

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка трансмиссии Niva Trevel с вискомуфтой

Студент

А.Д. Ефремов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Л.А. Черепанов

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2024

Аннотация

Автомобили семейства Niva представляют собой следующий шаг в эволюции концепции, которая впервые была представлена автомобилем ВАЗ-2121 "Нива". Они отличаются от оригинальной модели более современным дизайном, повышенным комфортом и улучшенной конструкцией. Нива Тревел и ее варианты - это автомобили с повышенной проходимостью и кузовом, способным перевозить грузы. Теперь они стали еще удобнее и комфортнее благодаря электронным технологиям и модификации кузова.

В дипломном проекте рассматривается трансмиссия полноприводного легкового автомобиля второго класса "Нива Тревел", которая, будет оборудована вязкостной муфтой и усиленным задним карданным валом.

В конструкторской части дипломного проекта рассматривается трансмиссия автомобиля, ее классификация, конструкция, принцип работы и требования, предъявляемые к ней. Я также выполнил тягово-динамический расчет автомобиля, технико-экономическое обоснование использования вискомуфты на данном автомобиле и рассчитал основные параметры проектной конструкции

В технической части диплома мы рассмотрим, как собрать проектируемый узел данного автомобиля.

В экономической части диплома мы подсчитываем, сколько будет стоить изготовление проектного узла и сколько времени уйдет на ее окупаемость.

В разделе "Безопасность и окружающая среда" мы рассмотрим, какие опасные вещи могут произойти на месте сборки проектного узла и как можно сделать процесс более безопасным.

Abstract

Niva family cars represent the next step in the evolution of the concept, which was first presented by the VAZ-2121 "Niva" car. They differ from the original model by more modern design, increased comfort and improved construction. Niva Travel and its variants are vehicles with increased cross-country ability and a body capable of carrying cargo. Now they have become even more convenient and comfortable thanks to electronic technologies and body modification.

In the diploma project the transmission of all-wheel drive passenger car of the second class "Niva Travel" is considered, which will be equipped with viscous clutch and reinforced rear cardan shaft.

In the design part of the diploma project is considered the transmission of the car, its classification, design, principle of operation and requirements for it. I also performed the traction-dynamic calculation of the car, feasibility study of the use of viscofluid on this car and calculated the main parameters of the project design

In the technical part of the diploma we will look at how to assemble the design assembly of this diploma.

In the monetary part of the diploma, we calculate how much it will cost to manufacture the design assembly and how long it will take for it to pay for itself.

In the safety and environment section, we look at what dangerous or bad things can happen at the site where the project assembly is assembled and how we can make the process safer.

Содержание

Введение	5
1 Состояние вопроса	6
1.1 Назначение и требования, предъявляемые к трансмиссии	6
1.2 Классификация конструкций трансмиссий.....	9
1.3 Обзор и тенденции развития конструкции трансмиссий.	14
1.4 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции трансмиссии.....	19
2 Конструкторская часть.....	25
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля	25
2.2 Расчет проектной конструкции	39
3 Технологическая часть.....	54
4 Безопасность и экологичность объекта.....	65
5 Экономическая эффективность проекта	76
Заключение	95
Список используемых источников.....	96
Приложения Графики тягового расчета.....	99

Введение

В условиях перехода российской экономики к рынку крайне важно ускорить научно-технический прогресс, повысить качество продукции, сократить сроки разработки и внедрения новых технологий за счет интеграции науки и производства. Поэтому обеспечение высокого качества проектов в короткие сроки особенно важно сейчас, когда нам необходимо создавать конкурентоспособные автомобили.

Использование компьютеров ускоряет процесс проектирования, позволяя проводить математическое моделирование автомобиля или системы и оптимизировать параметры конструкции.

Проектирование автомобилей - сложный процесс, методы которого разработаны в различных научных трудах. Правильное использование этих методов и внедрение САПР в практику проектирования помогает повысить технический уровень создаваемой автомобильной техники.

Идея данного проекта заключается в том, чтобы внедрить вязкостную муфту в стандартный узел трансмиссии, внося при этом лишь несколько незначительных изменений в общую схему и технологию сборки модернизированной трансмиссии. Такая модернизация должна помочь снизить расход топлива благодаря отключению заднего привода с помощью вязкостной муфты.

1 Состояние вопроса

На наших дорогах появляется все больше внедорожников и кроссоверов. Одно из главных преимуществ таких автомобилей - система полного привода, которая у разных моделей работает по-разному. Трансмиссии для полноприводных автомобилей имеют разную конструкцию. Вместе они образуют системы полного привода.

Их можно разделить на три основных типа: постоянный полный привод, ручной полный привод и автоматически включаемый полный привод. Сложно сказать, какая из них лучше, поскольку у каждой есть свои плюсы и минусы. На бездорожье лучшим вариантом будет временно подключаемый полный привод с жесткими механическими блокировками всех дифференциалов (межосевого и межколесного). Но в городских условиях такие автомобили будут плохо управляемы.

В свою очередь, чисто городские кроссоверы с автоматически подключаемым полным приводом практически беспомощны на любом бездорожье, но управляются они как обычные легковые автомобили.

Золотая середина - постоянный полный привод. Но такой привод не позволит вам вмешиваться в его работу, то есть ни сэкономить топливо, ни проехать по очень сложному участку может не получиться.

1.1 Назначение и требования предъявляемые к трансмиссии

«Трансмиссия предназначена для изменения крутящего момента двигателя и частоты вращения коленчатого вала, чтобы ведущие колеса автомобиля получали разное вращение и скорость. Это важно для запуска и ускорения автомобиля, а также для движения в различных дорожных условиях. Трансмиссия также должна обеспечивать движение автомобиля задним ходом и при длительном отключении двигателя и трансмиссии. Поэтому работа трансмиссии зависит от крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, который не может гарантировать движение автомобиля в различных условиях.

Общими требованиями к трансмиссии являются:

1) Обеспечивать автомобилю необходимые динамические и экономические качества. Передаточное число в трансмиссии определяет динамические качества автомобиля. Оно должно быть подобрано таким образом, чтобы обеспечить быстрое ускорение автомобиля и в то же время эффективное движение. Обычно автопроизводители оценивают динамические качества автомобиля, измеряя время, необходимое для разгона от 0 до 100 км/ч. В наши дни они также смотрят на время разгона в диапазоне 40-100, 60-100, 80-120 км/ч. Для проверки обгона необходимо посмотреть, как автомобиль ведет себя в различных режимах движения. Наиболее распространенными являются городской, междугородний и смешанный.»[1]

2) Предусмотреть нейтральную "передачу".

Чтобы отключить двигатель и трансмиссию, требуется нейтраль, так как двигатель продолжает работать на холостом ходу, когда транспорт стоит. Это довольно просто предусмотреть в механической коробке передач.

«3) Обеспечение удобного управления трансмиссией. Как и любой другой орган управления, трансмиссия нуждается в том, чтобы водитель приводил ее в движение, что может привести к усталости водителя. Поэтому положение рычага управления коробкой передач, усилия переключения и выключения, ход переключения - все это важные параметры, которые определяют эргономику управления коробкой передач и должны быть учтены на этапе проектирования.

4) Предусмотреть, что она бесшумна.»[2]

Трансмиссия является источником шума и вибрации, поэтому мы контролируем уровень шума и вибрации, излучаемых трансмиссией, используя параметры, основанные на ее функциональных и конструктивных особенностях. Поскольку потребительский рынок автомобилей и высокая конкуренция требуют снижения уровня шума и вибрации, этот стандарт будет особенно важен в будущем. Также важно отметить, что уровень шума в автомобилях регламентирован ограничением законом.

5) Необходима максимальная её эффективность, то есть другими словами

это можно назвать коэффициентом полезного действия. «Эффективность - это, по сути, общая оценка уровня конструкции трансмиссии. Из-за всех ошибок в конструкции, технологиях и производстве эффективность трансмиссии снижается. Для современных механических коробок передач в автомобилях КПД составляет около 0,90...0,94.

6) Гарантия надежности в эксплуатации. Современный подход к эксплуатации автомобиля призван минимизировать вероятность выхода из строя любого узла или детали автомобиля, предусмотренного конструкцией на период эксплуатации (обычно 150 тысяч километров). Это означает, что трансмиссия (как и другие детали) должна обеспечивать безотказную работу с высокой степенью обеспеченности данного показателя.

7) Упрощёное обслуживание. Большинство трансмиссий современных автомобилей нуждаются только в одном регулярном техническом обслуживании - замене масла (обычно каждые 30 000 км). Это позволяет снизить затраты на обслуживание трансмиссии в процессе эксплуатации.

8) Снижение цены. Стоимость трансмиссии всегда следует рассматривать в совокупности с ее функциями. То есть каждая дополнительная функция будет иметь определенную стоимость. Например, если вы выбираете между шестиступенчатой и пятиступенчатой коробкой передач, вам нужно взвесить преимущества и дополнительные расходы.

Помимо общих требований, к трансмиссии иногда предъявляются особые требования, например: возможность буксировки автомобиля, возможность отбора мощности от трансмиссии и наоборот - возможность подачи дополнительной мощности.»[2]

1.2 Классификация трансмиссий

«Трансмиссии можно разделить на три типа в зависимости от того, есть ли в них ступени или нет. Существуют бесступенчатые, ступенчатые и частично бесступенчатые типы. Бесступенчатые коробки передач можно

разделить на статические и динамические. Статические коробки передач являются саморегулирующимися, а динамические - нет. Гидротрансформатор - это саморегулирующаяся конструкция, а гидростатическая (гидрообъемная) трансмиссия - несаморегулирующаяся.

Существует четыре основных типа коробок передач, в зависимости от способа преобразования крутящего момента:

- 1) механическая (зубчатая, фрикционная и импульсная)
- 2) Гидравлическая (гидростатическая или гидрообъемная и гидродинамическая)
- 3) Гидромеханические (комбинация первых двух типов)
- 4) Электрические

В автомобилях можно встретить ступенчатые механические (зубчатые) и бесступенчатые или частично бесступенчатые гидромеханические коробки передач. В редких случаях встречаются также гидродинамические коробки передач и электрические трансмиссии. Все остальные типы коробок передач были реализованы только в опытных образцах.

Электрические трансмиссии тяжелы и требуют большого количества меди для изготовления. Они используются в автобусах и автомобилях специального назначения.»[3]

«Основной частью гидродинамической и гидромеханической трансмиссии, позволяющей переключать передаточные числа без остановки, является гидротрансформатор. Гидродинамические трансмиссии используются нечасто, поскольку они могут работать только с максимальным коэффициентом трансформации около 4 и не обладают достаточной производительностью. Гораздо более распространены гидромеханические трансмиссии. Поскольку гидротрансформатор является хорошим механизмом ускорения, он используется в автобусах, которые часто останавливаются. Гидромеханические коробки передач мало используются в легковых автомобилях. Преимущества таких коробок передач в том, что ими легче

управлять, можно ездить на очень низких скоростях, нельзя выключать двигатель при перегрузках, они плавно и быстро разгоняются. Недостатки - сложность конструкции и обслуживания, а также низкая эффективность гидротрансформатора. Поскольку в легковых автомобилях при использовании гидротрансформатора мощность двигателя увеличивалась, практически стало возможным обходиться без гидротрансформатора во всех режимах, кроме разгона.»[4] Запас мощности двигателей грузовых автомобилей гораздо меньше, чем у легковых, поэтому гидротрансформатору приходится работать не только при разгоне, но и при установившемся движении по тяжелым дорогам.

1. Иногда гидромеханическая коробка передач облегчает работу и снижает ударные нагрузки, что может быть важно для внедорожников и большегрузных автомобилей.

2. Наиболее распространены следующие механические коробки передач: четырех-, пяти- и многоступенчатые, в таких коробках передач передачи заднего хода не рассматриваются.

Если вы хотите получить шесть или более передач, то обычно устанавливают дополнительную коробку с двумя передачами. Таким образом, ее можно объединить с основной коробкой передач, чтобы получить двойное количество передач, или добавить еще одну передачу, что увеличит общий диапазон передаточных чисел коробки.

В автомобилях с несколькими ведущими мостами эта дополнительная коробка передач часто сочетается с раздаточной коробкой. Если вы работаете с тракторами и грузовиками с одной ведущей осью и буксируете прицепы, дополнительную передачу можно получить с помощью двухдиапазонной главной передачи, которая позволяет использовать стандартную коробку передач.

Существует три основных типа механических коробок передач по расположению осей: планетарные, с фиксированной осью и комбинированные.

«Рассмотрим четырехступенчатую планетарную коробку передач типа Wilson с гидравлическим сцеплением. Четырех- и пятиступенчатые коробки передач типа Wilson используются в английской и французской автомобильной промышленности для легковых автомобилей, автобусов и спецтехники.

Планетарные коробки передач более сложны и, следовательно, более дороги в изготовлении. Они могут быть оправданы в тяжелых грузовиках, так как позволяют разветвить поток мощности и уменьшить размер шестерен. Стоит отметить, что в большинстве планетарных коробок передач большую часть пространства занимают компоненты, не относящиеся к шестерням, такие как тормоза и фрикционы, которые помогают переключать передачи. Из-за этого планетарные многоступенчатые коробки передач не получили такого широкого распространения, как другие типы.

Включение в планетарные коробки передач фрикционных элементов, обеспечивающих плавное и безударное переключение, а также упрощающих управление, привело к их частому использованию в гидромеханических коробках передач, которые обычно имеют 2-3 передачи.

В настоящее время планетарные коробки передач (без гидротрансформаторов) встречаются в основном на автобусах. Помимо редукторов типа Wilson, используются планетарные редукторы фирм Hobbs, Kotal и других.»[9]

«Иногда планетарные редукторы используются в качестве дополнения к обычной коробке передач с фиксированными осями (например, ускоряющая передача). Рассмотрим, например, конструкции и схемы ускоряющей передачи от британской компании Moss Gear, которая предназначена для установки перед коробкой передач и имеет передаточное число 0,75. Ускоряющая передача включается тормозом, управляемым с помощью вакуумной камеры. При переключении на переднюю передачу планетарная передача блокируется механизмом свободного хода. Это означает, что двигатель автоматически отключается от коробки передач при движении

накатом. Чтобы заблокировать фрикционное колесо, достаточно включить ускоряющую передачу.

Планетарные передачи могут быть как внешними, так и внутренними (обычно в сочетании с внешней передачей). Последние имеют более высокий КПД.

В коробках передач с фиксированными осями для переключения передач можно либо сдвинуть шестерни, либо использовать скользящие зубчатые муфты. Первый способ чаще всего используется для первой и задней передач, а второй - для остальных. В наши дни коробки передач, в которых все передачи переключаются с помощью скользящих муфт синхронизаторов, встречаются довольно редко, поскольку сложно установить синхронизаторы. Кроме того, если неправильно переключать передачи, можно повредить зубья и сделать коробку более шумной из-за неправильного зацепления шестерен. Но эти коробки передач довольно легкие и компактные. В некоторых конструкциях для переключения всех передач используются зубчатые муфты. Благодаря тому, что шестерни находятся в постоянном зацеплении, можно установить синхронизаторы и использовать косые зубья вместо прямых, что снижает уровень шума. Шестерни с шевронными зубьями не получили распространения в коробках передач, хотя они иногда используются в небольших автомобилях. С развитием технологий мы можем увидеть больше таких зубьев на шестернях коробок трансмиссий.»[9]

«Коробки передач с фиксированными мостами производятся как с синхронизаторами, так и без них. Синхронизаторы для коробок передач грузовых автомобилей получили самое большее распространение.

В Германии для автобусов, работающих в горных условиях, используется шестиступенчатая коробка передач ZF-Media. Эта коробка передач является многовальнoй. Передачи включаются с помощью многодисковых муфт.

Эта коробка позволяет переключать передачи без потери мощности, как и планетарная коробка передач. Но она довольно большая и тяжелая, хотя и

сделана из алюминия. Такая коробка передач с крутящим моментом 50 кгм весит 250 кг, в то время как коробка передач David Brown 557, которая может делать то же самое, и весит 186 кг.

Для автобусов разработаны трех- и двухступенчатые коробки передач Hydro-Media того же типа в сочетании с гидротрансформатором.

По принципу управления коробки передач могут быть автоматическими, полуавтоматическими, преселекторными, командными и с прямым управлением.

Автоматическое управление используется в бесступенчатых гидродинамических трансмиссиях. В гидротрансформаторе скорость вращения приводной части (турбины) изменяется автоматически при изменении нагрузки или положения педали газа. В гидромеханических коробках саморегулирование происходит только в диапазоне гидротрансформатора, а остальные передачи могут включаться либо автоматически специальным автоматом, либо водителем. В последнем случае коробка передач является полуавтоматической. При использовании преселектора водитель выбирает нужную ему передачу, но она включается только после нажатия на специальную педаль или отпускания педали управления дроссельной заслонкой.»[10] Так работает коробка передач типа Wilson.

В коробке передач ZF-Media используется командное управление. Водитель перемещает рычаг на рулевой колонке, который активирует нужные контакты. Коробка передач переключается с помощью электродвигателя.

Рычаг переключения передач для прямого управления может быть установлен как на коробке передач, так и в другом месте (дистанционное управление).

В зависимости от количества управляемых элементов (рычагов или коромысел) коробки передач обычно делятся на двух-, трехходовые и т. д. Четырех- и пятиступенчатые коробки передач обычно бывают трехходовыми. В автомобилях обычно используются четырех- и пятиступенчатые коробки

передач, реже встречаются шестиступенчатые. Коробки передач с меньшим числом передач устанавливаются только на автомобили с двигателями с высоким коэффициентом адаптивности.

Коробка передач - это та часть автомобиля, которая двигает его постоянно и всегда и всё время. Обычно это прямая коробка передач, то есть она передает мощность непосредственно от привода к ведомому валу без шестерен. Это снижает потерю мощности и износ шестерен и подшипников. В наиболее распространенных коробках передач ведущий и ведомый валы расположены соосно.

1.3 Обзор и тенденции развития конструкции трансмиссий

«До недавнего времени самой распространенной конструкцией коробки передач была четырехступенчатая с постоянным зацеплением шестерен. Такая конструкция позволяет устанавливать синхронизаторы на две или четыре передачи. Поскольку все шестерни в коробке находятся в постоянном зацеплении (за исключением шестерен заднего хода), можно использовать косозубые шестерни, что снижает уровень шума и динамические нагрузки.

В четырехступенчатой коробке передач можно установить один двусторонний и один односторонний синхронизатор. Чем больше пар шестерен находится в постоянном зацеплении, тем сложнее переключать передачи. Это связано с тем, что нагрузка на синхронизаторы возрастает. Это происходит потому, что при изменении скорости вращения любой шестерни в постоянном зацеплении изменяется скорость вращения всех остальных шестерен. Кроме того, шестерни низших передач, установленные на ведомом валу, имеют большой диаметр, а при использовании шестерен постоянного зацепления их количество увеличивается. Поэтому шестерни низшей передачи, которые реже используются при неподвижном автомобиле, часто делают скользящими. Однако они быстрее изнашиваются из-за сколов и смятия торцов. Поскольку автомобиль в основном (около 70 процентов)

движется на передней передаче, было выдвинуто несколько идей об отсоединении промежуточного вала при включении передней передачи. Включение передней передачи в этом случае осуществляется перемещением шестерни ведущего вала, которая одновременно выходит из зацепления с шестерней промежуточного вала. Присоединение переднего конца ведомого вала затруднено тем, что ведущий вал является консольным. Это также усложняет процесс переключения передач. При переключении с прямой на низшую передачу ударные нагрузки на зубья увеличиваются. Использование синхронизаторов также увеличивает нагрузку на фрикционный элемент синхронизатора, поскольку ему приходится быстро вращать промежуточный вал. Ранее этот вал был неподвижным. Вышеперечисленные недостатки означают, что использование коробок передач с отсоединением промежуточного вала невозможно.»[11]

«На немецких автомобилях довоенного времени применялись коробки передач, в которых каждая шестерня крепилась на подшипниках в картере, а валы были полностью разгружены от изгибающей нагрузки. Внутри ступиц шестерен размещались дисковые синхронизаторы. Этот тип коробок передач сложнее и дороже обычных.

Пятиступенчатые коробки передач встречаются довольно часто. Самая высокая передача служит либо для ускорения, либо для прямой передачи. Вы можете получить оба варианта, сохранив конструкцию коробки передач и просто изменив передаточные числа. Вы можете изготовить коробку передач по любой из различных схем, а также с синхронизаторами или без них. Наибольшее количество синхронизированных передач определяется количеством пар шестерен постоянного зацепления. В коробках передач для МАЗ-200 и ЯАЗ-210 синхронизаторы установлены на четырех высших передачах. Это делает передачи более надежными, но увеличивает момент инерции синхронизируемых деталей при переключении. Кроме того, это требует установки дополнительной шестерни заднего хода на ведомом валу, которая очень велика. Лучший вариант - получить пятиступенчатую коробку

передач, добавить еще одну передачу к четырехступенчатой, не меняя при этом конструкцию основной коробки.

Наличие промежуточной опоры на ведомом валу делает коробку передач более жесткой. Недостатком является то, что шестерня пятой передачи на промежуточном валу является консольной.

В мире автомобилестроения растет тенденция к использованию большего количества синхронизаторов, поскольку они помогают уменьшить износ зубьев шестерен при переключении передач.

