \cdot 0,8 \cdot 19,1} = 278 \text{ Н}.$$

«Силу  $P_p \tau$  определяют по формуле (69):

$$P_p \tau = \frac{P_\tau \cdot l_\tau \cdot \eta_{py}}{R_p \cdot u_{py}}, \quad (69)$$

где  $P_\tau$  – тормозная сила на тормозящем управляемом колесе, определяется по формуле (70);

$l_\tau$  – плечо действия тормозной силы, принимаем  $l_\tau = 100 \text{ мм}$ .

$$P_\tau = G_K \cdot m\tau_1 \cdot \varphi, \quad (70)$$

где  $m\tau_1$  – коэффициент перераспределения реакций при торможении, для асфальтобетонного покрытия  $m\tau_1 = 1,3$ » [22].

$$P_\tau = 4730 \cdot 1,3 \cdot 0,7 = 4304 \text{ Н}.$$

$$P_p \tau = \frac{4304 \cdot 0,1 \cdot 0,8}{0,2125 \cdot 19,1} = 85 \text{ Н}.$$

«Вал рулевого колеса рассчитывают на кручение по формуле:

$$\tau = \frac{T_p}{W_p}, \quad (72)$$

где  $T_p$  – крутящий момент на валу рулевого колеса (формула 73);

$W_p$  – полярный момент сопротивления сечения вала, для полого вала определяется по формуле (74).

$$T_p = P_B \cdot R_p, \quad (73)$$

$$T_p = 278 \cdot 0,2125 = 59 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$W_p = \frac{0,2 \cdot (D^4 - d^4)}{D}, \quad (74)$$

где  $D$  – наружный и внутренний диаметр,  $D = 24$  мм,  $d = 18$  мм» [22].

$$W_p = \frac{0,2 \cdot (0,024^4 - 0,018^4)}{0,024} = 1,89 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$\tau = \frac{59}{1,89 \cdot 10^{-6}} = 31,3 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м} = 31,3 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

### 3.2 Расчет рулевого механизма

«Радиальная нагрузка на шарик в винтовом устройстве механизма не должна превосходить допускаемую нагрузку.

$$P_{rш} \leq \frac{5 \cdot P_{XB}}{n_{\Gamma} \cdot z_{ш} \cdot \cos \delta_0}, \quad (75)$$

где  $P_{XB}$  – осевая сила, действующая на винт (формула 76);

$n_{\Gamma}$  – число рабочих витков в гайке,  $n_{\Gamma} = 4$ ;

$z_{ш}$  – число шариков в одном витке,  $z_{ш} = 9$ ;

$\delta_0$  – угол контакта шариков в беговой дорожке,  $\delta_0 = 45^\circ$ .

$$P_{XB} = \frac{2 \cdot P_e \cdot R_p}{d_e \cdot \text{tg}(\beta + \rho'_k)}, \quad (76)$$

где  $d_e$  – диаметр винта,  $d_e = 24$  мм;

$\beta$  – угол подъема оси винтового канала,  $\beta = 7^\circ$ ;

$\rho'_k$  – приведенный угол трения в нарезке винта,  $\rho'_k = 8^\circ$ » [27].

Схема рулевого механизма показана на рисунке 21.

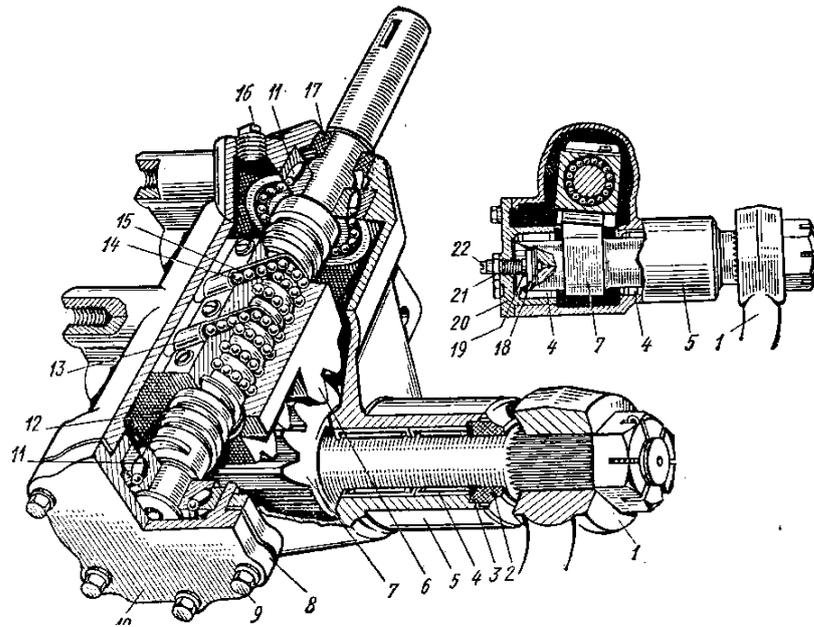


Рисунок 21 – Рулевой механизм

Подставляем значения в формулы (76, 77) и получаем.

$$P_{XB} = \frac{2 \cdot 278 \cdot 0,2125}{0,024 \cdot \operatorname{tg}15^\circ} = 18373 \text{ Н.}$$

$$P_{rIII} \leq \frac{5 \cdot 18373}{4 \cdot 9 \cdot \cos45^\circ} = 3284 \text{ МПа} \leq [P_{rIII}] = 2500 \dots 3500 \text{ МПа.}$$

«Зубья сектора рассчитывают на изгиб и контактную прочность:

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot T_{C\Sigma}}{D_0 \cdot u_{pn} \cdot \eta_{pn} \cdot y \cdot b_c \cdot t_c}, \quad (78)$$

где  $D_0$  – диаметр начальной окружности сектора,  $D_0 = 56 \text{ мм}$ ;

$y$  – коэффициент формы зуба,  $y = 3,5$ ;

$b_c$  – радиальная длина зубьев сектора,  $b_c = 10 \text{ мм}$ .

$t_c$  – шаг зубьев сектора,  $t_c = 18 \text{ мм}$  » [22].

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot 903}{0,056 \cdot 1,8 \cdot 0,97 \cdot 3,5 \cdot 0,01 \cdot 0,018} = 29,3 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_K = 0,418 \sqrt{\frac{4 \cdot T_{C\Sigma} \cdot E}{D_0^2 \cdot u_{pn} \cdot \eta_{pn} \cdot b_c \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}}, \quad (79)$$

$$\sigma_K = 0,418 \sqrt{\frac{4 \cdot 903 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{0,056^2 \cdot 1,8 \cdot 0,97 \cdot 0,01 \cdot \cos 8^\circ \cdot \sin 8^\circ}} = 135 \text{ МПа},$$

$$\sigma_K = 135 \text{ МПа} < [\sigma_K] = 150 \text{ МПа}.$$

«Передаточное отношение рулевого механизма определяется по формуле:

$$i = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{t}, \quad (80)$$

где  $m$  – модуль зуба в зацеплении поршня-рейки и вала сошки,  $m = 5$ ;

$z$  – общее количество зубьев в зацеплении,  $z = 5$ ;

$t$  – шаг винтовой передачи,  $t = 10$ » [26].

$$i = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 11}{10} = 17,27.$$

«Угол поворота сошки определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{n \cdot 360^\circ}{i} \text{ » [27],} \quad (81)$$

$$\varphi = \frac{4 \cdot 360^\circ}{17,27} = 83^\circ 34'.$$

«Число шариков винтовой передачи в рабочей части резьбы определяется по формуле:

$$z_{ш.с} = \frac{\pi \cdot D_{cp} \cdot K}{d_{ш}} - 1, \quad (82)$$

где  $D_{cp}$  – диаметр окружности, на которой располагаются центры шариков, теоретически, 25 мм;  
 $K$  – число витков в одной замкнутой рабочей цепочке 2,5;  
 $d_{ш}$  – диаметр шарика, 7,144 мм» [22].

$$z_{ш.в} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 2,5}{7,144} - 1 = 26 \text{ шт.}$$

Количество шариков в винтовой передаче принимаем 26.

### 3.3 Расчет гидроусилителя

«Производительность гидронасоса определяем по формуле:

$$Q_H = \frac{\chi \cdot 360 \cdot V_c}{\alpha_{\max} \cdot \eta_n} + \frac{\Delta Q}{\eta_n}, \quad (83)$$

где  $\chi$  – число оборотов рулевого колеса в секунду, принимаем

$$\chi = 1,5 \text{ об/сек};$$

$V_c$  – объем вытесненной рабочей жидкости при ходе поршня из края в край (формула 84);

$\alpha_{\max}$  – максимальный угол поворота рулевого колеса из одного крайнего положения в другое (формула 85);

$\eta_n$  – КПД гидронасоса, принимаем  $\eta_n = 0,85$ ;

$\Delta Q$  – внутренние утечки в системе рулевого механизма при давлении  $0,5 P_{MAX}$  принимаем  $\Delta Q = 0,8$  л/мин.

$$V_c = F \cdot S, \quad (84)$$

где  $F$  – активная площадь поршня,  $F = 40,6 \text{ см}^2$ .

$$V_c = 40,6 \cdot 2,4 = 97,7 \text{ см}^3.$$

$$\alpha_{\max} = \frac{S}{t} \cdot 360, \quad (85)$$

где  $t$  – шаг винтовой канавки поршня, принимаем  $t = 10 \text{ мм}$  » [22].

$$\alpha_{\max} = \frac{24}{10} \cdot 360 = 864^\circ.$$

Тогда:

$$Q_H = \frac{1,5 \cdot 360 \cdot 97,7}{864 \cdot 0,85} + \frac{0,8}{0,85} = 7,3 \text{ л/мин.}$$

Руководствуясь производительностью насоса принимаем насос ШНКФ 453471.098Е

«Максимальной объемной подаче 12,5 л/мин. Создаваемое давление – 9,0 + 0,5 МПа. Масса 2,5 кг» [23].

«Следующим этапом произведем расчет стенки цилиндра на разрыв, который определяется по формуле (86):

$$\sigma = \left[ \frac{0,1 \cdot r^2 + 1,3 \cdot R^2}{R^2 - r^2} \right] \cdot P_{MAX}, \quad (86)$$

где  $r$  – внутренний диаметр гидроцилиндра,  $r = 40 \text{ мм}$ ;

$R$  – наружный диаметр гидроцилиндра,  $R = 47 \text{ мм}$ ;

$P_{MAX}$  – максимальное внутреннее давление,  $P_{MAX} = 110 \text{ МПа}$  » [22].

$$\sigma = \left[ \frac{0,1 \cdot 40^2 + 1,3 \cdot 47^2}{47^2 - 40^2} \right] \cdot 110 = 5,48 \text{ МПа},$$

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma} \geq 3, \quad (87)$$

$$n = \frac{50}{5,48} = 9,123 \geq 3.$$

На рисунке 22 показано положение ротора распределителя базового гидроусилителя относительно гильзы (со смещением).

«Найдем площадь проходного сечения при повороте ротора относительно гильзы на угол  $\alpha = 5^\circ$  по формулам (88, 89):

$$S_1 = b \cdot c = 4 \cdot 1 = 4 \text{ мм}^2, \quad (88)$$

$$S_2 = a \cdot h = 22 \cdot 1 = 22 \text{ мм}^2, \quad (89)$$

где  $S_1$  – площадь контакта лыски паза ротора с пазом гильзы;

$S_2$  – площадь контакта паза ротора с пазом гильзы» [26].