Проблемы с коробкой передач обычно начинаются с разрушения торцов зубьев шестерен. Это происходит потому, что эти коробки передач без синхронизаторов. Несмотря на то, что синхронизаторы немного увеличивают общую длину коробки, все равно важно обеспечить синхронизацию всех передач, начиная с первой.»[12]

«Шестерни привода промежуточного вала (которые часто называют шестернями постоянного зацепления) обычно располагаются в передней части коробки передач. Передаточное число этой пары выбирается исходя из необходимости получить правильное передаточное число для первой передачи. Передаточное число пары шестерен первой передачи ограничивается минимальным количеством зубьев на промежуточном валу первой передачи, чтобы обеспечить достаточную прочность промежуточного вала. В этом случае габаритные размеры коробки передач определяются размерами шестерен первой передачи и обратным ходом ведомого вала. Если увеличить передаточное число шестерен, приводящих в движение промежуточный вал, можно уменьшить габариты коробки передач. В пятиступенчатой коробке передач с ускоряющей передачей венец ведущего вала должен быть больше венца ведомой шестерни ускоряющей передачи, что ограничивает возможность увеличения передаточного отношения пары шестерен, ведущих промежуточный вал. В четырехступенчатых коробках с подвижными шестернями это сделать проще. Поэтому передаточное число первой передачи относительно невелико, а передаточное число ведущей

шестерни промежуточного вала увеличено. Чтобы сделать шестерни более прочными, лучше уменьшить передаточное число промежуточного вала, так как при этом увеличивается диаметр ведущей шестерни, и сила, действующая на зубья, уменьшается.»[13]

Есть способ надеть пару шестерен на ведомый вал, расположенный сзади. Преимущество этого способа заключается в том, что шестерни меньше, и при переключении передач приходится преодолевать только момент инерции ведомых частей сцепления. Это означает, что момент синхронизации уменьшается в 3-4 раза. Однако при этом увеличивается нагрузка на шестерни ведущего вала. Чтобы обеспечить правильное центрирование ведомого вала, придется увеличить длину коробки передач. Основные недостатки этой схемы заключаются в том, что промежуточный вал вращается гораздо быстрее, а шестерни нижнего приводного вала постоянно находятся в зацеплении при движении. Это также увеличивает скорость работы переключаемых элементов.

Валы коробки передач обычно располагаются в вертикальной плоскости, так как это делает картер более жестким при давлении на него со стороны земли. В некоторых моделях автомобилей можно установить коробку передач с горизонтальным расположением валов, чтобы увеличить дорожный просвет. В этом случае необходимо следить за уровнем масла в картере коробки передач. Прочность и бесшумность коробки передач во многом зависит от того, насколько жесткими являются валы и как они закреплены.

На ведомом валу находятся подвижные шестерни и муфты, что упрощает сборку механизма управления. Однако иногда, чтобы сделать устройство более компактным, можно пойти против этого правила и немного усложнить конструкцию.

В некоторых конструкциях коробок передач на валы устанавливаются дополнительные опоры, чтобы сделать их более жесткими.

Существуют также многоступенчатые коробки передач. Если вы используете прицепы, не выключая двигатель, нужно, чтобы ваша коробка

передач могла работать с более широким диапазоном передаточных чисел, особенно для дизельных двигателей, которые имеют очень плоскую кривую крутящего момента. В этом случае необходимо иметь больше передач.

Иногда можно увеличить диапазон и количество передач, установив дополнительную двухступенчатую коробку передач. Это позволяет использовать различные комбинации передаточных чисел в основной и дополнительной коробках передач. Трансмиссия грузовика Villem (Франция) имеет дополнительную коробку передач с прямой и ускоряющей передачами с передаточными числами 1 и 0,775. Иногда тот же принцип можно использовать с двухдиапазонной трансмиссией заднего моста. Если устанавливается ускоряющая передача, то она часто используется с более высокой передачей в основной коробке передач, а остальные передачи делаются с прямой передачей в дополнительной коробке передач.

В автомобилях с несколькими ведущими мостами дополнительная передача обычно находится в раздаточной коробке. Это означает, что доступна только одна дополнительная передача с наибольшим передаточным числом (при одновременном включении низших передач в основной и дополнительной коробках передач). Сочетание низшей передачи дополнительной коробки передач с другими передачами основной коробки при такой разбивке дает такое же значение общего передаточного числа, как и при включении высшей передачи дополнительной коробки. Второй рычаг затрудняет переключение передач, поэтому переключаться между диапазонами передаточных чисел следует только на неровной дороге, используя низшие передачи основной коробки передач.

Многовальные коробки и коробки передач с параллельными валами имеют дополнительный вал для промежуточной шестерни первой передачи. Такая конструкция позволяет уменьшить расстояние между ведомым и промежуточным валами, поскольку шестерни первой передачи не нужно размещать в пределах заданного расстояния. Одна из лучших особенностей этой системы заключается в том, что она имеет множество опор, что делает

валы очень жесткими, несмотря на то, что коробка передач длиннее. При проектировании трансмиссии необходимо учитывать расположение всего силового агрегата на автомобиле. Так, например, Volkswagen использует силовой агрегат (сцепление, коробку передач и ведущий мост) в блоке с двигателем для очень легких автобусов и грузовых фургонов. Это связано с тем, что таким образом привод передается на задние колеса. В этом случае используется параллельно-вальная схема, при которой нет прямого привода, но мощность передается только через одну пару шестерен во всех передачах.

1.4 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции трансмиссии

«Полный привод - самая простая и надежная система трансмиссии. При нормальной работе крутящий момент передается только на одну ось, а вторая включается при необходимости. Эта система полного привода характеризуется отсутствием межосевого дифференциала и возможностью подключения переднего моста в раздаточной коробке. При подключении мосты жестко связаны и вращаются с одинаковой скоростью, что означает некоторые ограничения. Полный привод можно использовать только на поверхностях, допускающих пробуксовку колес. Эти трансмиссии позволяют ездить либо с отключенным полным приводом для экономии топлива, либо в режиме постоянного полного привода без ущерба для управляемости и риска повреждения трансмиссии. Это трансмиссия, которую можно принудительно перевести в режим, передающий крутящий момент только на два колеса. В большинстве таких систем используются всевозможные вариации на тему многодисковой муфты - пакета дисков, которые прижимаются друг к другу при активации полного привода и передают крутящий момент на подключаемые колеса.

Степень сжатия фрикционных дисков можно установить либо на фиксированном уровне (с помощью пружин постоянной жесткости), либо на переменном (с помощью электронного управления).»[15]

В дорожных условиях водителю бывает непросто оценить ситуацию и вовремя переключиться на полный привод. Благодаря микропроцессорным технологиям и их использованию в автомобилях мы теперь имеем автоматическую полноприводную трансмиссию. По сути, это означает, что электроника отслеживает дорожную ситуацию и автоматически включает полный привод, когда это необходимо, и отключает его, как только необходимость в нем отпадает.

«В нормальных дорожных условиях эта трансмиссия работает как передний или задний привод. В экстремальных ситуациях, когда одно или два ведущих колеса теряют сцепление с дорогой и начинают пробуксовывать, крутящий момент перераспределяется и на колеса другой оси.»[15]

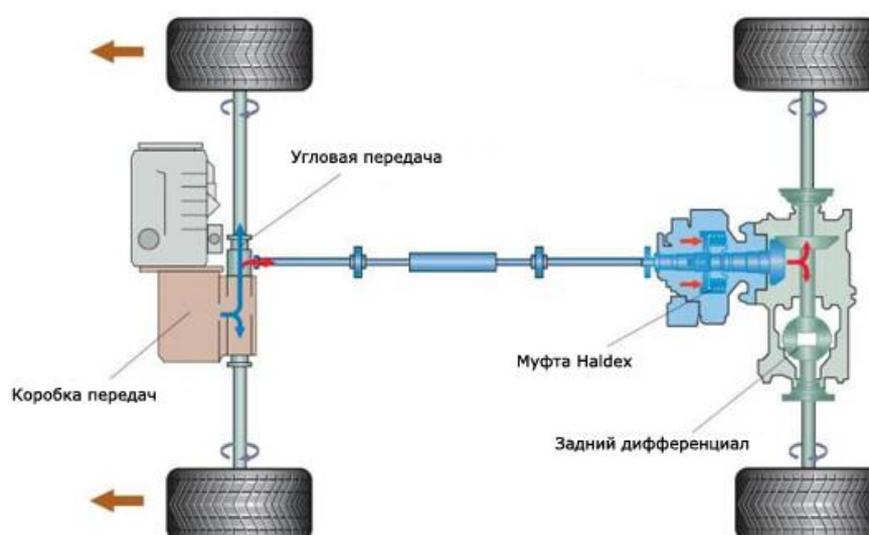


Рисунок 1 – Схема полноприводной трансмиссии подключаемой автоматически

«Система автоматического полного привода в принципе такая же, как и система постоянного полного привода, за исключением одного: здесь есть муфта заднего моста. Вал, передающий крутящий момент на ведущую ось,

соединяется с колесами другой оси через специальную муфту. Муфта обычно устанавливается на месте межосевого дифференциала или в непосредственной близости от заднего моста. В обычных условиях движения муфта разблокирована, но в экстремальных ситуациях она блокируется и передает крутящий момент на колеса вспомогательной оси. Существует несколько типов муфт, используемых в автомобилях с автоматически включаемым полным приводом, включая вискомуфту, фрикционные муфты с электронным управлением, гидравлические системы блокировки фрикционных муфт и другие.

Инженеры Mercedes разработали систему 4Matic для предотвращения пробуксовки задних ведущих колес. Если один из датчиков ABS обнаруживает, что одно или два колеса пробуксовывают, блок управления блокирует гидравлическую муфту межосевого дифференциала, которая задействует передние колеса. Если этого недостаточно, блок управления дает команду муфте дифференциала заднего моста задействовать передние колеса.

Шведская компания Haldex разработала фрикционную муфту с электронным управлением для полноприводных модификаций Volkswagen 4Motion. Она создана на платформе Golf IV, на которой построены Bora, Audi A3 и TT, Skoda Octavia, Seat Toledo и Leon. Муфта устанавливается прямо перед задней осью, и одним из ее главных преимуществ является то, что электронный блок может быть запрограммирован на настройку трансмиссии, причем для каждой модели настройки могут быть разными. Это может включать такие параметры, как момент блокировки или величина передаваемого крутящего момента.»[16]

«На прогулочных автомобилях Honda CR-V и HR-V японские инженеры использовали блокировку Real Time 4WD. Его главная особенность заключается в том, что сцепление устройства блокируется двухконтурной гидравлической системой. Система имеет два насоса - один для передней оси, другой для задней. Когда нет разницы в скорости между передними и задними колесами, давление масла в контуре очень мало. Когда передние колеса

начинают проскальзывать, давление повышается, и диски блокируются. Это перераспределяет крутящий момент с передних колес на задние, которые в обычной ситуации являются нейтральными, а не ведущими.

Главный недостаток подключаемого привода с электронным управлением заключается в том, что он не предназначен для длительного использования в режиме полного привода. Это связано с тем, как она устроена. Детали трансмиссии, передающие крутящий момент на колеса, не рассчитаны на длительную эксплуатацию в тяжелых условиях.»[16]

Поэтому, видимо, автоматическая система полного привода позволяет задействовать полный привод для преодоления сложного участка дороги. А при движении по дорогам общего пользования автомобили с этой системой имеют меньший расход топлива.

По сути, сцепление представляет собой пакет плоских круглых дисков, установленных внутри герметичного корпуса. Пакет дисков состоит из набора ведущих дисков, соединенных с ведущим валом, и набора ведомых дисков, соединенных с ведомым валом. На поверхности дисков имеются небольшие бугорки и отверстия. Конструкция пакета дисков такова, что ведомые и ведущие диски сцепления расположены вперемешку и близко друг к другу.

Жидкость во внутренней полости корпуса муфты обычно имеет силиконовую основу (вязкое вещество). Она густеет при сильном перемешивании. Кроме того, при нагревании она сильно расширяется, что повышает эффективность работы муфты. Это происходит потому, что при расширении жидкость прижимает диски сцепления друг к другу, что и склеивает их.

Когда ведущий и ведомый валы движутся равномерно, диски сцепления, как показано на рисунке 2, вращаются с одинаковой скоростью.

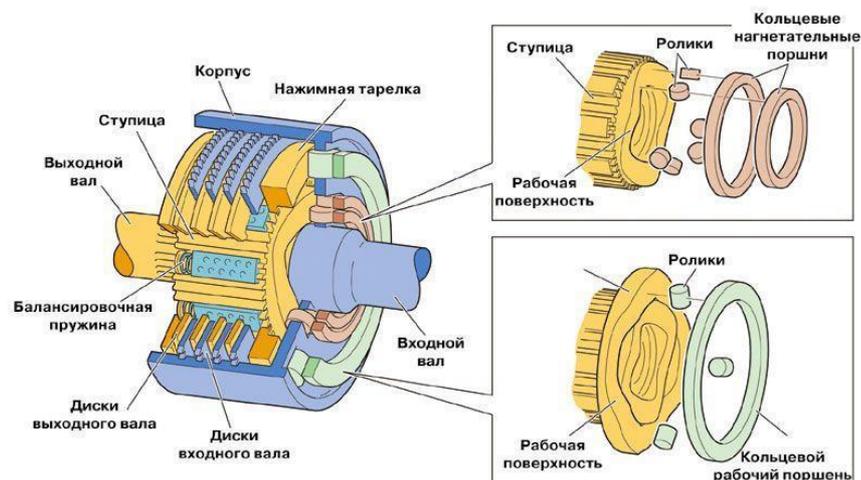


Рисунок 2 – Вязкостная муфта

Жидкость не смешивается, поэтому она не влияет на пакет дисков. Как только один из валов начинает вращаться быстрее другого, диски в пакете сцепления начинают вращаться относительно друг друга. Жидкость в картере сцепления сильно перемешивается, ее вязкость увеличивается, и трение между частицами жидкости стремится выровнять угловые скорости дисков. Когда разница скоростей велика, жидкость становится настолько вязкой, что ведет себя как твердое вещество. Это означает, что вязкостная муфта практически блокируется, а крутящий момент, передаваемый от ведущего вала к ведомому через пластины пакета, достигает максимального значения.

Сцепления Viscomfluid не требуют технического обслуживания в течение всего срока службы автомобиля. При возникновении проблем вы просто заменяете муфту. Вы проверяете сцепление каждый день перед выездом, как описано выше, и проверяете уровень жидкости в гидравлическом бачке. Через каждые 15 000 км пробега или раньше, если это необходимо, вы проверяете и регулируете привод сцепления. Через каждые 30 000 км или, если пробег меньше, через два года эксплуатации следует менять тормозную жидкость в гидравлическом приводе сцепления. Вот как это делается: сначала снимите резиновый колпачок с клапана выпуска воздуха на рабочем цилиндре сцепления и наденьте на него резиновый шланг, опустив другой конец шланга в емкость. Затем открутите клапан на один-два оборота, открутите, сначала снимите колпачок с бачка гидравлического привода сцепления. Затем

несколько раз нажмите на педаль сцепления, чтобы удалить из гидропривода старую жидкость, которая через шланг стечет в контейнер. Затем снимите шланг клапана, залейте свежую жидкость в бачок до появления ее из клапана и закройте клапан. Наконец, долейте жидкость в бачок и удалите воздух из гидравлической системы сцепления ("прокачайте" сцепление) в порядке, аналогичном "прокачке" тормозов. Перед тем как отправиться в путь, нелишним будет проверить наличие утечек масла (ищите пятна на месте стоянки), шум в коробке передач, легкость переключения передач, а на автомобилях с классической компоновкой - еще и утечку масла из картера заднего моста.

В условиях конкуренции на автомобильном рынке важно делать автомобили как можно лучше, и топливная экономичность - важный фактор. В наши дни люди покупают автомобили, которые потребляют меньше топлива. Поэтому основной целью данного проекта является снижение расхода топлива путем добавления в трансмиссию вязкостного преобразователя для отключения заднего моста, при этом габаритные размеры и общая компоновка автомобиля остаются прежними, единственно, что измениться длина карданного вала, и поэтому также в проекте принято решение заменить задний карданный вал на вал с карданными шарнирами равных угловых скоростей другого типа, а именно, предлагается карданный вал с системой трипод, которые являются более долговечными, чем шариковые шрусы, и эффективнее чем крестовины, в виду того, что привод на заднюю ось будет, то включаться, то отключаться, и это будет происходить автоматически при необходимости, когда этого требуют дорожные условия, то замена карданного вала на более долговечную конструкцию является более чем актуальной, и при этом всем также сохраняются виброакустические характеристики. По сути, это вибрация и шум, возникающие при работе различных узлов и агрегатов автомобиля. Это основные показатели, характеризующие комфорт, качество, надежность и конкурентоспособность автомобилей, как на мировом, так и на отечественном рынке.

2 Конструкторская часть

2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1.1 Исходные данные

«Количество колес ведущих.....	$n_k = 4$
Вес автомобиля, кг	$m_o = 1485$
Места в автомобиле	5
Высшая скорость а/м, м/с	$V_{max} = 38,89$
Наивысшая частота вращения ДВС, рад/с.....	$w_{max} = 590$
Низшая частота вращения ДВС, рад/с	$w_{min} = 105$
Аэродинамическое сопротивление	$C_x = 0,56$
Преодолеваемый подъем автомобилем	$\max = 0,30$
КПД трасмиссии.....	$\eta_{TP} = 0,91$
Площадь миделя, м ²	$H = 2,34$
Сопротивление качению.....	$f_{ko} = 0,014$
Количество скоростей в КП.....	5
Нагрузка на оси автомобиля, % :	
ось передняя	45
ось задняя.....	55
Параметр плотности воздуха, кг/м ³	$\rho = 1,293$
Параметр плотности топлива, кг/л	$\rho = 0,72$ »[22]

2.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта

«а) Определение полного веса и его распределение по осям»[2]

$$G_A = G_o + G_n + G_b, \quad (1)$$

«где G_o - собственный вес автомобиля;

G_n - вес пассажиров;

G_b - вес багажа; »[2]

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1485 \cdot 9,807 = 14563 \text{ Н} \quad (2)$$

$$G_{II} = G_{II1} \cdot 5 = m_{II1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678 \text{ Н} \quad (3)$$

$$G_B = G_{B1} \cdot 5 = m_{B1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490 \text{ Н} \quad (4)$$

$$G_A = 14563 + 3678 + 490 = 18731 \text{ Н} \quad (5)$$

$$G_1 = G_A \cdot 45 = 18731 \cdot 45 = 8428 \text{ Н} \quad (6)$$

$$G_2 = G_A \cdot 55 = 18731 \cdot 55 = 10302 \text{ Н} \quad (7)$$

б) «Подбор шин 205/70 R15. »[2]

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

«где r_k – радиус качения колеса;

r_{CT} – статический радиус колеса;

$B = 205$ – ширина профиля, мм;

$\kappa = 0,70$ – отношение высоты профиля к ширине профиля;

$d = 381$ – посадочный диаметр, мм;

$\lambda = 0,85$ – коэффициент типа шины. »[2]

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 381 + 0,70 \cdot 0,85 \cdot 205) \cdot 10^{-3} = 0,396 \text{ м} \quad (9)$$

2.1.3 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_K \cdot U_{PK} \cdot U_{ГП}} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (10)$$

«где U_K - передаточное число высшей передачи в трансмиссии, на которой обеспечивается максимальная скорость (примем значение передаточное число высшей передачи КП равным 0,800);

U_{PK} - передаточное число раздаточной трансмиссии (максимальная скорость автомобиля достигается на высшей передачи раздаточной трансмиссии автомобиля, значение которой примем равным 1,2);

$U_{ГП}$ - передаточное число главной зубчатой пары заднего моста, значение которой примем равным 4,3. »[2]

$$U_0 = (0,396 \cdot 590) / (0,800 \cdot 1,2 \cdot 4,3 \cdot 38,89) = 4,128 \quad (11)$$

2.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

$$N_V = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left(G_A \cdot \psi_V \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (12)$$

«где ψ_V - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. »[2]

$$\psi_V = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (13)$$

$$\psi_V = 0,014 \cdot (1 + 38,89^2 / 2000) = 0,025$$

$$N_V = (18731 \cdot 0,025 \cdot 38,89 + 0,56 \cdot 1,293 \cdot 2,34 \cdot 38,89^3 / 2) / 0,91 = 71600 \text{ Вт}$$

$$N_{MAX} = \frac{N_V}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (14)$$

«где a, b, c – эмпирические коэффициенты (для легковых автомобилей с карбюраторным двигателем $a, b, c = 1$), $\lambda = \omega_{MAX} / \omega_N$ (примем $\lambda = 1,05$). »[2]

$$N_{MAX} = 71600 / (1 \cdot 1,05 + 1 \cdot 1,05^2 - 1 \cdot 1,05^3) = 71969 \text{ Вт} \quad (15)$$

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (16)$$

«где $C_1 = C_2 = 1$ - коэффициенты характеризующие тип двигателя.

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (17)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Внешняя скоростная характеристика

Обор. двс, об/мин	Угл. скорость, рад/с	Мощн. двс, кВт	М двс, Н*м
1003	105	15,5	147,5
1350	141	21,5	152,2
1700	178	27,7	155,8
2050	215	34,0	158,3
2400	251	40,1	159,7
2750	288	46,1	160,1
3100	325	51,7	159,3
3450	361	56,9	157,5
3800	398	61,5	154,5
4150	435	65,4	150,5
4500	471	68,5	145,4
4850	508	70,7	139,2
5200	545	71,8	131,9
5550	581	71,8	123,5
5634	590	71,6	121,4

n_e - обороты двигателя, об/мин;

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi} \quad (18)$$

2.1.5 Определение передаточных чисел трансмиссии

$$1) U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{ПТ}}; \quad (19)$$

где ψ_{MAX} - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости

автомобиля с учётом вычлены преодолеваемого подъёма»[2]

$$\psi_{MAX} = f_{V_{max}} + \alpha_{MAX} = \psi_V + \alpha_{MAX}; \quad (20)$$

« U_{PK} - передаточное число раздаточной трансмиссии (максимальный динамический фактор реализуется на низшей ступени раздаточной трансмиссии, значение которой равно 2,1). »[2]

$$\psi_{MAX} = 0,025 + 0,30 = 0,325 \quad (21)$$

$$U_1 \geq 18731 \cdot 0,325 \cdot 0,396 / (160,1 \cdot 0,91 \cdot 4,128 \cdot 2,1) = 1,324 \quad (22)$$

$$2) U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{П}}, \quad (23)$$

«где $G_{сц}$ - сцепной вес автомобиля ($G_{сц} = G_1 \cdot m_1 = 8428 \cdot 0,9 = 6494$ Н,
 m_1 - коэффициент перераспределения нагрузки на передние колёса),
 φ - коэффициент сцепления ($\varphi = 0,8$). »[2]

$$U_1 \leq 7585 \cdot 0,8 \cdot 0,396 / (160,1 \cdot 0,91 \cdot 4,128 \cdot 2,1) = 3,262 \quad (24)$$

«Примем значение первой передачи равным: $U_1 = 3,200$.

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (3,200 / 0,800)^{1/4} = 1,414 \quad (25)$$

$$U_2 = U_1 / q = 3,200 / 1,414 = 2,263; \quad (26)$$

$$U_3 = U_2 / q = 2,263 / 1,414 = 1,600; \quad (27)$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,600 / 1,414 = 1,131; \quad (28)$$

$$U_5 = 0,800. \quad (29)$$

2.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах

$$V_A = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{U_{кп} \cdot U_0} \quad (30)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Скорость автомобиля на различных передачах

Обор. двс, об/мин	Скор. на 1 пер, м/с	Скор. на 2 пер, м/с	Скор. на 3 пер, м/с	Скор. на 4 пер, м/с	Скор. на 5 пер, м/с
1003	2,1	3,0	4,3	6,0	8,5
1350	2,9	4,1	5,7	8,1	11,5
1700	3,6	5,1	7,2	10,2	14,4
2050	4,3	6,2	8,7	12,3	17,4
2400	5,1	7,2	10,2	14,4	20,4
2750	5,8	8,3	11,7	16,5	23,3
3100	6,6	9,3	13,2	18,6	26,3
3450	7,3	10,4	14,6	20,7	29,3
3800	8,1	11,4	16,1	22,8	32,2
4150	8,8	12,5	17,6	24,9	35,2
4500	9,5	13,5	19,1	27,0	38,2
4850	10,3	14,6	20,6	29,1	41,2
5200	11,0	15,6	22,1	31,2	44,1
5550	11,8	16,7	23,5	33,3	47,1
5634	12,0	16,9	23,9	33,8	47,8

2.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{к.п.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (31) \gg [22]$$

«Расчетные данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Тяговый баланс

Обор. дв- ля, об/мин	F тяги на 1 пер, Н	F тяги на 2 пер, Н	F тяги на 3 пер, Н	F тяги на 4 пер, Н	F тяги на 5 пер, Н
1003	6627	4686	3314	2343	1657
1350	6836	4834	3418	2417	1709
1700	6998	4949	3499	2474	1750
2050	7111	5028	3556	2514	1778
2400	7175	5074	3588	2537	1794
2750	7191	5084	3595	2542	1798
3100	7157	5061	3578	2530	1789
3450	7074	5002	3537	2501	1768
3800	6942	4909	3471	2454	1736
4150	6761	4781	3381	2390	1690
4500	6532	4619	3266	2309	1633
4850	6253	4422	3126	2211	1563
5200	5925	4190	2963	2095	1481
5550	5549	3924	2774	1962	1387
5634	5451	3855	2726	1927	1363

2.1.8 Силы сопротивления движению

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_X \cdot \frac{V_A^2}{2}. \quad (32)$$

$$F_f = G_A \cdot f_K; \quad (33)$$

$$f_K = f_0 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_A^2). \quad (34)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 4.

Таблица 4 - Силы сопротивления движению

Скор-ть, м/с	F сопр. возд, Н	F сопр. кач-ю, Н	Σ F сопр. движ-ю, Н
0	0	224	224
5	21	227	248
10	85	236	320
15	191	250	440
20	339	269	608
25	529	295	824
30	762	325	1088
35	1038	362	1400
40	1355	404	1760
45	1716	452	2167
50	2118	505	2623
55	2563	564	3127
60	3050	629	3678
65	3579	699	4278

2.1.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A}, \quad (35)$$

$$D_\varphi = \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_A}, \quad (36)$$

Расчетные данные сведены в таблицу.»[22]

Таблица 5 - Динамический фактор на передачах

Обор. двс, об/мин	Дин-й фактор на 1пер	Дин-й фактор на 2пер	Дин-й фактор на 3пер	Дин-й фактор на 4пер	Дин-й фактор на 5пер
1003	0,413	0,292	0,206	0,144	0,100
1350	0,426	0,301	0,211	0,147	0,100
1700	0,436	0,307	0,215	0,149	0,098
2050	0,443	0,312	0,218	0,149	0,095
2400	0,446	0,314	0,218	0,147	0,090
2750	0,447	0,313	0,217	0,144	0,083
3100	0,444	0,311	0,214	0,140	0,075
3450	0,438	0,306	0,209	0,133	0,065
3800	0,430	0,299	0,203	0,126	0,053
4150	0,418	0,290	0,194	0,116	0,040
4500	0,403	0,278	0,184	0,105	0,025
4850	0,384	0,265	0,173	0,093	0,008
5200	0,363	0,248	0,159	0,079	-0,011
5550	0,339	0,230	0,144	0,064	-0,031
5634	0,332	0,225	0,140	0,060	-0,036

2.1.10 Ускорения автомобиля

$$j = \frac{(D - \Psi) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (37)$$

«где δ_{BP} - коэффициент учета вращающихся масс,

Ψ - коэффициент суммарного сопротивления дороги. »[2]

$$\Psi = f + i \quad (38)$$

« i – величина преодолеваемого подъёма ($i = 0$). »[2]

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{КП}^2), \quad (39)$$

«где δ_1 - коэффициент учёта вращающихся масс колёс; δ_2 - коэффициент учёта вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,015. \text{ »[2]}$$

Расчетные данные сведены в таблицу 6 и таблицу 7

Таблица 6 - Коэффициент учета вращающихся масс

	$U1$	$U2$	$U3$	$U4$	$U5$
dBP	1,169	1,092	1,053	1,034	1,025

Таблица 7 - Ускорение автомобиля на передачах

Обор двс, об/мин	Ускор. на 1 пер, м/с ²	Ускор. на 2 пер, м/с ²	Ускор. на 3 пер, м/с ²	Ускор. на 4 пер, м/с ²	Ускор. на 5 пер, м/с ²
1003	3,35	2,50	1,78	1,23	0,81
1350	3,46	2,57	1,84	1,26	0,81
1700	3,54	2,63	1,87	1,27	0,79
2050	3,60	2,67	1,89	1,27	0,75
2400	3,63	2,69	1,90	1,25	0,70
2750	3,63	2,69	1,88	1,22	0,63
3100	3,61	2,66	1,85	1,17	0,54
3450	3,56	2,62	1,80	1,10	0,43
3800	3,48	2,55	1,74	1,02	0,31
4150	3,38	2,47	1,66	0,93	0,16
4500	3,26	2,36	1,56	0,82	0,01
4850	3,10	2,24	1,45	0,69	-0,17
5200	2,92	2,09	1,32	0,55	-0,37
5550	2,72	1,92	1,17	0,40	-0,58
5634	2,66	1,88	1,13	0,36	-0,63

2.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

Расчетные данные сведены в таблицу 8.

Таблица 8 - Величины обратные ускорениям автомобиля

Обор двс, об/мин	Обр.ускор. на 1пер, с2/м	Обр.ускор. на 2пер, с2/м	Обр.ускор. на 3пер, с2/м	Обр.ускор. на 4пер, с2/м	Обр.ускор. на 5пер, с2/м
1003	0,30	0,40	0,56	0,81	1,23
1350	0,29	0,39	0,54	0,79	1,23
1700	0,28	0,38	0,53	0,79	1,26
2050	0,28	0,37	0,53	0,79	1,33
2400	0,28	0,37	0,53	0,80	1,43
2750	0,28	0,37	0,53	0,82	1,59
3100	0,28	0,38	0,54	0,86	1,86
3450	0,28	0,38	0,55	0,91	2,32
3800	0,29	0,39	0,57	0,98	3,26
4150	0,30	0,40	0,60	1,08	6,07
4500	0,31	0,42	0,64	1,22	180,86
4850	0,32	0,45	0,69	1,44	-
5200	0,34	0,48	0,76	1,81	-
5550	0,37	0,52	0,85	2,51	-
5634	0,38	0,53	0,88	2,79	-

2.1.12 Время и путь разгона

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (40)$$

$$\left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (41)$$

«где k – порядковый номер интервала. »[2]

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (42)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k. \quad (43)$$

«где t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ,

t_2 – время разгона до скорости V_2 . »[2]

Расчетные данные сведены в таблицу 9.

Таблица 9 - Время разгона автомобиля

Диап. скор, м/с	Площ, мм ²	Вр. t, с
0-5	148	0,7
0-10	445	2,2
0-15	849	4,2
0-20	1404	7,0
0-25	2186	10,9
0-30	3257	16,3
0-35	4689	23,4
0-40	6571	32,9
0-45	8995	45,0

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \quad (44)$$

«где $k = 1 \dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m = n$).

Путь разгона от скорости V_0

до скорости V_1 : $S_1 = \Delta S_1$,

до скорости V_2 : $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$,

до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k$ »[2]

Расчетные данные сведены в таблицу 10.

Таблица 10 - Путь разгона автомобиля

Диап. скор, м/с	Площ, мм ²	ПутьS, м
0-5	37	2
0-10	260	13
0-15	764	38
0-20	1737	87
0-25	3494	175
0-30	6441	322
0-35	11094	555
0-40	18152	908
0-45	28454	1423

2.1.13 Мощностной баланс

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (45)$$

« N_f - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

N_B - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

N_{II} - мощность, затрачиваемая на преодоление подъема ($N_{II} = 0$);

N_j - мощность, затрачиваемая на ускорение автомобиля ($N_i = 0$). »[2]

Расчетные данные сведены в таблицу 11.

Таблица 11 - Мощностной баланс

Обор дв- ля, об/мин	Мощн. на кол, кВт
1003	14,1
1350	19,6
1700	25,2
2050	30,9
2400	36,5
2750	42,0
3100	47,1
3450	51,8
3800	56,0
4150	59,5
4500	62,4
4850	64,3
5200	65,4
5550	65,3
5634	65,2

Расчетные данные сведены в таблицу 12.

Таблица 12 - Мощность сопротивления движению

Скор., м/с	Мощн. сопр. возд.	Мощн. сопр. кач-я	Сумм. мощн. сопр.
0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	1,1	1,2
10	0,8	2,4	3,2
15	2,9	3,7	6,6
20	6,8	5,4	12,2
25	13,2	7,4	20,6
30	22,9	9,8	32,6
35	36,3	12,7	49,0
40	54,2	16,2	70,4
45	77,2	20,3	97,5
50	105,9	25,3	131,2
55	140,9	31,0	172,0
60	183,0	37,7	220,7
65	232,7	45,4	278,1

2.1.14 Топливоно-экономическая характеристика

$$Q_s = \frac{1.1 \cdot g_{e \min} K_{II} \cdot K_E (N_f + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (46)$$

«где: $g_{e \min} = 290$ г/(кВт·ч) – минимальный удельный расход топлива. »[2]

$$K_{II} = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523 \quad (47)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227 \quad (48)$$

$$I = \frac{N_f + N_B}{N_T}; \quad (49)$$

$$E = \frac{w_e}{w_{eN}} \quad (50)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 13.

Таблица 13 - Путевой расход топлива на высшей передачи

Обор. дв-ля, об/мин	Скорость, м/с	Знач.И	Знач.Е	Знач.К _И	Знач.К _Е	Знач. Q _s
1003	8,5	0,177	0,187	1,253	1,155	5,8
1350	11,5	0,205	0,252	1,217	1,121	6,5
1700	14,4	0,242	0,317	1,172	1,092	7,3
2050	17,4	0,290	0,382	1,119	1,067	8,3
2400	20,4	0,347	0,447	1,062	1,046	9,4
2750	23,3	0,416	0,513	1,004	1,030	10,4
3100	26,3	0,497	0,578	0,949	1,019	11,6
3450	29,3	0,592	0,643	0,904	1,012	12,9
3800	32,2	0,704	0,708	0,877	1,010	14,6
4150	35,2	0,837	0,773	0,884	1,012	17,1
4500	38,2	0,994	0,839	0,944	1,018	21,1
4850	41,2	1,183	0,904	1,091	1,029	28,1
5200	44,1	1,413	0,969	1,381	1,045	40,8

2.2 Расчет проектной конструкции

Расчет шестерен РКП на прочность

Напряжения изгиба, действующие на зубья колеса и шестерни, определяются согласно формуле [6]:

$$\sigma_u = \frac{P}{b_w \cdot t \cdot y \cdot K_\varepsilon} \leq [\sigma_u], \quad (51)$$

где $K_\varepsilon = (0.8-0.9)\varepsilon$; ε – коэффициент перекрытия;

$$t = m \cdot \pi \quad (52)$$

$$P = \frac{2M'}{m \cdot \frac{Z}{\cos \beta}} \quad (53)$$

$$M' = M_e \cdot i_{kn} \cdot \eta \quad (54)$$

Где P – окружное усилие, Н; M' – момент, передаваемый шестерне, Н·м; Z – число зубьев; b – рабочая ширина зуба, м; t – шаг, м; m – модуль шестерни; y – коэффициент формы зуба, $y=0,125$; $[\sigma_u]$ – допускаемые напряжения изгиба, $[\sigma_u] = 250$ МПа; i_{kn} – передаточное число коробки передач; η – коэффициент полезного действия.

Шестерня № I

$$\varepsilon = 1,817 - 3,18 \cdot \left(\frac{0,88}{34} + \frac{0,88}{27} \right) = 1,69$$

$$K_\varepsilon = 0,8 \cdot 1,69 = 1,35$$

$$b_w = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$t = 2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$y = 0,154 - \frac{1,23 \cdot 0,88}{34} + \frac{3,33 \cdot 0,88}{34^2} = 0,125$$

Передача 1:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 = 376 \text{ Нм}$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 376}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6} = 7084 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u1} = \frac{7084}{25 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,125 \cdot 1,35} = 161 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 1 % $\Rightarrow \sigma_1 = 1,6 \text{ МПа}$

Передача 2:

$$M' = 116 \cdot 2,05 \cdot 0,98 = 233 \text{ Нм}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 233}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6} = 4390 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u2} = \frac{4390}{25 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,125 \cdot 1,35} = 120,4 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 3 % $\Rightarrow \sigma_2 = 3,6 \text{ МПа}$

Передача 3:

$$M' = 116 \cdot 1,37 \cdot 0,98 = 156 \text{ Нм}$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 156}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6} = 2939 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u3} = \frac{2939}{25 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,125 \cdot 1,35} = 80,6 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 6 % $\Rightarrow \sigma_3 = 4,8 \text{ МПа}$

Передача 4:

$$M' = 116 \cdot 0,946 \cdot 0,98 = 107,5 \text{ Нм}$$

$$P_4 = \frac{2 \cdot 107,5}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6} = 2025 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u4} = \frac{2025}{25 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,125 \cdot 1,35} = 55,5 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 15 % $\Rightarrow \sigma_4 = 8,3 \text{ МПа}$

Передача 5:

$$M' = 116 \cdot 0,732 \cdot 0,98 = 83 \text{ Нм}$$

$$P_5 = \frac{2 \cdot 83}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6} = 1563 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u5} = \frac{1563}{25 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,125 \cdot 1,35} = 42,88 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 75 % $\Rightarrow \sigma_5 = 32 \text{ МПа}$

Суммарное напряжение изгиба, действующие на зубья колеса и шестерни, определяются по формуле:

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{u1} + \sigma_{u2} + \sigma_{u3} + \sigma_{u4} + \sigma_{u5} \quad (55)$$

$$\sigma_{\Sigma} = 1,6 + 3,6 + 4,8 + 8,3 + 32 = 50,3 \text{ МПа} < [\sigma] = 250 \text{ МПа.}$$

Шестерня № 2

$$\varepsilon = 1,817 - 3,18 \cdot \left(\frac{0,88}{34} + \frac{0,88}{27} \right) = 1,69$$

$$K_{\varepsilon} = 0,8 \cdot 1,69 = 1,35$$

$$b_w = 23 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$t = 2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$y = 0,154 - \frac{1,23 \cdot 0,88}{27} + \frac{3,33 \cdot 0,88}{27^2} = 0,118$$

Передача 1: Повышенная:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 = 376 \text{ Нм}$$

$$\sigma_{u1} = \frac{8907}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 281 \text{ МПа}$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 376}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 8907 \text{ Н}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,9 % $\Rightarrow \sigma_{l_8} = 2,6 \text{ МПа}$

Пониженная:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 \cdot 2,1 = 790 \text{ Нм}$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 790}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 18704 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u1} = \frac{18704}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 591 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,1 % $\Rightarrow \sigma_{l_n} = 0,591 \text{ МПа}$

Передача 2: Повышенная:

$$M' = 116 \cdot 2,05 \cdot 0,98 = 233 \text{ Нм}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 233}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 5519 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u2} = \frac{5519}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 174 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 2,7 % $\Rightarrow \sigma_{2e} = 4,7 \text{ МПа}$

Пониженная:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 \cdot 2,1 = 489,3 \text{ Нм}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 489,3}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 11591 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_2} = \frac{11591}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 366 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,3 % $\Rightarrow \sigma_{2H} = 11 \text{ МПа}$

1. Передача 3: Повышенная:

$$M' = 116 \cdot 1,37 \cdot 0,98 = 156 \text{ Нм}$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 156}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 3695 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_3} = \frac{3695}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 116,7 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 5,1 % $\Rightarrow \sigma_{3e} = 5,9 \text{ МПа}$

2. Пониженная:

3. $M' = 116 \cdot 1,37 \cdot 0,98 \cdot 2,1 = 312 \text{ Нм}$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 312}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 7391 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_3} = \frac{7391}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 233 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,9 % $\Rightarrow \sigma_{3H} = 2 \text{ МПа}$

Передача 4:

$$M' = 116 \cdot 0,946 \cdot 0,98 = 107,5 \text{ Нм}$$

$$P_4 = \frac{2 \cdot 107,5}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 2546 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_4} = \frac{2546}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 80,7 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 15 % $\Rightarrow \sigma_4 = 12,1 \text{ МПа}$

Передача 5:

$$M' = 116 \cdot 0,732 \cdot 0,98 = 83 \text{ Нм}$$

$$P_5 = \frac{2 \cdot 83}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 30,7} = 1966H$$

$$\sigma_{u_4} = \frac{1966}{23 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35} = 62MPa$$

Средняя длительность пользования передачей 75 % $\Rightarrow \sigma_5 = 46,6 MPa$

$$\sigma_{\Sigma} = 2,6 + 0,591 + 4,7 + 11 + 5,9 + 2 + 12,1 + 46,6 = 85,5MPa < [\sigma] = 250 MPa.$$

Шестерня № 3

$$\varepsilon = 1,817 - 3,18 \cdot \left(\frac{0,88}{26} + \frac{0,88}{35} \right) = 1,69$$

$$K_{\varepsilon} = 0,8 \cdot 1,69 = 1,35$$

$$b_w = 20 \cdot 10^{-3} m$$

$$t = 2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 = 8,64 \cdot 10^{-3} m$$

$$y = 0,154 - \frac{1,23 \cdot 0,88}{26} + \frac{3,33 \cdot 0,88}{26^2} = 0,117$$

Передача 1:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 = 376Hm$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 376}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 29,5} = 9269H$$

$$\sigma_{u_1} = \frac{9269}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,117 \cdot 1,35} = 339,6MPa$$

Средняя длительность пользования передачей 1 % $\Rightarrow \sigma_1 = 3,4 MPa$

Передача 2:

$$M' = 116 \cdot 2,05 \cdot 0,98 = 233Hm$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 233}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 29,5} = 5744H$$

$$\sigma_{u_2} = \frac{5744}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,117 \cdot 1,35} = 210,5MPa$$

Средняя длительность пользования передачей 3 % $\Rightarrow \sigma_2 = 6,5 MPa$

Передача 3:

$$M' = 116 \cdot 1,37 \cdot 0,98 = 156Hm$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 156}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 29,5} = 3846H$$

$$\sigma_{u_3} = \frac{3846}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,117 \cdot 1,35} = 141MPa$$

Средняя длительность пользования передачей 6 % $\Rightarrow \sigma_3 = 8,46 MPa$

Передача 4:

$$M' = 116 \cdot 0,946 \cdot 0,98 = 107,5Hm$$

$$P_4 = \frac{2 \cdot 107,5}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6} = 2025H$$

$$\sigma_{u_4} = \frac{2025}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,117 \cdot 1,35} = 74MPa$$

Средняя длительность пользования передачей 15 % $\Rightarrow \sigma_4 = 11,1 MPa$

Передача 5:

$$M' = 116 \cdot 0,732 \cdot 0,98 = 83Hm$$

$$P_5 = \frac{2 \cdot 83}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6} = 1563H$$

$$\sigma_{u_5} = \frac{1563}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,117 \cdot 1,35} = 57,3MPa$$

Средняя длительность пользования передачей 75 % $\Rightarrow \sigma_5 = 50 MPa$

$$\sigma_{\Sigma} = 50 + 11,1 + 8,5 + 6,5 + 3,4 = 79,5 MPa < [\sigma] = 250 MPa.$$