Отсюда общая площадь определяется по формуле (90):

$$S = S_1 + S_2 = 4 + 22 = 26 \text{ мм}^2. \quad (90)$$

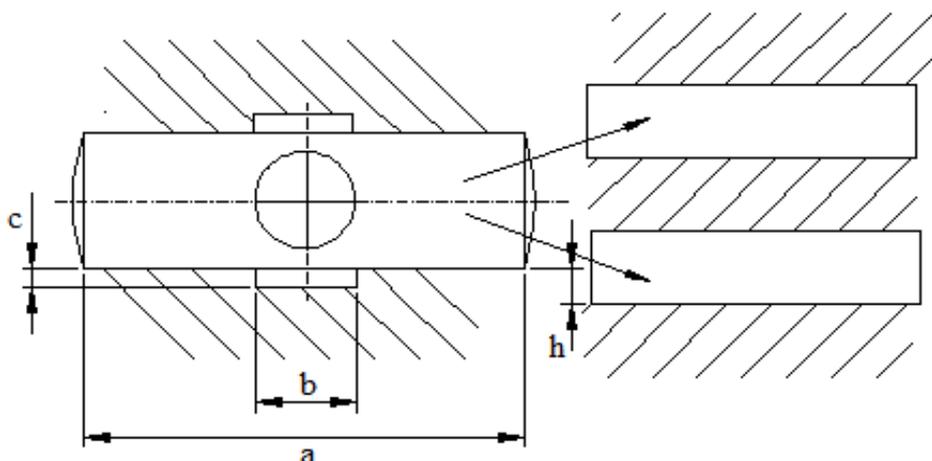


Рисунок 22 – Расчет площади проходного сечения в базовом гидроусилителе

При повороте ротора относительно гильзы на угол  $\alpha = 10^\circ$ , площадь контакта обращается в ноль, что можно отобразить на графике (рисунок 23).

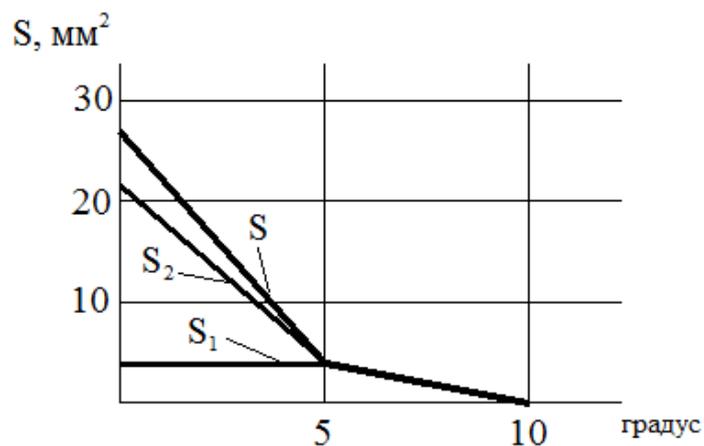


Рисунок 23 – Изменение площади проходного сечения в зависимости от угла поворота

Аналогично предыдущему расчету, найдем площадь проходного сечения в проектируемом гидроусилителе (рисунок 24).

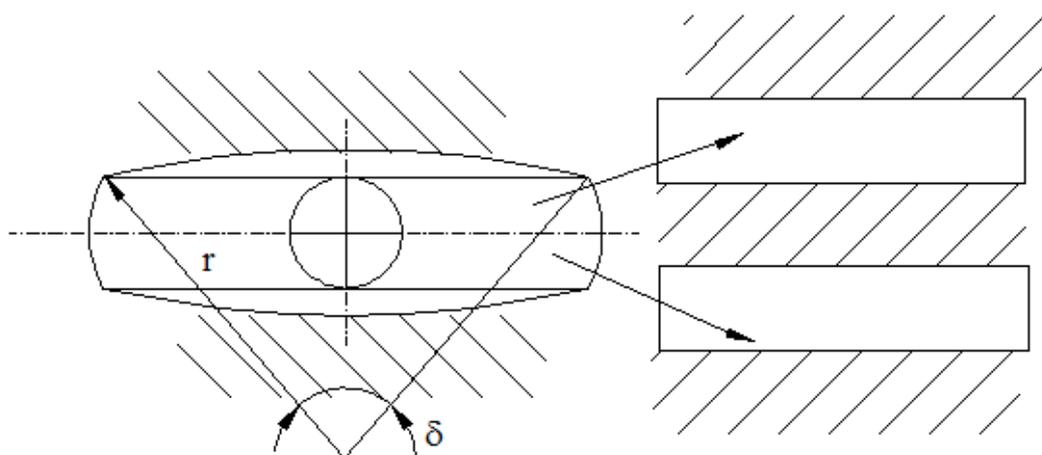


Рисунок 24 – Расчет площади проходного сечения в проектируемом гидроусилителе

«Площадь сегмента определим по формуле (91):

$$S_{\text{сег.м}} = \frac{\pi \cdot r^2}{360} \cdot \delta - S_{\text{сектор}}, \quad (91)$$

где  $r$  – радиус окружности,  $r = 48$  мм;

$\delta$  – угол раскрытия сектора,  $\delta = 26^\circ$ ;

$S_{\text{сектор}}$  – площадь сектора,  $493$  мм<sup>2</sup>» [22].

$$S_{\text{сег.м}} = \frac{3,14 \cdot 48^2}{360} \cdot 26 - 493 = 30 \text{ мм}^2.$$

«Посчитаем изменение площади сегмента при повороте ротора через каждый градус при повороте:

- на  $1^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 28 \text{ мм}^2$ ;
- на  $2^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 26,8 \text{ мм}^2$ ;
- на  $3^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 25 \text{ мм}^2$ ;
- на  $4^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 20 \text{ мм}^2$ ;
- на  $5^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 18 \text{ мм}^2$ ;
- на  $6^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 16,4 \text{ мм}^2$ ;
- на  $7^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 12 \text{ мм}^2$ ;
- на  $8^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 7,7 \text{ мм}^2$ ;
- на  $9^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 3 \text{ мм}^2$ ;
- на  $10^\circ$   $S_{\text{сег.м}} = 0 \text{ мм}^2$ » [22].

Изменение площади показано на рисунок 25.

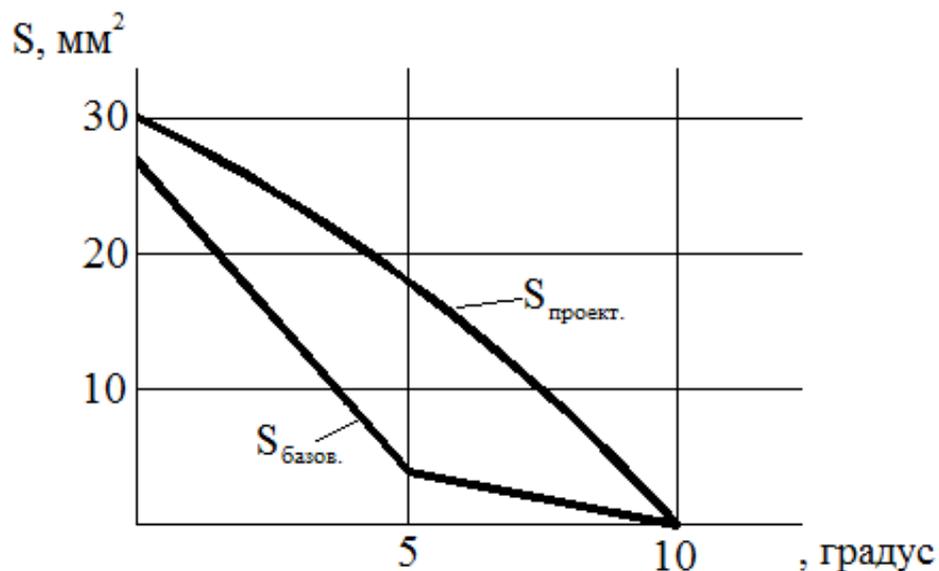


Рисунок 25 – Изменение площади проходного сечения в зависимости от угла поворота в проектируемом усилителе

«Полный момент на валу сошки определяется по формуле:

$$M_{\Pi} = M_M + M_B, \quad (92)$$

где  $M_M$  – момент, создаваемый давлением масла в рулевом механизме (формула 93);

$M_B$  – момент, создаваемый водителем при приложении усилия на рулевое колесо (формула 94).

$$M_M = S \cdot P \cdot D_D \cdot 0,5 \cdot \eta, \quad (93)$$

где  $S$  – активная площадь поршня,  $S = 400 \text{ мм}^2$ ;

$P$  – рабочее давление в системе гидроусилителя руля, принимаем  $P = 90 \text{ МПа}$ ;

$D_D$  – делительный диаметр,  $D_D = 55 \text{ мм}$ ;

$\eta$  – коэффициент полезного действия, принимаем  $\eta = 0,82$  » [22].

$$M_M = 400 \cdot 90 \cdot 55 \cdot 0,5 \cdot 0,82 = 841500 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 84,15 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_B = F \cdot P \cdot U_P \cdot \eta, \quad (94)$$

где  $F$  – усилие, создаваемое водителем на рулевом колесе, принимаем  $F = 4 \text{ кг}$ .

$$M_B = 4 \cdot 212,5 \cdot 17,28 \cdot 0,82 = 12044,16 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 12,04 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Подставляем полученные значения в формулу (92):

$$M_{\Pi} = 84,15 + 12,04 = 96,19 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

«Максимально возможное усилие, приложенное к рулевому колесу для создания момента сошки  $2600 \text{ Н} \cdot \text{мм}$  (согласно ТУ РБ 00232153.044-98,

шлицы вала сошки выдерживают момент 2600 Н·мм не разрушаясь) определяется согласно формуле:

$$F_{MAX} = \frac{M_{ПМАХ} - M_{Г}}{R_P \cdot U_P \cdot \eta}, \quad (95)$$

где  $M_{ПМАХ}$  – момент, создаваемый давлением масла в рулевом механизме на валу сошки, при  $P_{МАХ} = 90$  МПа, 2600 Н·мм» [22].

$$F_{MAX} = \frac{2600 - 253,5}{0,2125 \cdot 17,28 \cdot 0,82} = 580 \text{ Н} = 58 \text{ кг}.$$

Расчет ротора на прочность.

«Основными материалами для валов служат углеродистые и легированные стали.

Выбираем марку стали 40 X» [13].

«Обычно выбирают сечения вала, проходящих по уступам, канавкам, концам шлицевых, шпоночных пазов, участков с резьбой и по торцам насаженных с натягом деталей. В намеченных сечениях определяют номинальные напряжения изгиба и кручения. В нашем случае вал рассчитываем только на кручение (формула 96), так как на изгиб вал не работает:

$$\tau = \frac{M_K}{W_P}, \quad (96)$$

где  $M_K$  – вращающий момент, который определяется по формуле (97);

$W_P$  – момент сопротивления сечения вала при кручении, который определяется по формуле (98).

$$M_K = P \cdot R = 278 \cdot 0,2125 = 59 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (97)$$

$$W_P = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right], \quad (98)$$

где  $D$  – внешний диаметр вала,  $D = 22,9$  мм;

$d$  – внутренний диаметр вала,  $d = 10$  мм» [22].

$$W_P = \frac{3,14 \cdot 22,9^3}{16} \left[ 1 - \left( \frac{10}{22,9} \right)^4 \right] = 1499,8 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\tau = \frac{59000}{1499,8} = 39,3 \text{ Н/мм},$$

$$\tau = 39,3 \text{ МПа} \leq [\tau] = 150 \text{ МПа}$$

Наиболее опасным сечением вала является участок А-А, как показано на рисунке 26.