Шестерня № 4

$$\varepsilon = 1,817 - 3,18 \cdot \left(\frac{0,88}{26} + \frac{0,88}{35} \right) = 1,69$$

$$K_{\varepsilon} = 0,8 \cdot 1,69 = 1,35$$

$$b_w = 21 \cdot 10^{-3} m$$

$$t = 2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 = 8,64 \cdot 10^{-3} m$$

$$y = 0,154 - \frac{1,23 \cdot 0,88}{35} + \frac{3,33 \cdot 0,88}{35^2} = 0,126$$

Передача 1:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 = 376 \text{ Нм}$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 376}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 39,8} = 6870 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_1} = \frac{6870}{21 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,126 \cdot 1,35} = 222,6 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 1 % $\Rightarrow \sigma_1 = 2,2 \text{ МПа}$

Передача 2:

$$M' = 116 \cdot 2,05 \cdot 0,98 = 233 \text{ Нм}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 233}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 39,8} = 4257 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_2} = \frac{4257}{21 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,126 \cdot 1,35} = 137,9 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 3 % $\Rightarrow \sigma_2 = 4,2 \text{ МПа}$

Передача 3:

$$M' = 116 \cdot 1,37 \cdot 0,98 = 156 \text{ Нм}$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 156}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 39,8} = 2850 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_3} = \frac{2850}{21 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,126 \cdot 1,35} = 92,3 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 6 % $\Rightarrow \sigma_3 = 5,5 \text{ МПа}$

Передача 4:

$$M' = 116 \cdot 0,946 \cdot 0,98 = 107,5 \text{ Нм}$$

$$P_4 = \frac{2 \cdot 107,5}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 39,8} = 1964 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_4} = \frac{1964}{21 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,126 \cdot 1,35} = 63,6 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 15 % $\Rightarrow \sigma_4 = 9,5 \text{ МПа}$

Передача 5:

$$M' = 116 \cdot 0,732 \cdot 0,98 = 83 \text{ Нм}$$

$$P_5 = \frac{2 \cdot 83}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 39,8} = 1516 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_5} = \frac{1516}{21 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,126 \cdot 1,35} = 49 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 75 % $\Rightarrow \sigma_5 = 36,8 \text{ МПа}$

$$\sigma_{\Sigma} = 36,8 + 9,5 + 5,5 + 4,2 + 2,2 = 58,2 \text{ МПа} < [\sigma] = 250 \text{ МПа.}$$

Шестерня № 5

$$\varepsilon = 1,817 - 3,18 \cdot \left(\frac{0,88}{42} + \frac{0,88}{27} \right) = 1,7$$

$$K_{\varepsilon} = 0,8 \cdot 1,7 = 1,36$$

$$b_w = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$t = 2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$y = 0,154 - \frac{1,23 \cdot 0,88}{42} + \frac{3,33 \cdot 0,88}{42^2} = 0,13$$

Передача 1: Повышенная:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 \cdot 1,2 = 628,7 \text{ Нм}$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 628,7}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 9585 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_1} = \frac{9585}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 313,7 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,9 % $\Rightarrow \sigma_{l_9} = 2,8 \text{ МПа}$

Пониженная:

$$M' = 116 \cdot 3,308 \cdot 0,98 \cdot 2,1 = 1100,2 \text{ Нм}$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 2456,4}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 16774 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_1} = \frac{16774}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 549 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,1 % $\Rightarrow \sigma_{l_1} = 0,55 \text{ МПа}$

Передача 2: Повышенная:

$$M' = 116 \cdot 2,05 \cdot 0,98 \cdot 1,2 = 527,7 \text{ Нм}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 527,7}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 4023 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_2} = \frac{4023}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 131,7 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 2,7 % $\Rightarrow \sigma_{2в} = 3,8 \text{ МПа}$

Пониженная:

$$M' = 116 \cdot 2,05 \cdot 0,98 \cdot 2,1 = 923,5 \text{ Нм}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 923,5}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 14080 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_2} = \frac{14080}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 460,8 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,3 % $\Rightarrow \sigma_{2н} = 1,4 \text{ МПа}$

Передача 3:

Повышенная:

$$M' = 116 \cdot 1,37 \cdot 0,98 \cdot 1,2 = 446,2 \text{ Нм}$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 446,2}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 6804 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_3} = \frac{6804}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 222,7 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 5,1 % $\Rightarrow \sigma_{3в} = 11,4 \text{ МПа}$

4. Пониженная:

$$M' = 116 \cdot 1,37 \cdot 0,98 \cdot 2,1 = 781 \text{ Нм}$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 781}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 11907 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_3} = \frac{11907}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 390 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 0,9 % $\Rightarrow \sigma_{3н} = 3,5 \text{ МПа}$

Передача 4:

$$M' = 277 \cdot 1,16 \cdot 0,98 \cdot 1,2 = 378 \text{ Нм}$$

$$P_4 = \frac{2 \cdot 378}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 5761 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_4} = \frac{5761}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 188,6 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 15 % $\Rightarrow \sigma_4 = 28,3 \text{ МПа}$

Передача 5:

$$M' = 277 \cdot 0,977 \cdot 0,98 \cdot 1,2 = 318 \text{ Нм}$$

$$P_5 = \frac{2 \cdot 318}{2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 47,7} = 4852 \text{ Н}$$

$$\sigma_{u_5} = \frac{4852}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13 \cdot 1,36} = 158,8 \text{ МПа}$$

Средняя длительность пользования передачей 75 % $\Rightarrow \sigma_5 = 119,1 \text{ МПа}$

$$\sigma_{\Sigma} = 2,8 + 0,55 + 3,8 + 1,4 + 11,4 + 3,5 + 28,3 + 119,1 = 170,8 \text{ МПа} < [\sigma] = 250 \text{ МПа}.$$

Динамический расчет шестерен

Напряжения изгиба, действующие на зубья шестерни, определяются согласно формуле [6]:

$$\sigma_u = \frac{P}{b \cdot t \cdot y \cdot K_\varepsilon \cdot K_V} \quad (56)$$

Где P – окружное усилие, Н; b – рабочая ширина зуба, м; t – шаг, м; y – коэффициент формы зуба, $y=0,125$; K_ε – коэффициент, учитывающий степень перекрытия зубчатых колёс; K_V – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку в зацеплении.

$$K_V = \frac{A}{A+V} \quad (57)$$

Где $A = 6$ для стального литья; V – окружная скорость вращения шестерни, определяемая по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot r}{30} \quad (58)$$

Где n – частота вращения шестерни; r – радиус шестерни.

Шестерня № 1

$$V = \frac{3,14 \cdot 27,6}{30} \cdot 52 \cdot 10^{-3} = 0,15 \text{ м/с}$$

$$K_V = \frac{6}{6+0,15} = 0,975$$

Берем $P = 9871 \text{ Н}$ – максимальная нагрузка

$$\sigma_{u_1} = \frac{9871}{25 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,125 \cdot 1,35 \cdot 0,975} = 246 \text{ МПа}$$

Шестерня № 2

$$V = \frac{3,14 \cdot 27,6}{30} \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ м/с}$$

$$K_V = \frac{6}{6 + 0,12} = 0,98$$

Берем $P = 12411 \text{ Н}$ – максимальная нагрузка

$$\sigma_{u_1} = \frac{12411}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,118 \cdot 1,35 \cdot 0,98} = 262 \text{ МПа}$$

Шестерня № 3

$$V = \frac{3,14 \cdot 27,6}{30} \cdot 40,6 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ м/с}$$

$$K_V = \frac{6}{6 + 0,12} = 0,98$$

Берем $P = 12915 \text{ Н}$ – максимальная нагрузка

$$\sigma_{u_1} = \frac{12915}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,117 \cdot 1,35 \cdot 0,98} = 270 \text{ МПа}$$

Шестерня № 4

$$V = \frac{3,14 \cdot 27,6}{30} \cdot 54,7 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ м/с}$$

$$K_V = \frac{6}{6 + 0,16} = 0,97$$

Берем $P = 9573 \text{ Н}$ – максимальная нагрузка

$$\sigma_{u_1} = \frac{9573}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,126 \cdot 1,35 \cdot 0,97} = 268 \text{ МПа}$$

Шестерня № 5

$$V = \frac{3,14 \cdot 27,6}{30} \cdot 65,6 \cdot 10^{-3} = 0,19 \text{ м/с}$$

$$K_V = \frac{6}{6 + 0,19} = 0,97$$

Берем $P = 9585 \text{ Н}$ – максимальная нагрузка

$$\sigma_{u_1} = \frac{9585}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} \cdot 0,19 \cdot 1,36 \cdot 0,97} = 221 \text{ МПа}$$

Расчет подшипников

Силы, действующие на подшипники:

Ведущий вал:

Осевая сила равна 5,6 кН;

Радиальные силы определяются по формулам [6]:

$$F_{rA} = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} \quad (59)$$

$$F_{rB} = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} \quad (60)$$

Где R_{Ax} , R_{Ay} , R_{Bx} , R_{By} – проекции реакций опор.

$$F_{rA} = \sqrt{2,3^2 + 0,9^2} = 2,4 \text{ кН};$$

$$F_{rB} = \sqrt{3,4^2 + 8,2^2} = 8,9 \text{ кН}.$$

Эквивалентная динамическая нагрузка:

$$P_A = 2,6 \text{ кН};$$

$$P_B = 13,8 \text{ кН}.$$

Долговечность подшипников [6]:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^k \quad (61)$$

где n – частота вращения вала; C – динамическая грузоподъемность; k – показатель степени, для шарикоподшипников $k = 3$.

$$L_{hA} = \frac{10^6}{60 \cdot 3400} \cdot \left(\frac{15,3}{2,6} \right)^3 = 15913 \text{ ч} > L_{hpед} = 10000 \text{ ч};$$

$$L_{hB} = \frac{10^6}{60 \cdot 3400} \cdot \left(\frac{15,3}{13,8} \right)^3 = 11836 \text{ ч} > L_{hpед}.$$

Промежуточный вал:

Осевая сила равна 9,6 кН;

Радиальные силы:

$$F_{rA} = \sqrt{6,4^2 + 2,6^2} = 6,9 \text{ кН};$$

$$F_{rB} = \sqrt{4,3^2 + 10,4^2} = 11,3 \text{ кН}.$$

Эквивалентная динамическая нагрузка:

$$P_A = 19,9 \text{ кН};$$

$$P_B = 12,4 \text{ кН}.$$

Долговечность подшипников:

$$L_{hA} = \frac{10^6}{60 \cdot 3400} \cdot \left(\frac{30,2}{19,9} \right)^{\frac{10}{3}} = 12000 \text{ ч} \gg L_{hpед} = 10000 \text{ ч};$$

$$L_{hB} = \frac{10^6}{60 \cdot 3400} \cdot \left(\frac{37,2}{12,4} \right)^3 = 13139 \text{ ч} \gg L_{hpед}.$$

Ведомый вал:

Осевая сила равна 5,6 кН;

Радиальные силы:

$$F_{rA} = \sqrt{5,8^2 + 2,4^2} = 6,3 \text{ кН};$$

$$F_{rB} = \sqrt{0,8^2 + 1,9^2} = 2 \text{ кН}.$$

Эквивалентная динамическая нагрузка:

$$P_A = 6,93 \text{ кН};$$

$$P_B = 7,9 \text{ кН}.$$

Долговечность подшипников:

$$L_{hA} = \frac{10^6}{60 \cdot 3400} \cdot \left(\frac{25,7}{6,93} \right)^3 = 1100 \text{ ч} \gg L_{hpед} = 10000 \text{ ч};$$

$$L_{hB} = \frac{10^6}{60 \cdot 3400} \cdot \left(\frac{25,7}{7,9} \right)^3 = 10500 \text{ ч} \gg L_{hpед}.$$

Расчет вязкостной муфты

Схема вязкостной муфты показана на рисунке 3.

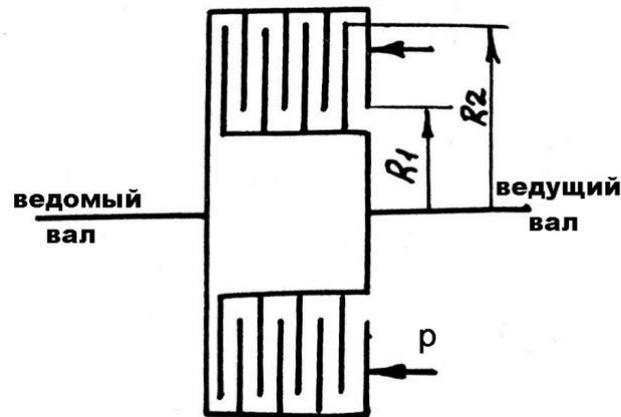


Рисунок 3 – Схема вязкостной муфты

Расчет муфты состоит из проверочного расчета рабочих поверхностей дисков на износостойкость по возникающему на них давлению:

$$p = \frac{8 \cdot K \cdot T}{[\pi \cdot (D_H^2 - D_B^2) \cdot D_C^2 \cdot f \cdot z]} \leq [p], \quad (62)$$

где $K=1,25\dots1,5$ – коэффициент запаса сцепления; T – крутящий момент, передаваемый муфтой [Нм]; D_H , D_B , D_C – наружный, внутренний и средний диаметры рабочей поверхности дисков [м]; f – коэффициент трения для дисков; z – число поверхностей трения; p – расчетное давление на рабочей поверхности диска [МПа]; $[p]$ – допускаемое давление для дисков [МПа].

Коэффициент трения для материала дисков металлокерамика по закаленной стали $f = 0,4$. Допускаемое давление для материала дисков металлокерамика по закаленной стали $[p] = 2$ МПа.

$$p = \frac{8 \cdot 1,3 \cdot 127,5}{[3,14 \cdot (0,12^2 - 0,06^2) \cdot 0,09^2 \cdot 0,4 \cdot 8]} = 1,51 \text{ МПа} \quad (63)$$

Осевая сила сжатия дисков вычисляется по формуле:

$$F_a = \frac{2 \cdot K \cdot T}{(D_c \cdot f \cdot z)} \quad (64)$$

$$F_a = \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 127,5}{(0,09 \cdot 0,4 \cdot 8)} = 1,15 \text{ кН}$$

Условие передачи муфтой требуемого момента Т [8]:

$$T_{\text{тр}} = K \cdot T \quad (65)$$

$$T_{\text{тр}} = 1,3 \cdot 127,5 = 165,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Этим параметрам удовлетворяет вязкостная муфта. Ее параметры приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Основные технические данные муфты [8]

Тип	Номинальный передаваемый момент, Н·м	Максимальная скорость вращения, об/мин	Вес, кг
Вязкостная муфта	175	3000	1,1

3 Технологическая часть

Когда технология используется, она может изменить способ производства, внешний вид и принцип работы. Чтобы технология считалась технологией, она должна обладать определенными свойствами.

«Правильный выбор объектов для работы, наличие необходимых материалов и технического обеспечения для выполнения поставленной задачи, а также следование заданной технологии - все это важные понятия для правильного использования технологии. Выбор объектов для работы в условиях технологического производства включает в себя материалы, энергоресурсы, информацию, объекты живой и социальной среды, а также все компоненты техносферы, используемые для производства потребительских товаров. Функционировать - значит делать то, что должно. Технологии объединяют способы и средства воздействия на предмет труда. Способы получения или преобразования предмета труда обычно зависят от средств труда. Например, для изготовления подшипника существуют разные средства труда. Когда речь идет об источниках тепла и научности при разработке новой техники, важно учитывать научные результаты техники. Эти результаты зависят от знаний общества, квалификации работников, наличия материально-технических ресурсов, необходимых для обеспечения производства. Материально-техническая база - это набор материалов и веществ, которые необходимы для ведения бизнеса. Они не являются частью производственного процесса, но представляют собой строительные блоки производственной системы. К ним относятся такие вещи, как здания, подъездные пути, коммуникационные мосты, источники энергии и так далее. Каждая технология предназначена для удовлетворения человеческих потребностей, поэтому желаемые конечные результаты или продукты четко определены. Технология, структура и последовательность действий всегда точно заданы и не могут быть изменены. Это определяет алгоритмичность, неизменность действий. Если нарушить это правило, результат будет совершенно другим или вообще

никаким. Если вы каждый раз делаете одно и то же действие одним и тем же способом, вы каждый раз будете получать один и тот же результат. Он будет почти таким же, как и в прошлый раз. Эти особенности технологических процессов помогают нам дать более четкое определение технологии.»[5]

Техническая и технологическая дисциплина - это следование правилам изготовления продукции. В противном случае могут возникнуть дефекты или даже несчастные случаи. Трудовой кодекс - это основной законодательный акт о труде. Он устанавливает правила для работников, занятых на производстве.

3.1 Анализ технологичности конструкции изделий

Общее правило для разработки изделий заключается в том, что они должны легко собираться. Это означает, что конструкция должна обеспечивать возможность самостоятельного крепления узлов и одновременного их присоединения к основному изделию. Кроме того, процесс сборки должен быть автоматизирован, а конструкция должна быть достаточно простой, чтобы ее можно было легко проверить.

3.2 Разработка технологической схемы сборки

«Процесс изготовления включает в себя установку и формирование соединений в деталях изделия в соответствии с ГОСТ 2387-79. Сборка - это процесс установки и формирования соединений в деталях изделия. Технологический переход - это заключительная часть процесса, выполняемая на одном и том же оборудовании при постоянном технологическом режиме и сборке.

Процесс сборки включает в себя множество различных видов работ, таких как подготовка деталей, их промывка, сортировка и так далее. Затем слесарные и слесарно-монтажные работы - соединение деталей в узлы и

изделия, а также свинчивание, запрессовка, клепка, сварка, пайка и так далее. Кроме того, необходимо регулировать, контролировать и разбирать изделия, чтобы подготовить их к упаковке и транспортировке.»[5]

3.3 Составление перечня сборочных работ

«Перечень изложен в виде таблицы с наименованиями сборочных работ в порядке, определяемом общей и подсборочной технологическими схемами, вместе с данными о нормировании всех необходимых видов сборки. Эти работы очень разнообразны, и определить их можно только путем расчета и анализа конкретных условий сборки: полноты и точности механической обработки деталей, надеваемых на сборку, принятых способов достижения точки смыкания, принятых технологических приемов выполнения соединений и т. д.

В зависимости от того, для чего нужна работа, она может быть разделена на: механическую обработку, выполняемую в сборочном цехе; упаковку, распаковку, изготовление отдельных деталей; изготовление соединений между деталями и узлами; работы, связанные с подъемом и регулированием;

Описание производственных процессов. Этот процесс характеризуется, прежде всего, установленным объектом производства, что говорит о том, что он предназначен для массового производства.

Перечень сборочных работ в таблице 15.»[5]

Таблица 15 – Перечень сборочных работ

№ опер	Содержание основных и вспомогательных работ	Время $t_{оп}$, мин.
1. Общая сборка вискомуфты		
1	Взять вал ведущий	0,01
2	Установить вал ведущий в зажимное приспособление	0,02
3	Взять стакан	0,01
4	Установить стакан	0,02
5	Взять диск ведущий	0,01
6	Установить диск ведущий	0,02
7	Взять вал ведомый	0,01
8	Установить вал ведомый	0,02
9	Взять стакан малый	0,01
10	Установить стакан малый	0,02
11	Взять диск ведомый	0,03
12	Установить диск ведомый	0,02
13	Взять нажимной диск	0,03
14	Установить нажимной диск	0,04
15	Взять шарик	0,04
16	Установить шарик	0,03
17	Взять диск	0,02
18	Установить диск	0,04
19	Взять поршень	0,03
20	Установить поршень	0,03
21	Взять уплотнитель	0,03
22	Установить уплотнитель	0,03
23	Взять цилиндр	0,02
24	Установить цилиндр	0,04
25	Взять уплотнитель	0,02
26	Установите уплотнитель	0,02
27	Взять маслоподающее кольцо	0,01
28	Установить маслоподающее кольцо	0,02
29	Взять стопорное кольцо	0,01
30	Установить стопорное кольцо	0,02
31	Взять держатель большой	0,03
32	Установить держатель большой	0,02
33	Взять держатель малый	0,03
34	Установить держатель малый	0,04
35	Взять опору подшипника	0,04
36	Установить опору подшипника	0,03
37	Взять фланец	0,02
38	Установить фланец	0,04

39	Взять подшипник 308	0,03
40	Установить подшипник 308	0,03
41	Взять крышку подшипника	0,03
42	Установить крышку подшипника	0,03
43	Взять стопорное кольцо	0,02
44	Установите стопорное кольцо	0,02
45	Взять корпус	0,01
46	Установить корпус	0,02
47	Взять стакан	0,01
48	Установить стакан	0,02
49	Взять подшипник 7208	0,03
50	Установить подшипник	0,02
51	Взять распорку и установить ее	0,03
52	Установить подшипник 7208	0,04
53	Взять втулку	0,04
54	Установить втулку	0,03
55	Взять шайбу 39	0,02
56	Установить шайбу 39	0,04
57	Взять гайку М39	0,03
58	Установить гайку М39 и завернуть	0,03
59	Взять прокладку	0,03
60	Установить прокладку	0,03
61	Взять манжету 36x58	0,02
62	Установить манжету 36x58	0,02
63	Взять крышку малую	0,01
64	Установить крышку малую	0,02
65	Взять болт М8 и шайбу стопорную установить и	0,01
66	завернуть	0,02
67	Взять фланец	0,03
68	Установить фланец	0,02
69	Взять гайку М26 и шайбу 26 установить и завернуть	0,03
70	Взять насос масляный	0,04
71	Установить насос масляный	0,04
72	Взять крышку	0,03
73	Установить крышку	0,02
74	Взять манжету 48x70	0,04
75	Установить манжету 48x70	0,03
76	Взять болт М12 и шайбу стопорную	0,03
77	Установить болт и завернуть	0,03
78	Взять фланец	0,03
79	Установить гайку М26 и шайбу 26 установить и	0,02
80	завернуть	0,02
81	Взять прокладку	0,01
82	Установить прокладку	0,02
83	Взять крышку	0,01

84	Установить крышку	0,02
85	Взять болт М6 и шайбу 6 установить и завернуть	0,03
86	Взять прокладку крышки	0,02
87	Установить прокладку крышки	0,03
88	Взять крышку люка	0,04
89	Установить крышку люка	0,04
90	Взять отдушину	0,03
91	Установить отдушину	0,02
92	Взять пробку сливную	0,04
93	Установить пробку сливную	0,03
94	Взять пробку контроля	0,03
95	Установить пробку контроля	0,03
96	Проверить качество выполненной работы, передать далее	0,02
Всего $\sum t_{on}$		2,53

3.4 Определение трудоёмкости сборки

Перечень работ в плане сборки используется для распределения работ в соответствии с нормативами. Эти нормативы устанавливают нормы оперативного времени на механическую сборку и мелкие переходы. Результаты распределения работ суммируются в соответствующей колонке.

«Общее оперативное время на все виды работ при сборке разрабатываемого узла определяется как сумма отдельных оперативных времён:»[5]

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on} = 2.53 \text{ мин}$$

«Суммарная трудоёмкость сборки узла может быть определена как:»[5]

$$t_{\phi\delta}^{i\dot{a}\dot{u}} = t_{ii}^{i\dot{a}\dot{u}} + t_{ii}^{i\dot{a}\dot{u}} * \left(\frac{\alpha + \beta}{100}\right), \quad (66)$$

«где α - часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, $\alpha = 2 \div 3\%$;

β - часть оперативного времени на перерывы для отдыха, $\beta = 4 \div 6\%$;

Примем $\alpha = 2\%$; $\beta = 4\%$.»[5]

Тогда

$$t_{ум}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100}\right) = 2.53 + 2.53 \cdot 0.06 = 2.68 \text{ мин}$$

3.5 Определение типа производства

Тип производств при сборке должен определяться в соответствии с годовым выпуском изделий, а также определённым суммарным числом трудоемкости сборки узла.

В нашем случае $N = 90000$ шт.; поэтому принимаем крупносерийное производство.

«Для крупносерийного производства, где применяют поточные формы организации производства, следует определить такт выпуска изделий: »[5]

$$T_g = \frac{F_g * 60 * m}{N}, \quad (67)$$

«где F_g – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, час;

m – количество рабочих смен в сутки;

N – годовой объём выпуска изделий, шт. »[5]

$$T = 4015 * 60 / 90000 = 2,68 \text{ мин}$$

3.6 Выбор организационной формы сборки

Способ организации сборочной линии зависит от нескольких факторов, таких как конструкция изделия, его вес, объем производства и время, необходимое для его изготовления. Для крупносерийного производства используется мобильная поточная сборочная линия, где процесс разбит на операции, а собранный объект перемещается с одного места на другое с помощью механических конвейерных лент.

3.7 Составление маршрутной технологии

«Технология маршрутизации заключается в определении последовательности и содержания операций общей и узловой сборки. Последовательность производства основывается на технологии общей и узловой сборки. Содержание операций должно создаваться с учетом того, чтобы сделать все как можно более однородным и полным. Признаком того, что этап работы завершен, является наличие всех соединений при перемещении или транспортировке объекта сборки. Когда речь идет о массовом и крупносерийном производстве, мы исключаем работы, которые могут быть выполнены вне общих и узловых сборок, такие как упаковка, мойка, продувка, очистка и входной контроль. Мы формализуем производственный процесс в виде таблицы, где перечислены номера, названия операций и их содержание без разграничения по техническим переходам, оборудованию и нормам времени. Техническим операциям, связанным с процессом сборки, присваиваются номера: 005, 010 и так далее. В перечень технологических маршрутов необходимо ввести операции по техническому контролю и другие вспомогательные операции по регулировке, балансировке, подгонке и т.п. Название сборочной операции получают по типу сборки (общая или агрегатная) и по названию изделия или единицы сборочной группы. Мы просто приводим название типа оборудования, не вдаваясь в специфику модели. Маршрутная технология в таблице 16.»[5]

Таблица 16 – Маршрутная технология

№ операции.	Название операции	Наименование технологических переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, мин
005	Общая сборка вискомуфты	Взять вал ведущий Установить вал ведущий в зажимное приспособление Взять стакан Установить стакан Взять диск ведущий Установить диск ведущий Взять вал ведомый Установить вал ведомый Взять стакан малый Установить стакан малый Взять диск ведомый Установить диск ведомый Взять нажимной диск Установить нажимной диск Взять шарик Установить шарик Взять диск Установить диск Взять поршень Установить поршень Взять уплотнитель Установить уплотнитель Взять цилиндр Установить цилиндр Взять уплотнитель Установите уплотнитель Взять маслоподающее кольцо Установить маслоподающее кольцо Взять стопорное кольцо Установить стопорное кольцо Взять держатель большой Установить держатель большой Взять держатель малый Установить держатель малый Взять опору подшипника Установить опору подшипника Взять фланец	Специальное установочно-зажимное приспособление, ключи, пассатижи, отвертка, гайковерт, шуруповерт.	2,68

		<p> Установить фланец Взять подшипник 308 Установить подшипник 308 Взять крышку подшипника Установить крышку подшипника Взять стопорное кольцо Установите стопорное кольцо Взять корпус Установить корпус Взять стакан Установить стакан Взять подшипник 7208 Установить подшипник Взять распорку и установить ее Установить подшипник 7208 Взять втулку Установить втулку Взять шайбу 39 Установить шайбу 39 Взять гайку М39 Установить гайку М39 и завернуть Взять прокладку Установить прокладку Взять манжету 36x58 Установить манжету 36x58 Взять крышку малую Установить крышку малую Взять болт М8 и шайбу стопорную установить и завернуть Взять фланец Установить фланец Взять гайку М26 и шайбу 26 установить и завернуть Взять насос масляный Установить насос масляный Взять крышку Установить крышку Взять манжету 48x70 Установить манжету 48x70 Взять болт М12 и шайбу стопорную Установить болт и завернуть Взять фланец </p>		
--	--	---	--	--

		Установить гайку М26 и шайбу 26 установить и завернуть Взять прокладку Установить прокладку Взять крышку Установить крышку Взять болт М6 и шайбу 6 установить и завернуть Взять прокладку крышки Установить прокладку крышки Взять крышку люка Установить крышку люка Взять отдушину Установить отдушину Взять пробку сливную Установить пробку сливную Взять пробку контроля Установить пробку контроля Проверить качество выполненной работы, передать далее		
--	--	---	--	--

Вывод

В ходе технической разработки данной дипломной работы была составлена блок-схема и разработана маршрутная технология, которая представлена в формате А1.

4 Безопасность и экологичность объекта

Большая часть нашей жизни проходит в антропогенной среде. Хозяйственная деятельность, связанная с освоением новых территорий, "преобразованием природы", созданием искусственных экосистем, таких как города, привела к ухудшению экологической обстановки и, как следствие, качества жизни человека.

Автотракторные сельскохозяйственные предприятия, которые создаются в определенных местах и работают в определенный промышленный период, несут ответственность за воздействие на окружающую среду населенных пунктов.

Автотранспортные предприятия имеют большое количество производственных циклов на ограниченной территории, что означает большое количество ремонтных, моечных, покрасочных, монтажных, испытательных и других работ. «Эти виды работ связаны с опасными и вредными производственными факторами, воздействующими на человека во время работы, и с определенными нагрузками на окружающую среду - сточные и ливневые воды, воздух, выбрасываемый вентиляционными системами, автобусными паркингами, автомобилями и горячими цехами, и так далее. Таким образом, нам необходимо четкое инженерное решение для обеспечения безопасности людей на рабочем месте и снижения воздействия автотранспортного бизнеса на окружающую среду. Когда мы работаем, мы взаимодействуем с инструментами, другими людьми и окружающей нас средой. Сюда входят такие факторы, как тепло, влажность, движение воздуха, звук, вибрация и вредные вещества. Все это обычно характеризует условия труда, в которых находится человек. В основном от условий труда зависит здоровье и работоспособность человека, его отношение к работе и результаты труда. Если условия труда плохие, то работоспособность быстро ухудшается и возникают предпосылки для травм и профессиональных заболеваний.»[7]

4.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых технологических операций

«Вредный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях (интенсивность, длительность и др.) может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства. В таблице 17 представлены опасные и вредные факторы производства.»[7]

Таблица 17 - Опасные и вредные факторы

Операция или вид выполняемых работ	Опасный или вредный производственный фактор	Источник опасного фактора
Сборка и установка	Отсутствие или недостаток естественного освещения	Мелкая сборочная работа
	Химически опасные и вредные производственные факторы Проникающие через органы дыхания, раздражающие, сенсibiliзирующие	Смазочные материалы, растворитель
	Статические перегрузки	Работа в согнутом положении корпуса
	Перенапряжение и монотонность операций	Длительность проведения операции демонтажа; значительный вес

	Подвижные узлы машин и механизмов	Использование гайковерта и ключа-трещетки
	Недостаток освещения	

4.2 Воздействие вредных и опасных факторов производства на работников

«Если не принять правильных мер предосторожности, движущиеся машины и механизмы, подвижные части машин, подвижные изделия и заготовки могут стать причиной всевозможных травм людей, включая переломы, ушибы, ссадины, царапины и так далее.»[7]

Также важно следить за уровнем влажности и сырости в рабочей зоне.

Пыль также вредна для легких, кожи, глаз и пищеварительной системы. Попадание пыли в верхние дыхательные пути сначала вызывает зуд, но если пыль задерживается, это может привести к кашлю и отхождению мокроты. Попадание пыли в дыхательные пути может вызвать пневмонию.

«Если температура поверхности прибора повышается, то повышается и температура поверхности человека.

Повышение уровня шума и вибрации может повлиять на сердце и слуховой орган человека. При давлении 2×10^2 Па, интенсивности J 10 Вт, частоте 1000 Гц вы почувствуете боль. Человек может воспринимать звуковые колебания от 20 до 20 000 Гц. Самая низкая частота звука составляет P_0 $2 \cdot 10^{-5}$ Па и J_0 10-12 Вт/м² при частоте 1000 Гц. Третья степень воздействия - гипофиз человека. Даже кратковременное пребывание в местах, где звуковое давление превышает 135 дБ, в любой октаве запрещено.

Также повышается напряжение в электрической цепи и увеличивается уровень статического электричества. Электрические токи, проходящие через человеческое тело, оказывают следующие воздействия:

- Электролитическое: разложение плазмы крови и крови;
- Термическое: ткани, сосуды, нервы человека нагреваются, появляются ожоги;
- Биологическое: живые ткани организма раздражаются и возбуждаются, в них произвольно дергаются мышцы, что может привести к остановке деятельности органов дыхания и вдоха.

Влажность. Высокая влажность в сочетании с низкой температурой сильно охлаждает, а высокая температура сильно перегревает.

Недостаток естественного света и плохое освещение рабочей зоны увеличивает пульсацию светового потока.»[7]

«Естественный свет имеет большое биологическое и санитарное значение и оказывает сильное влияние на психологию человека, что, в свою очередь, сказывается на производственном травматизме и производительности труда. Так, летом меньше несчастных случаев, потому что больше естественного света. Осенью и зимой естественного света меньше, поэтому несчастных случаев происходит больше. Для защиты от ослепляющего воздействия прямых солнечных лучей и их отражения от блестящих деталей световые проемы покрывают тонкой краской или заменяют обычное стекло матовым. Не стоит использовать только местное освещение, поскольку оно может ухудшить зрение рабочих, замедлить работу, а иногда и стать причиной несчастных случаев. Яркие и темные пятна в освещении могут повредить глаза и затруднить зрение. Если не принять правильных мер предосторожности, острые края, заусенцы, шероховатости оборудования, инструментов и заготовок могут стать причиной опасных травм, таких как порезы и инфекции. Это может серьезно повлиять на производительность. Кроме того, существует проблема химической и промышленной пыли.

Токсины попадают в организм через дыхательную систему, кишечник и кожу. В рабочем помещении токсины вдыхаются и попадают в легкие. Оттуда они попадают в кровь и разносятся по всем органам и тканям организма. Это приводит к отравлению всего тела и органов. Яды также попадают в пищеварительную систему, когда токсичные вещества попадают на слизистую оболочку ротовой полости. Часть ядов попадает в печень, где некоторые из них нейтрализуются, но большинство разносится по всему организму. Через кожу могут проникать вещества, растворимые в жирах, такие как бензол и тетраэтилсвинец. Часть яда задерживается в желудке, мышцах, селезенке и костях, вызывая болезни.»[7]

«Промышленная пыль на этом участке - это стальная пыль. Частицы размером 0,2-0,5 микрона задерживаются в верхних дыхательных путях. Если вы подвергнетесь воздействию пыли такого размера, то сначала, вероятно, испытаете раздражение. Но если вы подвергаетесь воздействию пыли в течение длительного

времени, у вас может начаться кашель и выделение мокроты, которая будет плохо пахнуть и выглядеть. Частицы размером менее 0,1 микрона наиболее опасны, поскольку они не задерживаются в верхних дыхательных путях.

Вместо этого они попадают в легкие и оседают там, вызывая патологический процесс.

Вот список веществ, которые могут содержаться в воздухе рабочей зоны: бензин - 100 мкг/м³, керосин - 300 мкг/м³, бензол - 15 мкг/м³, толуол - 50 мкг/м³, ксилол - 50 мкг/м³.

Климатические параметры:

Температура воздуха зависит от количества выделяемого тепла, которое может исходить от нагреваемых металлов. В соответствии с правилами охраны труда и техники безопасности это помещение считается слишком жарким, поскольку в воздух выделяется недостаточно тепла. Это происходит потому, что на квадратный метр выделяется более 23 граммов тепла.

Влажность воздуха составляет 70 процентов. Длина воздуха не более 0,2 м.с. Статические и динамические перегрузки; перенапряжения зрительного и слухового анализатора; монотонная работа могут отрицательно сказаться на здоровье и привести к психическому ослаблению, умственному и психическому перенапряжению.»[7]

4.3 Мероприятия для обеспечения безопасного труда

«Требования к воздуховодам. Для обеспечения чистоты воздуха и нормализации параметров микроклимата производственных помещений, помимо местных отсосов, позволяющих удалять вредные вещества из зоны горения пыли, мелкой стружки и аэрозолей смазочно-охлаждающих жидкостей, необходимо предусмотреть приточно-вытяжную общеобменную систему вентиляции.

Требования к освещенности.

Производственное помещение должно иметь естественное и искусственное освещение, отвечающее требованиям категории 8 по СН, П23-05-95. В местном освещении должны использоваться светодиодные лампы с

неиллюминированными отражателями и защитным углом не менее 30 градусов. Также должны быть предусмотрены меры по снижению плотности отраженного света.»[7]

Процессы технической поддержки должны отвечать следующим требованиям:

Для обеспечения безопасности людей все машины, инструменты и механизмы окружены ограждениями.

Для защиты глаз мы используем прозрачные экраны.

Чтобы детали не разлетались и не травмировали людей, мы используем зажимные устройства.

Чтобы снизить уровень шума и вибрации до нормального уровня, мы используем материалы для облицовки машин и гашения вибрации. Мы поддерживаем вибрацию на нормальном уровне, используя материалы для обшивки станков и гашения вибрации по принципу жесткой фиксации оборудования и применения гашения вибрации.

В дополнение к техническим работам в цехе мы обеспечиваем персонал спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, такими как очки, перчатки и т. д.

Система отопления и освещения обеспечивает необходимые условия для нормальной работы сотрудников. В производственных помещениях есть естественный свет, а также искусственное освещение. Важно улучшить условия для зрительной работы, снизить утомляемость, повысить производительность и улучшить качество производимой продукции. «В дневное время мы используем естественный свет из верхних и боковых окон, а в ночное время используем люминесцентные лампы для искусственного освещения. Освещение обеспечивается системой общего освещения, а в некоторых зонах используется комбинированное освещение. Вентиляция и отопление важны для поддержания хорошего качества воздуха на рабочем месте. Система вентиляции включает в себя как принудительную, так и естественную вентиляцию. Естественная вентиляция осуществляется через окна в крыше завода. Принудительная вентиляция осуществляется с помощью вентиляционных установок и систем

кондиционирования воздуха. Центральная система отопления использует водяное отопление для подачи тепла.»[7]

«Средства индивидуальной защиты для работников. Чтобы обезопасить рабочих и служащих от травм в цехе и на участке обработки резанием, необходимо обеспечить их специальной одеждой, обувью и средствами защиты.

Для защиты кожи от СОЖ используются профилактические маски, мази и кремы. Специализированная одежда, защищающая от механических воздействий, установлена ГОСТ 12. 4. 038-78. Средства для защиты от СОЖ - ГОСТ 1212.4.068-79. Средства для защиты глаз - очки защитные ГОСТ 1212.4.003-80.

Требования безопасности при термической обработке. Освещенность цехов термической обработки должна быть 300 лк по СН, ПЗ-05-95.

Обеспечение пожарной безопасности. Тепловые цеха имеют общеобменную систему вентиляции. Воздух подается в верхнюю или рассредоточенную зону помещений или рассредоточивается в рабочей зоне со скоростью, обеспечивающей подвижность воздуха в рабочей зоне не более 0,2 м.с. Оборудование, являющееся источником выделения вредных и ядовитых веществ, оборудуется местными отсосами.

Индивидуальная защита. Для защиты глаз от излучения используем металлическую полосу с ячейкой 0,8 х 0,8 мм. На лицо устанавливаем органическое стекло 80 х 80 мм толщиной 3 мм, отогнутое на уровне лица. Для защиты органов дыхания используем респиратор ПМП-62, согласно ТТУ1-301-0521-81. Специализированная одежда в соответствии с ГОСТ 12.4.038-78. Специализированная обувь, защищающая от повышенной температуры, ГОСТ 12.4.0050-78.

Средства для защиты рук - рукав специальный ГОСТ 12.4.0010-78, средства защитные для дерматологии ГОСТ 12.12. 12. 4. 068-79.»[7]

«Требования безопасности к эксплуатируемому оборудованию

Главное, когда речь идет об охране труда при разработке машин и механизмов, отдельных узлов и оборудования в целом, - это обеспечение безопасности работника. Конечно, важно, чтобы все было удобно и максимально

надежно в эксплуатации. И на сегодняшний день существуют установленные нормы охраны труда, которые необходимо соблюдать.

Во-первых, безопасность оборудования, используемого в производстве, обеспечивается выбором правильных принципов работы, конструктивных решений и рабочих элементов, технологических параметров и так далее. Однако средства защиты заслуживают особого внимания и должны быть интегрированы в конструкцию оборудования как можно раньше. Защита должна быть многофункциональной, то есть выполнять сразу несколько задач. Например, если речь идет о конструктивных особенностях механизмов, то важно, чтобы станина не только обеспечивала ограждение от опасных предметов, но и снижала уровень шума при работе, а также минимизировала вибрацию. Ограждение оборудования для заточки абразивных кругов должно совпадать с локальной вытяжной системой.

Что касается систем повышенной опасности, то они должны выполняться с контролем дополнительных условий со стороны Госгортехнадзора. При наличии электрических проводов необходимо соблюдать правила устройства электроустановок. При использовании рабочих органов под высоким давлением, не соответствующим атмосферному, также необходимо соблюдать требования, установленные Госгортехнадзором. Вы должны обеспечить меры защиты от ионизированного или электромагнитного излучения, загрязнения и лучистого тепла.»[7]

«Надежность техники зависит от того, сможет ли она справиться со сбоями или нарушениями в процессе эксплуатации. Ведь любой сбой может привести к серьезным последствиям, как минимум, к авариям на производстве или травмам. Прочность оборудования и систем действительно важна для безопасности. Прочность основного материала, используемого для изготовления, и соединительных элементов в основном определяет прочность конструкции. Важны и условия эксплуатации, например, наличие смазки или возможность ржавления под воздействием окружающей среды, повышенный износ и т. д.

В процессе эксплуатации также стоит обратить внимание на исправность измерительных и контрольных приборов, систем автоматического регулирования

и так далее. Если автоматическая система не работает, важно привлечь обслуживающий персонал. Поэтому рабочее место оператора должно быть спроектировано с учетом физиологии и психологической устойчивости человека, а также его антропометрических данных. Важно, чтобы оператор мог как можно быстрее и точнее прочитать все показания на контрольном оборудовании, четко воспринять сигнал или другую информацию. Если органов управления слишком много, оператор, скорее всего, быстро устанет. Все рычаги и элементы управления должны быть легкодоступны, хорошо видны и просты в использовании. Часто они находятся на самом оборудовании или на отдельной консоли рядом.

Все оборудование должно легко осматриваться, обслуживаться, разбираться, регулироваться и смазываться. Оно должно быть простым в использовании.

То, насколько люди устают, работая на различных видах оборудования, в основном связано с физическим напряжением, но важно также думать о психологической усталости.»[7] В конце концов, окружающая обстановка может влиять на то, как мы чувствуем себя на работе, даже цвет стен может иметь большое значение.

Правила пожарной безопасности на рабочем месте

Пожарная безопасность - это гарантия того, что работники будут защищены от пожара. Это включает в себя правильные организационные меры и технические средства.

Пожарная безопасность промышленных объектов гарантируется высококвалифицированным подбором информации об огнестойкости. «Он основывается на группировке горючих колонн на производственной площадке. Применяются негорючие материалы на пределе огнестойкости. Важно ограничить распространение огня в случае возникновения открытого очага. Необходимо обваловка и бункеровка взрывоопасных зон. Следует использовать системы противодымной защиты и разработать план эвакуации на объекте, а также установить автоматические системы оповещения и пожаротушения.