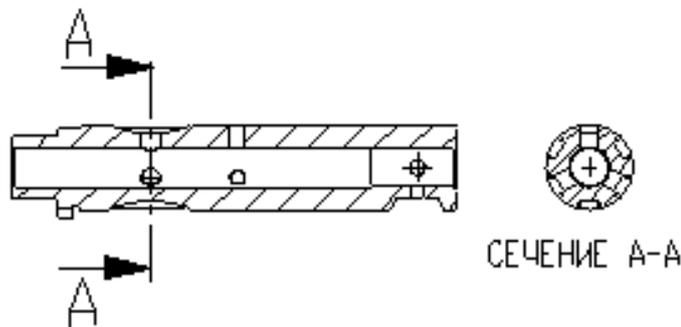


Рисунок 26 – Наиболее опасное сечение для схемы вал-ротор

«Номинальное напряжение кручения по сечению А-А определяется по формуле:

$$\tau = \frac{M_K}{J_P} \cdot R_{\max}, \quad (99)$$

где  $M_K$  – вращающий момент,  $M_K = 59000$  Н·м;

$J_P$  – полярный момент инерции, который определяется по формуле:

$$J_P = J_{P.кольца} - 6 \cdot J_{P.наз} - 3 \cdot J_{P.отв.}, \quad (100)$$

где  $J_{P.кольца}$  – полярный момент инерции кольца, который определяется по формуле (101);

$J_{P.паз}$  – полярный момент инерции паза, который определяется по формуле (102);

$J_{P.отв.}$  – полярный момент инерции отверстия, который определяется по формуле (103).

$$J_{P.кольца} = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right], \quad (101)$$

где  $D$  – внешний диаметр вала,  $D = 22,9$  мм;

$d$  – внутренний диаметр вала,  $d = 10$  мм.

$$J_{P.кольца} = \frac{3,14 \cdot 22,9^4}{64} \left[ 1 - \left( \frac{10}{22,9} \right)^4 \right] = 12824,9 \text{ мм}^3.$$

$$J_{P.паз} = J_{PX} + J_{PY}, \quad (102)$$

где  $J_{PX}$  – полярный момент инерции паза по оси X (формула 104);

$J_{PY}$  – полярный момент инерции паза по оси X (формула 105).

$$J_{PX} = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (104)$$

где  $b$  – глубина паза,  $b = 3$  мм;

$h$  – средняя линия трапеции,  $h = 6$  мм.

$$J_{PX} = \frac{3 \cdot 6^3}{12} = 54 \text{ мм}^3.$$

$$J_{PY} = \frac{b^3 \cdot h}{12} + AC^2, \quad (105)$$

где  $AC$  – расстояние от центра вала до центра паза, 9,45.

$$J_{PY} = \frac{3^3 \cdot 6}{12} + 9,45^2 = 102,8 \text{ мм}^3$$

Подставляем значения в формулу (102).

$$\begin{aligned} J_{P.паз} &= 54 + 102,8 = 156,8 \text{ мм}^3, \\ J_{P.отв.} &= J_{PX} + J_{PY}, \\ J_{PX} &= \frac{b \cdot h^3}{12}, \end{aligned} \tag{103}$$

где  $b$  – диаметр отверстия,  $b = 5$  мм;

$h$  – высота отверстия,  $h = 4$  мм.

$$J_{PX} = \frac{5 \cdot 4^3}{12} = 26,7 \text{ мм}^2.$$

$$J_{PY} = \frac{b^3 \cdot h}{12} + AC_1^2,$$

где  $AC$  – расстояние от центра вала до центра паза,  $AC = 7$  мм» [22].

$$J_{PY} = \frac{5^3 \cdot 4}{12} + 7^2 = 90,7 \text{ мм}^2,$$

$$J_{P.отв.} = 26,7 + 90,7 = 117,4 \text{ мм}^2,$$

$$J_p = 12824,9 - 6 \cdot 156,8 - 3 \cdot 117,4 = 11532 \text{ мм}^3,$$

$$\tau = \frac{59000}{11532} \cdot 22,9 = 117 \text{ Н/мм}^2.$$

Проводим расчет вала на сопротивление усталости.

«В расчетах валов принимают, что напряжение кручения изменяется от нулевого цикла. Тогда амплитуда напряжений определяется по формулам (106, 107).

$$\tau_m = 0,5 \cdot \tau, \tag{106}$$

$$\tau_a = 0,5 \cdot \tau, \tag{107}$$

Коэффициент запаса прочности по усталости при кручении определяется по формуле (108):

$$S = \frac{S_\tau}{\sqrt{S_\tau}}, \quad (108)$$

где  $S_\tau$  – коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям, который определяется по формуле (109):

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\left( \frac{k_\tau}{k_{d\tau}} + \frac{1}{k_{F\tau}} - 1 \right) \cdot \frac{\tau_a}{k_v} + \psi_\tau \cdot \tau_m}, \quad (109)$$

где  $k_\tau$  – эффективные коэффициенты концентрации напряжений при кручении,  $k_\tau = 2,05$ ;

$\tau_{-1}$  – предел выносливости материала вала при кручении с симметричным циклом,  $\tau_{-1} = 240$  МПа ;

$k_{d\tau}$  – коэффициент влияния абсолютных размеров поперечного сечения при кручении,  $k_{d\tau} = 0,83$  ;

$k_{F\tau}$  – коэффициент влияния шероховатости поверхности при кручении,  $k_{F\tau} = 0,425$  ;

$k_v$  – коэффициент влияния поверхностного упрочнения, вводимый для валов с упрочнением поверхности,  $k_v = 1,1$  ;

$\psi_\tau$  – коэффициент, характеризующий влияние асимметрии цикла напряжений при кручении,  $\psi_\tau = 0,5$  » [28].

$$S_\tau = \frac{240}{\left( \frac{2,05}{0,83} + \frac{1}{0,425} - 1 \right) \cdot \frac{61,5}{1,1} + 0,5 \cdot 61,5} = 9,321 .$$

$$S = \frac{9,321}{\sqrt{9,321}} = 3,05,$$

$$S = 3,05 > [S] = 1,8.$$

После расчета коэффициента запаса прочности можно сделать вывод, что данное соединение обладает достаточной прочностью для выдерживания циклических нагрузок.

### **3.4 Описание разрабатываемого узла**

«Схема разработанного гидроусилителя представляет собой совокупность электроники и гидравлики. В нагнетательном канале установлен электромеханический клапан, предназначенный для регулирования давления в ГУР в зависимости от скорости движения автомобиля. Управляющий сигнал на электромеханический клапан подается с блока управления, который обрабатывает сигналы, поступающие с датчика скорости на колесе. Изменена конструкция ротора гидрораспределителя за счет изменения формы паза ротора, что повысит плавность включения гидроусилителя, а, следовательно, и устойчивость автомобиля на дороге.

Минус данного механизма: передаточное число рулевого управления не изменяется в зависимости от скорости движения автомобиля. Внесены изменения в конструкцию рулевого вала с целью повышения пассивной безопасности водителя» [29].

Выводы по разделу.

В разделе выполнен выбор компоновочной схемы рулевого управления, расчет рулевого механизма, расчет гидроусилителя. После проведения всех необходимых расчетов, можно приступить к изготовлению и установке рулевого механизма и гидроусилителя на автомобиль. Важно следить за качеством и надежностью всех компонентов, чтобы обеспечить безопасность и комфорт во время движения.

## **4 Технологический раздел**

В процессе сборки автомобилей и тракторов происходит объединение деталей в определенной последовательности для создания узлов, механизмов или готового транспортного средства в соответствии с установленными техническими требованиями. Этот процесс может осуществляться как на заводе, где производятся детали, так и на специализированном сборочном предприятии. В настоящее время в автотракторостроении преобладает первый способ организации производства.

Сборочные работы требуют больше затрат труда по сравнению с литейными, сварочными и другими видами работ. Однако механизация процесса сборки может существенно снизить трудоемкость и является важным резервом для улучшения производства. В автотракторостроении часто используется массовое и крупносерийное производство, что способствует механизации и автоматизации сборочных процессов.

Несмотря на то, что трудоемкость в других цехах снижается быстрее, чем в сборочных, значение сборочных работ остается значительным, порядка 25% от общей трудоемкости.

### **4.1 Обоснование выбора технологического процесса**

При выборе технологического процесса сборки необходимо учитывать следующие факторы:

- требования к качеству продукции: необходимо выбрать технологию, которая обеспечит высокое качество сборки изделий и минимизирует возможность дефектов;
- сроки производства: выбор технологии должен обеспечить выполнение заказов в заданные сроки и обеспечить эффективность процесса сборки;

- себестоимость производства: необходимо выбрать технологию, которая позволит снизить затраты на производство и повысить прибыльность предприятия;
- объем производства: технология должна быть масштабируемой и способной обеспечить производство большого количества изделий;
- технические возможности оборудования: необходимо учитывать наличие необходимого оборудования и его технические характеристики при выборе технологии сборки.

Исходя из вышеперечисленных факторов, выбор технологического процесса сборки должен быть обоснован и основан на комплексном анализе всех аспектов производства.

Таким образом, при выборе технологического процесса необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить оптимальное производство продукции.

Кроме того, размеры изделия также оказывают влияние на выбор технологического процесса. Производство крупных изделий может потребовать применения кранов и другой тяжелой техники, в то время как для мелких изделий могут применяться автоматизированные линии сборки.

В случае с модернизацией рулевого управления полноприводного автомобиля категории M1, вероятно, спрос будет невелик, поэтому рационально организовать сборку по принципу мелкосерийного производства.

«При этом используется стационарная непоточная сборка с разделением процесса на узловую и общую сборку. Работы выполняются бригадами рабочих, специализирующихся в соответствующих областях сборки.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (110)$$

где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 150 шт.» [8].

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{150} = 828 \text{ ч.}$$

После этапа разработки создаем план технологического процесса сборки, который включает в себя графическое изображение последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта.

«План описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием. Важные компоненты этого плана включают получение материалов, подготовительные операции (например, разметка, нарезка, обработка), сборку изделия из деталей, окончательную обработку (включая шлифовку, полировку, окраску), контроль качества (проверку соответствия требованиям) и упаковку и хранение готового продукта» [22].

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1 представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень сборочных работ узловой и общей сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Взять рулевой механизм в сборе	0,7
Осмотреть рулевой механизм в сборе на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов,	1

Продолжение таблицы 9

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
соответствие размеров и геометрии рулевого механизма заданным стандартам	
Взять корпус золотника	0,5
Осмотреть корпус золотника на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии корпуса золотника заданным стандартам	1
Взять манжету	0,2
Осмотреть манжету на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить манжету в корпус золотника	0,8
Взять втулку	0,2
Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить втулку в корпус золотника	0,8
Взять упорный подшипник	0,2
Осмотреть упорный подшипник на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить упорный подшипник в корпус золотника	0,8
Взять гидрораспределитель с рейкой-поршнем	0,2
Осмотреть гидрораспределитель с рейкой-поршнем на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии гидрораспределителя с рейкой-поршнем заданным стандартам	1
Установить гидрораспределитель с рейкой-поршнем в корпус рулевого механизма	1
Взять болты М10×20 ГОСТ 7796-70, шайбы ГОСТ 6402-70	0,2
Взять прокладку	0,2
Установить прокладку на корпус золотника	0,5
Соединить корпус золотника с корпусом рулевого механизма в сборе при помощи болтов М10×20 ГОСТ 7796-70, шайб ГОСТ 6402-70	3
Взять кожух защитный	0,2
Осмотреть кожух защитный на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить кожух защитный на выступающий конец гидрораспределителя с рейкой-поршнем	0,8
Взять электромеханический клапан	0,2
Осмотреть электромеханический клапан на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить электромеханический клапан в корпус золотника	0,8
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	10
Выполнить испытание гидроусилителя в сборе с рулевым механизмом	10
Итого:	36,8

«Определим общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n} \gg [23]. \quad (111)$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (112)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимается равным 3%;

$\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимается равным 5%» [23].

$$t_{ум}^{общ} = 36,8 + 36,8 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 39,74 \text{ мин.}$$

Суммарная трудоемкость сборки изделия составила 40 минут. Это позволит оптимизировать процесс производства, улучшить качество и сократить время сборки.