Оценка безопасности производственной площадки очень важна для реализации мер пожаро- и взрывобезопасности.

Исходя из строительных норм и правил, содержащихся в своде норм и правил, производственные склады и здания по взрыво- и пожароопасности делятся на категории А, Б, В, Г, Д.

Например, производственный участок для обработки деталей при сборке относится к зоне Д. То есть на производстве используются вещества, которые не горят независимо от состояния.

Если в процессе обработки выделяется какое-либо лучистое тепло или искры, в случае возгорания используйте порошковый огнетушитель ОП-10А. Это группа Д.»[7]

«Обеспечение электробезопасности на производстве

Если говорить об электробезопасности, то сборочный участок - это настоящая зона риска, где уровень влажности достигает 70 %. Кроме того, окружающая среда химически активна, что может повлиять на изоляцию электрооборудования. Поэтому необходимо продумать определенную конструкцию установок, использование технических методов и средств защиты, а также технические или организационные меры.

Основными техническими методами и средствами защиты от поражения электрическим током являются заземление, разделение сетей и отключение. Конечно, важно изолировать токоведущие части. Также необходимы знаки безопасности, защитные устройства и ограждения.

Экологическая оценка объекта

Чтобы защитить людей, необходимо принять меры и убедиться, что мы не выбрасываем в окружающую среду слишком много вредных веществ.

На рабочем месте также создаются стоки для ливневых, промышленных, бытовых и автомоечных вод. Бытовые сточные воды направляются в центральную канализационную систему, где они утилизируются в специально отведенных местах. Другие виды сточных вод очищаются с помощью специального оборудования. В первую очередь проводится механическая очистка, то есть отстаивание, при котором удаляются взвешенные частицы и дисперсные

коллоидные частицы. Наконец, все продукты собираются с поверхности воды и утилизируются.»[7]

Мы можем подтвердить эффективность зданий, взяв пробы воздуха, который они выделяют, и проанализировав их в лаборатории. Затем мы сравниваем полученные результаты с нормами выбросов, установленными соответствующими органами. Если нормы превышены, мы вносим изменения в технологию или улучшаем систему очистки.

«Важно отметить, что выход из подвала находится на первом этаже. Лестничная клетка должна быть шириной не менее 70 сантиметров и иметь уклон 1:1. Если все эти правила соблюдены, то в экстренной ситуации проблем не возникнет. Это очень важно, ведь от этого зависит безопасность сотрудников и эффективность рабочего процесса. Кроме того, отлаженная система минимизирует риски и потери компании.»[7]

5 Экономическая эффективность проекта

«Когда речь идет об инвестиционных проектах, мы говорим о таких понятиях, как чистые дивиденды, чистые дисконтированные дивиденды, внутренняя норма прибыли, норма прибыли на капитал и трудовые затраты, а также период рентабельности инвестиционных проектов. Чистая прибыль является результатом денежных потоков проекта и рассчитывается как сумма притоков и оттоков денежных средств за период реализации проекта. Чистая дисконтированная прибыль остается неизменной, если учитывать только ставку дисконтирования. Второй способ расчета дисконтированной чистой прибыли - взять чистую прибыль проекта, которая представляет собой амортизированную чистую прибыль минус капитальные затраты по проекту. Следующий показатель - внутренняя норма доходности, по которой инвесторы могут судить об эффективности проекта на ранней стадии. Она рассчитывается как отношение E или E_u внутренней нормы доходности к ставке дисконтирования проекта, при этом дисконтированный чистый дивиденд равен нулю.

Если внутренняя норма доходности выше ставки дисконтирования, дисконтированный чистый доход положителен, что означает эффективность проекта. Если внутренняя норма доходности ниже ставки дисконтирования, чистый дисконтированный дивиденд инвестиционного проекта отрицателен, что означает, что инвестиционный проект не является хорошей идеей. Следующий показатель - коэффициент рентабельности проекта. Существует два типа коэффициентов рентабельности: коэффициенты затрат и коэффициенты рентабельности инвестиций. Коэффициент эффективности/затрат - это отношение чистых затрат на проект к чистым результатам. Рентабельность инвестиций обычно рассчитывается путем деления Pd на дисконтированные капитальные вложения в проект плюс один. Следующее, на что следует обратить внимание, - это срок окупаемости проекта. Это время между началом проекта и моментом, когда вы начнете получать от него прибыль. Это период, в течение

которого общая сумма денег, полученных от проекта, превышает вложенные средства.»[8]

В зависимости от типа периода окупаемости это может быть сделано разными способами. Существует два типа амортизационного периода: дисконтированный и недисконтированный. «В дисконтированном периоде кумулятивные недисконтированные притоки денежных средств рассчитываются так же, как и в дисконтированном периоде амортизации. В недисконтированном варианте недисконтированные денежные поступления рассчитываются или учитываются так же, как и в простом периоде амортизации.

Срок окупаемости проекта не является ключевым показателем эффективности. Это то, что существует или учитывается как ограничение для проекта, поэтому он должен присутствовать в каждом случае, когда оценивается проект. В принципе, он может быть принят в будущем при использовании дисконтированного срока окупаемости денежного потока проекта, если это необходимо.

Основные показатели, которые необходимо знать, чтобы судить о целесообразности инвестиционного проекта, - это чистый дисконтированный дивиденд и коэффициент инвестиционной прибыли. Эти два показателя говорят о том, будет ли проект успешным или нет. Если чистый дисконтированный доход проекта положителен (больше нуля), а коэффициент прибыли больше единицы, значит, проект является хорошей идеей и его следует реализовать.»[8]

5.1 Расчет себестоимости проектируемой конструкции

«Таблица 18 – Исходные данные

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Выпуск изделий в год	Вг.	Ш	90000
Страховой взнос в структуры ФОМС, ПФР, ФСС	Есц.	%	30
Расходы общие заводские	Ео.зав.	%	215
Коммерческие расходы	Ек.	%	5
Содержательные и эксплуатационные расходы на оборудование	Еоб.	%	194
Транспортные заготовительные расходы	Кт.зр.	%	1,45
Цеховые расходы	Ецх	%	183
Расходы на оснащение и инструменты	Еинс.	%	3
Рентабельность плана накопительного	Крнт.	%	30
Доплаты и выплаты не связанные с производством	Квп.	%	12
Премии и доплаты связанные с производством	Кпрм.	%	23
Возвратные отходы производства	Квт	%	1
Часовой тариф – 3 разряд	Ср3	ру	66,71
Часовой тариф – 4 разряд	Ср4	ру	72,24
Часовой тариф – 5 разряд	Ср5	ру	79,89

Образующие капитал инвестиции	Ки	%	8,2
-------------------------------	----	---	-----

Расходы на "Сырье и материалы" производится по формуле:»[8]

$$M = C_{M_i} \cdot Q_{M_i} \cdot \left(1 + \frac{K_{мзр}}{100} - \frac{K_{вот}}{100} \right) \quad (68)$$

«где C_m - оптовая цена материала i -го вида,руб.;

Q_m - норма расхода материала i -го вида,кг.,м.;

$K_{т.зр}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов,%;

$K_{вт}$ - коэффициент возвратных отходов,%;

Таблица 19 - Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование материала	Ед.изм.	Цена за ед.,руб.	Норма расхода	Сумма ,руб.
Заготовки для литья ВЧ 56 ГОСТ 7293-85	кг	58,64	0,5	29,32
Круг 50-19 ХГН ТУ 14-1-2252-90	кг	48,93	0,4	19,572
Круг p10-16,4 АС14ХНГ-В-НГ	кг	46,27	0,1	4,627
Итого				53,52
Кт.з		1,45		0,78
Квт		1		0,54
Всего				54,83

$$M = 54.83$$

Расходы" Покупные изделия и полуфабрикаты"

производится по формуле: »[8]

$$P_u = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{mзр}}{100} \right) \quad (69)$$

«где C_i - оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида,руб.; n_i - количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида,шт.;

Таблица 20 - Расчет затрат на покупные изделия

Наименование	Цена,руб.	Кол-во,шт.	Сумма
Кольцо стопорное	1,86	2	3,72
Кольцо уплотнительное	1,13	1	1,13
Сальник	58,96	2	117,92
Подшипник	186,21	2	372,42
Болт М12х1,25	2,35	8	18,80
Итого			513,99
Кт.з		1,45	7,45
Всего			521,44

$$P_u = 521.44$$

Расходы"Основная заработная плата производственных рабочих"

производится по формуле: »[8]

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{прем.}}{100} \right) \quad (70)$$

«где Z_T - тарифная заработная плата,руб.,которая рассчитывается по формуле: »[8]

$$Z_T = C_{р.і} \cdot T_i \quad (71)$$

«где $C_{р.і}$ - часовая тарифная ставка,руб.;

T_i - трудоёмкость выполнения операции,час.;

$K_{прм}$ - коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %

Таблица 21 - Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд	Трудоемк.	Тарифн. Ставка,руб.	Зар.Пл. осн.
Заготовительная	3	0,05	66,71	3,20
Токарная	5	0,07	79,89	5,58
Фрезерная	5	0,09	79,89	7,19
Термообработки	4	0,08	72,24	5,42
Шлифовальная	5	0,08	79,89	5,99
Слесарно-сборочная	4	0,09	72,24	6,50
Контрольное	5	0,08	79,89	6,39
Всего				40,28
Премия			23	9,26
Заработная плата				49,54

$$З_0 = 49.54$$

Расходы "Дополнительная заработная плата производственных рабочих" выполняется по формуле: »[8]

$$K_{ВП} = 0.12$$

$$З_{ДП} = З_0 \cdot K_{ВП} \quad (72)$$

$$З_{ДП} = 49.54 \cdot 0,12 = 5.94$$

«где $K_{ВП}$ - коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве, %.

Расходы "Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС" выполняется по формуле: »[8]

$$E_{СЦ.Н} = 0.30$$

$$C_{СЦ.Н} = (З_0 + З_{ДП}) \cdot E_{СЦ.Н} \quad (73)$$

$$C_{СЦ.Н} = (49.54 + 5.94) \cdot 0,30 = 16.65$$

«где $E_{СЦ.Н}$ - коэффициент отчислений в страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС, %; »[8]

«Расходы"Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования"выполняется по формуле: »[8]

$$E_{\text{обр}} = 1.94$$

$$C_{\text{сд.обр}} = 30 \cdot E_{\text{обр}} \quad (74)$$

$$C_{\text{сд.обр}} = 49.54 \cdot 1.94 = 96.11$$

«где $E_{\text{обр}}$ - коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования,%;

Расходы"Цеховые расходы"выполняется по формуле: »[8]

$$E_{\text{цх}} = 1.83$$

$$C_{\text{цх}} = 30 \cdot E_{\text{цх}} \quad (75)$$

$$C_{\text{цх}} = 49.54 \cdot 1.83 = 90.66$$

«где $E_{\text{цх}}$ - коэффициент цеховых расходов,%;

Расходы"Расходы на инструмент и оснастку"выполняется по формуле: »[8]

$$E_{\text{инс}} = 0.03$$

$$C_{\text{инс}} = 30 \cdot E_{\text{инс}} \quad (76)$$

$$C_{\text{инс}} = 49.54 \cdot 0.03 = 1.49$$

«где $E_{\text{инстр}}$ - коэффициент расходов на инструмент и оснастку,%;

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле: »[8]

$$C_{\text{цх.с.с.}} = M + \Pi + 30 + C_{\text{сц.н}} + 3\text{дп} + C_{\text{сд.обр}} + C_{\text{цх}} + C_{\text{инс}} \quad (77)$$

$$C_{\text{цх.с.с.}} = 54.83 + 521.44 + 49.54 + 16.65 + 5.94 + 96.11 + 90.66 + 1.49 = 836.65$$

«Расходы"Общезаводские расходы"выполняется по формуле: »[8]

$$E_{\text{о.завод}} = 2.15$$

$$C_{\text{о.завод}} = Z_0 \cdot E_{\text{о.завод}} \quad (78)$$

$$C_{\text{о.завод}} = 49.54 \cdot 2.15 = 106.51$$

«где $E_{\text{о.завод}}$ - коэффициент общезаводских расходов,%;

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле: »[8]

$$C_{\text{о.зав.с.с.}} = C_{\text{о.завод}} + C_{\text{цх.с.с.}} \quad (79)$$

$$C_{\text{о.зав.с.с.}} = 106.51 + 836.65 = 943.16$$

«Расходы"Коммерческие расходы" выполняется по формуле: »[8]

$$E_{\text{к}} = 0.05$$

$$C_{\text{к}} = C_{\text{о.зав.с.с.}} \cdot E_{\text{к}} \quad (80)$$

$$C_{\text{к}} = 943.16 \cdot 0.05 = 47.16$$

«где $E_{\text{к}}$ - коэффициент коммерческих расходов,%;

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле: »[8]

$$C_{\text{п.пр.}} = C_{\text{о.зав.с.с.}} + C_{\text{к}} \quad (81)$$

$$C_{\text{п.пр.}} = 943.16 + 47.16 = 990.32$$

«Расчет отпускной цены для проектируемого выполняется по формуле: »[8]

$$K_{\text{рнт}} = 0.3 \quad C_{\text{п.б.}} = 975.91$$

$$C_{\text{от.б.}} = C_{\text{п.б.}} \cdot (1 + K_{\text{рнт}}) \quad C_{\text{от.б.}} = 1268.68 \quad (82)$$

«где $K_{\text{рнт}}$ - коэффициент рентабельности и плановых накоплений,%;

Таблица 22 - Сравнительная калькуляция себестоимости базовой и проектируемой конструкции

Наименование показателей	Обознач.	Затр.на ед.изд.(стд)	Затр.на д.изд.(нов)
Основные материалы	М	49,50	54,83
Комплекующие изделия	Пи	529,41	521,44
Заработная плата	Зо	47,33	49,54
Дополнительная зар.плата	Здп	5,68	5,94
Страховой взнос в ПФР, ФОМС, ФСС	Ссц.н.	15,90	16,65
Содержательные и экспл. расходы	Сс.об	91,82	96,11
Цеховые расходы	Сцх	86,61	90,66
Расходы на оснащение и инстр.	Синс	1,42	1,49
Себестоимость по цеху	Сцх.с.с.	827,68	836,65
Общие заводские расходы	Соб.зав	101,76	106,51
Себестоимость по заводу	Соб.зав.с.с.	929,44	943,16
Коммерч. расходы	Ск	46,47	47,16
Себестоимость	Спол	975,91	990,32
Цена	Цот	1268,68	1268,68

Цот.пр. = 1268.68

Расчет точки безубыточности

Определение переменных затрат на единицу изделия: »[8]

$$Зперуд = М + \Pi + З_о + З_{дп} + C_{сц,н} \quad (83)$$

$$Зперуд = 54.83 + 521.44 + 49.54 + 5.94 + 16.65 = 648.4$$

«на годовую программу выпуска изделия»[8] »[8]:

$$V_{Г} = 90000$$

$$\begin{aligned} Зпер &= Зперуд \cdot V_{Г} \\ Зпер &= 648.4 \cdot 90000 = 58356021.6 \end{aligned} \quad (84)$$

«Определение постоянных затрат на единицу изделия:

Амортизационные отчисления, руб. : »[8]

$$НА = 13$$

$$Ам.у = \frac{(C_{сд.об} + C_{инс}) \cdot НА}{100}$$

$$Ам.у = ((96.11 + 1.49) \cdot 13) / 100 = 12.69 \quad (85)$$

здесь НА - доля амортизационных отчислений, %;

$$Зпосуд = \frac{(C_{с.об} + C_{инс}) \cdot (100 - НА)}{100} + C_{цх} + C_{о.завод} + C_{к} + Ам.у \quad (86)$$

$$Зпосуд = ((96.11 + 1.49) \cdot (100 - 13)) / 100 + 90.66 + 106.51 + 47.16 + 12.69 = 341.92$$

$$\text{«на годовую программу выпуска: »[8]} \quad Зпос = Зпосуд \cdot V_{Г} \quad (87)$$

$$Зпос = 341.92 \cdot 90000 = 30772904.58$$

«Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия: »[8]

$$C_{п.г.} = C_{пол.пр.} \cdot V_{г.} \quad (88)$$

$$C_{п.г.} = 990.32 \cdot 90000 = 89128926.18$$

«Расчет выручки от реализации изделия: »[8]

$$Выр = Ц_{от.пр.} \cdot V_{г.} \quad (89)$$

$$Выр = 1268.68 \cdot 90000 = 114181470$$

«Расчет маржинального дохода: »[8]

$$Д_{мрж} = Выр - З_{пер} \quad (90)$$

$$Д_{мрж} = 114181470 - 58356021.6 = 55825448.4$$

«Расчет критического объема продаж: »[8]

$$A_{крт} = \frac{З_{пос}}{Ц_{от.пр.} - З_{перуд}}$$

$$A_{крт} = 30772904.58 / (1268.68 - 648.4) = 49611.09 \sim 49615 \quad (91)$$

На рисунке 4 показан график точки безубыточности.

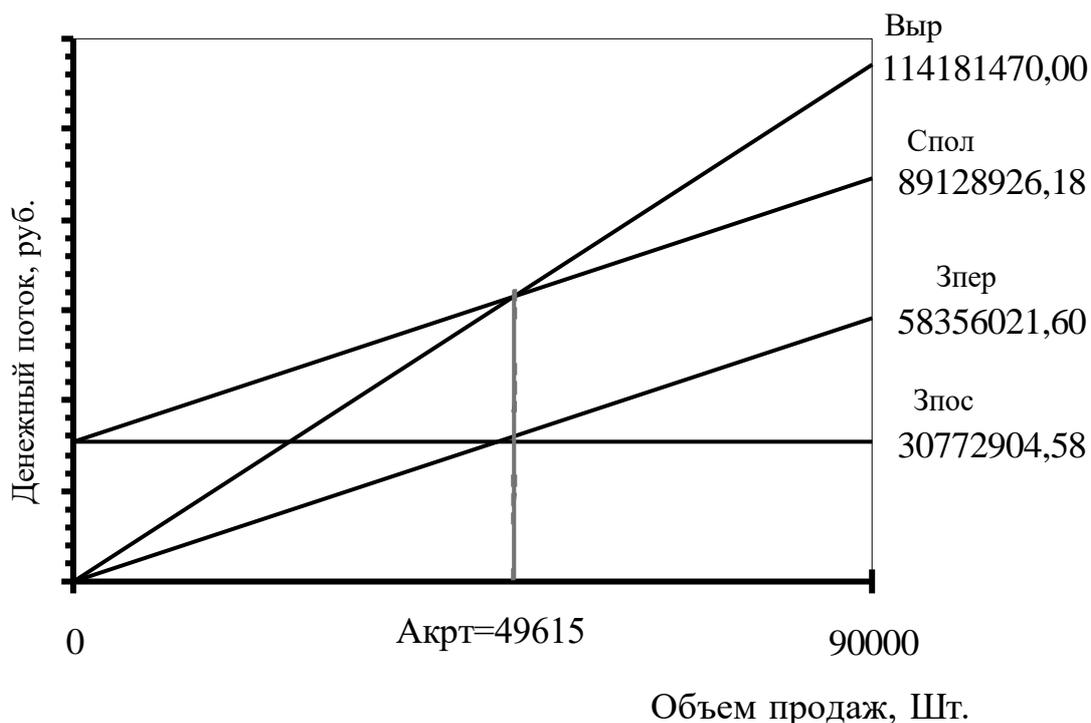


Рисунок 4 – График точки безубыточности

«Расчет коммерческой эффективности

Срок эксплуатации нового изделия определяем в 5 лет.

Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом нарастающим итогом на: »[8]

$$V_{\Gamma} = 90000$$

$$A_{крт} = 49615$$

$$V_{МК} = V_{\Gamma}$$

$$n = 6$$

$$\Delta = \frac{V_{МК} - A_{крт}}{n - 1}$$

$$\Delta = 8077$$

«Для определения чистого дохода необходима рассчитать следующие показатели:

Объем продаж по годам: »[8]

$$Ц_{от} = Ц_{от.пр.}$$

$$Ц_{от} = 1268.68$$

$$V_{пр1} = A_{крт} + \Delta \quad (92)$$

$$V_{пр1} = 49615 + 8077 = 57692$$

«Выручка по годам: »[8]

$$\text{Выр}_1 = \text{Цот} \cdot \text{Vпр}_1$$

$$\text{Выр}_1 = 1268.68 \cdot 57692 = 73192859.64$$

«Переменные затраты по годам(определяется для базового и проектного вариантов.

для базового варианта: »[8]

$$\text{M} = 49.50 \quad \text{Пи} = 529.41 \quad \text{Зо} = 47.33$$

$$\text{Здп} = 5.68 \quad \text{C}_{\text{сц}} = 15.90$$

$$\text{Зперудб} = \text{M} + \text{Пи} + \text{Зо} + \text{Здп} + \text{C}_{\text{сц}} \quad \text{Зперудб} = 647.82$$

$$\text{Зперб1} = \text{Зперудб} \cdot \text{Vпр}_1$$

$$\text{Зперб1} = 647.82 \cdot 57692 = 37374031.44$$

«для проектного варианта: »[8]

$$Z_{\text{перудпр}} = Z_{\text{перуд}} Z_{\text{перудпр}} = 648.4 \quad (93)$$

$$Z_{\text{перпр1}} = Z_{\text{перудпр}} \cdot V_{\text{пр1}}$$

$$Z_{\text{перпр1}} = 648.4 \cdot 57692 = 37407506.65$$

«Постоянные затраты для базового варианта. »[8]

$$C_{\text{с.об.}} = 91.82 \quad C_{\text{цх.}} = 86.61 \quad C_{\text{инс.}} = 1.42$$

$$C_{\text{об.зав.}} = 101.76 \quad C_{\text{к.}} = 46.47$$

$$Z_{\text{посудб}} = C_{\text{с.об.}} + C_{\text{инс.}} + C_{\text{цх.}} + C_{\text{об.зав.}} + C_{\text{к.}}$$

$$Z_{\text{посудб}} = 328.08$$

$$Z_{\text{посб}} = Z_{\text{посудб}} \cdot V_{\Gamma}$$

$$Z_{\text{посб}} = 29527200$$

«Постоянные затраты для проектного варианта. »[8]

$$Z_{\text{поспр}} = Z_{\text{пос}}$$

$$Z_{\text{поспр}} = 30772904.58$$

«Амортизация (определяется для проектного варианта). »[8]

$$A_{\text{м.у}} = 12.69 \quad (94)$$

$$A_{\text{м.}} = A_{\text{м.у}} \cdot V_{\Gamma} \quad A_{\text{м.}} = 1141847.46$$

«Полная себестоимость по годам.