## 4.2 Разработка технологического процесса сборки

Составим порядок выполнения технологических операций, укажем используемые приспособления и занесем время, требуемое для выполнения каждой операции, в таблицу 10.

Таблица 10 – Технологический процесс сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
005	Сборочная	1	Взять рулевой механизм в сборе	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента	16,8
		2	Осмотреть рулевой механизм в сборе на наличие трещин или повреждений, ровность и		

Продолжение таблицы 10

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии рулевого механизма заданным стандартам	универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец	
		3	Взять корпус золотника		
		4	Осмотреть корпус золотника на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии корпуса золотника заданным стандартам		
		5	Взять манжету		
		6	Осмотреть манжету на наличие трещин или повреждений		
		7	Установить манжету в корпус золотника		
		8	Взять втулку		
		9	Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений		
		10	Установить втулку в корпус золотника		
		11	Взять упорный подшипник		
		12	Осмотреть упорный подшипник на наличие трещин или повреждений		

Продолжение таблицы 10

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		13	Установить упорный подшипник в корпус золотника		
		14	Взять гидрораспределитель с рейкой-поршнем		
		15	Осмотреть гидрораспределитель с рейкой-поршнем на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии гидрораспределителя с рейкой-поршнем заданным стандартам		
		16	Установить гидрораспределитель с рейкой-поршнем в корпус рулевого механизма		
		17	Взять болты М10×20 ГОСТ 7796-70, шайбы ГОСТ 6402-70		
		18	Взять прокладку		
		19	Установить прокладку на корпус золотника		
		20	Соединить корпус золотника с корпусом рулевого механизма в сборе при помощи болтов М10×20 ГОСТ 7796-70, шайб ГОСТ 6402-70		
		21	Взять кожух защитный		
		22	Осмотреть кожух защитный на наличие трещин или повреждений		

Продолжение таблицы 10

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		23	Установить кожух защитный на выступающий конец гидрораспределителя с рейкой-поршнем		
		24	Взять электромеханический клапан		
		25	Осмотреть электромеханический клапан на наличие трещин или повреждений		
		26	Установить электромеханический клапан в корпус золотника		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	Стенд для испытания гидроусилителей	20
		2	Выполнить испытание гидроусилителя в сборе с рулевым механизмом		

Технологическая схема сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1 представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, разработан технологический процесс сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1 и представлен в графической части ВКР.

## 5 Производственная и экологическая безопасность проекта

Производственная и экологическая безопасность играют ключевую роль при разработке и реализации любого дипломного проекта.

Ниже перечислены основные меры, которые могут быть применены для обеспечения безопасности производства и окружающей среды в рамках дипломного проекта:

- использование безопасного оборудования и технологий: необходимо убедиться, что все используемые в проекте материалы, оборудование и технологии соответствуют безопасным стандартам и требованиям;
- обучение персонала: все участники проекта должны быть обучены правилам безопасного труда и экологической ответственности;
- соблюдение законов и нормативов: необходимо следить за тем, чтобы все действия в рамках проекта соответствовали законодательству в области охраны труда и охраны окружающей среды;
- выбор экологически безопасных материалов: при проектировании и изготовлении продукции необходимо отдавать предпочтение материалам, которые меньше вредят окружающей среде;
- ответственная утилизация отходов: необходимо правильно управлять отходами, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

В настоящее время проявляется все больший интерес к человеческим ресурсам, и условия работы на производстве стали более благоприятными и обеспечивают высокие стандарты по охране труда. В перспективе благополучие работников становится источником стабильности, процветания и повышения производительности.

Согласно статистике, затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте в различных странах колеблются от 2,6% до 3,8% от валового национального продукта.

Затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте могут включать в себя следующие расходы:

- медицинские расходы на лечение работников, пострадавших в результате несчастного случая на рабочем месте;
- компенсации и выплаты пострадавшим работникам, включая возмещение утраты заработка и компенсацию за временную нетрудоспособность;
- затраты на профилактику и обучение работников по предотвращению несчастных случаев и профессиональных рисков.
- юридические расходы на расследование и урегулирование случаев несчастных случаев на рабочем месте;
- расходы на страхование ответственности работодателя за несчастные случаи на рабочем месте.

Эффективное управление профессиональными рисками и безопасностью на рабочем месте может помочь снизить затраты на несчастные случаи и повысить производительность и уровень удовлетворенности работников.

### **5.1 Описание технологического процесса сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1**

Для того чтобы тщательно изучить технологический процесс сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1, включая его конструктивные особенности и организационно-технические аспекты, требуется подготовить технологический паспорт (таблица 11).

Технологический паспорт обязателен для многих видов продукции, особенно технически сложных или подлежащих обязательному сертификационному контролю. Он помогает упростить процесс технического управления и обеспечить безопасное использование и обслуживание продукции.

Таблица 11 – Технологический паспорт технологического процесса сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля

Технологический		Должность сотрудника	Оборудование, приспособление	Материалы, вещества
процесс	вид работ			
Сборка гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1	1 Подготовка деталей, узлов и агрегатов к сборке. 2 Сборка корпуса золотника. 3 Сборка рулевого механизма и корпуса золотника в сборе. 4 Испытание гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец	Солидол «с», графитная смазка, перчатки

Изучив технологический паспорт технологического процесса сборки, можно сделать вывод, что сборка представляет собой сложную и трудоемкую операцию, требующую точности и внимательности.

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важно проводить анализ идентификации профессиональных рисков для обеспечения безопасности и здоровья работников, а также обеспечения нормального функционирования организации.

Для этого необходимо провести следующие шаги:

- идентификация опасностей: определение всех потенциальных и реальных опасностей, которые могут быть причиной профессиональных рисков. Это может включать физические, химические, биологические, психологические и эргономические опасности;

- оценка риска: определение вероятности возникновения негативных событий, связанных с опасностями, и их потенциальных последствий на здоровье и безопасность работников;
- управление рисками: разработка и внедрение мер по уменьшению и контролю рисков, включая обучение сотрудников, использование персональных защитных средств, технические улучшения, проведение аудитов и так далее;
- мониторинг и анализ: регулярное проведение анализа профессиональных рисков, оценка эффективности принятых мер по управлению рисками и корректировка стратегии при необходимости.

Идентификация профессиональных рисков позволит организации эффективно управлять ими, минимизировать потенциальные угрозы для здоровья и безопасности работников и обеспечить бесперебойное функционирование

Таблица 12 содержит результаты идентификации профессиональных рисков сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1.

Таблица 12 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
1 Подготовка деталей, узлов и агрегатов к сборке. 2 Сборка корпуса золотника. 3 Сборка рулевого механизма и корпуса золотника в сборе. 4 Испытание гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции рабочего оборудования
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [7]
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент» [7]

## Продолжение таблицы 12

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
	«Отсутствие или недостаток естественного света»	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [16].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой»	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [7].
	«Напряжение зрительных анализаторов»	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7].	

По результатам идентификации профессиональных рисков можно сделать вывод о том, что определенные профессии или отрасли деятельности имеют свои уникальные риски, которые необходимо учитывать при планировании и проведении мероприятий по обеспечению безопасности и здоровья работников.

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Факторы, противодействующие производственному риску и повышающие безопасность труда:

- совершенная организация охраны труда;
- высокий профессиональный уровень персонала предприятия, соответствие профессиональных качеств выполняемым трудовым обязанностям;
- высокая дисциплинированность, ответственность, соответствие личностных, психофизиологических, идеологических качеств характеру выполняемых работ;
- соответствие условий труда нормативным требованиям;

- соответствие технических средств (машины, механизмы, оборудование, оснастка, инструмент и другое), инженерных сооружений и СИЗ требованиям безопасности.

Для более глубокого понимания рабочих процессов и принятия обоснованных решений необходимо проводить обучение персонала. Правильное планирование рабочих задач способствует снижению рисков и уменьшает вероятность возникновения проблем в рабочей сфере.

Использование защитной экипировки и оборудования, особенно в определенных профессиях, является обязательным для снижения рисков. Например, использование шлемов и защитных очков на строительных площадках.

Регулярные проверки оборудования и проведение технического обслуживания помогают выявить и устранить потенциальные проблемы до их возникновения.

Для решения выявленных проблем следует использовать методы и средства, соответствующие нормативным требованиям, а также принимать меры, направленные на снижение профессиональных рисков, как указано в соответствующей таблице 13.

Таблица 13 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях рабочего оборудования»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия:	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования;</li> <li>– знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015</li> </ul>	
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение аудиометрического исследования сотрудников, работающих в условиях повышенного шума, для раннего выявления проблем со слухом;</li> <li>– обучение сотрудников правильным методам защиты от шума, включая использование наушников или берушей.</li> <li>– регулярная проверка и обслуживание оборудования, чтобы предотвратить его излишний шум;</li> <li>– организация периодических перерывов для отдыха от шумного окружения и возможность работать в тишине;</li> <li>– проведение обучающих программ по управлению стрессом и релаксации для сотрудников, работающих в условиях повышенного шума;</li> <li>– внедрение технологий снижения шума на производстве, таких как звукопоглощающие материалы или звукопоглощающие экраны.</li> </ul>	«Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].
«Возможность поражения электрическим током	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучение сотрудников правилам безопасности при работе с электричеством. Включает в себя обучение о том, как правильно обращаться с электрическими приборами, как избегать контакта с</li> </ul>	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [14].

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>обнаженными проводами и как правильно использовать средства защиты;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение регулярных инструктажей и тренировок по безопасной работе с электричеством. Это поможет сотрудникам освежить знания и навыки, а также позволит им узнать о последних изменениях в правилах безопасности;</li> <li>– установка специального оборудования и средств защиты на рабочих местах. Это могут быть изоляционные материалы, предохранители, заземляющие устройства и другие средства, которые помогут предотвратить поражение электрическим током;</li> <li>– проведение регулярной проверки электрооборудования и проводов на предмет повреждений и износа. Это позволит выявить потенциально опасные ситуации и предотвратить аварии;</li> <li>– организация системы контроля за соблюдением правил безопасности при работе с электричеством. Это может включать в себя проведение аудитов, проверок и инспекций, а также наказание за нарушения правил;</li> <li>– проведение регулярных медицинских осмотров сотрудников, работающих с электричеством. Это позволит выявить возможные заболевания или состояния, которые могут увеличить риск поражения электрическим током;</li> <li>– создание системы экстренной</li> </ul>	

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>помощи и обучение сотрудников оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Это поможет быстро и эффективно реагировать на аварийные ситуации и минимизировать возможные последствия.</p>	
Отсутствие или недостаток естественного света	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организация рабочих мест таким образом, чтобы максимально использовать естественное освещение. Размещение рабочих столов и рабочих зон у окон или вблизи них;</li> <li>– установка специальных светопрозрачных перегородок или стен, которые позволяют естественному свету проникать внутрь помещения.</li> </ul>	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [7].</li> </ul>	–
Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучение и развитие сотрудников: организация тренингов, семинаров, курсов повышения квалификации помогут работникам развивать свои навыки и умения, что сделает</li> </ul>	–

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>их работу более интересной и разнообразной;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ротация рабочих мест: периодическое изменение рабочих обязанностей и рабочих мест поможет работникам избежать монотонности и рутины, а также приобрести новый опыт и знания.</li> <li>– внедрение новых технологий и методов работы: использование современных технологий и инструментов поможет сотрудникам выполнять свою работу более эффективно и интересно;</li> <li>– организация командных проектов и задач: работа в команде над общим проектом или задачей способствует разнообразию и дает возможность общения и взаимодействия с коллегами;</li> <li>– проведение корпоративных мероприятий и мероприятий по «team building»: организация различных мероприятий, таких как выездные тренинги, корпоративные вечеринки, спортивные соревнования и так далее, поможет работникам расслабиться, отдохнуть и наладить отношения с коллегами;</li> <li>– поддержка и стимулирование саморазвития: компания может предоставлять сотрудникам доступ к литературе, курсам и тренингам по саморазвитию и личностному росту, что поможет им расширить свои горизонты и избежать монотонности в работе.</li> </ul>	

Из таблицы можно видеть, что проводятся различные мероприятия по снижению профессиональных рисков, такие как обучение сотрудников, проведение инструктажей, анализ и устранение опасных ситуаций. Эти мероприятия помогают повысить безопасность и уменьшить вероятность возникновения профессиональных рисков на рабочем месте.

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – документ, в котором излагаются все аспекты процедур предотвращения пожара, процедур эвакуации и политики реагирования на пожар. Он включает планы действий в чрезвычайных ситуациях и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые необходимо соблюдать в случае пожара.

План пожарной безопасности содержит рекомендации, позволяющие всем на рабочем месте знать, что делать, чтобы свести к минимуму ущерб, причиненный пожаром. Это важный документ, необходимый для любого здания, содержащий важную информацию о том, как бороться с пожаром.

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 14).

Таблица 14 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Агрегатное отделение»	Технологическое оборудование, применяемое в агрегатном отделении	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [7].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);

- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [14].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [16].

Разработка планов действий для соблюдения требований пожарной безопасности является необходимой процедурой, чтобы обеспечить безопасность людей и имущества в случае возникновения пожара. В таких планах должны быть определены конкретные шаги и процедуры, которые необходимо выполнить в случае пожара, а также ответственные лица и их обязанности.

Планы действий должны включать такие меры, как эвакуация людей, использование пожаротушения, вызов пожарной службы, обучение персонала и проведение учебных тренировок. Кроме того, важно регулярно проверять и обновлять планы действий, чтобы они были актуальными и эффективными.

Соблюдение требований пожарной безопасности и разработка соответствующих планов действий помогут предотвратить возникновение пожаров, а в случае их возникновения минимизировать ущерб и обеспечить безопасность всех присутствующих.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1 и заносим мероприятия по пожарной безопасности в таблицу 15.

Таблица 15 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [20]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [15]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [16]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [7]

Все работодатели также должны:

- контролировать накопление легковоспламеняющихся и горючих отходов, чтобы они не способствовали возникновению пожарной ситуации, и включать санитарные процедуры в план противопожарной защиты;
- информировать сотрудников об опасностях материалов и процессов, которым они подвергаются;
- пересмотреть с каждым новым сотрудником те части плана противопожарной защиты, которые сотрудник должен знать, чтобы защититься в случае возникновения чрезвычайной ситуации;
- регулярно и надлежащим образом обслуживать оборудование или системы, установленные на тепловыделяющем оборудовании, чтобы предотвратить случайное возгорание горючих материалов.

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса**

Экологическая безопасность, часто используемая как синоним защиты окружающей среды, относится к практике защиты мира природы и ее ресурсов от вреда, деградации или загрязнения. Она охватывает различные аспекты человеческой деятельности, влияющие на окружающую среду, и направлена на смягчение этих последствий для благополучия нынешнего и будущих поколений.

Необходимость экологической безопасности невозможно переоценить, так как она имеет решающее значение для сохранения экосистем, здоровья живых организмов и устойчивости планеты. Более того, она играет ключевую роль в обеспечении доступности природных ресурсов в долгосрочной перспективе.

Внедрение устойчивых практик предполагает сокращение отходов, сохранение ресурсов и минимизацию углеродного следа. Предприятия и

частные лица могут применять устойчивые методы, чтобы уменьшить свое воздействие на окружающую среду.

Поддержание чистоты воздуха имеет важное значение для экологической безопасности. Усилия по контролю загрязнения воздуха включают стандарты выбросов, продвижение чистых источников энергии и сокращение промышленных выбросов.

Вода – ограниченный ресурс, и ее сохранение имеет решающее значение для экологической безопасности. Внедрение методов водосбережения дома, в сельском хозяйстве и промышленности может помочь сохранить этот драгоценный ресурс.

Сокращение отходов и переработка материалов являются эффективными способами повышения экологической безопасности. Эти методы уменьшают нагрузку на свалки и уменьшают потребность в сырье.

Биоразнообразие имеет важное значение для сбалансированной экосистемы. Усилия по сохранению включают защиту исчезающих видов, сохранение естественной среды обитания и содействие устойчивому землепользованию.

Варианты экологически чистого транспорта, такие как электромобили и общественный транспорт, могут снизить воздействие транспорта на окружающую среду.

Многие предприятия сейчас переходят на корпоративную социальную ответственность, осознавая свою ответственность перед окружающей средой, тем самым сокращая выбросы и продвигая устойчивые методы работы.

Частные лица могут внести свой вклад в экологическую безопасность. Простые действия, такие как сокращение потребления воды и энергии, поддержка экологически чистых продуктов и участие в общественных мероприятиях по уборке, – все это способствует более чистой планете.

Будущее экологической безопасности – за инновациями и коллективными усилиями. Достижения в области технологий и растущее

осознание экологических проблем обещают сделать мир более зеленым и безопасным.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов и сведем их в таблицу 16.

Таблица 16 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля категории М1	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы, металлический лом, стружка» [11].

Выводы по разделу.

В разделе, посвященном производственной и экологической безопасности процесса сборки гидроусилителя рулевого управления полноприводного автомобиля разработан паспорт производственно-технологического процесса сборки, выявлены профессиональные риски и определены методы и средства их снижения, идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по их снижению.

## 6 Экономическая эффективность проекта

Экономическая эффективность проекта определяется его способностью приносить прибыль или экономический эффект в течение определенного периода времени. Для оценки экономической эффективности проекта используются различные методы, такие как чистая приведенная стоимость (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), индекс доходности и др.

Для того чтобы проект был экономически эффективным, его доходы должны превышать расходы на реализацию и эксплуатацию проекта. Также важно учитывать факторы риска, инфляции, изменения валютного курса и другие факторы, которые могут повлиять на экономическую эффективность проекта. Экономическая эффективность проекта является ключевым критерием при принятии решения о его реализации. Поэтому важно провести тщательный анализ всех финансовых показателей и учесть все возможные риски и неопределенности, чтобы добиться успешного и прибыльного завершения проекта.

### 6.1 Расчет себестоимости проектируемого узла автомобиля

В таблице 17 представлены исходные данные для проведения расчета проектируемого узла автомобиля.

Таблица 17 – Исходные данные

Наименование	Единица измерения	Значение
«Годовая программа выпуска изделия	шт.	120000
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	%	197
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	%	0,29
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	%	194
Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов	%	1,45

Продолжение таблицы 17

Наименование	Единица измерения	Значение
Коэффициент цеховых расходов	%	172
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	%	3
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	%	30
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	%	14
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	%	12
Коэффициент возвратных отходов	%	1
Часовая тарифная ставка 5-го разряда	р.	95,29
Часовая тарифная ставка 6-го разряда	р.	99,44
Часовая тарифная ставка 7-го разряда	р.	103,53
Коэффициент капиталообразующих инвестиций	%	0,086» [4]

«Расчет статьи затрат «Сырьё и материалы» выполняется по формуле:

$$\sum M = \sum C_{Mi} \cdot Q_{Mi} + \left( \frac{K_{тзр.}}{100} - \frac{K_{вот.}}{100} \right), \quad (113)$$

где  $C_{Mi}$  – оптовая цена материала  $i$ -го вида, р.;

$Q_{Mi}$  – норма расхода материала  $i$ -го вида, кг;

$K_{тзр.}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$K_{вот.}$  – коэффициент возвратных отходов» [17].

В таблице 18 представлены исходные данные для расчета затрат на сырье и материалы.

Таблица 18 – Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, р.
«Литье СЧ-21	кг	145,5	2,54	369,57
Прокат Сталь 3	кг	47,36	2,17	102,77
Поковка 20ХГНМ	кг	130,07	2,98	387,61
Бронза (отходы)	кг	3,1	1,1	3,41
Штамповка Сталь 20	кг	134,72	1,87	251,93
Черные металлы (отходы)	кг	4,7	1,44	6,77
Итого:	–	–	–	1149,54» [4]

«Расчет статьи затрат «Покупные изделия» выполняется по формуле:

$$\sum \Pi_u = \sum C_i \cdot n_i + \frac{K_{мзр}}{100}, \quad (114)$$

где  $C_i$  – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов  $i$ -го вида, р.;

$n_i$  – количество покупных изделий и полуфабрикатов» [18].

В таблице 19 представлены исходные данные для расчета затрат на покупные изделия.

Таблица 19 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Количество, шт	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Гофра защитная	шт.	157,58	2	315,16
Хомут	шт.	85,54	4	342,16
Колпачок защитный	шт.	15,87	6	95,22
Втулка направляющая	шт.	452,87	2	905,74
Болт крепления	шт.	65,21	4	260,84
Гайка	шт.	25,84	4	103,36
Итого:	–	–	–	2051,81

«Расчет статьи затрат – основная заработная плата производственных рабочих выполняется по формуле:

$$Z_o = Z_m \cdot \left( 1 + \frac{K_{прем}}{100} \right), \quad (115)$$

где  $Z_m$  – тарифная заработная плата, р.;

$K_{прем}$  – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве.

$$Z_T = C_{p.i} \cdot T_i, \quad (116)$$

где  $C_{p.i}$  – часовая тарифная ставка, р.;

$T_i$  – трудоемкость выполнения операции, ч» [12].

В таблице 20 представлены исходные данные для расчета затрат на выполнение операций.