для проектного варианта: »[8]

$$Зполпр1 = Зпоспр + Зперпр1 \quad (95)$$

$$Зполпр1 = 30772904.58 + 37407506.65 = 68180411.23$$

«для базового варианта: »[8]

$$Зполб1 = Зпосб + Зперб1 \quad (96)$$

$$Зполб1 = 29527200 + 37374031.44 = 66901231.44$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам

для проектного варианта: »[8]

$$Проб_{пр.1} = Выр1 - Зполпр1 \quad (97)$$

$$Проб_{пр.1} = 73192859.64 - 68180411.23 = 5012448.41$$

«для базового варианта: »[8]

$$\text{Проб}_{\text{б.1}} = \text{Выр}_1 - \text{Зполб1} \quad (98)$$

$$\text{Проб}_{\text{б.1}} = 73192859.64 - 66901231.44 = 6291628.2$$

«Налог на прибыль - 20% от налогооблагаемой прибыли по годам.

для проектного варианта: »[8]

$$\text{Нп1} = \text{Проб}_{\text{пр.1}} \cdot 0.20 \quad (99)$$

$$\text{Нп1} = 5012448.41 \cdot 0.20 = 1002489.68$$

«для базового варианта: »[8]

$$\text{Н1} = \text{Проб}_{\text{б.1}} \cdot 0.20 \quad (100)$$

$$\text{Н1} = 6291628.2 \cdot 0.20 = 1258325.64$$

«Прибыль чистая по годам.

для проектного варианта:»[8]

$$\text{Прч}_{\text{пр.1}} = \text{Проб}_{\text{пр.1}} - \text{Нп1}$$

$$\text{Прч}_{\text{пр.1}} = 5012448.41 - 1002489.68 = 4009958.73$$

«базового варианта: »[8]

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = \text{Проб}_{\text{б.1}} - \text{Н1}$$

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = 6291628.2 - 1258325.64 = 5033302.56$$

- «Расчет общественного эффекта

Экономия от повышения долговечности проектируемого узла. »[8]

$$\text{Цот}_{\text{б.}} = 1268.68 \quad \text{Д1} = 100000 \quad \text{Д2} = 120000$$

$$\text{Про.д.} = \text{Цот}_{\text{б.}} \cdot \frac{\text{Д2}}{\text{Д1}} - \text{Цот}_{\text{пр.}} \quad \text{Про.д.} = 253.74$$

«где Д₁ - долговечность базовой

конструкции,(тыс.км.) Д₂ - долговечность новой

конструкции,(тыс.км.) »[8]

«Следовательно текущий чистый доход (накопление сальдо) по годам составит:
»[8]

$$\text{Ч1} = \text{Прч}_{\text{пр.1}} - \text{Прч}_{\text{б.1}} + A_{\text{м.}} + (\text{Про.д.} \cdot V_{\text{пр1}}) \quad (101)$$

$$\text{Ч1} = 4009958.73 - 5033302.56 + 1141847.46 + (253.74 \cdot 57692) = 14757075.56$$

«Дисконтирование денежного потока.

Осуществляется дисконтирование путем умножения значения денежного

потока на коэффициент дисконтирования, который рассчитывается

по формуле: »[8]

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{\text{CTi}})^t} \quad E_{\text{CT}} = 10$$

«где E_{CTi} - процентная ставка на капитал;

t - год приведения затрат и результатов;

$$\alpha_1 = 0.909 \quad \alpha_2 = 0.826 \quad \alpha_3 = 0.753 \quad \alpha_4 = 0.683 \quad \alpha_5 = 0.621$$

Далее рассчитывается чистый дисконтированный поток реальных денег

по формуле: »[8]

$$\text{ДСП1} = \text{Ч1} \cdot \alpha_1$$

$$\text{ДСП1} = 13414181.68$$

$$\text{ДСП2} = \text{Ч2} \cdot \alpha_2$$

$$\text{ДСП2} = 13879077.11$$

$$\text{ДСП3} = \text{Ч3} \cdot \alpha_3$$

$$\text{ДСП3} = 14192873.84$$

$$\text{ДСП4} = \text{Ч4} \cdot \alpha_4$$

$$\text{ДСП4} = 14270683.47$$

$$\text{ДСП5} = \text{Ч5} \cdot \alpha_5$$

$$\text{ДСП5} = 14245616.12$$

«Суммарный ЧДД за расчетный период рассчитывается по формуле: »[8]

$$\Sigma \text{ДСП} = \text{ДСП1} + \text{ДСП2} + \text{ДСП3} + \text{ДСП4} + \text{ДСП5}$$

$$\Sigma \text{ДСП} = 70002432.23$$

«Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях составляет: »[8]

$$\Sigma C_{\text{пол.пр.}} = Z_{\text{полпр1}} + Z_{\text{полпр2}} + Z_{\text{полпр3}} + Z_{\text{полпр4}} + Z_{\text{полпр5}}$$

$$K_{\text{и.}} = 0.082$$

$$I_0 = K_{\text{и.}} \cdot \Sigma C_{\text{пол.пр.}} \quad (101)$$

$$I = 32248414.17$$

«Чистый дисконтированный доход»[8]

$$\text{ЧДД} = \Sigma \text{ДСП} - I$$

$$\text{ЧДД} = 37754018.06$$

«Индекс доходности»[8]

$$ID = \frac{\text{ЧДД}}{I} \quad (102)$$

$$ID = 1.17$$

«Срок окупаемости проекта. »[8]

$$T_{\text{ок}} = \frac{I_0}{\text{ЧДД}} \quad T_{\text{ок}} = 0.85 \quad (103)$$

Выводы и рекомендации.

Внедрив комплекс конструкторско-технологических мероприятий, мы увеличили ресурс конструкторского проектного узла, что дало положительный экономический эффект $ID=1,17$.

При расчете экономических показателей после внедрения в серийное производство новой конструкции трансмиссии мы обнаружили, что себестоимость новой конструкции выше себестоимости базового варианта. Поэтому, чтобы определить социальную эффективность проекта, мы рассчитали ожидаемую прибыль от его внедрения в производство.

Чистый дисконтированный доход от проекта составляет 37 754 018,06 рублей. Срок окупаемости составляет 0,85 года, то есть проект является низкорисковым. Исходя из этих данных, можно сказать, что он подходит для разработки новых автомобилей.

Заключение

В данном дипломном проекте разработана трансмиссия Niva Trevel с вязкостной муфтой. Были рассмотрены преимущества и недостатки различных типов систем полного привода. При выполнении проекта были проведены расчеты параметров вязкостной муфты, а также шестерен на прочность. Также представлены особенности обслуживания вязкостной муфты.

В дипломном проекте показано, что вязкостная муфта имеет ряд преимуществ перед другими способами подключения заднего привода. Кроме того, она обеспечивает большую безопасность движения и позволяет экономить топливо, так как задний привод подключается только при необходимости.

Для понимания и оценки конструкции, а также для обоснования технико-экономических аспектов проектных работ и проведения прочностного расчета узловых деталей выполнено и представлено следующее. Тяговый расчет для автомобиля, где рассмотрены такие показатели, как внешняя скоростная характеристика, тяговый баланс, баланс мощности, динамический фактор, расстояние и время разгона, а также экономия топлива.

В экономической части дипломного проекта рассмотрены конструктивные показатели надежности и долговечности, рассчитана социальная значимость конструкторской работы и определена себестоимость спроектированного узла.

Процесс сборки конструкции представлен в технологическом разделе дипломного проекта, который также включает мероприятия по обеспечению промышленной безопасности труда.

Для обеспечения безопасности жизнедеятельности и экологичности при сборке на производстве, изучена рабочая зона и разработаны мероприятия, необходимые для обеспечения безопасности сборочного процесса.

Список используемых источников

1. Автомобили / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский, В. А. Чернышев. Под ред. А. В. Богатырева. - М.: Колос, 2004. - 496 с.
2. Автомобили: Техническое обслуживание ремонт расчеты / В.Н.Барун, Р. А. Азаматов, В. А. Трынов и др. - М.: Транспорт, 1984. 251 с.
3. Автомобиль: Основы конструкции: Учеб, для ВУЗов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ Н. Вишняков, В. К. Вахламов А. Н. Нарбут и др. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение,1986, -304 с.
4. Анохин В. И. Отечественные автомобили. М.: Машиностроение, 1977. 592с.
5. Анурьев В.И. Справочник технолога машиностроителя / В.И. Анурьев;. – М. : Машиностроение, 1980. – 688 с.
6. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 39,2003; Информационный фонд НТИЦ "Система".
7. Горина Л.Н. Обеспечение безопасности труда на производстве / Л.Н. Горина;. - Тольятти 2002. – 34 с.
8. Капрова В.Г. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов специальности 150100 – “Авто-мобиле- и тракторостроение”. / В.Г.Капрова;. Тольятти: ТГУ. 2003. – 50 с.
9. Кисуленко Б.В. Краткий автомобильный справочник. Легковые автомобили. / Б.В. Кисуленко, – М. :Автополис-плюс, 2005. - 482 с.
10. Кузнецов Б.А Краткий автомобильный справочник / Б.А. Кузнецов. - М. : Транспорт, 1984. – 250 с.
11. Куклин Н.Г. Детали машин / Н.Г. Куклин;. – М. : Высшая школа, 1973. - 384с.
12. Лукин П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П. Лукин;. – М. : Машиностроение, 1984. -376 с.
13. Лысов М.И. Машиностроение / М.И. Лысов;. - М.: Машиностроение,1972.–233 с.

14. Малкин, В.С. Конструкция и расчет автомобиля / В.С. Малкин; - КуАИ, 1978. – 195 с.
15. Осепчугов В.В.; Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета / В.В. Осепчугов; А.К. Фрумкин; - М. : Машиностроение, 1989.-304с.
16. Пехальский А. И. Устройство автомобилей: учебник для студ. Учреждений сред. проф. образования / А. И. Пехальский, И. А. Пехальский. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 528 с.
17. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко; - Киев: Наукова думка, 1988.-736с.
18. Раскин А.М., Основы расчета и указания к дипломному проектированию агрегатов шасси автомобиля / А.М. Раскин; А.Ф. Яшин; - Саратов: Ротапринт, 1975.-68с.
19. Родичев В. А. Устройство и ТО грузовых автомобилей: Учебник водителя автотранспортных средств категории «С» / В. А. Родичев. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 256 с.
20. Унгер Э. В., Машатин В. Н., Этманов С. А. Устройство и техническое обслуживание автомобилей КамАЗ. - М.: Транспорт, 1976. – 392 с.
21. Устройство автомобиля: Учебник для учащихся автотранспортных техникумов / Е. В. Михайловский, К. Б. Серебряков, Е. Я. Тур.—6-е изд., стереотип.— М.: Машиностроение, 1987.—352 с.
22. Черепанов Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. -Тольятти: ТолПИ, 2001.-40 с: ил. - Библиогр. : с. 39.
23. Шестопапов С. К. Устройство, ТО и ремонт легковых автомобилей: учебник для НПО / С. К. Шестопапов. - 7-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 544 с.
24. Calculation the torque moment of the clutch elastic and safety roller. Part 2012. Volume XI (XXI). P. 36 - 38.
25. Concepcion, M. Includes operating parameters, advantages and electronic components for all CVTs - 2nd edition / M. Concepcion. - Create Space Independent Publishing Platform, 2013. - 76 p.
26. Dainius L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: LietuvosAteitis, 2014. - 2 p.

27. König R. Schmieretechnik / R. König. - Springer, 1972. - p.164.
28. Maten J. Continuously Variable Transmission (CVT) / J. Maten, B Anderson. - SAE Internatioal, 2006. - 400 p.
29. Mikell P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
30. Niemann G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p.
31. Sergio M. Savaresi, Charles Poussot-Vassal, Cristiano Spelta, Olivier Sename, LucDugard. Gear box Control Design for Vehicles / 2010.
32. Werner E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1982. - p. 134.
33. Wittel H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011. - p. 810.