Таблица 20 – Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Заготовительная	5	0,87	95,29	82,90
Токарная	6	0,54	99,44	53,70
Фрезерная	5	0,25	95,29	23,82
Термообработка	7	0,35	103,53	36,24
Шлифовальная	5	0,41	95,29	39,07
Сборочная	7	1,17	103,53	121,13
Итого:	–	–	–	356,86
$K_{прем}$	12	–	–	42,82
Итого:	–	–	–	399,68

«Расчет статьи затрат – дополнительная заработная плата производственных рабочих – выполняется по формуле:

$$Z_{дон} = Z_o \cdot K_{вып}, \quad (117)$$

где  $K_{вып}$  – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве» [17].

$$Z_{дон} = 399,68 \cdot 0,14 = 55,96 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат – страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС выполняется:

$$C_{соц.н.} = (Z_o + Z_{дон}) \cdot E_{соц.н.}, \quad (118)$$

где  $E_{соц.н.}$  – коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС» [17].

$$C_{соц.н.} = (399,68 + 55,96) \cdot 0,14 = 55,96 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования – выполняется по формуле:

$$C_{\text{сод.обор.}} = Z_o \cdot E_{\text{обор.}}, \quad (119)$$

где  $E_{\text{обор.}}$  – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования» [23].

$$C_{\text{сод.обор.}} = 399,68 \cdot 1,94 = 775,38 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат «Цеховые расходы» выполняется по формуле:

$$C_{\text{цех.}} = Z_o \cdot E_{\text{цех.}}, \quad (120)$$

где  $E_{\text{цех.}}$  – коэффициент цеховых расходов» [26].

$$C_{\text{цех.}} = 399,68 \cdot 1,72 = 687,44 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат – расходы на инструмент и оснастку – выполняется по формуле:

$$C_{\text{инстр.}} = Z_o \cdot E_{\text{инстр.}}, \quad (121)$$

где  $E_{\text{инстр.}}$  – коэффициент расходов на инструмент и оснастку» [29].

$$C_{\text{инстр.}} = 399,68 \cdot 0,03 = 11,99 \text{ р.}$$

«Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{\text{цех.себ.}} = M + П_u + Z_o + C_{\text{соц.н.}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{инстр.}} \text{» [17],} \quad (122)$$

$$C_{цех.себ.} = 1149,54 + 2051,81 + 399,68 + 136,69 + 55,96 + 775,38 + \\ + 687,44 + 11,99 = 5268,49 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат – общезаводские расходы – выполняется по формуле:

$$C_{об.зав.} = Z_o \cdot E_{об.зав.}, \quad (123)$$

где  $E_{об.зав.}$  – коэффициент общезаводских расходов» [29].

$$C_{об.зав.} = 399,68 \cdot 1,97 = 787,37 \text{ р.}$$

«Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{об.зав.себ.} = C_{об.зав.} + C_{цех.себ.} \text{ » [21],} \quad (124)$$

$$C_{об.зав.себ.} = 787,37 + 5268,49 = 6055,86 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат – коммерческие расходы – выполняется по формуле:

$$C_{ком.} = C_{об.зав.себ.} \cdot E_{ком.}, \quad (125)$$

где  $E_{ком.}$  – коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов» [18].

$$C_{ком.} = 6055,86 \cdot 0,0029 = 17,56 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{полн.себ.} = C_{об.зав.себ.} + C_{ком.}, \quad (126)$$

$$C_{полн.себ.} = 6055,86 + 17,56 = 6073,43 \text{ р.}$$

«Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия выполняется по формуле:

$$C_{отп.б.} = C_{полн.себ.} \cdot \left( 1 + \frac{K_{рент.}}{100} \right), \quad (127)$$

где  $K_{рент.}$  – коэффициент рентабельности и плановых накоплений» [25].

$$C_{отп.б.} = 6073,43 \cdot (1 + 0,3) = 7895,45 \text{ р.}$$

В таблице 21 представлена сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия.

Таблица 21 – Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Наименование показателей	Затраты на единицу изделия	
	база	проект
Стоимость основных материалов	1264,50	1149,54
Стоимость покупных изделий	2051,81	2051,81
Основная заработная плата производственных рабочих	399,68	399,68
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	55,96	55,96
Страховые взносы	136,69	136,69
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	775,38	775,38
Цеховые расходы	687,45	687,45
Расходы на инструмент и оснастку	11,99	11,99
Цеховая себестоимость	5383,45	5268,49
Общезаводские расходы	787,37	787,37
Общезаводская себестоимость	6170,82	6055,86
Коммерческие расходы	17,90	17,56
Полная себестоимость	6188,71	6073,43
Отпускная цена	8045,33	8045,33

«Расчет переменных затрат на единицу изделия (для базы и для проекта) выполняется по формулам:

$$Z_{\text{перем.уд.баз.}} = M + \Pi_u + Z_o + Z_{\text{дон}} + C_{\text{соц.н.}} \text{ » [11],} \quad (128)$$

$$Z_{\text{перем.уд.баз.}} = 1264,5 + 2051,81 + 399,68 + 55,96 + 136,69 = 3908,63 \text{ р.,}$$

$$Z_{\text{перем.уд.проект.}} = M + \Pi_u + Z_o + Z_{\text{дон}} + C_{\text{соц.н.}}, \quad (129)$$

$$Z_{\text{перем.уд.проект.}} = 1149,54 + 2051,81 + 399,68 + 55,96 + 136,69 = 3793,68 \text{ р.}$$

«Расчет переменных затрат на единицу изделия (для базы и для проекта) выполняется по формулам:

$$Z_{\text{перем.баз.}} = Z_{\text{перем.уд.баз.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (130)$$

где  $V_{\text{год}}$  – объем производства» [11].

$$Z_{\text{перем.баз.}} = 3908,63 \cdot 120000 = 469035635,71 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{перем.проект.}} = Z_{\text{перем.уд.проект.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (131)$$

$$Z_{\text{перем.проект.}} = 3793,68 \cdot 120000 = 455241101,38 \text{ р.}$$

«Расчет постоянных затрат на единицу изделия (для базы и для проекта) выполняется по формулам:

$$Z_{\text{пост.уд.баз.}} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{об.зав.}} + C_{\text{ком.}} \text{ » [11],} \quad (132)$$

$$Z_{\text{пост.уд.баз.}} = 775,38 + 11,99 + 687,45 + 787,37 + 17,9 = 2280,08 \text{ р.,}$$

$$Z_{\text{пост.уд.проект.}} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{об.зав.}} + C_{\text{ком.}}, \quad (133)$$

$$Z_{\text{пост.уд.проект.}} = 775,38 + 11,99 + 687,45 + 787,37 + 17,56 = 2279,75 \text{ р.}$$

«Расчет постоянных затрат на годовую программу выпуска изделия (для базы и для проекта) выполняется по формулам:

$$Z_{\text{пост.баз.}} = Z_{\text{пост.уд.баз.}} \cdot V_{\text{год}} \text{ [11]}, \quad (134)$$

$$Z_{\text{пост.баз.}} = 2280,08 \cdot 120000 = 273609915,77 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{пост.проект.}} = Z_{\text{пост.уд.проект.}} \cdot V_{\text{год}} \text{ [135]}$$

$$Z_{\text{пост.проект.}} = 2279,75 \cdot 120000 = 273569911,62 \text{ р.}$$

«Расчет амортизационных отчислений выполняется по формуле:

$$A_{\text{м.уд.}} = (C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot H_A, \quad (136)$$

где  $H_A$  – доля амортизационных отчислений» [13].

$$A_{\text{м.уд.}} = (775,38 + 11,99) \cdot 0,12 = 94,48 \text{ р.}$$

«Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия выполняется по формуле:

$$C_{\text{полн.год.пр.}} = C_{\text{полн.с.с.}} \cdot V_{\text{год}} \text{ [17]}. \quad (137)$$

$$C_{\text{полн.год.пр.}} = 6073,43 \cdot 120000 = 728811012,99 \text{ р.}$$

«Расчет выручки от реализации изделия выполняется по формуле:

$$\text{Выручка} = C_{\text{отп.пр.}} \cdot V_{\text{год}} \text{ [5]}, \quad (138)$$

$$\text{Выручка} = 8045,33 \cdot 120000 = 965439216,92 \text{ р.}$$

Расчет маржинального дохода выполняется по формуле:

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.пр.}} \text{ [139]}$$

$$D_{\text{марж}} = 965439216,92 - 455241101,38 = 510198115,55 \text{ р.}$$

Расчет критического объема продаж выполняется по формуле:

$$A_{крит} = \frac{З_{пост.пр.}}{(Ц_{отп.пр.} - З_{перем.уд.пр.})}, \quad (140)$$
$$A_{крит} = \frac{273569911,62}{(8045,33 - 3793,68)} = 64344,4 \text{ р.}$$

Строим график безубыточности (рисунок 27).

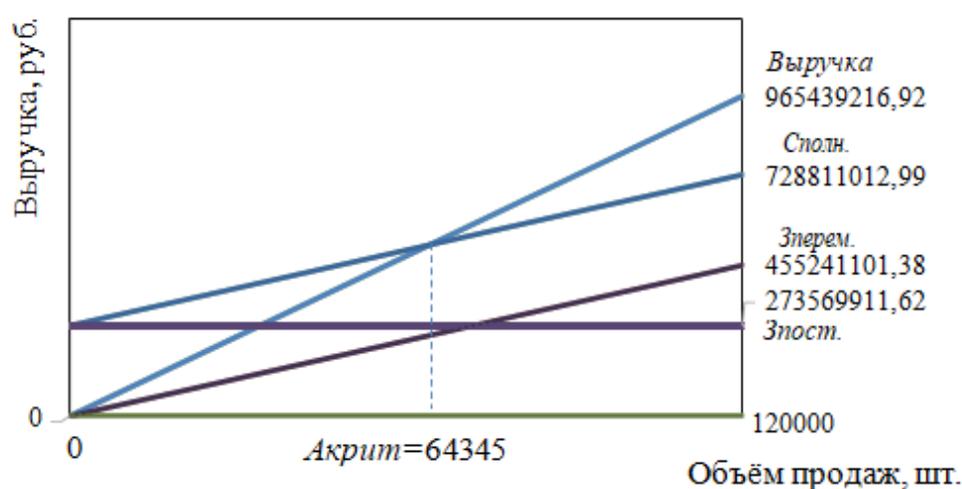


Рисунок 27 – График точки безубыточности

После построения графика точки безубыточности (далее – ТБУ) можно сделать следующие выводы:

- ТБУ показывает количество продукции, которое необходимо продать, чтобы покрыть все затраты и начать получать прибыль;
- график ТБУ помогает визуализировать зависимость между объемом продаж и прибылью. Прибыль начинается после достижения ТБУ, то есть когда объем продаж превышает все затраты.
- график ТБУ помогает бизнесу определить оптимальный объем продаж для достижения прибыли.

Анализ точки безубыточности является важным инструментом для планирования и управления финансами компании.

## 6.2 Расчет коммерческой эффективности проекта

«Срок эксплуатации нового изделия определяем в 5 лет. Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом нарастающим итогом на (137):

$$\Delta = \frac{V_{\max} - A_{\text{крит}}}{(n - 1)}, \quad (141)$$

где  $V_{\max}$  – максимальный объем продукции, шт.;

$A_{\text{крит}}$  – критический объем продаж проектируемого изделия, шт.

$n$  – количество лет, с учётом предпроизводственной подготовки» [18].

$$\Delta = \frac{120000 - 64345}{(6 - 1)} = 11131 \text{ шт.}$$

«Расчет объема продаж по годам выполняется по формуле:

$$V_{\text{прод.}i} = A_{\text{крит}} + i\Delta \text{ » [17],} \quad (142)$$

$$V_{\text{прод.}1} = 64345 + 1 \cdot 11131 = 75476 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}2} = 64345 + 2 \cdot 11131 = 86607 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}3} = 64345 + 3 \cdot 11131 = 97738 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}4} = 64345 + 4 \cdot 11131 = 108869 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}5} = 64345 + 5 \cdot 11131 = 120000 \text{ шт.}$$

«Расчет выручки по годам выполняется по формуле:

$$\text{Выручка}_{.i} = C_{\text{омн.}} \cdot V_{\text{прод.}i} \text{ » [18],} \quad (143)$$

$$\text{Выручка}_1 = 8045,33 \cdot 75476 = 607229086,14 \text{ р.,}$$

$$\text{Выручка}_2 = 8045,33 \cdot 86607 = 696781618, 83 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_3 = 8045,33 \cdot 97738 = 786334151, 53 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_4 = 8045,33 \cdot 108869 = 875886684, 23 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_5 = 8045,33 \cdot 120000 = 965439216, 92 \text{ р.}$$

«Расчет переменных затрат по годам для базового варианта выполняется по формуле:

$$Z_{\text{перем.баз.}i} = Z_{\text{перем.уд.б.}} \cdot V_{\text{прод.}i} \text{» [18],} \quad (145)$$

$$Z_{\text{перем.баз.}1} = 3908,63 \cdot 75476 = 295007780, 34 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.баз.}2} = 3908,63 \cdot 86607 = 338514744, 18 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.баз.}3} = 3908,63 \cdot 97738 = 382021708, 03 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.баз.}4} = 3908,63 \cdot 108869 = 425528671, 87 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.баз.}5} = 3908,63 \cdot 120000 = 469035635, 71 \text{ р.}$$

«Расчет переменных затрат по годам для проектного варианта выполняется по формуле:

$$Z_{\text{перем.проект.}i} = Z_{\text{перем.уд.проект.}} \cdot V_{\text{прод.}i} \text{» [18],} \quad (146)$$

$$Z_{\text{перем.проект.}1} = 3793,68 \cdot 75476 = 286331478, 06 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{перем.проект.}2} = 3793,68 \cdot 86607 = 328558883, 89 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{перем.проект.}3} = 3793,68 \cdot 97738 = 370786289, 72 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{перем.проект.}4} = 3793,68 \cdot 108869 = 413013695, 55 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{перем.проект.}5} = 3793,68 \cdot 120000 = 455241101, 38 \text{ р.}$$

«Расчет амортизации (только для проектного варианта) выполняется по формуле:

$$A_m = A_{m.уд.} \cdot V_{\text{зод.}} \text{» [11],} \quad (147)$$

$$A_M = 94,48 \cdot 120000 = 11338114,5 \text{ руб.}$$

«Расчет полной себестоимости по годам для базового варианта выполняется по формуле:

$$C_{\text{полн.б.}i} = Z_{\text{перем.баз.}i} + Z_{\text{пост.баз.}} \text{ » [11],} \quad (148)$$

$$C_{\text{полн.баз.1}} = 295007780,34 + 273609915,77 = 568617696,11 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.баз.2}} = 338514744,18 + 273609915,77 = 612124659,95 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.баз.2}} = 338514744,18 + 273609915,77 = 612124659,95 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.баз.3}} = 382021708,03 + 273609915,77 = 655631623,79 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.баз.5}} = 469035635,71 + 273609915,77 = 742645551,48 \text{ р.}$$

«Расчет полной себестоимости по годам для проектного варианта выполняется по формуле:

$$C_{\text{полн.проект.}i} = Z_{\text{перем.проект.}i} + Z_{\text{пост.проект}} \text{ » [18],} \quad (149)$$

$$C_{\text{полн.проект.1}} = 286331478,06 + 273569911,62 = 559901389,68 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.проект.2}} = 328558883,89 + 273569911,62 = 602128795,51 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.проект.3}} = 370786289,72 + 273569911,62 = 644356201,34 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.проект.4}} = 413013695,55 + 273569911,62 = 686583607,17 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн.проект.5}} = 455241101,38 + 273569911,62 = 728811012,99 \text{ р.}$$

Расчет налогооблагаемой прибыли по годам выполняется по формуле:

$$Pr_{\text{обл.}i} = (\text{Выручка} - C_{\text{полн.проект.}i}) - (\text{Выручка} - C_{\text{полн.баз.}i}), \quad (150)$$

$$Pr_{\text{обл.1}} = (607229086,14 - 559901389,68) - (607229086,14 - 568617696,11) = 8716306,43 \text{ р.,}$$

$$Pr_{\text{обл.2}} = (696781618,83 - 602128795,51) - (696781618,83 -$$

$$- 612124659, 95) = 9995864,44 \text{ р.},$$

$$\begin{aligned} \text{Пр}_{обл.3} &= (786334151, 53 - 644356201, 34) - (786334151, 53 - \\ &- 655631623, 79) = 11275422,46 \text{ р.}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Пр}_{обл.4} &= (875886684, 23 - 686583607, 17) - (875886684, 23 - \\ &- 699138587, 64) = 12554980,47 \text{ р.}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Пр}_{обл.5} &= (965439216, 92 - 728811012, 99) - (965439216, 92 - \\ &- 742645551, 48) = 13834538,48 \text{ р.} \end{aligned}$$

«Расчет налога на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам выполняется по формуле:

$$H_{np.i} = \text{Пр}_{п.обл.i} \cdot 0,2 \text{» [18],} \quad (151)$$

$$H_{np.1} = 8716306,43 \cdot 0,2 = 1743261,29 \text{ р.},$$

$$H_{np.2} = 9995864,44 \cdot 0,2 = 1999172,89 \text{ р.},$$

$$H_{np.3} = 11275422,46 \cdot 0,2 = 2255084,49 \text{ р.},$$

$$H_{np.4} = 12554980,47 \cdot 0,2 = 2510996,09 \text{ р.},$$

$$H_{np.5} = 13834538,48 \cdot 0,2 = 2766907,70 \text{ р.}$$

«Расчет чистой прибыли по годам выполняется по формуле:

$$\text{Пр.ч}_i = \text{Пр}_{обл.i} - H_{np.i} \text{» [18],} \quad (152)$$

$$\text{Пр.ч}_1 = 8716306,43 - 1743261,29 = 6973045,14 \text{ р.}$$

$$\text{Пр.ч}_2 = 9995864,44 - 1999172,89 = 7996691,55 \text{ р.}$$

$$\text{Пр.ч}_3 = 11275422,46 - 2255084,49 = 9020337,97 \text{ р.}$$

$$\text{Пр.ч}_4 = 12554980,47 - 2510996,09 = 10043984,38 \text{ р.}$$

$$\text{Пр.ч}_5 = 13834538,48 - 2766907,70 = 11067630,78 \text{ р.}$$

«Расчет экономии от повышения надежности и долговечности проектируемого узла конструкции выполняется по формуле:

$$Pr_{ож.д} = Ц_{отн.} \cdot \frac{D_2}{D_1} - Ц_{отн.}, \quad (153)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – долговечность изделия соответственно по базовому и проектируемому варианту,  $D_1 = 100000$  циклов,  $D_2 = 120000$  циклов» [18].

$$Pr_{ож.д} = 8045,33 \cdot \frac{120000}{100000} - 8045,33 = 1609,07 \text{ р.}$$

«Расчет текущего чистого дохода (накопленное сальдо) выполняется по формуле:

$$ЧД_i = Pr_{ч.и} + A_m + Pr_{ож.д} \cdot V_{прод.и} \gg [18], \quad (154)$$

$$ЧД_1 = 6973045,14 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 75476 = 139756976,89 \text{ р.},$$

$$ЧД_2 = 7996691,55 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 86607 = 158691129,84 \text{ р.},$$

$$ЧД_3 = 9020337,97 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 97738 = 177625282,79 \text{ р.},$$

$$ЧД_4 = 10043984,38 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 108869 = 196559435,75 \text{ р.},$$

$$ЧД_5 = 11067630,79 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 120000 = 215493588,70 \text{ р.}$$

«Осуществляется дисконтирование путем умножения значения денежного потока на коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле:

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_{см.и})^t}, \quad (155)$$

где  $E_{см.и}$  – процентная ставка на капитал,  $E_{см.и} = 5\%$ ;

$t$  – год приведения затрат и результатов» [18].

$$\alpha_1 = 0,952,$$

$$\alpha_2 = 0,907,$$

$$\alpha_3 = 0,864,$$

$$\alpha_4 = 0,823,$$

$$\alpha_5 = 0,783.$$

«Для оценки эффективности инвестиционного проекта по шагам расчетного периода используется дисконтированное сальдо суммарного потока реальных денег по шагам (текущий чистый дисконтированный доход), который рассчитывается по формуле:

$$ДСП_i = ЧД_i \cdot \alpha_i \text{ [18]}, \quad (156)$$

$$ДСП_1 = 139756976,89 \cdot 0,952 = 133048642 \text{ р.}$$

$$ДСП_2 = 158691129,84 \cdot 0,907 = 143932854,77 \text{ р.}$$

$$ДСП_3 = 177625282,79 \cdot 0,864 = 153468244,33 \text{ р.}$$

$$ДСП_4 = 196559435,75 \cdot 0,823 = 161768415,62 \text{ р.}$$

$$ДСП_5 = 215493588,70 \cdot 0,783 = 168731479,95 \text{ р.}$$

Суммарное дисконтированное сальдо суммарного потока за расчетный период выполняется по формуле:

$$\sum ДСП = ДСП_i, \quad (157)$$

$$\begin{aligned} \sum ДСП &= 133048642 + 143932854,77 + 153468244,33 + 161768415,62 + \\ &+ 168731479,95 = 760949636,67 \text{ р.} \end{aligned}$$

«Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях выполняется по формуле:

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum C_{полн.пр.i}, \quad (158)$$

где  $K_{инв}$  – коэффициент капиталобразующих инвестиций» [18].

$$J_0 = 0,086 \cdot (559901389,68 + 602128795,51 + 644356201,34 + \\ + 686583607,17 + 728811012,99) = 277073166,57 \text{ р.}$$

«Расчет чистого дисконтированного дохода выполняется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum \text{ДСП} - J_0 \text{» [11],} \quad (159)$$

$$\text{ЧДД} = 760949636,67 - 277073166,57 = 483876470,10 \text{ р.}$$

«Расчет индекса доходности выполняется по формуле:

$$JD = \frac{\text{ЧДД}}{J_0} \text{» [18],} \quad (160)$$

$$JD = \frac{483876470,10}{277073166,57} = 1,75.$$

«Расчет срока окупаемости проекта выполняется по формуле:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}} \text{» [18],} \quad (161)$$

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{277073166,57}{483876470,10} = 0,57.$$

Строим график зависимости налогооблагаемой прибыли от объёма продаж (рисунок 28).

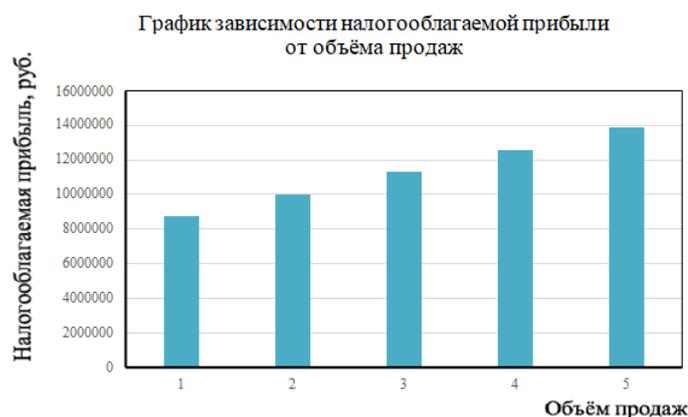


Рисунок 28 – График зависимости налогооблагаемой прибыли от объема продаж

В таблице 22 представлены показатели коммерческой эффективности проекта.

Таблица 22 – Показатели коммерческой эффективности проекта

Наименование показателей	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Объем продаж	–	75476	86607	97738	108869	120000
Отпускная цена за единицу продукции (р.)	–	8045,33	–	–	–	–
Выручка, н. (тыс. р.)	–	607229	696782	786334	875887	965439
Переменные затраты, (тыс. р.)	–	295008	338515	382022	425529	469036
Переменные затраты, (тыс. р.)	–	286331	328559	370786	413014	455241
Амортизация, (тыс. р.)	–	11338	–	–	–	–
Постоянные затраты, (тыс. р.)	–	273610	–	–	–	–
Постоянные затраты, (тыс. р.)	–	273570	–	–	–	–
Полная себестоимость, (тыс. р.)	–	568618	612125	655632	699139	742646
Полная себестоимость, (тыс. р.)	–	559901	602129	644356	686584	728811
Налогооблагаемая прибыль, б (тыс. р.)	–	38611	84657	130703	176748	222794
Налогооблагаемая прибыль, н	–	47328	94653	141978	189303	236628
Налог на прибыль, б (тыс. р.)	–	7722	16931	26141	35350	44559
Налог на прибыль, н	–	9466	18931	28396	37861	47326
Прибыль чистая, б	–	30889	67726	104562	141398	178235
Прибыль чистая, н	–	37862	75722	113582	151442	189303
Чистый поток реальных денег (тыс. р.)	–	139757	158691	177625	196559	215494
Коэффициент дисконтирования	–	0,952	0,907	0,864	0,823	0,783
Чистый доход, р.	–	133049	143933	153468	161768	168731
Капиталообразующие инвестиции (тыс. р.)	277073	–	–	–	–	–
Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег,	–	483876	–	–	–	–
Индекс доходности	–	1,75	–	–	–	–
Срок окупаемости проекта	–	0,57	–	–	–	–

После анализа показателей коммерческой эффективности проекта можно сделать вывод, что проект обладает высоким потенциалом для успешной реализации.

Выводы по разделу.

Внедрение проектируемого узла автомобиля в массовое производство имеет положительные аспекты:

- увеличение конкурентоспособности: внедрение нового узла может повысить качество и технические характеристики автомобилей, что позволит производителю автомобиля укрепить свою позицию на рынке и привлечь больше клиентов;
- снижение затрат: внедрение нового узла может привести к улучшению производственных процессов, оптимизации затрат и сокращению издержек, что в итоге может повлиять на рентабельность производства;
- расширение ассортимента продукции: новый узел позволит компании расширить ассортимент выпускаемых автомобилей, что может привлечь новых клиентов и увеличить объем продаж.

По результатам проведенных расчетов по внедрению проектируемого узла автомобиля в массовое производство, рассчитано, что себестоимость проектного варианта ниже, себестоимости базового варианта, и ожидается увеличение продаж, что является положительным экономическим показателем.

Чистый дисконтированный доход от внедрения модернизированного узла автомобиля составляет 483876470,10 р.

Срок окупаемости данного проекта равен 0,57 года, что говорит о минимальном риске проекта.

## Заключение

В соответствии с поставленной задачей в дипломном проекте выполнена работа по расчету и конструированию гидроусилителя рулевого управления. Предложенная конструкция ГУРа представляет собой сочетание электроники и гидравлики. В нагнетательном канале установлен электромеханический клапан, предназначенный для регулирования давления в зависимости от скорости движения автомобиля. Управляющий сигнал на электромеханический клапан подается с блока управления, который обрабатывает сигналы, поступающие с датчика скорости на колесе. Изменена конструкция ротора гидрораспределителя за счет изменения формы паза ротора, что повысит плавность включения гидроусилителя и устойчивость автомобиля на дороге.

В работе проведен тягово-скоростной и топливно-экономический расчет с предоставлением соответствующих графических материалов.

Проведен обзор и анализ существующих конструкций усилителей рулевого управления. Предъявлены требования к элементам разработанной конструкции. Произведено конструирование и расчет элементов усилителя рулевого управления.

Разработана компоновка автомобиля с измененным усилителем рулевого управления. Доработана конструкция рулевого карданного вала с целью улучшения показателей пассивной безопасности автомобиля.

Выполнены работы по определению безопасности и экологичности технического объекта. Произведен анализ опасных и вредных факторов технологического процесса.

Выполнен расчет экономической эффективности проекта. Чистый дисконтированный доход от внедрения модернизированного узла автомобиля составляет 483876470,10 р.

Срок окупаемости данного проекта равен 0,57 года.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Абрамов, Н. Н. Курсовое и дипломное проектирование по дорожно-строительным машинам [Текст] : (Общие положения и курсовое проектирование машины для земляных работ и содерж. дорог) : [Для вузов по специальности «Строит. и дор. машины и оборудование»]. - Москва : Высш. школа, 1972. - 120 с.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст] / В. И. Анурьев, Ф. Ф. Калашников, И. М. Масленников. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машгиз, 1962. - VIII, 687 с.
3. Баловнев, В. И. Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов [Текст] : Атлас конструкций : [Учеб. пособие для вузов] / В. И. Баловнев, канд. техн. наук доц., И. А. Засов, канд. техн. наук. - Москва : Машиностроение, 1965. - 134 с.
4. Баловнев, В. И. Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов [Текст] : Конструкция и основы расчета : [Учеб. пособие для автомоб.-дор. и инж.-строит. вузов] / В. И. Баловнев, И. А. Засов, Ю. Л. Карабан. - Москва : Машиностроение, 1964. - 296 с.
5. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
6. Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 195 с.
7. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
8. Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.

9. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.

10. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

11. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. «Управление промышленной и экологической безопасностью» . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.

12. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

13. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

14. Дорожные и аэродромные снегоочистители [Текст] : Каталог-справочник. - Москва : ЦНИИТЭстроймаш, 1975. - 93 с.

15. Дорожные машины. Основы теории и расчета [Текст] : [Учеб. пособие для специальности «Подъемно-трансп., строит. и дор. машины»] / Проф. А. И. Анохин, канд. техн. наук Е. Р. Петерс, канд. техн. наук И. М. Эвентов, канд. техн. наук Н. Я. Хархута и др. ; Под общ. ред. д-ра техн. наук проф. А. И. Анохина. - Москва : Изд-во и тип. Дориздата, 1950 (13-я тип. Главполиграфиздата). - 372 с.

16. Живейнов Н.Н. Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин [Текст] : [учебник для машиностроительных специальностей вузов] / Н. Н. Живейнов, Г. Н. Карасев, И. Ю. Цвей. - Москва : Машиностроение, 1988. – 278 с.

17. Зимнее содержание автомобильных дорог [Текст] / Г. В. Бялобжеский, А. К. Дюнин, В. Н. Денисов и др. - Москва : Транспорт, 1966. - 224 с.

18. Иванов А. Н. Снегоочистители отбрасывающего действия / А. Н. Иванов, В. А. Мишин. - М. : Машиностроение, 1981. - 159 с.
19. Инженерная экология и экологический менеджмент : учебник / М. В. Буторина [и др.] ; под ред. Н. И. Иванова [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2004. - 518 с.
20. Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.
21. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 351 с.
22. Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация [Текст] : материалы международной научно-практической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский филиал Научно-исследовательского центра «МашиноСтроение» [и др.] ; главный редактор Жуков Иван Алексеевич]. - Санкт-Петербург : СПбФ НИЦ МС, 2018-. - 21 см. № 2. - 2019. - 157 с.
23. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.
24. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
25. Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с.
26. Феодосьев В.И. «Соппротивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.
27. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

28. Шалман, Д. А. Снегоочистители [Текст] / Д. А. Шалман, канд. техн. наук. - Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1967. - 191 с.
29. Экология транспорта : учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк., 2010. - 366, [2] с.
30. Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.
31. Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. - New York: Springer, 2008. - 1015 p.
32. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
33. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.
34. Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., New York, 2013. - 435p.

Приложение А  
**Спецификации**

Лист	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>							
А4				24.ДП.01.213.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
А1				24.ДП.01.213.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Сборочные единицы</i>							
			1	24.ДП.01.213.61.01.000	Гидроусилитель руля	1	
			2	24.ДП.01.213.61.02.000	Рулевое колесо	1	
			3	24.ДП.01.213.61.03.000	Шарнир карданный	2	
			4	24.ДП.01.213.61.04.000	Подшипник	1	
			5	24.ДП.01.213.61.05.000	Механизм регулировки руля	1	
			6	24.ДП.01.213.61.06.000	Кожух рулевой колонки	1	
<i>Детали</i>							
			7	24.ДП.01.213.61.00.007	Кронштейн крепления рулевой колонки	1	
<i>Стандартные изделия</i>							
			6		Болт М8х25 ГОСТ 7798-70	2	
				24.ДП.01.213.61.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div style="font-size: 1.5em; font-weight: bold;">Рулевое управление</div> <div style="font-size: 1.2em;">ТГУ, АТС-1901В</div>		
Разраб.	Сариев А.В.						
Проб.	Турбин И.В.						
Н.контр.	Турбин И.В.						
Утв.	Байрабовский А.В.						
					Копировал	Формат А4	

Рисунок А1 – Спецификация на рулевое управление



Продолжение Приложения А

Фирма/Зона/Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		Стр.		Подп. и дата		Инв. № докл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № докл.		
					№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
		<u>Документация</u>																	
A1	24.ДП.01.213.61.01.000.СБ	Сборочный чертеж	1																
		<u>Сборочные единицы</u>																	
	1 24.ДП.01.213.61.01.01.000	Электромеханический клапан	1																
	2 24.ДП.01.213.61.01.02.000	Гидрораспределитель с рейкой-поршнем	1																
		<u>Детали</u>																	
	4 24.ДП.01.213.61.01.003	Корпус золотника	1																
	4 24.ДП.01.213.61.01.004	Кольцо резиновое	2																
	5 24.ДП.01.213.61.01.005	Картер РМ	1																
	6 24.ДП.01.213.61.01.006	Вал сошки	1																
	7 24.ДП.01.213.61.01.007	Кожух защитный	1																
	8 24.ДП.01.213.61.01.008	Кожух защитный	1																
	9 24.ДП.01.213.61.01.009	Пробка	1																
	10 24.ДП.01.213.61.01.010	Заглушка	1																
	11 24.ДП.01.213.61.01.011	Шайба	1																
	12 24.ДП.01.213.61.01.012	Кольцо стопорное	1																
	13 24.ДП.01.213.61.01.013	Стакан подшипника	2																
					24.ДП.01.213.61.01.000														
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата		Гидроусилитель рулевого управления					Лит.		Лист		Листов		
Разраб. Сариев А.В.													Д		1		2		
Пробв. Турбин И.В.								ТГУ, АТс-1901В											
Исполн. Турбин И.В.																			
Утв. Бадровский А.В.																			

Копировал

Формат А4

Рисунок А.3 – Спецификация на гидроусилитель рулевого управления



Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документация</i>								
A1			24.ДП.01.213.61.01.02.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
<i>Детали</i>								
		1	24.ДП.01.213.61.01.02.001	Гильза распределителя	1			
		2	24.ДП.01.213.61.01.02.002	Втулка	1			
		3	24.ДП.01.213.61.01.02.003	Накладка	1			
		4	24.ДП.01.213.61.01.02.004	Картер РМ	1			
		5	24.ДП.01.213.61.01.02.005	Болт	1			
		6	24.ДП.01.213.61.01.02.006	Винт	1			
		7	24.ДП.01.213.61.01.02.007	Штифт	1			
		8	24.ДП.01.213.61.01.02.008	Рейка-поршень	1			
		9	24.ДП.01.213.61.01.02.009	Штифт	1			
		10	24.ДП.01.213.61.01.02.010	Штифт	1			
		11	24.ДП.01.213.61.01.02.011	Ротор	2			
		12	24.ДП.01.213.61.01.02.012	Торсион	1			
		13	24.ДП.01.213.61.01.02.013	Шариковый ролик	1			
		14	24.ДП.01.213.61.01.02.014	Кольцо уплотнительное 008-010-14 ГОСТ 9833-73	1			
		15	24.ДП.01.213.61.01.02.015	Кольцо уплотнительное 008-010-14 ГОСТ 9833-73	1			
			24.ДП.01.213.61.01.02.000					
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата		
Разраб.		Сариев А.В.						
Проб.		Турбин И.В.						
Н.контр.		Турбин И.В.						
Утв.		Бодраевский А.В.						
				Гидроусилитель с рейкой-поршнем рулевого управления				
				Лит		Лист		
				Д		1		
				ТГУ, АТс-1901В				
				Копировал		Формат А4		

Рисунок А.5 – Спецификация на гидроусилитель с рейкой-поршнем рулевого управления