Графики тягового расчета

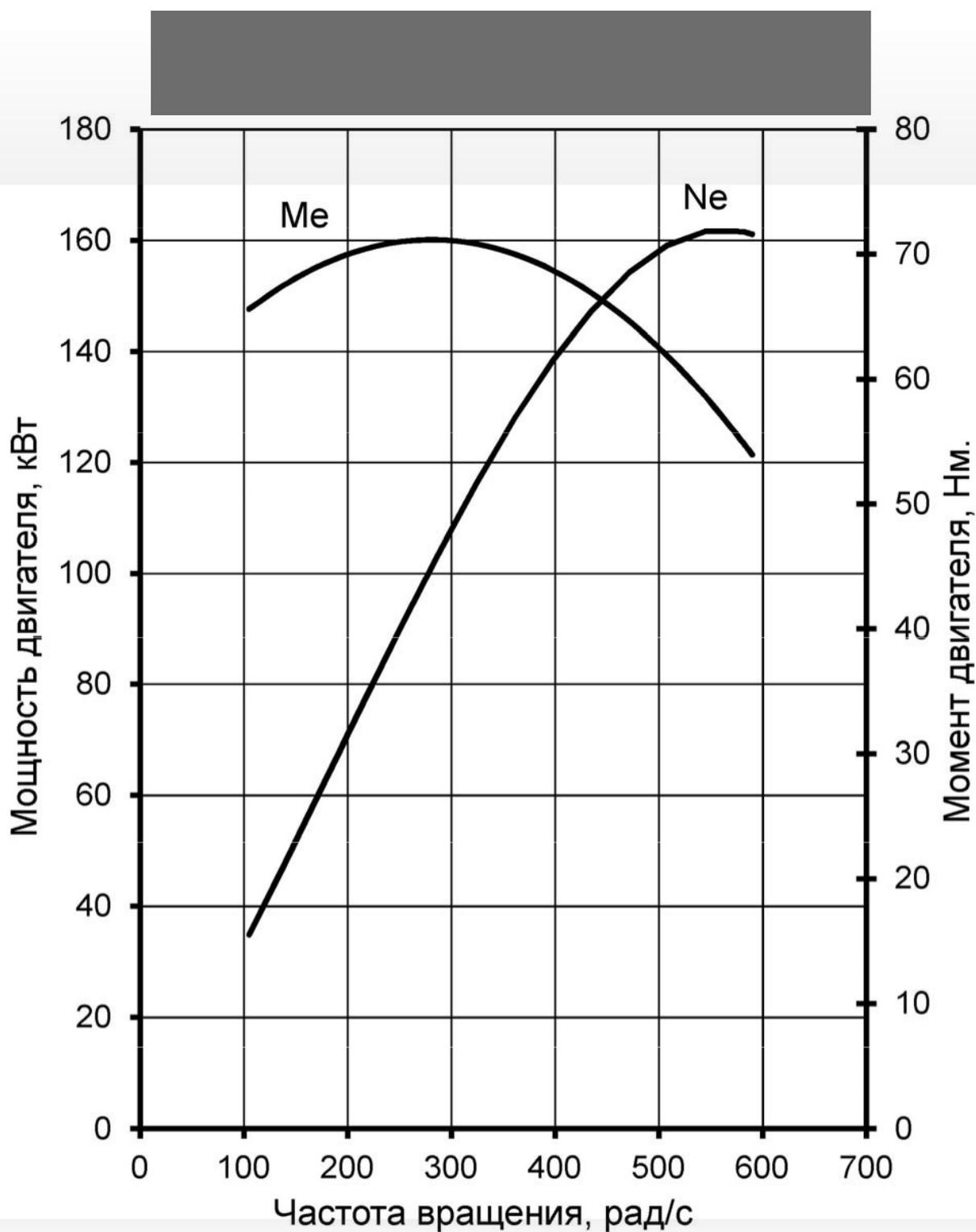


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика

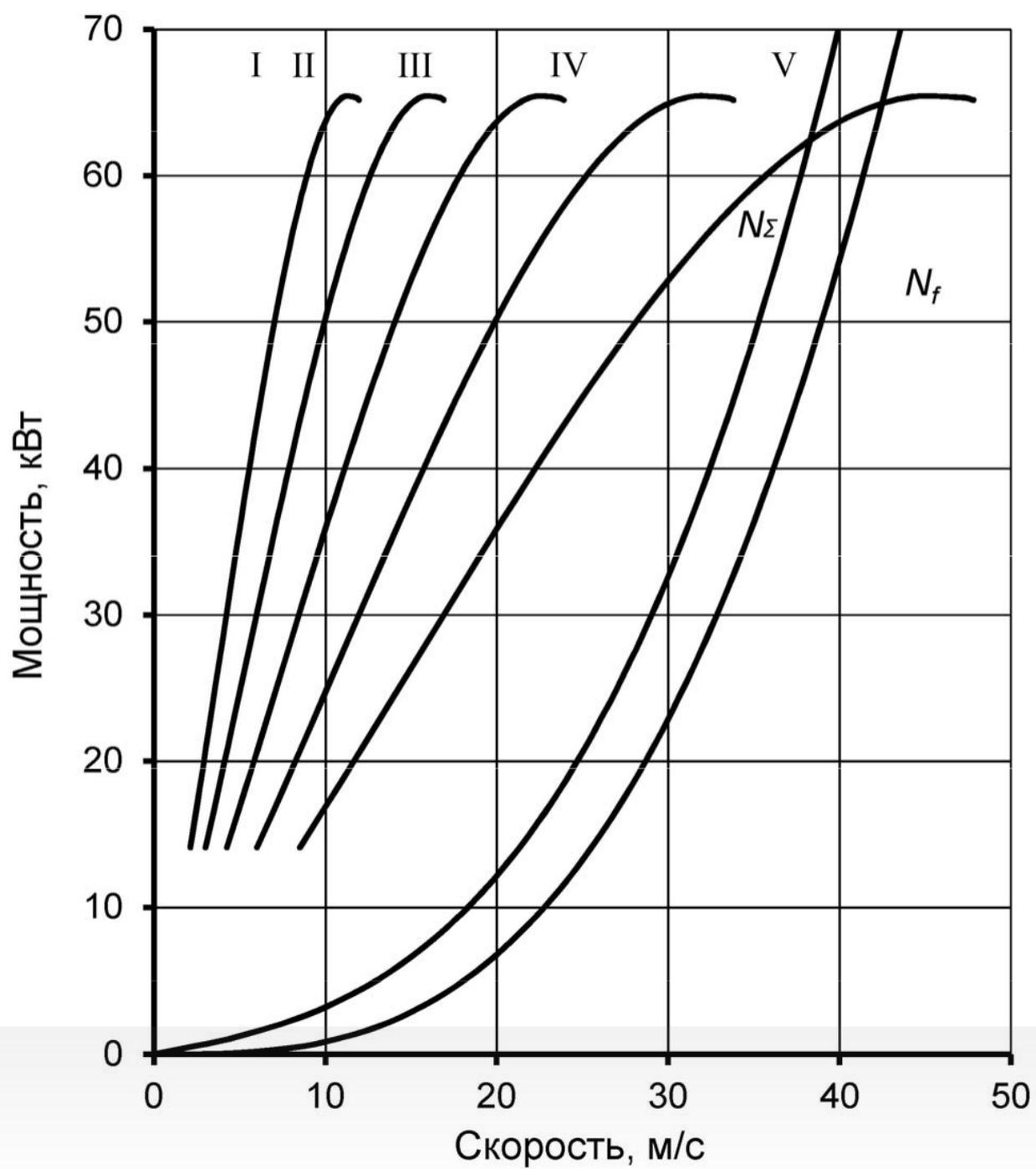


Рисунок А.2 – Баланс мощностей

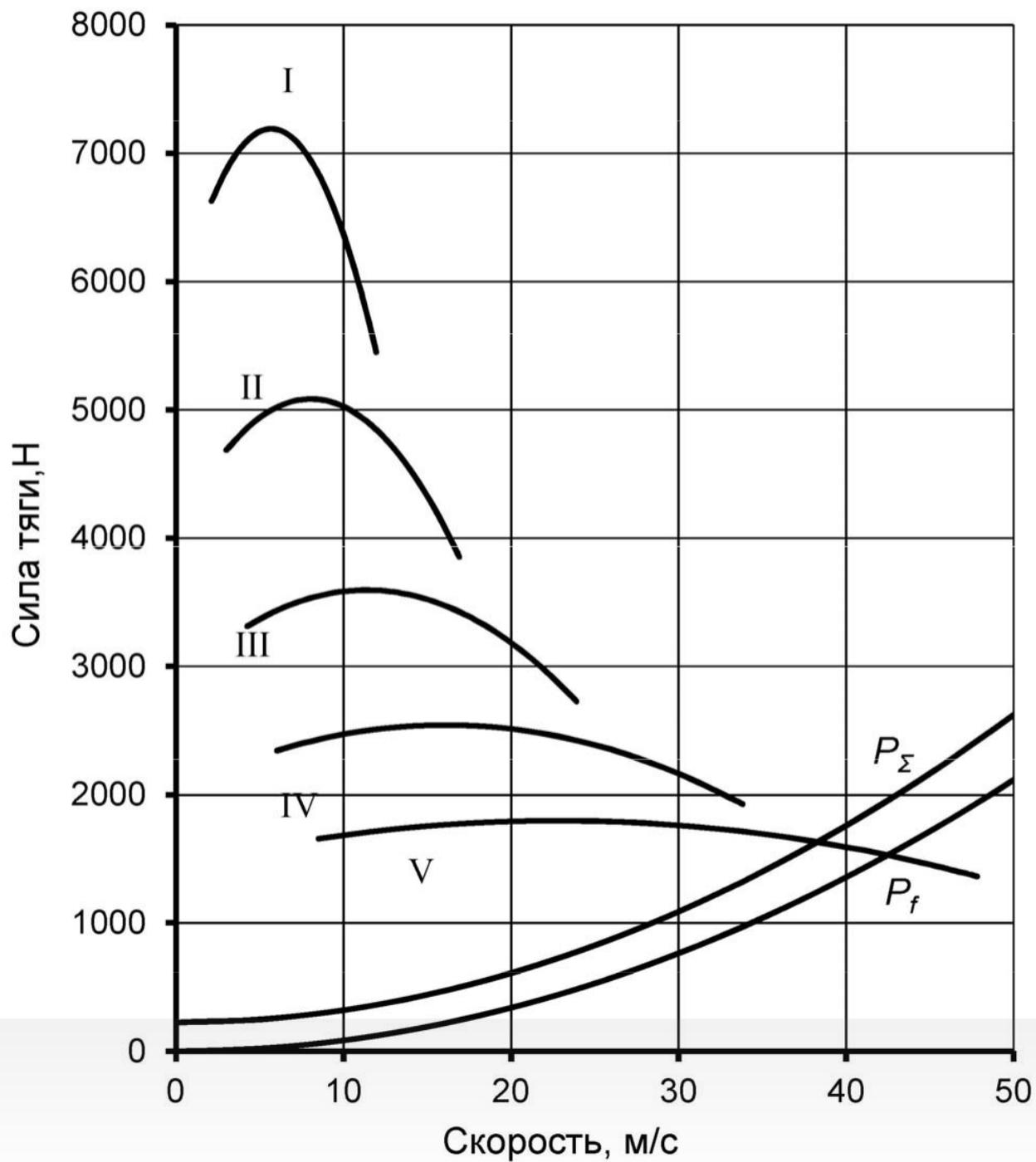


Рисунок А.3 – Тяговый баланс

Динамический баланс

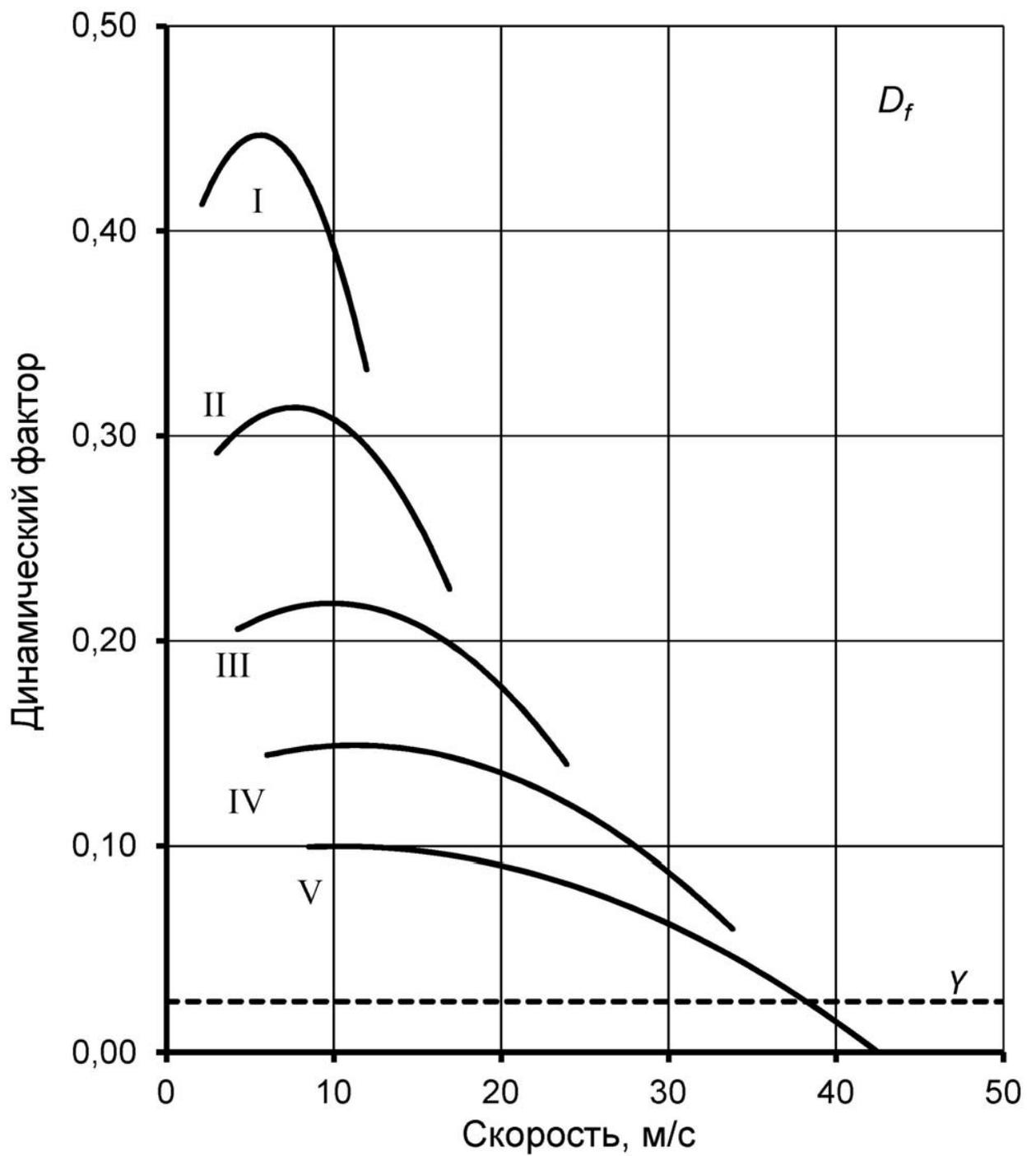


Рисунок А.4 – Динамический баланс

Ускорения на передачах

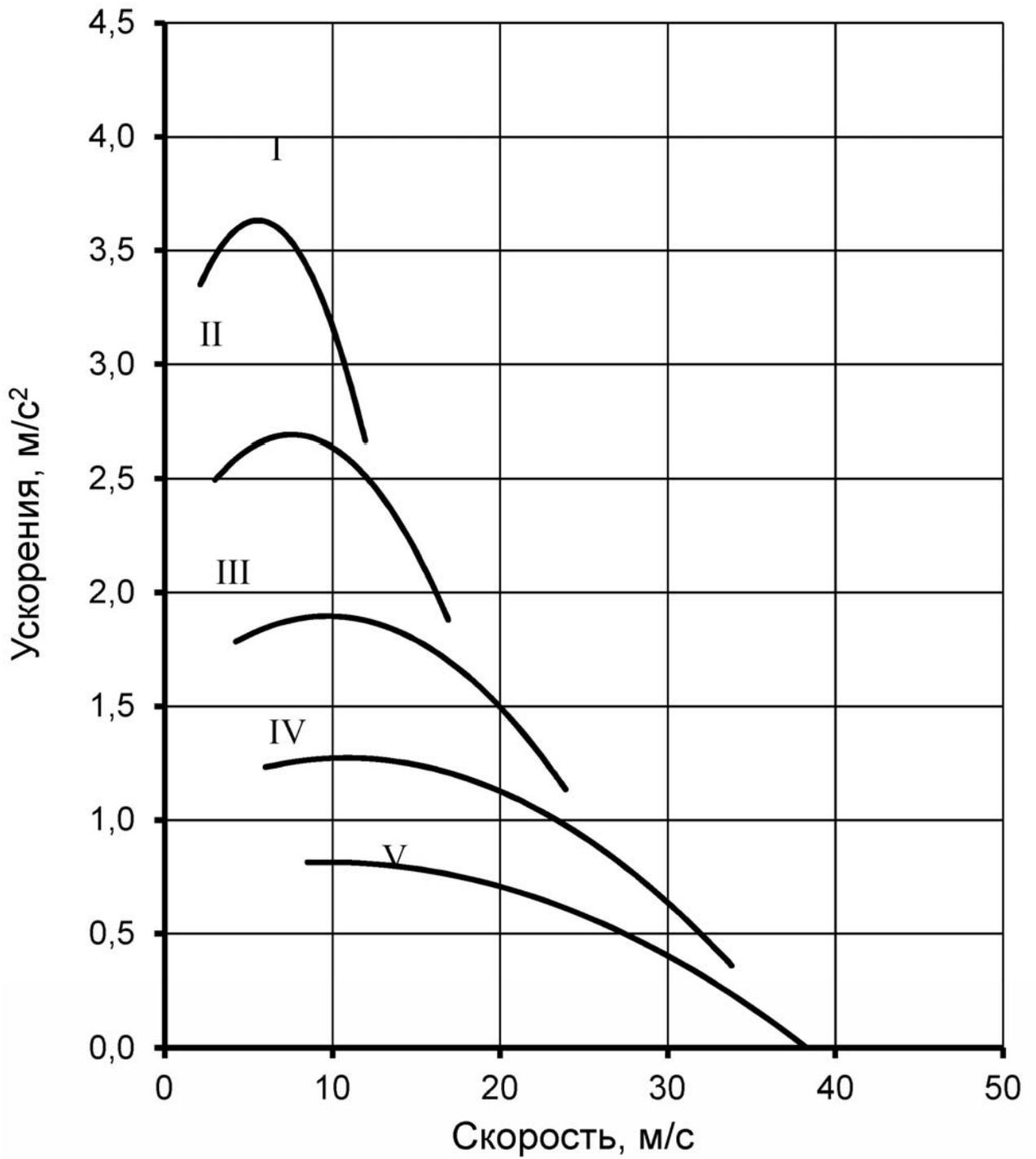


Рисунок А.5 – Ускорения на передачах

Время разгона

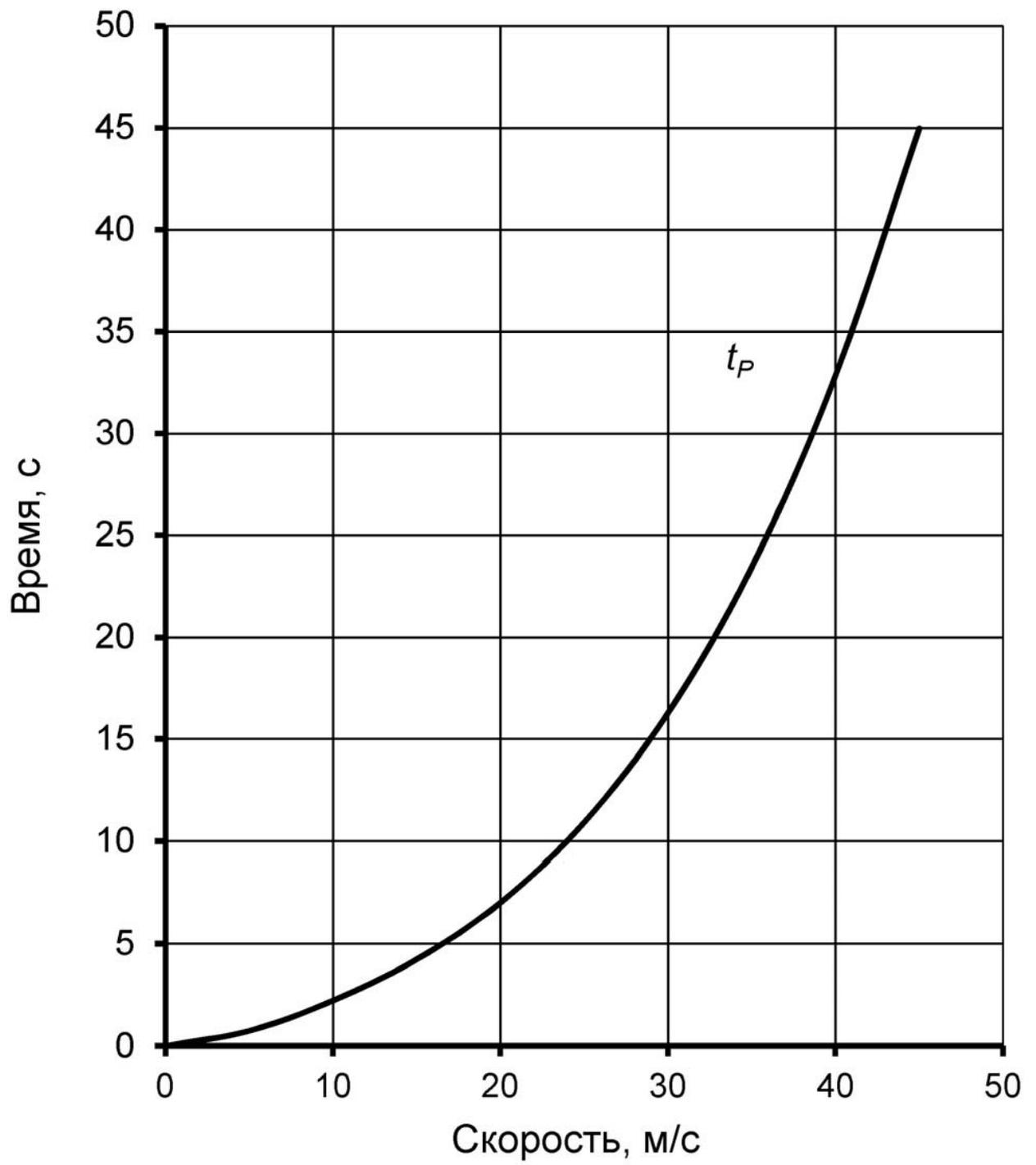


Рисунок А.6 – Время разгона

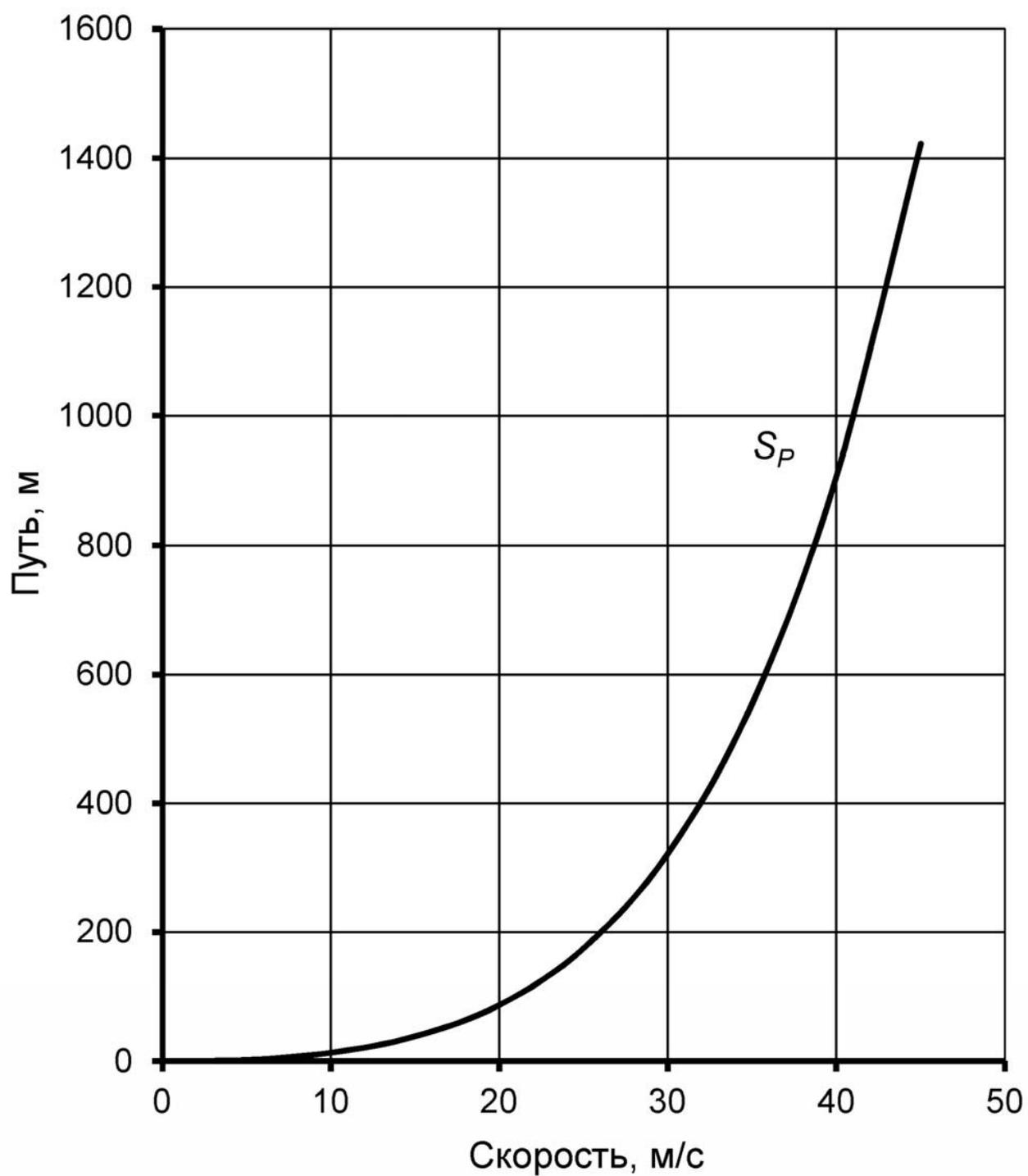


Рисунок А.7 – Путь разгона

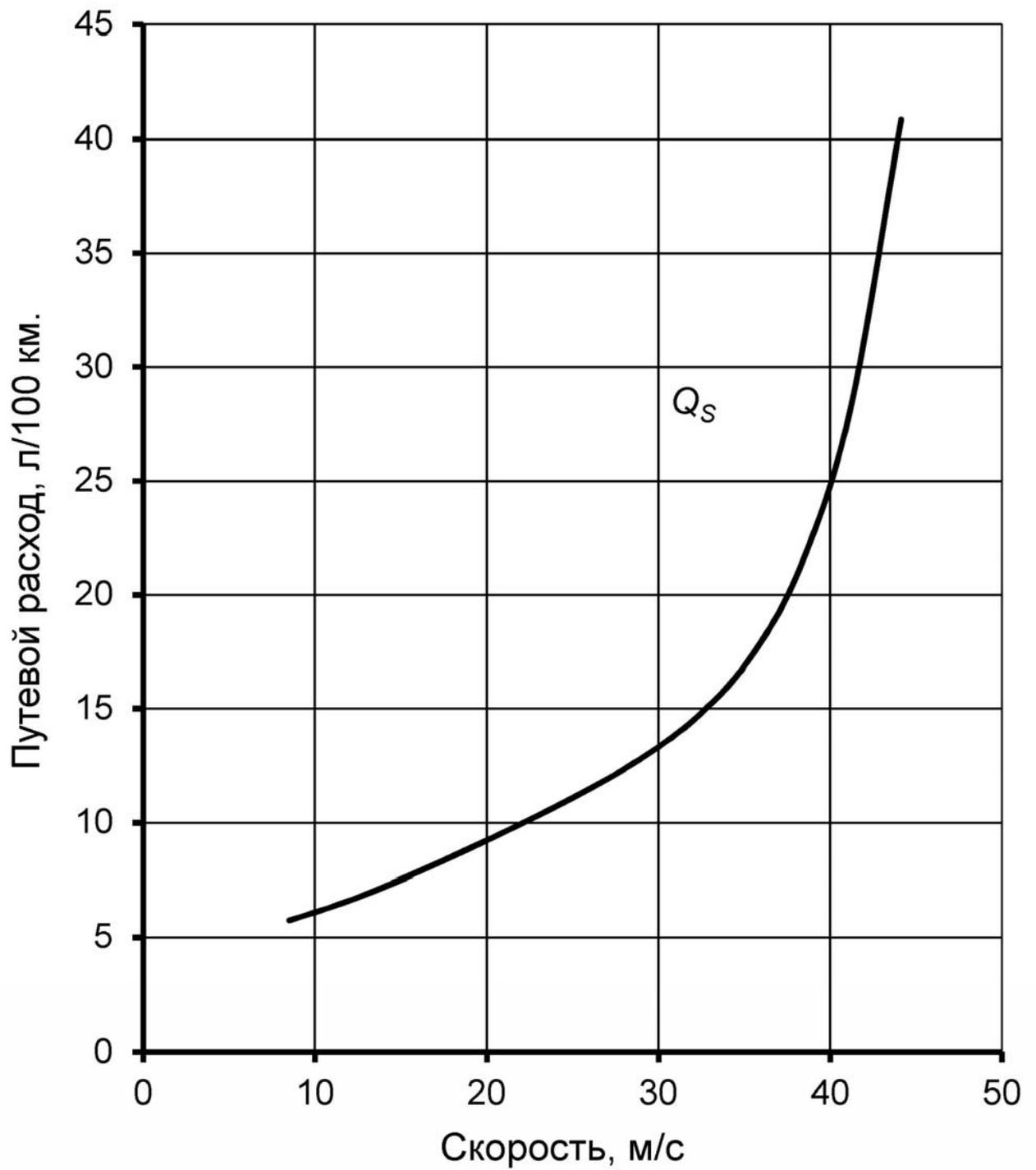


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива