

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация сцепления

Студент

А.Э. Иванов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

М.В. Прокопьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Капова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

М.В. Прокопьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Яценко

**Допустить к защите**

Заместитель ректора-  
директор института  
машиностроения

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ »

20 17 г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

Иванов, А. Э. Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. модернизация сцепления.

Дипломный проект /Гольяйти: ТГУ, 2017-112 с.

Данная дипломная работа состоит из пояснительной записки на 112 страниц, введения на 5 страниц, включая 31 рисунок, 28 таблиц, списка 25 источников, в том числе 5 источников на иностранном языке и трех приложений, и чертежей на 8 листах формата А1, и 4 листах формата А2.

Целью выпускной работы является модернизация конструкции сцепления переднеприводного легкового автомобиля 2 класса – Lada Largus.

На основе материалов преддипломной практики, были выявлены определенные недостатки, в работе поставляемого на конвейер ПАО «АВТОВАЗ» комплекта сцепления, произведенного фирмой LUK.

В данной работе разработана наиболее технологичная конструкция сцепления для данного автомобиля. В конструкторской части проведен тягово-динамический расчет, расчет параметров нажимного и ведомого дисков сцепления, а также расчеты на прочность компонентов, которые в совокупности с монтажными испытаниями доказали работоспособность конструкции и возможность использования унифицированных деталей.

В технологической части был разработан технологический процесс сборки нажимного диска сцепления. В экономическом разделе рассмотрены аспекты внедрения в производство данного проекта, а также произведены расчеты затрат на производство, точки безубыточности и других коммерческих показателей. В части экологичности и безопасности рассмотрены меры по снижению вредного воздействия при внедрении проекта, а также составлен анализ производственного участка и мер по обеспечению безопасности труда.

## ABSTRACT

Ivanov, A. E., Frontwheel drive passenger car, 2 CL. Upgrading the clutch.

Diploma project /Togliatti: TSU, 2017-112 p.

The diploma project consists of an explanatory note on 112 pages, introduction, including 31 figures, 28 tables, the list of 25 references including 5 foreign sources and 3 appendices, and the graphic part on 8 A1 sheets, and 4 A2 sheets.

The purpose of the diploma project is upgrading the design of the frontwheel drive passenger car, 2nd class (Lada Largus), clutch.

On the basis of pre-graduation practical training material, the shortcomings in the performance of clutch kit being delivered to the PJSC "AVTOVAZ" conveyor, manufactured by LuK company, were discovered.

In this project we have developed the most technologically advanced clutch design for this car. In the design part the traction-dynamic calculation is presented, the calculation of the clutch pressure plate and clutch driven plate parameters, as well as the strength calculations of the components, which together with mounting tests have proved the efficiency of the design and the ability to use standardized parts, have been made.

In the technological part the clutch pressure plate assembly process was developed. The economic section deals with the aspects of this project introducing into production, as well as the calculations of production costs, break-even point and other commercial indicators. In environmental and safety parts of the project we considered the measures to reduce harmful effects of the project implementation, and we analyzed the production line and safety measures.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	11
1. Состояние вопроса.....	11
1.1 Назначение сцепления .....	11
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции сцепления.....	11
1.3 Классификация конструкций сцепления .....	12
1.4 Обзор и тенденции развития конструкции сцепления .....	15
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции.....	19
2. Защита интеллектуальной собственности.....	21
3. Конструкторская часть .....	22
3.1 Тягово-динамический расчет .....	22
3.2 Расчет сцепления .....	38
4. Технологическая часть .....	56
4.1 Выбор и обоснование процесса сборки агрегата сцепления .....	56
4.2 Составление перечня сборочных операций.....	58
4.3 Определение трудоемкости сборочных операций.....	60
4.4 Определение типа производства.....	60
5. Анализ экономической эффективности объекта.....	62
5.1 Определение и анализ затрат на модернизацию и внедрение сцепления переднеприводного легкового автомобиля 2 кл.....	63
5.2 Оценка эффективности инвестиционного проекта.....	70
5.3 Вывод.....	82
6. Безопасность и экологичность объекта .....	84
6.1 Анализ экологических показателей разработанной конструкции сцепления .....	84
6.2 Описание производственного участка .....	85
6.3 Идентификация профессиональных рисков .....	88
6.4 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	89

6.5 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	91
6.6 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .	94
6.7 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	97
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	98
ПРИЛОЖЕНИЯ: Графики тягово-динамического расчет .....	101
Спецификации.....	108

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный легковой и грузовой транспорт стал неотъемлемой частью транспортного комплекса страны, непрерывно взаимодействуя с более чем 3 миллионами различных предприятий, а также населением страны. На долю автомобильного транспорта ежегодно приходится более 80% грузов, а при помощи общественного транспорта перевозится - более 75% пассажиров.

Однако автомобильный транспорт выходит на лидирующие позиции по потреблению ресурсов, расходуемых транспортным комплексом: 66% всех нефтепродуктов, 70% фонда рабочего времени и около 50% всех капиталовложений. Для увеличения КПД транспорта требуется освоение инновационной техники и технологии, улучшать трудовые условия работников, повышать их квалификацию и целеустремленность к лучшим результатам, прорабатывать возможности использования альтернативных видов транспорта, ускорять цикл обновления подвижного состава и других задействованных единиц, упрочнять материально-техническую базу и модифицировать ремонтные участки, поднимать уровень совокупной механизации погрузочно-разгрузочных и ремонтных работ. В тоже время требуется заниматься вопросом безопасности движения, уменьшать негативное воздействие транспорта на окружающую среду.

Наращивание производственных мощностей, подъем трудовой производительности, всевозможная экономия ресурсов - это задачи, которые преследуются и отраслью автомобильного транспорта, и его подсистемой - технической эксплуатацией автомобилей (ТЭА), гарантирующей работоспособность автомобильного парка. Ее прогресс и модернизация обусловлены темпами развития самого автомобильного транспорта и его ролью в транспортном комплексе страны, потребностью в экономии трудовых, материальных, топливно-энергетических и прочих ресурсов задействованных при транспортировке, техническом обслуживании (ТО),

ремонте и хранении автомобилей, потребностью обеспечения транспортного процесса исправным, устойчиво работающим подвижным составом, а также обеспечения безопасности населения, работников и окружающей среды.

На первых автомобилях устанавливалось ленточное сцепление (Рисунок 1), которые представляли собой металлическую ленту, охватывающую снаружи металлический барабан. Ленточные сцепления были нормально-разомкнутыми, а перемещением рычага производилось их включение. Основным слабым местом данной конструкции было использование сложных регулировочных узлов, компенсирующих изнашивание рабочих поверхностей.

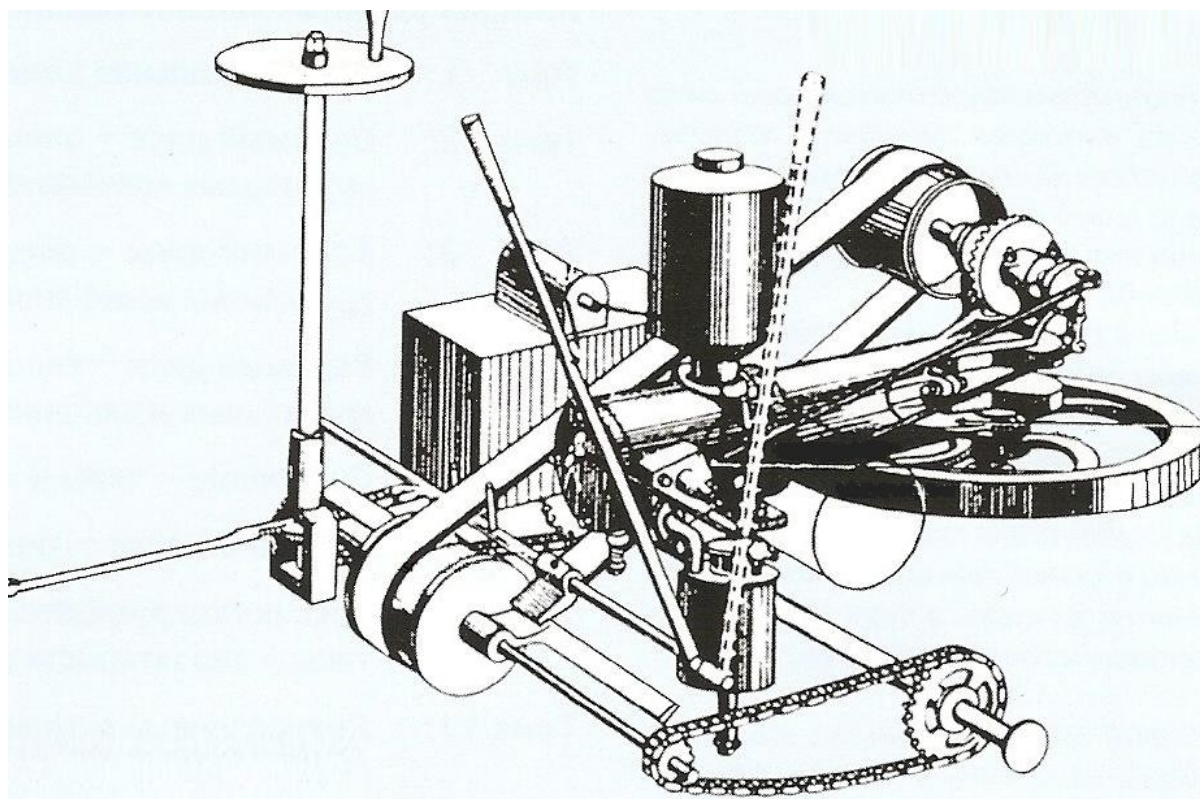


Рисунок 1 - Ленточное сцепление

Однако появившиеся позднее конусные сцепления (Рисунок 2) были наоборот нормально-замкнутыми. В роли ведущего элемента выступал маховик двигателя, он крепился к фланцу коленчатого вала, а с оборотной стороны имел коническую поверхность. Аналогичную внешнюю коническую поверхность имел конус, перемещающийся в осевом направлении по шлицам

первичного вала, который вместе с кожухом сцепления являлся ведомым элементом. В режиме передачи крутящего момента конус и фрикционная накладка удерживались пружиной. Выключение производилось нажатием на педаль сцепления, посредством сжатия пружины через рычаг и муфту выключения сцепления. Угол поверхности трения относительно оси вращения конусных сцеплений составлял  $150^{\circ}$ . В наиболее поздних конструкциях фрикционные накладки изготавливались из фрикционных материалов с асбестовой основой. Основным недостатком таких сцеплений был большой момент инерции ведомого элемента, из-за чего он долго продолжал вращение после выключения сцепления, тем самым вызывая затрудненное переключение передач.

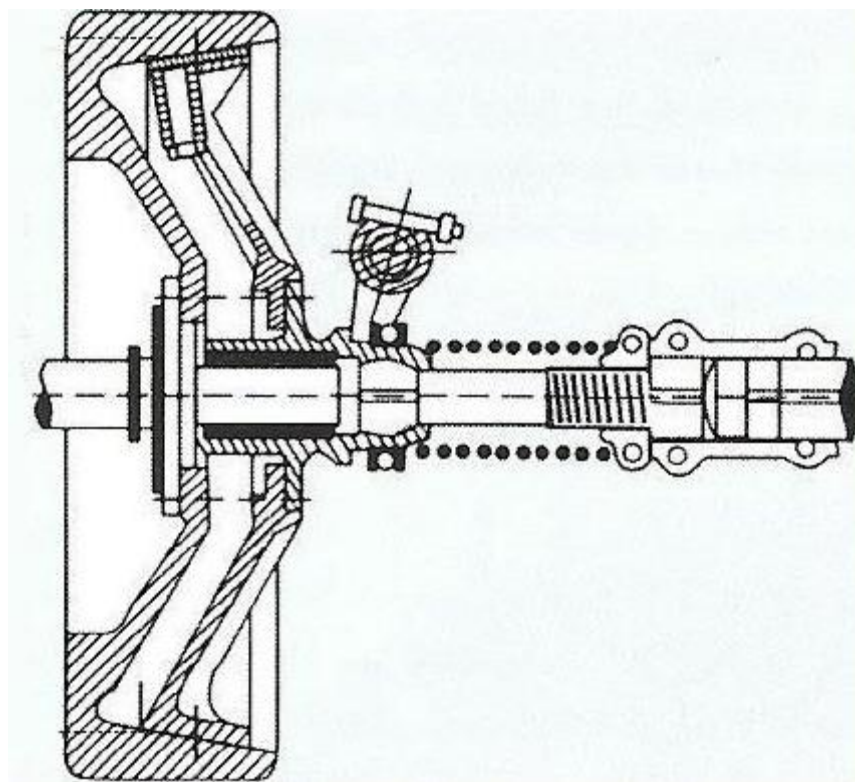


Рисунок 2 - Конусное сцепление

Следующим поколением сцеплений стали многодисковые сцепления (Рисунок 3), работающие в масляной ванне. Конструктивно они выполнялись в виде чередующихся стальных и бронзовых дисков, которые были закреплены на шлицах с ведомым и ведущим барабанами, тем самым образуя большое число поверхностей трения и обеспечивая высокую плавность



включения. Однако данная конструкция ведомого барабана обладала большим моментом инерции, что очень сильно осложняло переключение передач. Также, при снижении температуры окружающего воздуха ниже определенной границы, масло густело, происходило слипание ведущих и ведомых дисков, и сцепление не выключалось. Однако позже многодисковые сцепления стали применяться в качестве дисковых фрикционных элементов управления в планетарных коробках передач, либо в качестве многодисковых муфт.

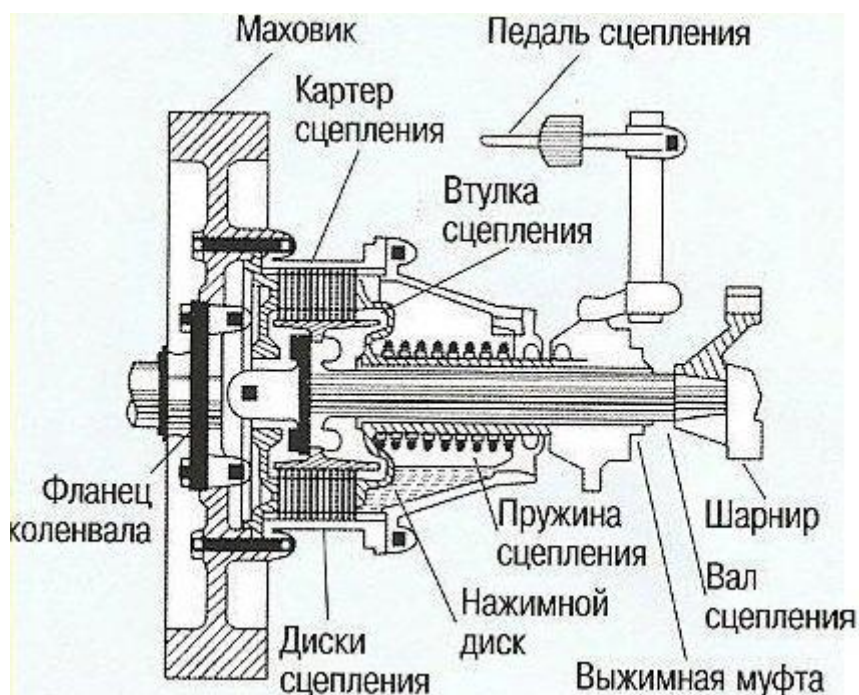


Рисунок 3 - Многодисковое сцепление

Следующим этапом развития многодисковых сцеплений были сухие многодисковые сцепления. Ведущие диски имеют наклепанные с двух сторон фрикционные накладки. Основным плюсом данного типа сцепления является передача большого крутящего момента при небольших размерах. Однако у них имеется аналогичный недостаток – большой момент инерции ведомых частей. Также, ведомые диски, изготовленные из металла и расположенные между фрикционными накладками, обладают небольшой толщиной (не более 4 мм) и низкой теплопроводностью, что вызывает сильный нагрев при буксовании сцепления и усиливает износ фрикционных

накладок, а в некоторых случаях приводит к короблению дисков и нарушению чистоты выключения сцепления.

Сцепления однодисковые сухого типа нашли свое применение в 1910 году и к середине 20-х годов XX века, благодаря своим преимуществам, обрели всеобщее признание и практически вытеснили иные конструкции.

# ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

## 1 Состояние вопроса

### 1.1 Назначение сцепления

Сцепление — это механизм, который основан на работе силы трения скольжения (фрикционная муфта). Традиционно термин «сцепление» обозначает компонент трансмиссии транспортного средства, выполняющий функцию подключения или отключения двигателя внутреннего сгорания и коробки передач [3]. Сцепление считается изобретением Карла Бенца.

В тоже время на тракторах и бронетанковой технике применяется аналогичный термин фрикцион.

Сцепление предназначено для кратковременного разъединения силовой передачи и работающего двигателя, а также для обеспечения плавности их соединения. Разъединение требуется во время остановки и торможения автомобиля и при смене передач. Плавное соединение требуется при трогании автомобиля с места и после смены передач. Кроме этого, сцепление сконструировано так, чтобы защитить детали силовой передачи от значительных перегрузок.

### 1.2 Требования, предъявляемые к конструкции сцепления

При конструировании фрикционных сцеплений в соответствии с их назначением помимо основных требований (наименьшая масса компонентов, наиболее простая конструкция, обеспечение высокой надежности и т.п.) следует обеспечить следующее:

- при любых условиях эксплуатации крутящий момент должен надежно передаваться от двигателя к трансмиссии;
- плавность трогания автомобиля с места;

- полное разъединение двигателя и трансмиссии с гарантированным зазором, т.е. требуемую «чистоту» выключения;
- наименьший (возможный) момент инерции ведомой части сцепления, т.к. снижение момента инерции позволит облегчить переключение передач и уменьшить поверхности синхронизаторов;
- требуемое поглощение тепла, возникающего на поверхностях трения;
- защита автомобильной трансмиссии от ударных нагрузок;
- комфортность управления, оценочным критерием которого является усилие на педали и ее ход при выключении;
- возможность внедрения автоматических систем управления сцеплением.

### 1.3 Классификация конструкций сцепления

По принципу, на котором основана передача крутящего момента:

- фрикционные;
- гидравлические (гидромуфты);
- электромагнитные порошковые.

Преобладающее распространение получили сцепления фрикционного типа, передающие крутящий момент посредством сил трения от ведущих деталей, закрепленных на коленчатом валу двигателя к ведомым деталям соединенных с трансмиссией автомобиля. Сцепление гидравлического типа (гидромуфта) обеспечивает связь ведущей и ведомой частей посредством движущегося потока жидкости, а электромагнитные порошковые – при помощи электромагнитного поля.

По геометрии образующей поверхность трения:

- дисковые;
- конусные;

- барабанные.

На современных автомобилях массово применяются только дисковые сцепления.

По количеству ведомых дисков:

- однодисковое;
- двухдисковое;
- многодисковое.

Двухдисковые сцепления нашли применение на грузовых автомобилях. Основным их достоинством является передача большого крутящего момента, путем увеличения площади поверхности трения, без увеличения размерности сцепления. Однако показатели массы, осевой габаритной длины и хода муфты выключения у них относительно больше. Также их конструкция должна предусматривать механизм принудительного перемещения среднего ведомого диска, чтобы обеспечить чистоту выключения.

По среде, в которой работают поверхности трения:

- сухие;
- мокрые (работают, соответственно, в масляной ванне).

Сухими в основном бывают только одно- и двухдисковые сцепления, а мокрыми – многодисковые.

По способности передавать крутящий момент без внешнего управляющего воздействия:

- нормально замкнутые;
- нормально разомкнутые (очень редко применяются).

По механизму, создающему прижимную силу на рабочих поверхностях сцепления:

- пружинные;

- центробежные;
- полуцентробежные.

В основном для пружинных сцеплений используются центрально расположенные диафрагменные пружины, либо цилиндрические пружины расположенные периферийно, очень редко применяются центрально расположенные конические пружины. Сила сжатия поверхностей трения центробежных и полуцентробежных сцеплений полностью или частично возникает за счет кинетической энергии грузиков, которые закреплены на рычагах выключения сцепления. Центробежные сцепления не нашли широкого применения, что вполне объяснимо их большой стоимостью, низкой надежностью и сложностью конструкции.

По количеству мощностных потоков, которые передают элементы сцепления:

- однопоточные, весь поток мощности от двигателя подводится к трансмиссии;
- двухпоточные, один поток мощности от двигателя подводится к трансмиссии, а другой на привод вала отбора мощности, либо мощность от двигателя подводится к трансмиссии двумя параллельными потоками.

По принципу управления:

- сцепления с принудительным ручным управлением, полностью управляемые водителем;
- сцепления с автоматизированным управлением, которые оборудованы автоматическими устройствами, обеспечивающими управление процессом работы сцепления;
- автоматические сцепления (гидравлические и центробежные), которые обладают внутренней автоматичностью, т.е. увеличивают передаваемый крутящий момент в соответствии с ростом частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Нормально замкнутые сцепления с принудительным управлением, на сегодняшний день, устанавливаются на подавляющем большинстве автомобилей.

#### 1.4. Обзор и тенденции развития конструкции сцепления

На современных автомобилях в основном применяют сухое однодисковое сцепление (Рисунок 1.1), гораздо реже многодисковое. Конструкция однодискового сцепления включает маховик, нажимной и ведомый диски, подшипник выключения сцепления с муфтой ивилкой, иногда муфта выключения сцепления совмещается с рабочим цилиндром сцепления.



Рисунок 1.1 - Компоненты сцепления

Основными отличиями конкурирующих фирм заключаются в способе крепления диафрагменной пружины к кожуху нажимного диска, а также в форме лепестков диафрагменной пружины. Очень редко встречается сцепление с системой компенсации износа ведомого диска. Все конструктивные элементы сцепления размещаются в картере коробки передач. Картер сцепления крепиться болтами к двигателю.

В настоящее время самым распространенным видом трансмиссии для легкового автомобиля является механическая коробка передач, поэтому

постоянно проводятся работы по ее доводке. Наиболее интересной разработкой является электронное сцепление. Между педалью и приводом сцепления, где раньше присутствовала физическая связь (трос, гидравлика), теперь связь разорвана и заменена электронной системой.

Electronic Clutch System (eCS) так называется инновационная разработка компании Bosch. По заявлениям производителя, данное электронное сцепление делает механическую коробку передач наиболее полным аналогом коробки-автомата. Также отличием роботизированной коробки передач и системы eClutch заключается в том, что в последней автоматизирован только привод сцепления. Эта инновация максимально облегчает процесс управления механической коробкой передач, а также дает возможность экономить топливо. Помимо всего этого электронное сцепление позволяет применять механическую коробку передач на гибридных автомобилях.

Основными элементами данной системы являются: входные устройства, электронный блок управления и исполнительный механизм. Входными устройствами являются: блок педали сцепления и ряд входных датчиков положения (педали акселератора, педали тормоза, рычага коробки передач).

Электронный блок управления eCS, принимает и обрабатывает сигналы входных устройств, подает управляющие сигналы на исполнительные механизмы. Также блок eCS постоянно обменивается информацией с электронной системой управления двигателем. Исполнительным механизмом является электрогидравлический актуатор (привод), перемещающий вилку выключения сцепления посредством команд блока управления.

Данная система дала возможность реализовать несколько функций:

- движение в режиме частых троганий и остановок;
- плавное переключение передач;
- управляемое движение накатом;



- расширение возможностей системы Стоп-старт.

Одной из основных функций является движение автомобиля в режиме частых троганий и остановок. Режим, адаптированный под движение в городских «пробках», позволяет водителю двигаться на первой передаче, не используя сцепление. Размыкание сцепления происходит автоматически, когда водитель снимает ногу с педали акселератора. При нарастании тормозных усилий двигатель не заглохнет, т.к. связь с трансмиссией уже разорвана. Процесс трогания с места начинается при отпускании педали тормоза, по аналогии с автоматической коробкой передач, только на первой передаче.

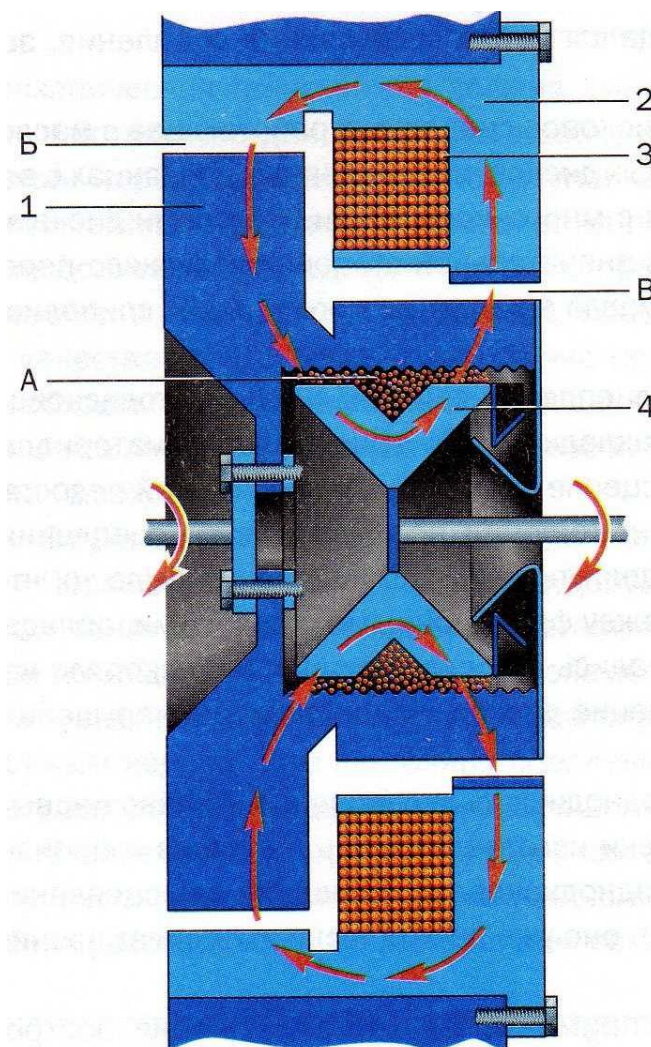
При работе электронного сцепления достигается плавное переключение всех передач. Посредством работы специального датчика определяется момент переключения передач. На основании этих данных при помощи системы управления двигателем электронное сцепление увеличивает или уменьшает обороты двигателя, обеспечивая плавное переключение передач.

Две последние функции электронного сцепления по заявлениям производителя позволят экономить до 10% топлива. Функция движения накатом обеспечит наибольший регулируемый выбег, т.е. позволит полностью использовать движение автомобиля по инерции, исключая торможение двигателем. При движении под уклон данная функция особенно. Реализуется данная функция посредством разъединения сцепления при движении накатом.

На автомобилях, где применяется система Старт-стоп, появится возможность экономить дополнительное топливо благодаря электронному сцеплению. При отпускании педали акселератора, когда автомобиль движется на первой передаче, происходит разъединение двигателя и трансмиссии, а также выключение двигателя. К моменту, когда автомобиль полностью остановится двигатель уже будет выключен. Посредством

сокращения рабочего времени двигателя достигается дополнительная экономия.

Также перспективную конструкцию имеет электромагнитное порошковое сцепление (Рисунок 1.2).



А, Б, В – зазор; 1 – ведущая часть; 2 – статичный корпус; 3 – обмотка возбуждения; 4 – ведомая часть.

Рисунок 1.2 - Схема порошкового сцепления электромагнитного типа

Порошковое сцепление электромагнитного типа является нормально разомкнутым и относится к сцеплениям с автоматизированным управлением, педаль для данных сцеплений не требуется. На автомобилях малого и особо малого классов оно получило некоторое распространение. Сцепление включает три основные части: ведущая часть 1, представлена маховиком с

закрепленными к нему магнитопроводами, установленного на картере сцепления статичного корпуса 2 с запрессованным в него магнитопроводом с обмоткой возбуждения 3, и ведомой части 4 из немагнитного материала, через которую передается крутящий момент на первичный вал коробки передач. Между магнитопроводами имеются воздушные зазоры А, Б и В. Сцепление выключено при условии отсутствия тока в обмотке возбуждения 3 между ведущей и ведомой частями сцепления, т.е. силовая связь отсутствует.

Во время подачи тока на обмотку возбуждения, вокруг возникает замкнутый магнитный поток, указанный на рисунке стрелками. Магнитный поток, проходя через зазоры А, Б и В, оказывает ничтожное воздействие на элементы сцепления, поэтому для корректной работы данного сцепления зазоры заполняют специальным ферромагнитным порошком, который обладает сильными магнитными свойствами. Зазор А заполняют данным порошком между ведущей и ведомой частями сцепления. Когда магнитный поток проникает через порошок, его частицы начинают притягиваться друг к другу, а также к магнитопроводам ведущей и ведомой частей, тем самым создавая силовое взаимодействие и передачу крутящего момента между ними. Сила тока в обмотке возбуждения регулирует силовую связь. При подаче тока малой силы сцепление работает в режиме пробуксовки, тем самым обеспечивая плавность трогания автомобиля. Посредством повышения силы тока буксование начинает снижаться вплоть до полной блокировки ведущих и ведомых частей, в результате чего сцепление включается. Одним из основных достоинств данного сцепления является то, что управление можно изменить с ножного (с педали сцепления) на ручной вариант управления.

### 1.5. Выбор и обоснование принятого варианта конструкции

В качестве модернизируемой конструкции принимаем фрикционное, сухое, однодисковое, нормально замкнутое сцепление, применяемое в

производстве автомобиля Lada Largus. Ведомый диск предполагается с наличием демпфера и пред демпфера. Нажимной диск, построенный на основе диафрагменной пружины. Данный вариант получил наибольшее распространение, т.к. данная конструкция производится на подавляющем большинстве заводов производителей автокомпонентов (Valeo, LUK, Krafttech, ВИС и т.д.), а также применяется ведущими автопроизводителями. Предполагается внедрение сцепления компании Valeo, т.к. данный производитель имеет высокий процент локализованных деталей (произведенных на территории РФ) и многоступенчатый контроль качества выпускаемой продукции.

## 2 Защита интеллектуальной собственности

Интеллектуальная собственность не предусмотрена.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Тягово-динамический расчет

Исходные данные

Автомобиль: Lada Largus, 5-ти местный

Тип автомобиля: переднеприводный легковой автомобиль 2 класса

Колесная формула:  $4 \times 2$

Количество человек:  $n = 5$  (человек)

Длина = 4470мм

Ширина:  $B_r = 1750$ мм

Высота:  $H_r = 1670$ мм

Масса в снаряженном состоянии:  $m_0 = 1186$ кг

Шины: 185/65R 15

Коэффициент аэродинамического сопротивления:  $C_x = 0,4$

Коэффициент сопротивления качению:  $f_0 = 0,012$

Коэффициент преодолеваемого уклона:  $\alpha_{\max} = 0,3$

Максимальная скорость:  $V_{\max} = 155$ км/ч (43м/с)

Максимальная частота вращения коленчатого вала:  
 $\omega_{e \max} = 630 \text{ с}^{-1}$  (6016об/мин)

КПД трансмиссии:  $\eta_{\text{тр}} = 0,92$

Число передач: 5

Определение мощности и момента двигателя.

Определим полную массу автомобиля по формуле:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot (n) + m_{\text{б}} \cdot (n) \quad ,$$

(3.1)

где  $m_0$  – снаряженная масса автомобиля;

$m_ч$  – масса перевозимого человека (75кг);

$m_г$  – масса груза на каждого человека (10 кг);

$n$  – количество пассажиров, включая водителя;

$$m_a = 1186 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1611 \text{ кг}$$

Определение статистического радиуса колеса:

$$r_{ст} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (3.2)$$

где  $d = 15$  – посадочный диаметр, дюймы ( $= 0,381 \text{ м}$ )

$\lambda_z = 0,86$  – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин;

$H/V = 65$  – отношение высоты профиля шины и ее ширины, %

$V = 0,185$  – ширина профиля шины, м

$H = 0,65 \cdot 0,185 = 0,12$  – высота профиля шины, м

$$r_{ст} = 0,5 \cdot 0,381 + 0,86 \cdot 0,12 = 0,29 \text{ м}$$

$$r_{ст} \approx r_d \approx r_k = 0,29 \text{ м}$$

$r_k$  – радиус качения шины

Определение коэффициента обтекаемости:

$$k = \frac{(C_x \cdot \rho)}{2}, \quad (3.3)$$

где  $C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления

$\rho = 1,293$  – величина плотности воздуха при нормальных условиях

$$k = \frac{(0,4 \cdot 1,293)}{2} = 0,26$$

Расчет лобовой площади автомобиля:

$$F = 0,8 \cdot V_r \cdot H_r, \quad (3.4)$$

$$F = 0,8 \cdot 1,75 \cdot 1,67 = 2,34 \text{ м}^2$$

Расчет коэффициента сопротивления качению при максимальной скорости:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V^2}{2000}\right), \quad (3.5)$$

$$f = 0,012 \cdot \left(1 + \frac{43^2}{2000}\right) = 0,020$$

Определение ВСХ двигателя:

Изначально определим мощность двигателя соответствующую максимальной скорости автомобиля, для этого воспользуемся формулой мощностного баланса, также учтем КПД трансмиссии:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} (G_a \cdot \psi_v \cdot V_{\text{max}} + \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\text{max}}^3), \quad (3.6)$$

где  $\psi_v$  – коэффициент сопротивления дороги при  $V_{\text{max}}$ .

Для легкового автомобиля коэффициент суммарного дорожного сопротивления принимаем, таким же, как коэффициент качения при максимальной скорости [5].

$$\psi_v = f = 0,02$$

$G_a = m_a \cdot g$  – вес автомобиля полный, Н

$\rho = 1,293$  – плотность воздуха при 760 мм. рт. ст. (нормальные условия)

$$N_v = \frac{1}{0,92} \cdot (1611 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 43 + 0,26 \cdot 2,34 \cdot 43^3) = 67351 \text{ Вт} = 67,4 \text{ кВт}$$

Максимальная мощность двигателя в зависимости от его типа:

$$N_{\text{max}} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (3.7)$$

где  $a = b = c = 1$  – эмпирические коэффициенты для бензинового двигателя.



$\lambda = \omega_v / \omega_N$  – отношение частоты вращения коленчатого вала при  $V_{\max}$  и частоты вращения коленчатого вала при  $N_{\max}$ .

Принимаем  $\lambda = 1,11$

$$\text{Тогда, } \omega_N = \frac{\omega_v}{\lambda} = \frac{630}{1,11} = 568 \text{ с}^{-1}$$

$$N_{\max} = \frac{67351}{1 \cdot 1,11 + 1 \cdot 1,11^2 - 1 \cdot 1,11^3} = 69116 \text{ Вт} \approx 69,1 \text{ кВт}$$

Для дальнейших расчетов принимаются характеристики двигателя 11189.

$$N_{e \max} = 64 \text{ кВт}$$

$$M_{e \max} = 140 \text{ Нм}$$

$$a = 0,75; b = 1,55; c = 1,29;$$

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[ a \cdot \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right) + b \cdot \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (3.8)$$

где  $\omega_e$  – значение частоты вращения коленчатого вала

$N_e$  – значение мощности двигателя эффективной, кВт

Эффективный момент двигателя:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (3.9)$$

Принимаем минимальную частоту вращения коленчатого вала:

$$\omega_{\min} = 100 \text{ с}^{-1}$$

Результаты расчетов приведены в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчетов

$\omega_e, \text{ с}^{-1}$	100	153	206	259	312	365	418	471	524	577	630
----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Продолжение таблицы 3.1

$N_e,$ кВт	11,2	18,6	26,9	35,4	43,6	51,1	57,3	61,9	64,3	64	60,7
$M_e,$ Нм	110	122	131	137	140	140	137	131	123	111	96,3

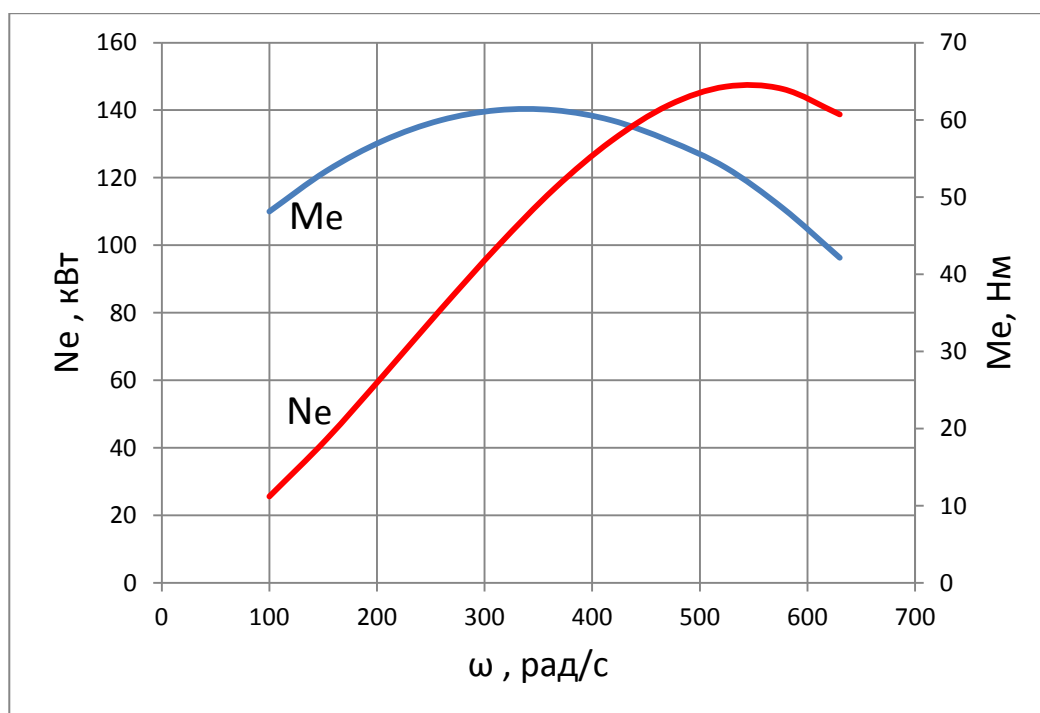


Рисунок 3.1 - Внешнескоростная характеристика двигателя 11189

Определение передаточных чисел трансмиссии.

Передаточные числа принимаем соответствующие действующей коробке передач JR5, которая устанавливается на автомобили Lada Largus.

$U_{\text{m}} = 4,214$  – передаточное число для главной передачи;

$U_{\text{I}} = 3,727$  – передаточное число для первой передачи;

$U_{\text{II}} = 2,048$  – передаточное число для второй передачи;

$U_{\text{III}} = 1,393$  – передаточное число для третьей передачи;

$U_{\text{IV}} = 1,097$  – передаточное число для четвертой передачи;

$U_{\text{V}} = 0,892$  – передаточное число для пятой передачи;

$U_{zx} = 3,545$  – передаточное число для передачи заднего хода.

В соответствии с принятыми значениями будет произведен расчет скорости автомобиля для разных передач:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_B}{U_0 \cdot U_k}, \quad (3.10)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов скорости автомобиля

n, об/мин	n, с <sup>-1</sup>	Скорость для каждой передачи, м/с				
		I	II	III	IV	V
955	100	1,87	3,41	5,01	6,36	7,82
1461	153	2,86	5,21	7,66	9,73	12,0
1967	206	3,86	7,02	10,3	13,1	16,1
2473	259	4,85	8,82	13,0	16,5	20,3
2979	312	5,84	10,6	15,6	19,8	24,4
3479	365	6,83	12,4	18,3	23,2	28,5
3996	418	7,82	14,2	20,9	26,6	32,7
4498	471	8,81	16,0	23,6	29,9	36,8
5004	524	9,81	17,8	26,2	33,3	41,0
5510	577	10,8	19,7	28,9	36,7	45,1
6016	630	11,8	21,5	31,5	40,1	49,3

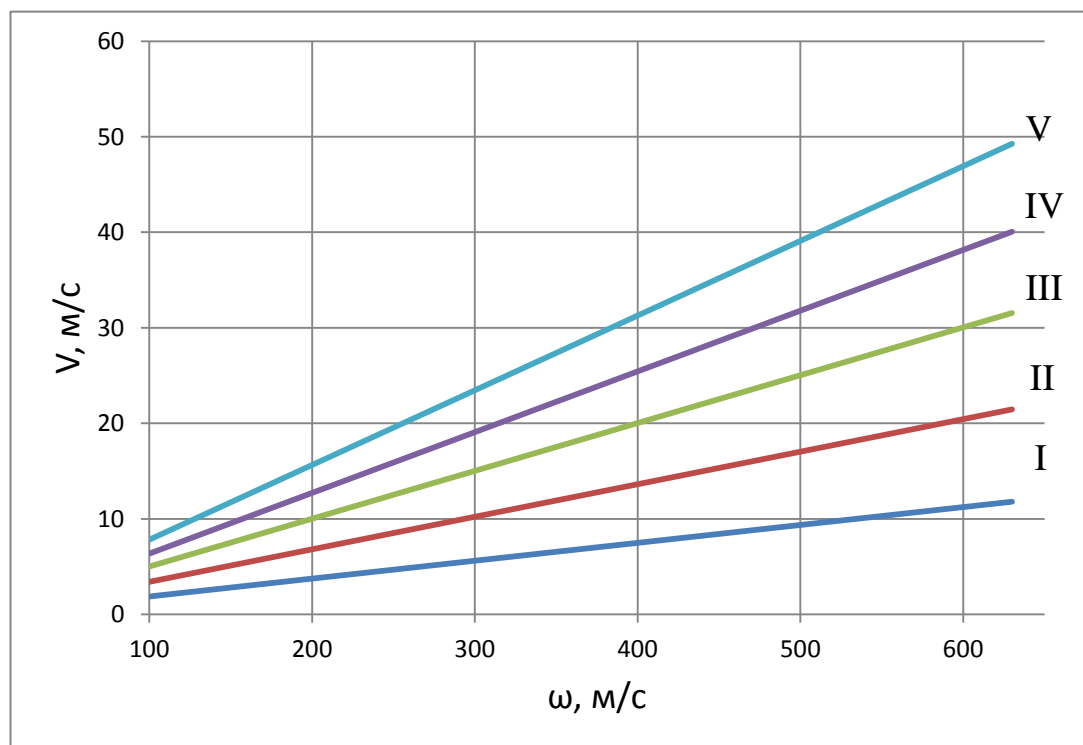


Рисунок 3.2 - Скорости на разных передачах

Анализ тяговой динамики.

Тяговый баланс автомобиля:

Расчет тяговой силы на ведущих колесах автомобилей, в зависимости от скорости автомобиля, для каждой передачи производится по формуле:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_k}, \quad (3.11)$$

Силу сопротивления воздуха, начинающую действовать во время движения автомобиля определим по формуле:

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2, \quad (3.12)$$

Сила сопротивления качению автомобиля:

$$P_d = G_a \cdot \psi, \quad (3.13)$$

где  $\psi = f$

Суммарная сила сопротивления движению автомобиля:

$$P_\Sigma = P_B + P_d, \quad (3.14)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Результаты расчетов

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на V передаче, Н		
	I	II	III	IV	V	P <sub>B</sub>	P <sub>d</sub>	P <sub>Σ</sub>
955	5408	2972	2021	1592	1294	37,0	195	232
1461	5998	3296	2242	1765	1435	86,5	203	290
1967	6440	3539	2407	1896	1541	156,9	214	371
2473	6735	3701	2517	1982	1612	248,0	229	477
2979	6883	3782	2572	2026	1647	359,8	246	606
3479	6883	3782	2572	2026	1647	492,5	267	759
3996	6735	3701	2517	1982	1612	645,9	291	937
4498	6440	3539	2407	1896	1541	820,0	318	1138
5004	6047	3323	2260	1780	1447	1015,0	349	1364
5510	5457	2999	2040	1606	1306	1230,7	383	1613

Продолжение таблицы 3.3

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на V передаче, Н		
	I	II	III	IV	V	$P_B$	$P_D$	$P_\Sigma$
6016	4734	2601	1769	1393	1133	1467,2	420	1887

Таблица 3.4 – Результаты расчетов

I		II		III		IV		V	
V, м/с	$P_B$	V, м/с	$P_B$	V, м/с	$P_B$	V, м/с	$P_B$	V, м/с	$P_B$
1,87	2,12	3,41	7,01	5,01	15,2	6,36	24,4	7,82	37,0
2,86	4,96	5,21	16,4	7,66	35,5	9,73	57,2	12,0	86,5
3,86	8,99	7,02	29,8	10,3	64,3	13,1	104	16,1	157
4,85	14,2	8,82	47,0	13,0	102	16,5	164	20,3	248
5,84	20,6	10,6	68,3	15,6	148	19,8	238	24,4	360
6,83	28,2	12,4	93,4	18,3	202	23,2	326	28,5	492
7,82	37,0	14,2	123	20,9	265	26,6	427	32,7	646
8,81	47,0	16,0	156	23,6	336	29,9	542	36,8	820
9,81	58,1	17,8	193	26,2	416	33,3	671	41,0	1015
10,8	70,5	19,7	233	28,9	505	36,7	814	45,1	1231
11,8	84,0	21,5	278	31,5	602	40,1	970	49,3	1467

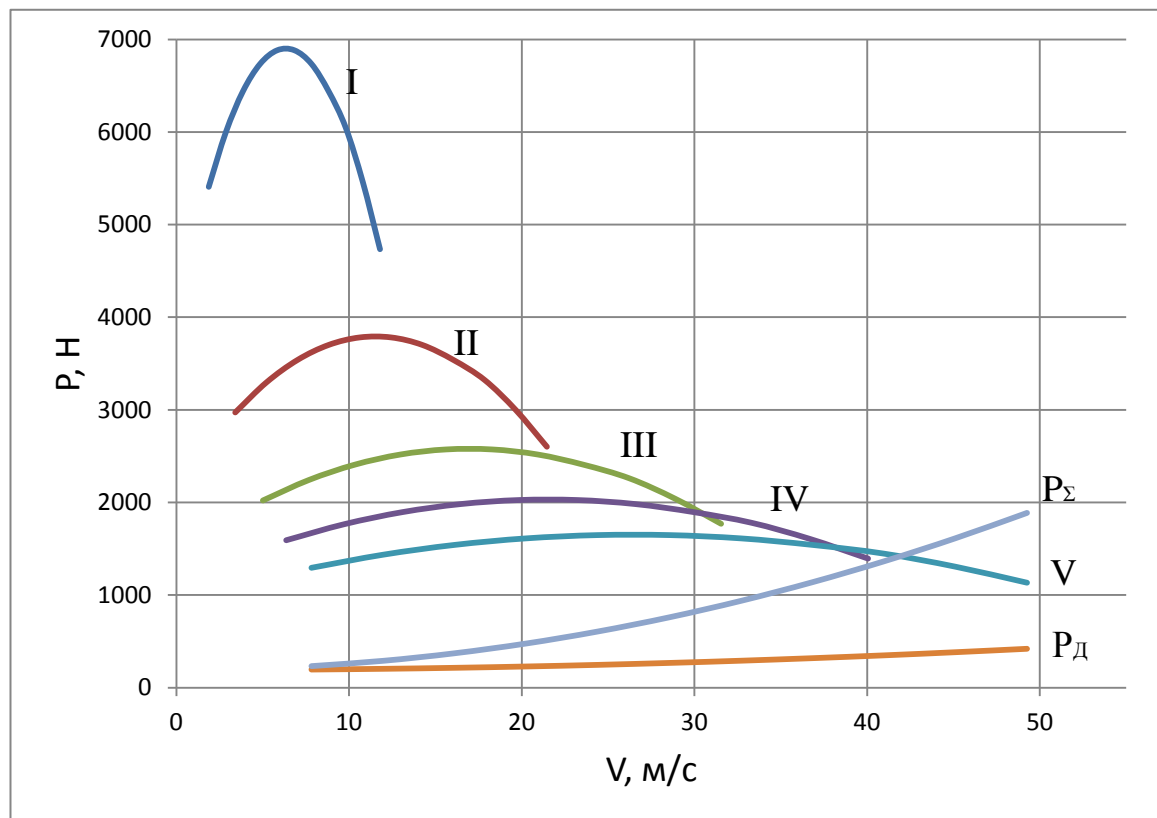


Рисунок 3.3 - Тяговый баланс автомобиля

Динамические характеристики автомобиля.

Динамическим фактором  $D$  автомобиля является отношение разности сил тяги и сопротивления воздуха к весу автомобиля:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}, \quad (3.15)$$

Результаты расчетов динамического фактора и коэффициентов сопротивления качению сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчета

n, об/мин	Динамический фактор D					Коэффициент сопротивления f				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	0,342	0,188	0,127	0,099	0,080	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
1461	0,379	0,207	0,140	0,108	0,085	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013
1967	0,407	0,222	0,148	0,113	0,088	0,012	0,012	0,013	0,013	0,014
2473	0,425	0,231	0,153	0,115	0,086	0,012	0,012	0,013	0,014	0,014
2979	0,434	0,235	0,153	0,113	0,081	0,012	0,013	0,013	0,014	0,016
3486	0,434	0,233	0,150	0,108	0,073	0,012	0,013	0,014	0,015	0,017
3992	0,424	0,226	0,143	0,098	0,061	0,012	0,013	0,015	0,016	0,018
4498	0,405	0,214	0,131	0,086	0,046	0,012	0,014	0,015	0,017	0,020
5004	0,379	0,198	0,117	0,070	0,027	0,013	0,014	0,016	0,019	0,022
5510	0,341	0,175	0,097	0,050	0,005	0,013	0,014	0,017	0,020	0,024
6016	0,294	0,147	0,074	0,027	-	0,013	0,015	0,018	0,022	0,027

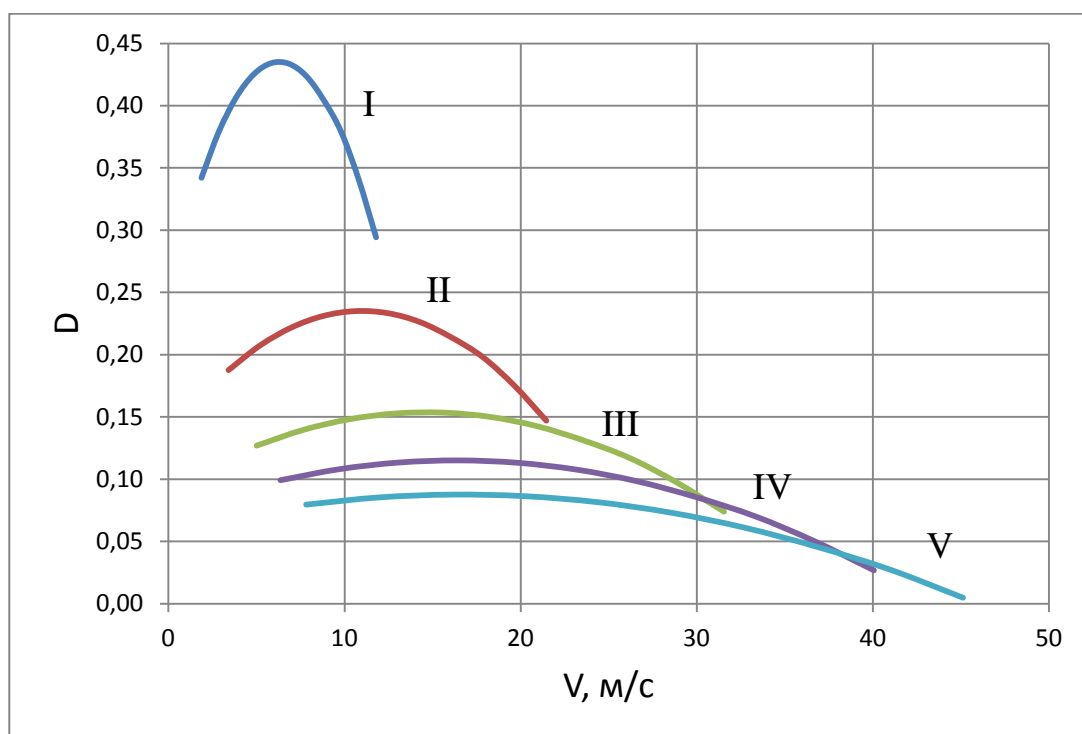


Рисунок 3.4 - Динамический фактор

Анализ динамики разгона.

Характеристика разгона автомобиля:

Во время разгона ускорение определяют при следующих условиях движения автомобиля: горизонтальная дорога с твердым покрытием хорошего качества; максимальное использование мощности двигателя; отсутствие буксования ведущих колес. Ускорение определим по следующей формуле:

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (3.16)$$

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр} + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2}, \quad (3.17)$$

где  $I_M$  – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$U_{тр} = U_0 \cdot U_k$  – передаточное число трансмиссии;

$I_k$  – суммарный момент инерции ведущих колес.

Если точное значение  $I_M$  и  $I_k$  неизвестно то,  $\sigma_{ер}$  определяют по формуле:

$$\sigma_{ер} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2, \quad (3.18)$$

где  $U_k$  – передаточное число коробки передач на данной передаче;

$\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс колес;

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,02$$

Ниже приведены расчеты коэффициентов учета вращающихся масс для каждой передаче:

I передача -  $\delta_{ер} = 1,298$

II передача -  $\delta_{ер} = 1,104$

III передача -  $\delta_{ep} = 1,059$

IV передача -  $\delta_{ep} = 1,004$

V передачи -  $\delta_{ep} = 1,036$

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений  $1/j$  приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений

$n$ , об/мин	Ускорение на передаче $m/c^2$ :					Величина, обратная ускорению на передаче $c^2/m$ :				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	2,54	1,35	0,884	0,670	0,518	0,393	0,739	1,13	1,49	1,93
1461	2,83	1,51	0,980	0,736	0,559	0,353	0,664	1,02	1,36	1,79
1967	3,04	1,62	1,04	0,773	0,571	0,329	0,619	0,957	1,29	1,75
2473	3,18	1,69	1,08	0,782	0,554	0,314	0,593	0,928	1,28	1,81
2979	3,25	1,71	1,08	0,761	0,508	0,308	0,584	0,927	1,31	1,97
3486	3,25	1,70	1,05	0,712	0,433	0,308	0,589	0,954	1,41	2,31
3992	3,17	1,64	0,985	0,633	0,329	0,315	0,609	1,01	1,58	3,04
4498	3,02	1,55	0,891	0,526	0,196	0,331	0,647	1,12	1,90	5,09
5004	2,82	1,42	0,775	0,397	0,041	0,354	0,705	1,29	2,52	-
5510	2,53	1,24	0,617	0,232	-	0,396	0,808	1,62	4,32	-
6016	2,17	1,02	0,431	0,040	-	0,461	0,981	2,32	-	-

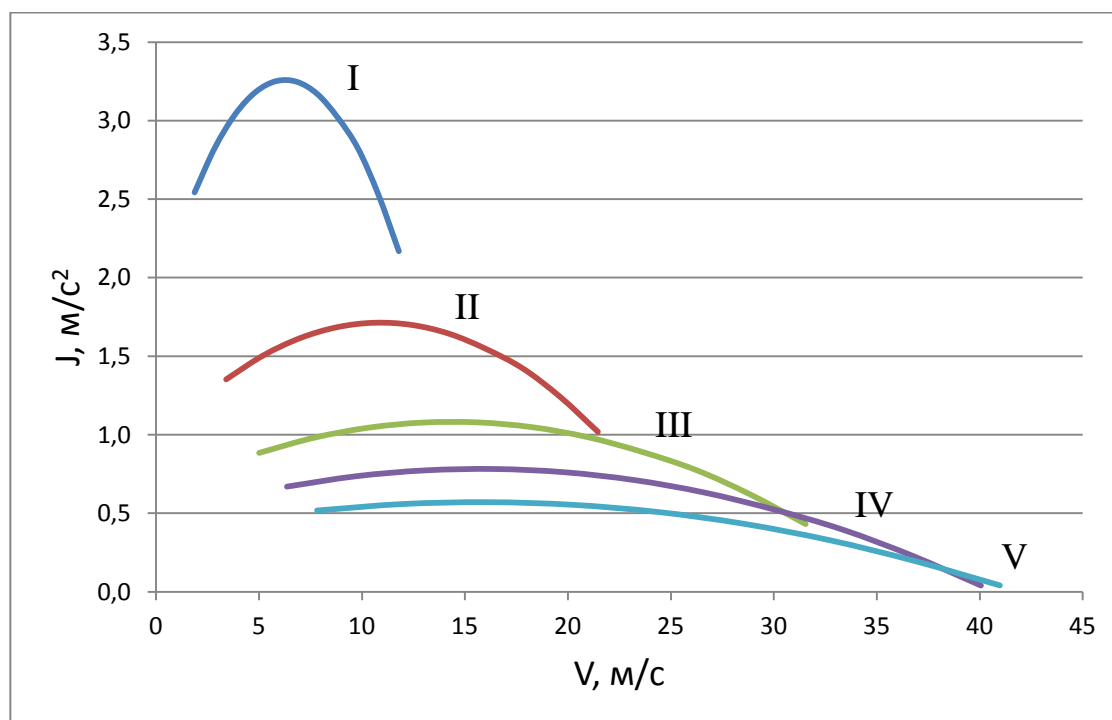


Рисунок 3.5 - Ускорения на каждой передаче



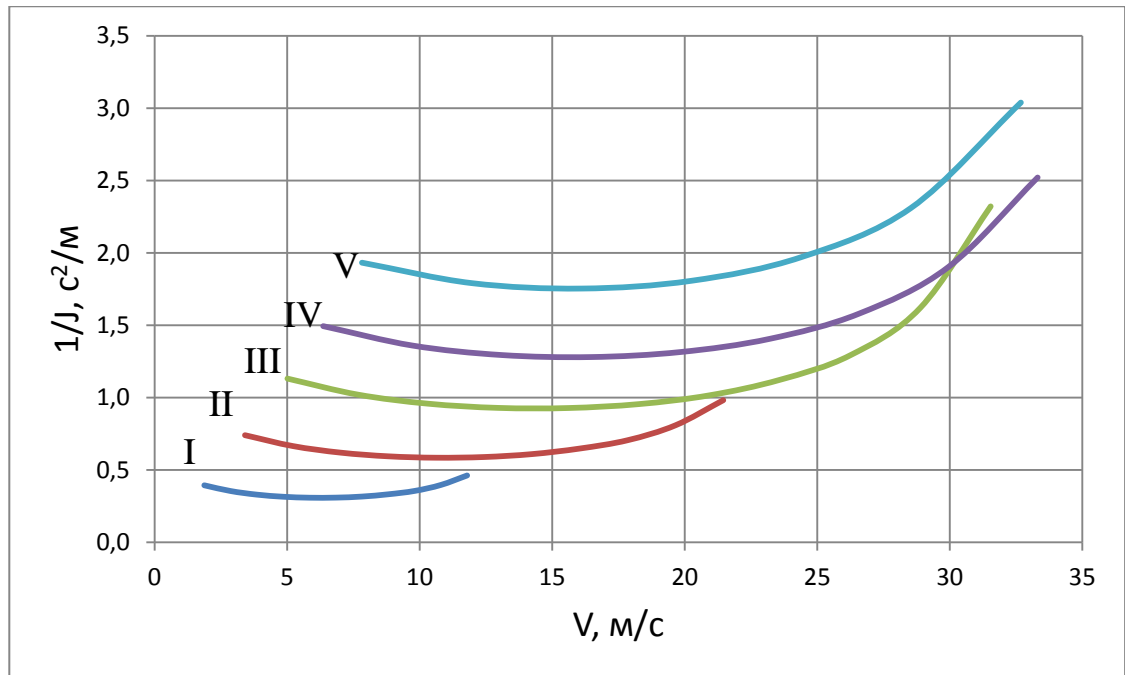


Рисунок 3.6 - Обратные ускорения на каждой передаче

Определим путь и время разгона автомобиля графоаналитическим способом. Интегрирование заменяем суммой конечных величин.

$$\Delta t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{j} \cdot dV \approx \left( \frac{1}{j_{cp}} \right)_2 \cdot (v_2 - v_1), \quad (3.19)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 3.7 и 3.8.

Таблица 3.7 – Результаты расчетов

V, м/с	0	9,81	17,9	26,2	27,8	33,3	41,0
1/j <sub>ср</sub>	0	0,18	0,64	1,11	1,22	1,92	13,3
t, с	0	1,74	6,92	16,2	18,0	29,8	132

Таблица 3.8 – Результаты расчетов

t, с	0	6	12	18	24	30	36	42
V, м/с	0	16,5	22,5	28	32	33	34	35
ΔS	0	49,5	234	455	720	975	1206	1449
S	0	49,5	284	689	1175	1695	2181	2655

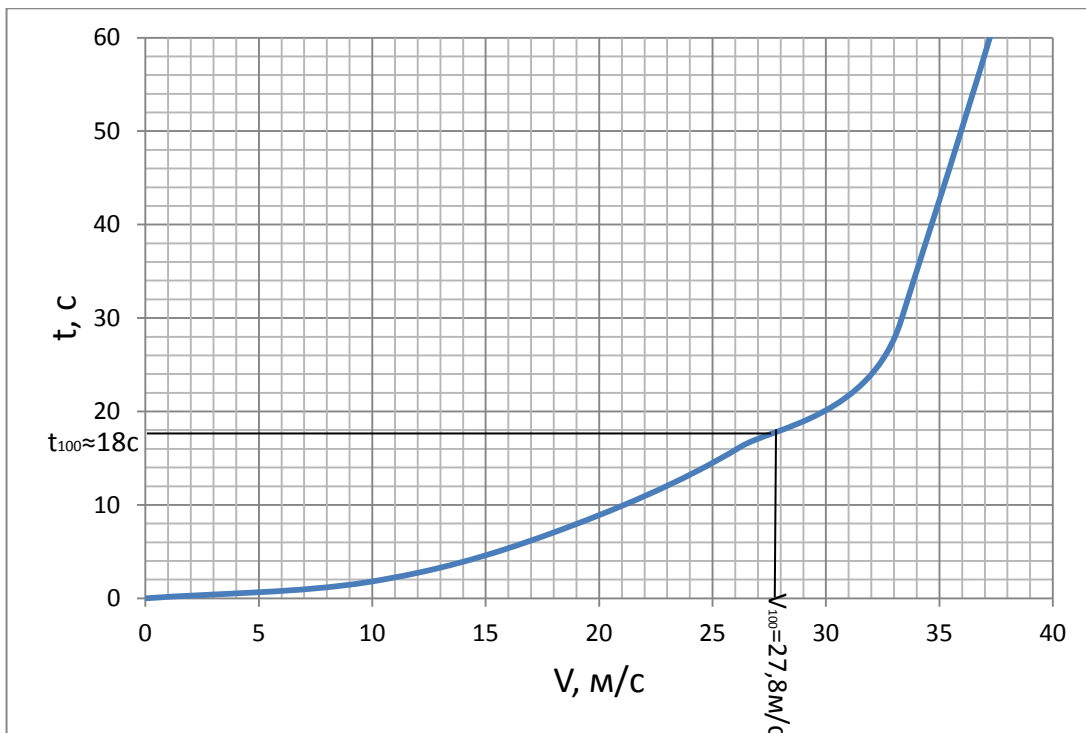


Рисунок 3.7 - Время разгона

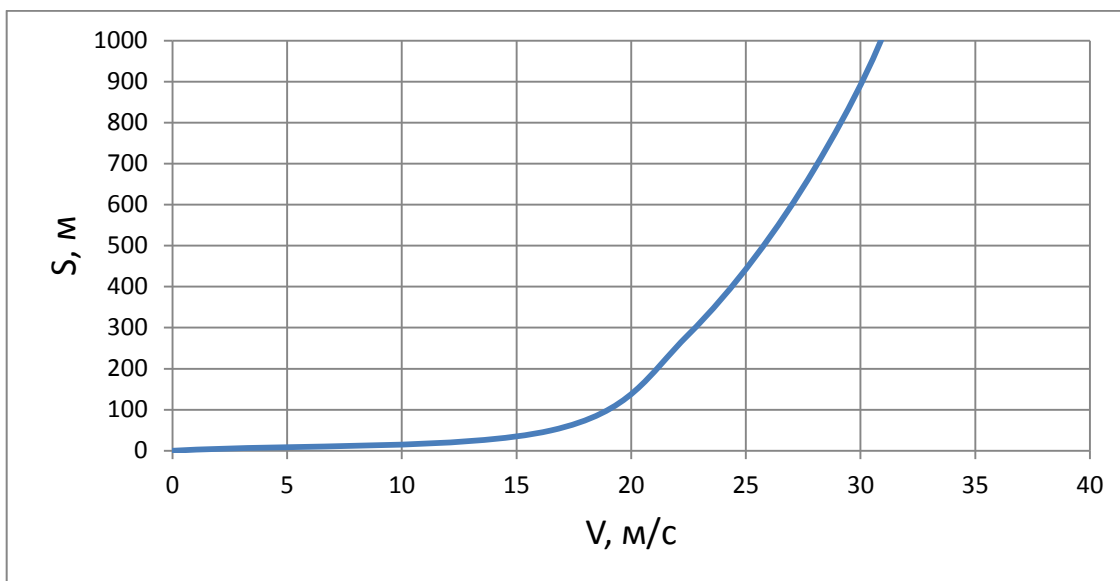


Рисунок 3.8 - Путь разгона

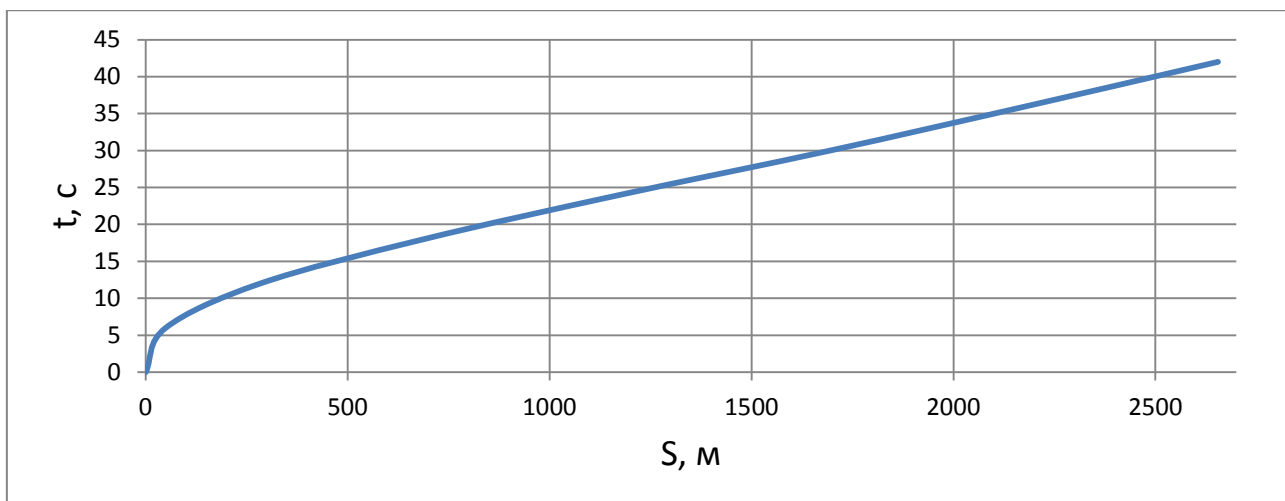


Рисунок 3.9 - График интенсивности разгона

Мощностной баланс автомобиля:

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II}, \quad (3.20)$$

где  $N_T = N_e \cdot \eta_{mp}$  — тяговая мощность, или мощность, подаваемая к ведущим колесам;

$N_{mp}$  — мощность, затрачиваемая на механические потери в агрегатах трансмиссии;

$N_f = P_{II} \cdot V$  — мощность преодоления сил сопротивления качению колес;

$N_{II} = P_{II} \cdot V$  — мощность преодоления сил сопротивления подъему;

$N_B = P_B \cdot V$  — мощность преодоления сил сопротивления воздуха;

$N_{II} = P_{II} \cdot V$  — мощность преодоления силы инерции автомобиля;

$N_D = P_D \cdot V = N_f + N_{II}$  — мощность преодоления сил сопротивления дороги.

Результаты расчетов приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты расчетов

$V_{max}$	7,82	12,0	16,1	20,3	24,4	28,5	32,7	36,8	41,0	45,1	49,3
$N_e$	11,0	18,6	26,9	35,4	43,6	51,1	57,3	61,9	64,3	64,0	60,7
$N_T$	10,1	17,1	24,8	32,6	40,1	47,0	52,7	57,0	59,2	58,9	55,8

Продолжение таблицы 3.9.

$N_B$	0,29	1,04	2,53	5,02	8,78	14,1	21,1	30,2	41,6	55,5	72,3
$N_D$	1,53	2,43	3,45	4,63	6,00	7,62	9,51	11,7	14,3	17,3	20,7
$N_B + N_D$	1,82	3,47	5,98	9,65	14,8	21,7	30,6	41,9	55,9	72,8	93,0
$(N_B + N_D)N_T$	0,18	0,20	0,24	0,30	0,37	0,46	0,58	0,74	0,94	1,24	1,66

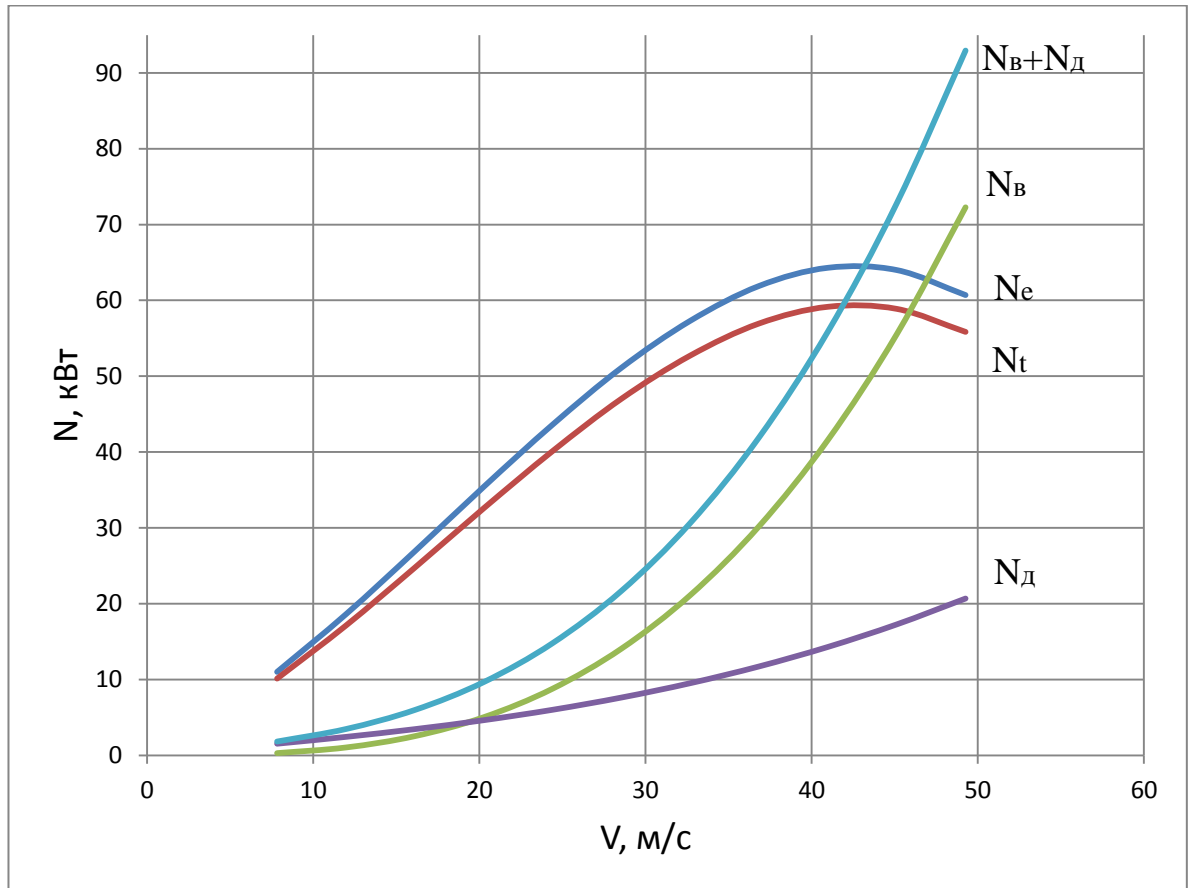


Рисунок 3.10 - Мощностной баланс автомобиля на передаче, обеспечивающей  $V_{max}$  автомобиля

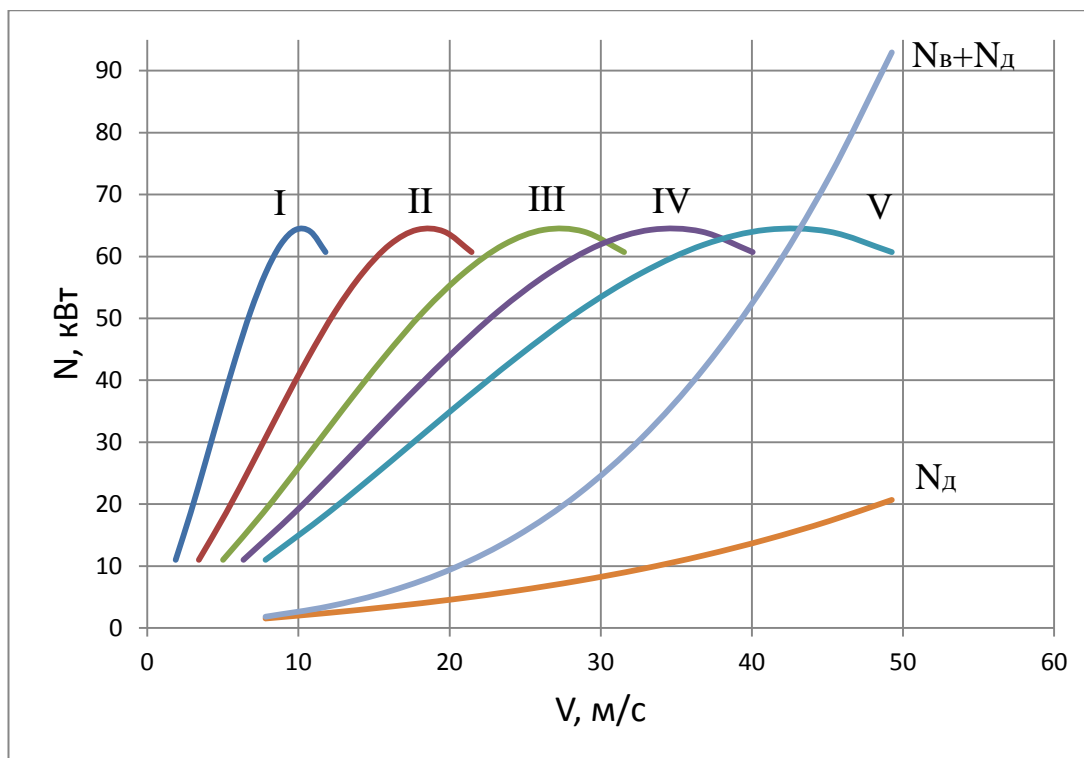


Рисунок 3.11 - Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

Топливо-экономическая характеристика автомобиля.

При расчете топливо-экономической характеристики требуется определить расход топлива при следующих условиях: движение автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.

Путевой расход топлива:

$$q_n = \frac{k_{cx} \cdot k_u \cdot (P_D + P_B) g_{e \min} \cdot 1.1}{36000 \cdot \rho_\tau \cdot \eta_{TP}}, \quad (3.21)$$

где  $k_{cx}$  – коэффициент, учитывающий влияние изменения эффективного расхода топлива в зависимости от  $\omega_e$ ;

$k_u$  – коэффициент, учитывающий влияние изменения эффективного расхода топлива в зависимости от  $N$  двигателя;

$g_{e \min} = 300 \text{ г} / \text{кВт} \cdot \text{ч}$  – расход топлива удельный эффективный;

$\rho_\tau = 0,73 \text{ кг} / \text{л}$  – плотность топлива.

Рассчитанные данные приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Результаты расчетов

$V$	16,1	20,3	24,4	28,5	32,7	36,8	41,0
$k_u$	1,17	1,11	1,04	0,97	0,91	0,88	0,92
$N$	0,24	0,30	0,37	0,46	0,58	0,74	0,94
$k_{ск}$	1,01	0,984	0,967	0,960	0,964	0,978	1,00
$\omega_e / \omega_N$	0,393	0,494	0,595	0,697	0,798	0,899	1
$g_n$	6,02	7,12	8,33	9,66	11,2	13,3	17,2

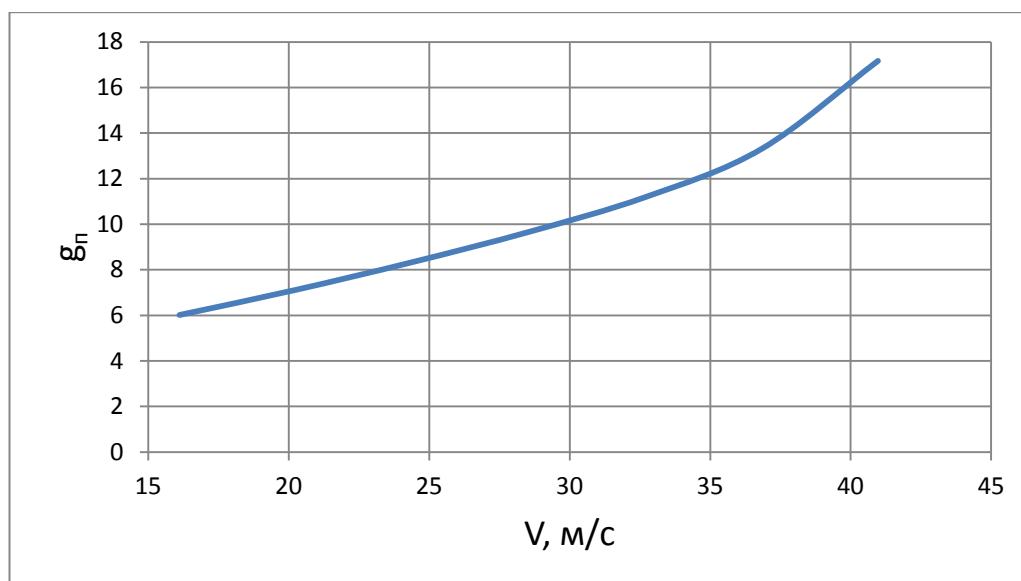


Рисунок 3.12 - Топливо-экономическая характеристика автомобиля

### 3.2 Расчет сцепления

Исходные данные:

$m_a = 161 \text{ кг}$  – полная масса автомобиля;

$R_k = R_{cm} = 0,29 \text{ м}$  – радиус качения колеса;

$U_I = 3,727$  – передаточное число 1-ой передачи;

$U_O = 4,214$  – передаточное число главной передачи;

$n_N = 5100 \text{ об/мин}$  – обороты для  $N_{\max}$  ;

$N_{\max} = 64 \text{ кВт} (87 \text{ л.с.})$  – максимальная мощность двигателя;

$M_{e\max} = 140 \text{ Н} \cdot \text{м} (14,3 \text{ кг} \cdot \text{м})$  – максимальный момент двигателя;

$n_M = 3800 \text{ об/мин}$  – обороты для  $M_{e \max}$ ;

$D_H = 200 \text{ мм}$  – внешний диаметр фрикционной накладки сцепления;

$d_{BH} = 137 \text{ мм}$  – внутренний диаметр фрикционной накладки сцепления;

$m_{\max} = 6,3 \text{ кг}$  – масса маховика;

$m_{HD} = 3,2 \text{ кг}$  – масса нажимного диска;

$n = 2$  – количество поверхностей трения;

$\mu = 0,3$  – коэффициент трения поверхности маховика и нажимного диска;

$\beta = 1,3$  – коэффициент запаса сцепления;

$f_k = 0,020$  – коэффициент сопротивления качению колес;

$I_K = 0,069 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{см}^2$  – момент инерции вращения колеса автомобиля.

Расчетные значения общих параметров механизма сцепления.

Определим следующие параметры:

- коэффициент учета инерции вращающихся масс автомобиля:

$$\delta = \frac{4 \cdot I_k \cdot g}{R_k^2 \cdot m_a}, \quad (3.22)$$

$$\delta = \frac{4 \cdot 0,069 \cdot 9,81}{0,0841 \cdot 1611} = 0,002$$

- момент инерции автомобиля, приведенный к оси ведущих колес:

$$I = \frac{m_a \cdot R_k^2}{g} \cdot (1 + \delta), \quad (3.23)$$

$$I = \frac{1611 \cdot 0,29^2}{9,81} \cdot (1 + 0,002) = 13,8 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

- момент инерции движения автомобиля, который приведен к первичному валу КП:

$$I_{np} = \frac{I}{(U_1 \cdot U_o)^2}, \quad (3.24)$$

$$I_{np} = \frac{13,8}{(3,727 \cdot 4,214)^2} = 0,0559 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

- момент сопротивления движению автомобиля при трогании с места, который приведен к первичному валу КП:

$$M_c = \frac{m_a \cdot R_k \cdot f_k}{U_1 \cdot U_o \cdot \eta_{TP}}, \quad (3.25)$$

$$M_c = \frac{1611 \cdot 0,29 \cdot 0,020}{3,727 \cdot 4,214 \cdot 0,91} = 0,654 \text{ кг} \cdot \text{м} (6,14 \text{ Н} \cdot \text{м})$$

Начальная угловая скорость ведущей части сцепления при трогании автомобиля с места:

$$\omega_E = \frac{\pi}{30} \left( \frac{n_m}{3} + 1500 \right), \quad (3.26)$$

$$\omega_E = \frac{3,14}{30} \left( \frac{3800}{3} + 1500 \right) = 289,6 \text{ с}^{-1}$$

Предельный момент трения сцепления:

$$M_{\max} = \beta \cdot M_{e \max}, \quad (3.27)$$

где  $\beta$  - коэффициент запаса, устанавливается из двух противоположных требований:

- надежная передача сцеплением крутящего момента от двигателя и трансмиссии;

- предотвращение перегрузки трансмиссии при резком изменении режимов работы машины.

Принимаем  $\beta = 1,3$

$$M_{\max} = 140 \cdot 1,3 = 182 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Режимы включения сцепления:



1 режим: Наиболее распространенные условия эксплуатации большинства машин :  $W_G = 2,2$  для бензиновых ДВС.

2 режим: Резкое включение ФС:  $W_R = 0,2$  для бензиновых ДВС.

3 режим: Плавное включение ФС:  $\delta = 0,66$ .

4 режим: Тяжелые условия эксплуатации:  $h = 0,4$  для легковых автомобилей.

Определим работу и время буксования при трогании автомобиля с места на горизонтальной дороге:

$$A_{\text{зоп}} = \frac{M_{e\text{max}} \cdot I_{\text{np}} \cdot \omega_E^2}{\frac{2}{3}M_{e\text{max}} - M_C} \cdot \left( \frac{\frac{7}{3}W_G + 1}{5} - \frac{M_{e\text{max}} - \frac{15}{8} \cdot M_C}{3M_{e\text{max}} - \frac{9}{2}M_C} \right), \quad (3.28)$$

$$A_{\text{зоп}} = \frac{14,3 \cdot 0,0559 \cdot 289,6^2}{\frac{2}{3} \cdot 14,3 - 0,654} \cdot \left( \frac{\frac{7}{3} \cdot 2,2 + 1}{5} - \frac{14,3 - \frac{15}{8} \cdot 0,654}{3 \cdot 14,3 - \frac{9}{2} \cdot 0,654} \right) = 6791,3_{\text{кз}} \cdot \text{м}$$

или  $66622,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

$$T_{\text{ГОР}} = \frac{3 \cdot I_{\text{np}} \cdot \omega_E}{2M_{e\text{max}} - 3M_C}, \quad (3.29)$$

$$T_{\text{ГОР}} = \frac{3 \cdot 0,0559 \cdot 289,6}{2 \cdot 14,3 - 3 \cdot 0,654} = 1,82 \text{ сек}$$

Прирост объемной температуры за одно включение при трогании автомобиля с места по горизонтальной дороге.

Для маховика:

$$\Delta T_{\text{max}} = \frac{\gamma \cdot A_{\text{зоп}}}{472 \cdot Q_T \cdot m_{\text{max}}}, \quad (3.30)$$

$$\Delta T_{\text{max}} = \frac{0,5 \cdot 6791,3}{472 \cdot 0,115 \cdot 6,3} = 10,98^\circ \text{C}$$

$$\gamma = 0,5$$

Для нажимного диска:

$$\Delta T_{\text{НД}} = \frac{\gamma \cdot A_{\text{зоп}}}{472 \cdot Q_T \cdot m_{\text{НД}}}, \quad (3.31)$$

$$\Delta T_{\text{max}} = \frac{0,5 \cdot 6791,3}{472 \cdot 0,115 \cdot 3,2} = 21,6^\circ\text{C}$$

Проверочный расчет поверхностей трения на соблюдение условия:

Для накладки  $T_v \leq \bar{t}_v$ .

Материал накладки – безасбестовая комбинация F830.

$S_{\text{oxl}} = 0,0145\text{м}^2$ , удельная теплоемкость  $C = 844\text{Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ .

Из существующих методов определения объемной температуры при повторно-кратковременном режиме работы ФС можно использовать метод Т. П. Ньюкомба, определяющий объемную температуру теплового равновесия (температура насыщения), которая и является основным критерием оценки соответствия данного фрикционного материала предполагаемым условиям эксплуатации и размерам ФС:

$$T_v = T_v^{\text{I}} + \frac{\Delta T_{\text{НД}}}{k_{\text{pac}} \cdot t_{\text{ox}}}, \quad (3.32)$$

где  $T_v$  – установившаяся объемная температура элемента пары трения

$T_v^{\text{I}} = 100^\circ\text{C}$  – начальная температура деталей ФС;

$T_{\text{НД}} = 32,6^\circ\text{C}$  – прирост объемной температуры деталей ФС за единичное включение;

$k_{\text{pac}}$  – коэффициент, характеризующий способность элемента пары трения поглощать и рассеивать тепло;

$t_{\text{ox}}$  – интервал времени между включениями ФС (время охлаждения),

При проверочных расчетах автомобильных ФС  $t_{\text{ox}} = 15\text{с}$ .

$$k_{\text{pac}} = \frac{\sigma \cdot S_{\text{ox}}}{m_{\text{ДЕТ}} \cdot C}, \quad (3.33)$$

где  $\sigma$  – коэффициент внешней теплоотдачи;

$S_{ox} = 0,0145 \text{ м}^2$  – площадь охлаждаемой поверхности;

$m_{DET} = 0,09 \text{ кг}$  – масса фрикционной накладки;

$C = 844 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°C}$  – удельная теплоемкость материала F830.

Для нажимного диска :

$$\sigma = 0,4 \cdot \lambda_{взд} \sqrt{\frac{\omega_{раб}}{V_{взд}}}, \quad (3.34)$$

где  $\lambda_{взд} = 2,83 \cdot 10^{-1} \text{ Дж/м} \cdot \text{°C}$  – коэффициент теплопроводности при рабочей температуре в картере ФС;

$V_{взд} = 17,95 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с}$  – кинематическая вязкость воздуха при рабочей температуре в картере ФС;

$$\omega_{раб} = 0,9 \cdot \omega_N = 0,9 \cdot \pi \cdot \frac{n_N}{30} = 0,9 \cdot 3,14 \cdot \frac{5000}{30} = 471 \text{ рад/с}.$$

$$\sigma = 0,4 \cdot 2,38 \cdot 10^{-1} \cdot \sqrt{\frac{471}{17,95 \cdot 10^{-6}}} = 579,86 \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{°C}.$$

Таким образом

$$k_{рас} = \frac{579,86 \cdot 0,0145}{0,09 \cdot 844} = 0,111$$

$$T_V = 100 + \frac{32,6}{0,111 \cdot 15} = 119,6 \text{ °C} < \llbracket 60 \text{ °C} \rrbracket$$

Статистические показатели нагруженности сцепления.

Определяем рабочую площадь трения одной накладки:

$$S_P = S_{общ} - S_{0,3} - S_{B.K}, \quad (3.35)$$

где  $S_{общ} = \frac{\pi}{4} (d_H^2 - d_{BH}^2)$  – общая площадь трения одной накладки

$$S_{общ} = \frac{3,14}{4} (200^2 - 137^2) = 16666 \text{ мм}^2$$

$S_{0,3} = \frac{\pi}{4} D_{0,3}^2 \cdot i_{0,3}$  – площадь всех отверстий под заклепки крепления

накладки

$$S_{0,3} = \frac{3,14}{4} \cdot (8,12^2 + 8,6^2) \cdot 8 = 878,5 \text{ мм}^2$$

$S_{B.K} = l \cdot a \cdot i_k$  – суммарная площадь вентиляционных канавок

$$S_{B.K} = 31 \cdot 2,3 \cdot 24 = 1711,2 \text{ мм}^2$$

$l = 31 \text{ мм}$ ;  $a = 2,3 \text{ мм}$ ;  $i_k = 24$  – из чертежа накладки.

$$\text{Тогда } S_p = 16666 - 878,5 - 1711,2 = 14076,3 \text{ мм}^2$$

$$S_N = 2S_p$$

$$S_N = 28152,6 \text{ мм}^2 \text{ - для 2-х пар трения.}$$

Нагруженность пары трения инерционными моментами:

$$K_1 \cdot 10^4 = \frac{I_{np}}{S_N} \cdot 10^6, \quad (3.36)$$

$$K_1 \cdot 10^4 = \frac{0,0559}{28152,6} \cdot 10^6 = 1,99 \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{см}^2} \leq \left[ 2,78 \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{см}^2} \right]$$

Нагруженность пары трения работой буксования за одно трогание с места на 1 ой передаче:

$$k_4 = \frac{100 \cdot A_{zop}}{S_N}, \quad (3.37)$$

$$k_4 = \frac{100 \cdot 6791,3}{28152,6} = 24,1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{см}^2} \leq \left[ 36 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{см}^2} \right]$$

На этом расчет статистических показателей нагруженности считаем законченным.

Расчет диафрагменной пружины.

Проверка требуемой минимальной зажимной нагрузки.

Момент, который может реализовать сцепление, определим по формуле:

$$M_{сц} = P \cdot K_{mp} \cdot R_{cp} \cdot i, \quad (3.38)$$

где  $P$  – зажимная нагрузка, Н;

$R_{cp}$  – средний радиус трения, рассчитывается по размерам фрикционной накладки, м;

$i$  – кол-во поверхностей трения, для однодискового сцепления принимаем  $i = 2$ ;

$K_{mp}$  – коэффициент трения, принимаем равным 0,3.

Средний радиус приложения результирующей касательной силы трения рассчитывается по формуле:

$$R_c = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}, \quad (3.39)$$

$$R_c = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,10^3 - 0,07^3}{0,10^2 - 0,07^2} = 0,089 \text{ м}$$

Откуда

$$P = \frac{M_{сц}}{K_{mp} \cdot R_{cp} \cdot i} = \frac{182}{0,3 \cdot 0,089 \cdot 2} = 3408 \text{ Н}$$

Действующее значение зажимной нагрузки  $4200 \text{ Н} > 3408 \text{ Н}$ , следовательно, увеличение зажимной нагрузки не требуется.

Проверочный расчет крепежных элементов тангенциальной пружины с кожухом и нажимным диском:

Исходные данные: заклепка

1. Толщина материала  $f = 0,5 \pm 0,05 \text{ мм}$
2. Диаметр отверстия в пластине  $d = 4,95^{+0,05} \text{ мм}$
3. Максимальная нагрузка на одну пластину  $P_{np} = 339 \text{ Н}$

4. Материал заклепки – сталь 0,8 ; твердость  $T = 90...120HV_{30}$ ;  
 $\sigma_B = 300...420MPa$

Расчет соединения на смятие.

Напряжение смятия в зоне контакта с пластиной  $\sigma_{CM}$ .

$$\sigma_{CM} = \frac{P}{d \cdot f}, \quad (3.40)$$

$$\sigma_{CM} = \frac{339}{4,95 \cdot 0,5} = 137MPa$$

Допустимое напряжение смятия  $\sigma_{CM}^{\text{доп}}$ .

$$\sigma_{CM}^{\text{доп}} = \frac{T}{4} = \frac{90}{4} = 22,5 \frac{кг}{мм^2} = 211MPa$$

Должно выполняться условие:

$$\sigma_{CM} < \sigma_{CM}^{\text{доп}}$$

Фактически получили:

$$137 < 211MPa.$$

Расчет соединения на срез.

Площадь поперечного сечения заклепки  $F$ .

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.41)$$

$$F = \frac{3,14159 \cdot 4,8^2}{4} = 18,096мм^2$$

Напряжение среза  $\tau_{cp}$ .

$$\tau_{cp} = \frac{P \cdot n}{F \cdot k_s}, \quad (3.42)$$

где  $n = 3$  – число пластин, приклепываемых одной заклепкой;

$k_s = 1$  – число плоскостей среза.

$$\tau_{cp} = \frac{339 \cdot 3}{18,096 \cdot 1} = 56,2 \text{ МПа}$$

Допустимое напряжение среза  $\tau_{cp}$ .

Предел текучести материала заклепки:

$$\sigma_T \approx 0,5 \cdot \sigma_M = 0,5 \cdot 150 = 75 \text{ МПа}$$

Должно выполняться условие:

$$\tau_{cp} < \tau_{cp}$$

Фактически получили:

$$56,2 < 75 \text{ МПа}$$

Стержень заклепки имеет диаметр  $d_r = 4,8^{+0,1} \text{ мм}$ , равный диаметру стержня заклепки крепления тангенциальной пружины к кожуху и работает в таком же нагруженном состоянии. Следовательно, расчет на срез и на смятие не требуется. По результатам расчетов для сборки проектного сцепления подходят серийные заклепки.

Расчет характеристики демпфера.

Демпфер с шестью пружинами 4x2 и пред демпфер с двумя пружинами 1x1

Прямой ход.

Таблица 3.11 – Углы работы ступеней демпфера

Ступень	Угол начала работы	Угол работы
1	0	5
2	5	15

1 ступень

Исходные данные:

Состав ступени 2 пружины: 1x1

Жесткость пружины:  $Z = 16,88H / мм$

Радиус положения пружины:  $R_1^0 = 22,55мм$

Ширина окна в пластинах:  $H_1^0 = 15,1мм$

Натяг пружины в окне:  $F_1^0 = 0,1мм$

Угол  $\gamma$ .

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_1^0}{2 \cdot R_1^0}\right), \quad (3.43)$$

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(\frac{15,1}{2 \cdot 22,55}\right) = 19,5^\circ$$

Угол  $a_0 = 0^\circ$

Натяг пружины в окне :  $F_1^0 = 0,1мм$

Усилие пружины

$$P_1^0 = Z \cdot F_1^0, \quad (3.44)$$

$$P_1^0 = 16,88 \cdot 0,1 = 1,688H$$

Крутящий момент

$$M_1^0 = n \cdot P_1^0 \cdot R_1^0, \quad (3.45)$$

$$M_1^0 = 2 \cdot 1,688 \cdot 22,55 = 76,13H \cdot мм = 0,076H \cdot м$$

Угол  $\alpha = 5^\circ$

Угол  $\delta$

$$\delta = \gamma - \frac{\alpha - \alpha_0}{2}, \quad (3.46)$$

$$\delta = 19,5 - \frac{5 - 0}{2} = 17^\circ$$

Высота пружины

$$H_1^5 = 2 \cdot \frac{R_1^0 \cdot \sin \delta}{\cos \delta}, \quad (3.47)$$



$$H_1^5 = 2 \cdot \frac{22,55 \cdot \sin(7^\circ)}{\cos(9,5^\circ)} = 13,98 \text{ мм}$$

Радиус расположения пружины

$$R_1^5 = \frac{R_1^0 \cdot \cos(6^\circ)}{\cos(9^\circ)}, \quad (3.48)$$

$$R_1^5 = \frac{22,55 \cdot \cos(7^\circ)}{\cos(9,5^\circ)} = 22,88 \text{ мм}$$

Усилие пружины

$$P_1^5 = Z \cdot (F_1^0 + H_1^0 - H_1^5), \quad (3.49)$$

$$P_1^5 = 16,88 \cdot (1 + 15,1 - 13,98) = 20,594 \text{ Н}$$

Крутящий момент

$$M_1^5 = n \cdot P_1^5 \cdot R_1^5, \quad (3.50)$$

$$M_1^5 = 2 \cdot 20,594 \cdot 22,88 = 942,381 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 0,942 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2 ступень

Исходные данные:

Состав ступени 6 пружин: 4x2

Жесткость пружины:  $Z = 32,93 + 113,21 \cdot 259,35 \text{ Н} / \text{мм}$

Радиус расположения пружины :  $R_2^5 = 44,2 \text{ мм}$

Ширина окна в пластинах :  $H_2^5 = 36,1 \text{ мм}$

Натяг пружины в окне :  $F_2^5 = 0,4 \text{ мм}$

Угол  $\gamma$ .

$$\gamma = \arctg\left(\frac{H_2^5}{2 \cdot R_2^5}\right), \quad (3.51)$$

$$\gamma = \arctg\left(\frac{36,1}{2 \cdot 44,2}\right) = 22,2^\circ$$

Угол  $a_0 = 5^\circ$

Натяг пружины в окне :  $F_2^5 = 0,4 \text{ мм}$

Усилие пружины

$$P_2^5 = Z \cdot F_2^5, \quad (3.52)$$

$$P_2^5 = 259,35 \cdot 0,4 = 103,74 \text{ Н}$$

Крутящий момент

$$M_2^5 = n \cdot P_2^5 \cdot R_2^5, \quad (3.53)$$

$$M_2^5 = 2 \cdot 103,74 \cdot 44,2 = 9170,616 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 9,171 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Угол  $\alpha = 15^\circ$

Угол  $\delta$

$$\delta = \gamma - \frac{\alpha - \alpha_0}{2}, \quad (3.54)$$

$$\delta = 22,2 - \frac{15 - 5}{2} = 17,2^\circ$$

Высота пружины

$$H_2^{15} = 2 \cdot \frac{R_2^5 \cdot \sin \overbrace{\langle 6 \rangle}}{\cos \overbrace{\langle 2,2 \rangle}}, \quad (3.55)$$

$$H_2^{15} = 2 \cdot \frac{44,2 \cdot \sin \overbrace{\langle 7,2 \rangle}}{\cos \overbrace{\langle 2,2 \rangle}} = 28,23 \text{ мм}$$

Радиус расположения пружины

$$R_2^{15} = \frac{R_2^5 \cdot \cos \overbrace{\langle 6 \rangle}}{\cos \overbrace{\langle 2,2 \rangle}}, \quad (3.56)$$

$$R_2^{15} = \frac{44,2 \cdot \cos \overbrace{\langle 7,2 \rangle}}{\cos \overbrace{\langle 2,2 \rangle}} = 45,604 \text{ мм}$$

Усилие пружины

$$P_2^{15} = Z \cdot \overbrace{\langle 2^5 + H_2^5 - H_2^{15} \rangle}, \quad (3.57)$$

$$P_2^{15} = 259,35 \cdot \overbrace{\langle 0,4 + 36,1 - 28,23 \rangle} = 2144,825 \text{ Н}$$

Крутящий момент

$$M_2^{15} = n \cdot P_2^{15} \cdot R_2^{15}, \quad (3.58)$$

$$M_2^{15} = 2 \cdot 2144,825 \cdot 45,604 = 195625,199 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 195,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обратный ход

Таблица 3.12 - Углы работы ступеней демпфера

Ступень	Угол начала работы	Угол работы
1	0	2
2	2	12

1 ступень

Исходные данные:

Состав ступени 2 пружины: 1x1

Жесткость пружины:  $Z = 16,88 \text{ Н} / \text{мм}$

Радиус расположения пружины :  $R_1^0 = 22,55 \text{ мм}$

Ширина окна в пластинах :  $H_1^0 = 15,1 \text{ мм}$

Натяг пружины в окне :  $F_1^0 = 0,1 \text{ мм}$

Угол  $\gamma$ .

$$\gamma = \arctg\left(\frac{H_1^0}{2 \cdot R_1^0}\right), \quad (3.59)$$

$$\gamma = \arctg\left(\frac{15,1}{2 \cdot 22,55}\right) = 19,5^\circ$$

Угол  $a_0 = 0^\circ$

Натяг пружины в окне :  $F_1^0 = 0,1 \text{ мм}$

Усилие пружины

$$P_1^0 = Z \cdot F_1^0, \quad (3.60)$$

$$P_1^0 = 16,88 \cdot 0,1 = 1,688H$$

Крутящий момент

$$M_1^0 = n \cdot P_1^0 \cdot R_1^0, \quad (3.61)$$

$$M_1^0 = 2 \cdot 1,688 \cdot 22,55 = 76,13H \cdot мм = 0,076H \cdot м$$

Угол  $\alpha = 2^\circ$

Угол  $\delta$

$$\delta = \gamma - \frac{\alpha - \alpha_0}{2}, \quad (3.62)$$

$$\delta = 19,5 - \frac{2 - 0}{2} = 18,5^\circ$$

Высота пружины

$$H_1^5 = 2 \cdot \frac{R_1^0 \cdot \sin \phi}{\cos \psi}, \quad (3.63)$$

$$H_1^5 = 2 \cdot \frac{22,55 \cdot \sin(8,5)}{\cos(9,5)} = 15,02 мм$$

Радиус расположения пружины

$$R_1^5 = \frac{R_1^0 \cdot \cos \phi}{\cos \psi}, \quad (3.64)$$

$$R_1^5 = \frac{22,55 \cdot \cos(8,5)}{\cos(9,5)} = 22,69 мм$$

Усилие пружины

$$P_1^5 = Z \cdot (F_1^0 + H_1^0 - H_1^5), \quad (3.65)$$

$$P_1^5 = 16,88 \cdot (1 + 15,1 - 15,02) = 3,038H$$

Крутящий момент

$$M_1^5 = n \cdot P_1^5 \cdot R_1^5, \quad (3.66)$$

$$M_1^5 = 2 \cdot 3,038 \cdot 22,69 = 137,864H \cdot мм = 0,138H \cdot м$$

2 ступень

Исходные данные:

Состав ступени 4 пружины: 2x2

Жесткость пружины:  $Z = 32,93 + 113,21 = 146,14 \text{ Н/мм}$

Радиус расположения пружины :  $R_2^2 = 44,2 \text{ мм}$

Ширина окна в пластинах :  $H_2^2 = 36,1 \text{ мм}$

Натяг пружины в окне:  $F_2^2 = 0,4 \text{ мм}$

Угол  $\gamma$ .

$$\gamma = \arctg\left(\frac{H_2^2}{2 \cdot R_2^2}\right), \quad (3.67)$$

$$\gamma = \arctg\left(\frac{36,1}{2 \cdot 44,2}\right) = 22,2^\circ$$

Угол  $a_0 = 2^\circ$

Натяг пружины в окне:  $F_2^2 = 0,4 \text{ мм}$

Усилие пружины

$$P_2^2 = Z \cdot F_2^2, \quad (3.68)$$

$$P_2^2 = 146,14 \cdot 0,4 = 58,46 \text{ Н}$$

Крутящий момент

$$M_2^2 = n \cdot P_2^2 \cdot R_2^2, \quad (3.69)$$

$$M_2^2 = 2 \cdot 58,46 \cdot 44,2 = 5167,864 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 5,168 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Угол  $\alpha = 12^\circ$

Угол  $\delta$

$$\delta = \gamma - \frac{\alpha - \alpha_0}{2}, \quad (3.70)$$

$$\delta = 22,2 - \frac{12 - 2}{2} = 17,2^\circ$$

Высота пружины

$$H_2^{12} = 2 \cdot \frac{R_2^2 \cdot \sin \alpha}{\cos \beta}, \quad (3.71)$$

$$H_2^{12} = 2 \cdot \frac{44,2 \cdot \sin 7,2}{\cos 2,2} = 28,23 \text{ мм}$$

Радиус расположения пружины

$$R_2^{12} = \frac{R_2^2 \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}, \quad (3.72)$$

$$R_2^{12} = \frac{44,2 \cdot \cos 7,2}{\cos 2,2} = 45,604 \text{ мм}$$

Усилие пружины

$$P_2^{12} = Z \cdot \sqrt{r_2^2 + H_2^2 - H_2^{12}}, \quad (3.73)$$

$$P_2^{12} = 146,14 \cdot \sqrt{4 + 36,1 - 28,23} = 1208,578 \text{ Н}$$

Крутящий момент

$$M_2^{12} = n \cdot P_2^{12} \cdot R_2^{12}, \quad (3.74)$$

$$M_2^{12} = 2 \cdot 1208,578 \cdot 45,604 = 110231,982 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 110,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Таблица 3.13 - Прямая характеристика демпфера (натяг)

Угол градусы	Момент, Н·м		
	1 ступень	2 ступень	Суммарный
0	0,076	-	0,076
5	0,942	9,171	10,113
15	-	195,6	195,6

Таблица 3.14 - Обратная характеристика демпфера (накат)

Угол градусы	Момент, $H \cdot m$		
	1 ступень	2 ступень	Суммарный
0	0,076	-	0,076
2	0,138	5,168	5,306
12	-	110,2	110,2

## 4 Технологическая часть

### 4.1 Выбор и обоснование процесса сборки агрегата сцепления

В основном для сборки автомобильных узлов и агрегатов используются две организационные формы:

- стационарная;
- подвижная.

К вопросу о выборе организационной формы следует подходить, изучая экономическую эффективность на основе технического назначения агрегата, типа производства, анализируя рабочие и сборочные чертежи агрегата, трудоемкость сборочного процесса и иных факторов.

Стационарная сборка – это сборка, которая выполняется оператором или группой операторов (бригадой) на едином статичном рабочем посту, на который подаются все компоненты и узловые под сборки. При стационарной сборке существует два принципа:

- принцип концентрации – выполнение процесса без разделения на узловую и общую сборки;
- принцип дифференциации – разделение процесса на узловую и общую сборки.

При стационарной сборке по принципу концентрации процесс сборки при повышенной трудоемкости слишком продолжителен, и при больших объемах производства изделий необходимо большое количество сборочных площадей, инструмента, оборудования. Данный тип сборки используется при индивидуальном или опытном производстве в процессе сборки специальных или узконаправленных агрегатов и приборов, а также в работе мелкосерийного производства, когда весь процесс сборки заключается в небольшом числе несложных операций. В настоящее время описанная выше форма сборки распространения не получила.



Стационарная сборка с применением принципа дифференциации наиболее экономична. При сборке узлов одновременно заняты несколько операторов или бригад. Собранные узловые под сборки попадают на общую сборку, где отдельные рабочие собирают из них конечное изделие. Так как сборка каждого узла и общая сборка изделия выполняются параллельно, то время процесса сборки уменьшается, что приносит ощутимый экономический эффект.

Крупносерийное и массовое производство множества изделий и механизмов позволяет использовать наиболее практичную форму организации производственного процесса — поточный метод. Это метод с подвижной формой сборки, где технологический процесс разделен на отдельные операции и каждая операция выполняется на отдельном рабочем месте. Рабочие места располагаются по пути процесса сборки, а изделие перемещается от одного поста к другому, что и создает поточность — непрерывность процесса сборки.

Использование поточного процесса сборки имеет следующие достоинства:

- увеличение объемов выпускаемой продукции;
- снижение себестоимости изделия;
- сокращение длительности производственного цикла;
- уменьшение объемов незавершенного производства;
- увеличение производительности труда;
- улучшение учета и планирования производства;
- улучшение условий труда.

Совокупность оборудованных рабочих постов, скоординированно работающих с заданным темпом (ритмом), образует поточную линию, а безостановочная работа при поточной сборке достигается благодаря тому, что продолжительность любой сборочной операции равна или кратна темпу

сборки изделия. Время, которое затрачивается между выходом со сборки двух смежных изделий, называют темпом сборки.

Во множестве случаев машиностроительного крупносерийного и массового производства наиболее совершенной по технико-экономическим показателям является поточная сборка, где движение изделия и ритм регулируются принудительно. Преимуществами принудительного перемещения являются более равномерная загруженность сборочных постов, а также бесперебойность подачи компонентов от одной операции к другой.

Для сборки автомобильного сцепления используется подвижная форма. Определенные компоненты поставляются на каждый из постов сборочной линии операторами на специальных транспортировочных тележках, между постами узловые под сборки перемещаются при помощи конвейерных лент, готовые детали в конце линии упаковываются в согласованную с заказчиком тару.

#### 4.2 Составление карты сборочных операций

Таблица 4.1 – Перечень сборочных операций

Содержание сборочной операции	Время $t_{оп}$ , мин
1. Узловая сборка кожуха сцепления	
Положить диафрагменную пружину на устройство нанесения смазки	0,08
Установить кожух сцепления в приспособление	0,11
Положить диафрагменную пружину на кожух сцепления	0,04
Положить опорное кольцо на диафрагменную пружину	0,04
Запрессовать «пальцы» кожуха сцепления	0,18
Перемещение под сборки на следующую операцию	0,35

Продолжение таблицы 4.1

Содержание сборочной операции	Время $t_{оп}$ , мин
Итого:	0,80
2. Узловая сборка нажимной пластины сцепления	
Установить нажимную пластину сцепления в приспособление	0,14
Вставить заклепки с тангенциальными пружинами в отверстия нажимной пластины	0,13
Запрессовать заклепки тангенциальных пружин	0,18
Перемещение под сборки на следующую операцию	0,30
Итого:	0,75
3. Сборка нажимного диска сцепления	
Установить под сборку нажимной пластины в приспособление	0,10
Установить под сборку кожуха сцепления в приспособление	0,10
Совместить отверстия кожуха сцепления и тангенциальных пружин нажимной пластины сцепления	0,07
Вставить заклепки в отверстия	0,12
Запрессовать заклепки крепления кожуха и тангенциальных пружин	0,18
Перемещение нажимного диска сцепления на следующую операцию	0,15
Итого:	0,72
4. Балансировка нажимного диска сцепления	
Установить нажимной диск сцепления на балансировочную машину	0,12
Проконтролировать значение дисбаланса нажимного диска сцепления	0,16

Продолжение таблицы 4.1

Содержание сборочной операции	Время $t_{оп}$ , мин
Вставить балансировочные заклепки	0,18
Запрессовать балансировочные заклепки	0,17
Переместить нажимной диск сцепления на операцию контроля и маркировки	0,08
Итого:	0,71
<b>5 Контроль и маркировка нажимного диска сцепления</b>	
Установить нажимной диск сцепления в машину контроля и маркировки	0,15
Проконтролировать ключевые характеристики нажимного диска сцепления	0,40
Переложить готовый нажимной диск сцепления в транспортировочную тележку	0,05
Итого:	0,60
Всего $\Sigma t_{оп}$ :	3,58

#### 4.3 Определение трудоемкости сборочных операций

Общая трудоемкость сборки рассчитывается по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_z + t_z \cdot \left( \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} \right), \quad (4.1)$$

где  $\alpha$  – время на организационно-техническое обслуживание ( $\alpha = 3$ );

$\beta$  – время на перерывы и отдых ( $\beta = 6$ ).

$$t_{ум}^{общ} = 3,58 + 3,58 \cdot \left( \frac{3}{100} + \frac{6}{100} \right) = 3,9 \text{ мин}$$

#### 4.4 Определение типа производства

В соответствии с рассчитанной суммарной трудоемкостью и объемом годового выпуска, выбираем крупносерийное производство. Для данной формы производства определим такт выпуска изделий.

Расчет такта выпуска производится по формуле:

$$T_B = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (4.2)$$

где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в 1 смену.  $F_d = 2030\text{ч}$ .

$m$  – кол-во рабочих смен в сутки.  $m = 1$

$N$  – годовой объем выпуска изделий.  $N = 20000$

$$T_B = \frac{2030 \cdot 60 \cdot 1}{20000} = 6,09\text{мин}$$

## 5 Анализ экономической эффективности объекта

В настоящее время у автопроизводителей наблюдается тенденция к увеличению надежности и долговечности автомобиля и, соответственно, его узлов и агрегатов. Это продиктовано с одной стороны возрастающими требованиями потребителей и ростом конкуренции на рынке автомобилей, а с другой стороны, выпуская автомобиль с большей долговечностью агрегатов, автопроизводители экономят на гарантийном обслуживании и повышают престижность марки.

Сцепление — это механизм, который основан на работе силы трения скольжения (фрикционная муфта). Традиционно термин «сцепление» обозначает компонент трансмиссии транспортного средства, выполняющий функцию подключения или отключения двигателя внутреннего сгорания и коробки передач. Сцепление считается изобретением Карла Бенца.

В тоже время на тракторах и бронетанковой технике применяется аналогичный термин фрикцион.

Сцепление предназначено для кратковременного разъединения силовой передачи и работающего двигателя, а также для обеспечения плавности их соединения. Разъединение требуется во время остановки и торможения автомобиля и при смене передач. Плавное соединение требуется при трогании автомобиля с места и после смены передач. Кроме этого, сцепление сконструировано так, чтобы защитить детали силовой передачи от значительных перегрузок.

При конструировании фрикционных сцеплений в соответствии с их назначением помимо основных требований (наименьшая масса компонентов, наиболее простая конструкция, обеспечение высокой надежности и т.п.) следует обеспечить следующее:

- при любых условиях эксплуатации крутящий момент должен надежно передаваться от двигателя к трансмиссии;
- плавность трогания автомобиля с места;
- полное разъединение двигателя и трансмиссии с гарантированным зазором, т.е. требуемую «чистоту» выключения;
- наименьший (возможный) момент инерции ведомой части сцепления, т.к. снижение момента инерции позволит облегчить переключение передач и уменьшить поверхности синхронизаторов;
- требуемое поглощение тепла, возникающего на поверхностях трения;
- защита автомобильной трансмиссии от ударных нагрузок;
- комфортность управления, оценочным критерием которого является усилие на педали и ее ход при выключении;
- возможность внедрения автоматических систем управления сцеплением.

Комплект сцепления производится на сборочном предприятии из комплектующих изделий. Производство новой конструкции включает в себя множество локально производимых компонентов (меняется страна производства и соответственно стоимость), а также улучшенную конструкцию ведомого диска сцепления (повышаются потребительские свойства сцепления). Также спроектированный ведомый диск обладает более высокими прочностными свойствами можно рассчитывать на снижение количества поломок в гарантийный период приблизительно на 20%, это тоже будет складываться в общественный эффект.

5.1 Определение и анализ затрат на модернизацию и внедрение сцепления переднеприводного легкового автомобиля 2 кл.

Исходные данные для расчёта себестоимости проектируемого сцепления предоставлены ОМО, ОАиПРО, ПБО, бухгалтерии МСП и ПрТО, БОТиЗ МСП и др. подразделениями ПАО «АВТОВАЗ» 12.04.2017.

В первой главе аналитической части определяются затраты на изготовление модернизированного сцепления переднеприводного легкового автомобиля 2 класса Lada Largus. Определяется проектная цена; составляется и анализируется сравнительная калькуляция на изготовление усовершенствованного сцепления и аналога, принятого за базу для сравнения.

Таблица 5.1 - Исходные данные для расчета

Показатель	Обозначение	Ед. Изм.	Значение
Годовая программа выпуска изделия	$V_{\text{год}}$	шт	20 000
Коэффициент отчислений на страховые взносы	$E_{\text{с.в.}}$	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	$E_{\text{об.зав.}}$	%	125
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{\text{ком}}$	%	5
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{\text{обор}}$	%	200
Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов	$K_{\text{тзр}}$	%	3
Коэффициент цеховых расходов	$E_{\text{цех}}$	%	175
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{\text{инс}}$	%	3
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{\text{рент}}$	%	40
Коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве	$K_{\text{вып}}$	%	10



Продолжение таблицы 5.1

Показатель	Обозначение	Ед. Изм.	Значение
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{\text{прем}}$	%	30
Коэффициент капиталообразующих инвестиций	$K_{\text{инв}}$	%	1

Стоимость покупных комплектующих изделий определяется по следующей формуле:

$$P_i = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{ГЗ}}}{100}\right), \quad (5.1)$$

где  $C_i$  – оптовая цена покупных комплектующих изделий  $i$ -го вида, руб.

$n_i$  – количество покупных комплектующих изделий  $i$ -го вида, шт

Оформим расчет стоимости покупных комплектующих изделий в виде таблицы:

Таблица 5.2 - Расчет затрат на покупные комплектующие изделия (проект).

Наименование полуфабрикатов	Кол-во	Средняя цена За 1 шт, руб	Сумма, руб
Нажимной диск сцепления ВАЛЕО	1	950	950
Ведомый диск сцепления ВАЛЕО	1	340	340
Выжимной подшипник ВАЛЕО	1	1270	1270
ИТОГО:			2560
Транспортно-заготовительные расходы		3%	76,8
Всего:			2636,8

Расчет статьи затрат «Основная заработная плата производственных рабочих производится по формуле:

$$Z_o = Z_T \cdot \left( 1 + \frac{K_{\text{прем.}}}{100} \right), \quad (5.2)$$

где  $Z_T$  – тарифная заработная плата, руб., которая рассчитывается по формуле:

$$Z_T = C_p \cdot m, \quad (5.3)$$

где  $C_p$  – часовая тарифная ставка, руб;

$m$  – трудоемкость выполнения операции, час;

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

Таблица 5.3 - Расчет основной заработной платы производственных рабочих.

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Сборочные	4	0,17	85,4	14,52
Контрольные	5	0,03	93,58	2,8
ИТОГО: 17,32 руб.				
Премииальные доплаты 30%: 5,2 руб.				
Основная з/п: 22,52 руб.				

Расчет статьи затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» выполняется по формуле:

$$Z_{\text{доп.}} = Z_o \cdot K_{\text{вып.}}, \quad (5.4)$$

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

В данной дипломной работе принимаем  $K_{вып} = 10\%$ .

$$Z_{доп} = 22,52 \cdot 0,1 = 2,25 \text{ руб}$$

Определение величины отчислений в единый социальный налог производится по следующей формуле:

$$C_{с.в} = Z_0 + Z_{доп} \cdot E_{с.в}, \quad (5.5)$$

где  $E_{с.в}$  - коэффициент отчислений в страховые взносы в ПФРФ, ФССРФ, ФФОМС, %

В данной работе принимаем  $E_{соц.н} = 30\%$

$$C_{с.в.} = (22,52 + 2,25) \cdot 0,3 = 7,43 \text{ руб}$$

Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» выполняется по формуле:

$$C_{сод.обор.} = Z_0 \cdot E_{обор.}, \quad (5.6)$$

где  $E_{обор.}$  - коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %.

В данной работе принимаем  $E_{обор} = 200\%$

$$C_{сод.обор.} = 22,52 \cdot 2 = 45,04 \text{ руб}$$

Расчет статьи затрат «Цеховые расходы» выполняется по формуле:

$$C_{цех} = Z_0 \cdot E_{цех}, \quad (5.7)$$

где  $E_{цех}$  - коэффициент цеховых расходов, %

Принимаем  $E_{цех} = 175\%$

$$C_{цех} = 22,52 \cdot 1,75 = 39,4 \text{ руб}$$

Расчет статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку» выполняется по формуле:

$$C_{инстр} = Z_0 \cdot E_{инстр}, \quad (5.8)$$

где  $E_{инстр}$  - коэффициент расходов на инструмент и оснастку, %

Принимаем для данных расчетов  $E_{цех} = 3\%$

$$C_{инстр} = 22,52 \cdot 0,03 = 0,68 \text{руб}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{цех/c} = P_u + Z_0 + Z_{доп.} + C_{с.в} + C_{сод.обор.} + C_{цех} + C_{инстр}, \quad (5.9)$$

$$C_{цех/c} = 2636,8 + 22,52 + 2,25 + 7,43 + 45,04 + 39,4 + 0,68 = 2754,12 \text{руб}$$

Расчет статьи затрат «Общезаводские расходы» выполняется по формуле:

$$C_{об.завод} = Z_0 \cdot E_{об.завод}, \quad (5.10)$$

где  $E_{об.завод}$  - коэффициент общезаводских расходов, %

Принимаем для данного расчета  $E_{об.завод} = 125\%$

$$C_{об.завод} = 22,52 \cdot 1,25 = 28,15 \text{руб}$$

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{об.завод.с/c} = C_{об.завод} + C_{цех/c}, \quad (5.11)$$

$$C_{об.завод.с/c} = 28,15 + 2754,12 = 2782,27 \text{руб}$$

Расчет статьи «Коммерческие расходы» выполняется по формуле:

$$C_{ком.} = C_{об.завод.с/c} \cdot E_{ком}, \quad (5.12)$$

где  $E_{ком}$  - коэффициент коммерческих расходов, %

Для данной работы принимаем  $E_{ком} = 5\%$

$$C_{\text{ком.}} = 2782,27 \cdot 0,05 = 139,11 \text{ руб}$$

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{\text{пол.}} = C_{\text{об.завод.с/с}} + C_{\text{ком.}}, \quad (5.13)$$

$$C_{\text{пол.}} = 2782,27 + 139,11 = 2921,38 \text{ руб}$$

Определение расчетной цены для базового и проектируемого изделия выполняется по формуле:

$$Ц_{\text{расч.б}} = C_{\text{пол.б}} \cdot (1 + K_{\text{рент}}), \quad (5.14)$$

$$Ц_{\text{расч.б}} = 2999,29 \cdot (1 + 0,4) = 4199 \text{ руб}$$

где  $K_{\text{рент}} = 40\%$  - коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %.

$$Ц_{\text{расч.п}} = Ц_{\text{расч.б}}$$

Затраты на производство базового и проектируемого изделия сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 - Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
Стоимость комплектующих изделий	$П_{\text{и}}$	2711	2636,8
Основная заработная плата производственных рабочих	$З_{\text{о}}$	22,52	22,52
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$З_{\text{доп.}}$	2,25	2,25
Страховые взносы в ПФРФ, ФССРФ, ФФОМС	$С_{\text{с.в.}}$	7,43	7,43
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$С_{\text{сод.обор.}}$	45,04	45,04

Продолжение таблицы 5.4

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
Цеховые расходы	$C_{цех.}$	39,4	39,4
Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр.}$	0,68	0,68
Цеховая себестоимость	$C_{цех.с/с}$	2828,32	2754,12
Общезаводские расходы	$C_{об.завод.}$	28,15	28,15
Общезаводская себестоимость	$C_{об.завод.с/с}$	2856,47	2782,27
Коммерческие расходы	$C_{ком.}$	142,82	139,11
Полная себестоимость	$C_{пол.}$	2999,29	2921,38
Расчетная цена	$C_{расч.}$	4199	4199

Вывод: Себестоимость продукта уменьшилась на 2,67%, за счет снижения стоимости комплектующих изделий на 2,8%, которые составляют 94,8% от цеховой себестоимости.

## 5.2 Оценка эффективности инвестиционного проекта

Во второй главе аналитической части проводится оценка эффективности инвестиционного проекта.

Определение безубыточного объема производства:

Определение точки безубыточности аналитическим методом.

При прогнозировании производства и реализации модернизированного автомобиля на рынок необходимо оценить, с учетом конъюнктуры рынка, цену и объем продаж.

Точка критического объема производства зависит от трех факторов:

- продажной цены производимого продукта;

- переменных издержек производства, реализации и управления;
- фиксированных издержек производства, реализации и управления.

В точке критического объема (точке безубыточности производства) прибыль равна нулю, а объем продаж покрывает переменные ( $Z_{пер}$ ) и постоянные ( $Z_{пост}$ ) издержки.

Расчетная цена, без учета налогов, на одно изделие определяется исходя из рыночной стоимости аналога, с учетом проведенных усовершенствований и обозначается -  $Ц_{расч.уд.аналог.}$ .

Для аналитического и графического определения точки безубыточности, используя данные таблицы 2, рассчитаем следующие показатели:

Переменные затраты:

$$Z_{пер.уд} = П_u + Z_o + Z_{доп} + C_{с.в.}, \text{ руб.}$$

$$Z_{пер.уд} = 2636.8 + 22.52 + 2.25 + 7.43 = 2669 \text{ руб.}$$

Постоянные затраты:

$$Z_{пост.уд} = C_{сод.обор.} + C_{инстр} + C_{цех} + C_{об.завод.} + C_{ком}, \text{ руб.}$$

$$Z_{пост.уд} = 45.04 + 0.68 + 39.4 + 28.15 + 139.11 = 252.38 \text{ руб.}$$

Переменные затраты на производство всей партии изделий–аналогов:

$$Z_{пер.ан} = Z_{пер.уд.ан.} * V_{год}, \text{ руб.}$$

$$Z_{пер.ан} = 2669 \cdot 20000 = 53380000 \text{ руб.}$$

Постоянные затраты на производство всей партии изделий–аналогов:

$$Z_{пост.ан} = Z_{пост.уд.ан.} * V_{год}, \text{ руб.}$$

$$Z_{пост.ан} = 252.38 \cdot 20000 = 5047600 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость на всю партию изделий–аналогов:

$$C_{полн.ан} = C_{полн.уд.ан.} * V_{год}, \text{ руб.}$$

$$C_{полн.ан} = 2921.38 \cdot 20000 = 58427600 \text{ руб.}$$

Выручка от реализации изделий–аналогов:

$$B_{ан.} = Ц_{расч.уд.ан} * V_{год}, \text{ руб.}$$

$$B_{ан.} = 4199 \cdot 20000 = 83980000 \text{ руб.}$$

Критический объем производства:

$$A_{кр.} = \frac{З_{пост.ан.}}{Ц_{расч.уд.ан.} - З_{пер.уд.ан.}}, \text{ шт.}$$

$$A_{кр.} = \frac{5047600}{4199 - 2669} = 3299.09 \text{ шт.}$$

$$A_{кр} = 3299$$

Определение точки безубыточности графическим методом.

По полученным результатам строим график безубыточности производства.

Графический метод определения критической точки объема производства и реализации проектируемого узла автомобиля представлен ниже

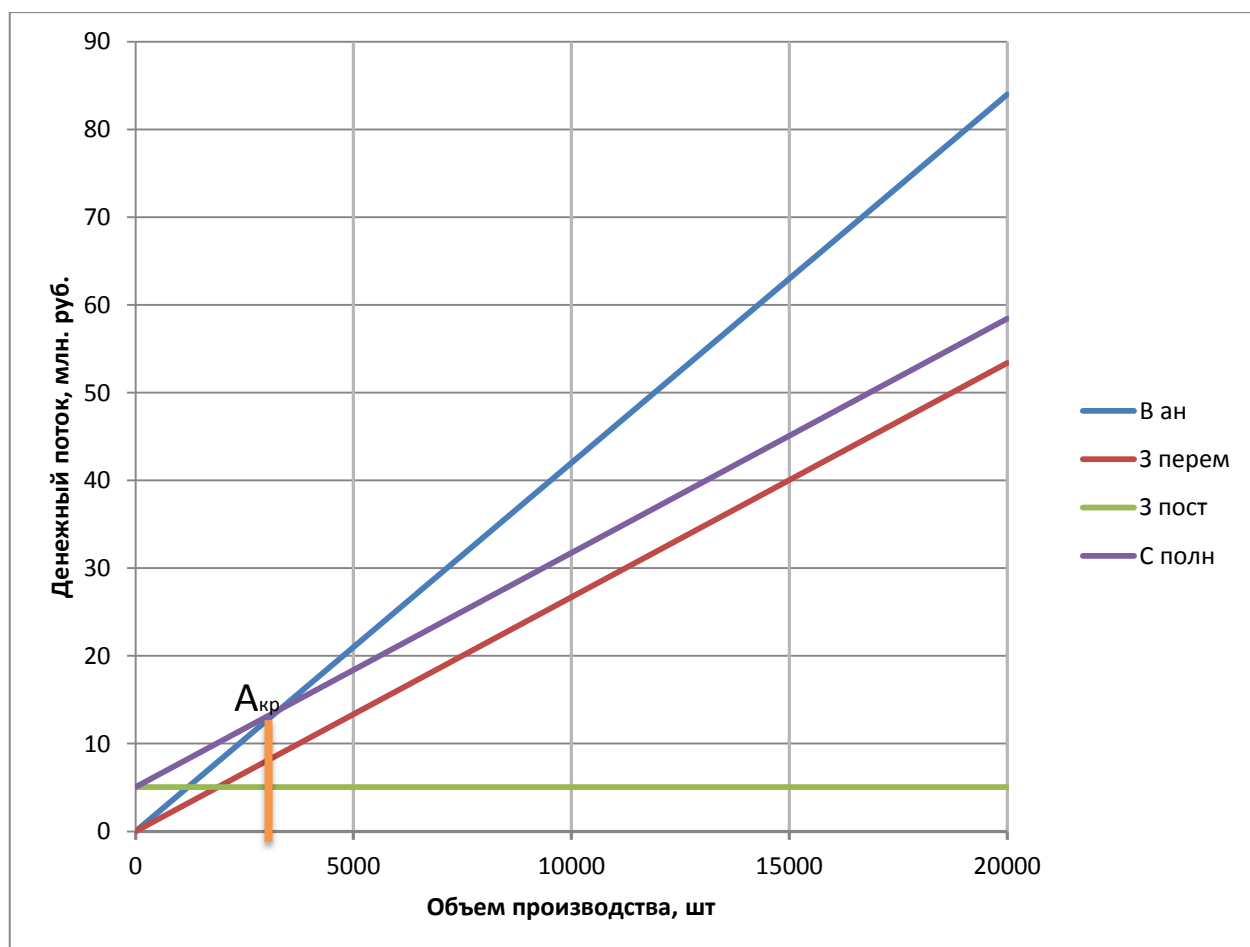


Рисунок 5.1 - График критического объема продаж



Расчет коммерческой эффективности проекта.

В качестве основных показателей, используемых для расчета эффективности инвестиционного проекта в целом, характеризующих с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения, рассчитываются:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- потребность в дополнительном финансировании (расчет капиталобразующих инвестиций);
- индексы доходности инвестиций;
- срок окупаемости.

Условия финансовой реализуемости и показатели эффективности рассчитываются на основании денежного потока, конкретные составляющие которого зависят от оцениваемого вида эффективности.

Эффективность инвестиционного проекта оценивается в течение расчетного периода, т.е. срока эксплуатации нового изделия, охватывающего временной интервал от начала проекта до его прекращения. Начало расчетного периода рекомендуется определять в задании на расчет эффективности инвестиционного проекта.

Расчетный период разбивается на шаги – отрезки, в пределах которых производится агрегирование данных, используемых для оценки финансовых показателей. Шаги расчета определяются их номерами (0, 1, ...). Время в расчетном периоде измеряется в годах или долях года и отсчитывается от фиксированного момента  $t_0 = 0$ , принимаемого за базовый. Продолжительность разных шагов может быть различной.

Для определения объема продаж на каждом шаге в течение расчетного периода вычисляется прирост объема производства по годам. Объем продукции увеличивается нарастающим итогом равномерно с каждым годом на  $\Delta$ , которое рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{V_{МАК} - A_{КРИТ}}{n - 1} = \frac{20000 - 3299}{6 - 1} = 3340, \quad (5.15)$$

где  $V_{МАК} = V_{год}$  - максимальный объема продукции, шт.;

$A_{КРИТ}$  - критический объем продаж проектируемого изделия, шт.;

$n$  - количество лет, с учетом предпроизводственной подготовки.

Проект, как и любая финансовая операция, т.е. операция, связанная с получением доходов и (или) осуществлением расходов, порождает денежные потоки (потоки реальных денег). Исходная информация для определения денежного потока от операционной деятельности включает в себя сведения об объемах производства и о текущих затратах на производство и сбыт продукции.

Денежные потоки могут выражаться и в разных валютах, но итоговой валютой считается валюта Российской Федерации.

Достаточным (но не необходимым!) условием финансовой реализуемости инвестиционного проекта является не отрицательность на каждом шаге величины накопленного сальдо потока.

Чистым доходом (другие названия – ЧД, Net Value, NV) называется накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период, где суммирование распространяется на все шаги расчетного периода.

Для определения чистого дохода необходимо рассчитать следующие показатели:

а) выручка по годам;

Для сопоставимости получаемых результатов изменяющийся объем продаж рассчитывается только для проектного варианта и, на основе полученных объемов, производятся вычисления выручки.

$$\text{Выручка}_i = Ц_{\text{расч.}} \cdot V_{\text{прод}_i}, \quad (5.16)$$

$$\text{Выручка}_{(1)} = 4199 \cdot 6639.2 = 278780008$$

$$\text{Выручка}_{(2)} = 4199 \cdot 9979.4 = 41903500.6$$

$$\text{Выручка}_{(3)} = 4199 \cdot 13319.6 = 559290004$$

$$\text{Выручка}_{(4)} = 4199 \cdot 16659.8 = 699545002$$

$$\text{Выручка}_{(5)} = 4199 \cdot 20000 = 83980000$$

где  $V_{\text{прод}_i} = A_{\text{крит}} + \Delta$  - объем продаж в  $i$  – году.

$$V_{\text{прод}(1)} = 3299 + 3340.2 = 6639.2$$

$$V_{\text{прод}(2)} = 6639.2 + 3340.2 = 9979.4$$

$$V_{\text{прод}(3)} = 9979.4 + 3340.2 = 13319.6$$

$$V_{\text{прод}(4)} = 13319.6 + 3340.2 = 16659.8$$

$$V_{\text{прод}(5)} = 16659.8 + 3340.2 = 20000$$

б) переменные затраты по годам определяются и для базового и для проектного вариантов:

- на единицу изделия

$$З_{\text{перем.уд.б}(n)} = Пu + З_0 + З_{\text{доп.}} + C_{\text{с.в}}, \quad (5.17)$$

$$З_{\text{перем.уд.б}} = 2711 + 22.52 + 2.25 + 7.43 = 2743.2$$

$$З_{\text{перем.уд.л}} = 2636.8 + 22.52 + 2.25 + 7.43 = 2669$$

- на годовую программу выпуска изделия

$$З_{\text{перем}_i} = З_{\text{перем.уд}} \cdot V_{\text{прод}_i}, \quad (5.18)$$

Для базового варианта:

$$\begin{aligned}
Z_{\text{перем.}(1)} &= 2743.2 \cdot 6639,2 = 18212653,4 \\
Z_{\text{перем.}(2)} &= 2743.2 \cdot 9979,4 = 27375490,1 \\
Z_{\text{перем.}(3)} &= 2743.2 \cdot 13319,6 = 36538326,7 \\
Z_{\text{перем.}(4)} &= 2743.2 \cdot 16659,8 = 45701163,4 \\
Z_{\text{перем.}(5)} &= 2743.2 \cdot 20000 = 54864000
\end{aligned}$$

Для проектного варианта:

$$\begin{aligned}
Z_{\text{перем.}(1)} &= 2669 \cdot 6639,2 = 17720024,8 \\
Z_{\text{перем.}(2)} &= 2669 \cdot 9979,4 = 26635018,6 \\
Z_{\text{перем.}(3)} &= 2669 \cdot 13319,6 = 35550012,4 \\
Z_{\text{перем.}(4)} &= 2669 \cdot 16659,8 = 44465006,2 \\
Z_{\text{перем.}(5)} &= 2669 \cdot 20000 = 53380000
\end{aligned}$$

в) постоянные затраты определяются для базового и для проектируемого изделия:

$$Z_{\text{пост.б}(н)} = Z_{\text{пост.уд.б}(н)} \cdot V_{\text{год}}, \quad (5.19)$$

$$Z_{\text{пост.б}} = 256.09 \cdot 20000 = 5121800$$

$$Z_{\text{пост.н}} = 252.38 \cdot 20000 = 5047600$$

где  $V_{\text{год}}$  – максимальный объем продаж, шт;

$$Z_{\text{пост.уд.б}(н)} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{об.завод.}} + C_{\text{ком.}}, \quad (5.20)$$

$$Z_{\text{пост.уд.б}} = 45.04 + 0.68 + 39.4 + 28.15 + 142.82 = 256.09$$

$$Z_{\text{пост.уд.н}} = 45.04 + 0.68 + 39.4 + 28.15 + 139.11 = 252.38$$

г) амортизация определяется только для проектного варианта:

$$A_M = A_{\text{м.уд.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (5.21)$$

$$A_M = 5,94 \cdot 20000 = 118800$$

где  $V_{\text{год}}$  - максимальный объем продаж, шт;

$$A_{\text{м.уд.}} = (C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot H_a, \quad (5.22)$$

$$A_{\text{м.уд.}} = (45.04 + 0.68) \cdot 0,13 = 5,94$$

где  $H_a$  - осредненная величина амортизационных отчислений, принимается равная 13%;

д) полная себестоимость по годам определяется как для базового, так и для проектного вариантов:

$$C_{пол.i} = Z_{перем.i} + Z_{пост.}, \quad (5.23)$$

Для базового варианта:

$$C_{пол.(1)} = 18212653,4 + 5121800 = 23334453,4$$

$$C_{пол.(2)} = 27375490,1 + 5121800 = 32497290,08$$

$$C_{пол.(3)} = 36538326,7 + 5121800 = 41660126,72$$

$$C_{пол.(4)} = 45701163,4 + 5121800 = 50822963,36$$

$$C_{пол.(5)} = 54864000 + 5121800 = 59985800$$

Для проектного варианта:

$$C_{пол.(1)} = 17720024,8 + 5047600 = 22767624,8$$

$$C_{пол.(2)} = 26635018,6 + 5047600 = 31682618,6$$

$$C_{пол.(3)} = 35550012,4 + 5047600 = 40597612,4$$

$$C_{пол.(4)} = 44465006,2 + 5047600 = 49512606,2$$

$$C_{пол.(5)} = 53380000 + 5047600 = 58427600$$

е) налогооблагаемая прибыль по годам:

$$Пр.обл.i = (Выручка_{i.п} - C_{пол.i.п}) - (Выручка_{i.б} - C_{пол.i.б}), \quad (5.24)$$

$$Пр.обл.(1) = (7878000,8 - 22767624,8) - (7878000,8 - 23334453,4) = 566828,64$$

$$Пр.обл.(2) = (1903500,6 - 31682618,6) - (1903500,6 - 32497290,08) = 814671,48$$

$$Пр.обл.(3) = (5929000,4 - 40597612,4) - (5929000,4 - 41660126,72) = 1062514,32$$

$$Пр.обл.(4) = (9954500,2 - 49512606,2) - (9954500,2 - 50822963,36) = 1310357,16$$

$$Пр.обл.(5) = (3980000 - 58427600) - (3980000 - 59985800) = 1558200$$

ж) налог на прибыль взимается в размере 20% от налогооблагаемой прибыли по годам:

$$H_{np,i} = Пр.обл._i \cdot 0,20, \quad (5.25)$$

$$H_{np,(1)} = 566828,64 \cdot 0,20 = 113365,7$$

$$H_{np,(2)} = 814671,48 \cdot 0,20 = 162934,3$$

$$H_{np,(3)} = 1062514,32 \cdot 0,20 = 212502,9$$

$$H_{np,(4)} = 1310357,16 \cdot 0,20 = 262071,4$$

$$H_{np,(5)} = 1558200 \cdot 0,20 = 311640$$

з) прибыль чистая по годам:

$$Пр.ч._i = Пр.обл._i - H_{np,i} \quad (5.26)$$

$$Пр.ч._{(1)} = 566828,64 - 113365,7 = 453462,9$$

$$Пр.ч._{(2)} = 814671,48 - 162934,3 = 651737,2$$

$$Пр.ч._{(3)} = 1062514,32 - 212502,9 = 850011,5$$

$$Пр.ч._{(4)} = 1310357,16 - 262071,4 = 1048286$$

$$Пр.ч._{(5)} = 1558200 - 311640 = 1246560$$

Следовательно, текущий чистый доход (сальдо денежного потока) по годам составит:

$$ЧД_i = Пр.ч._i + A_m, \quad (5.27)$$

$$ЧД_{(1)} = 453462,9 + 118800 = 572262,9$$

$$ЧД_{(2)} = 651737,2 + 118800 = 770537,2$$

$$ЧД_{(3)} = 850011,5 + 118800 = 968811,5$$

$$ЧД_{(4)} = 1048286 + 118800 = 1167086$$

$$ЧД_{(5)} = 1246560 + 118800 = 1365360$$

Дисконтирование осуществляется путем умножения значений денежного потока на коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле:

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_{cm,i})^i}, \quad (5.28)$$

где  $E_{cm,i}$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – год приведения затрат и результатов (расчетный год).

Определяя коэффициент дисконтирования, обычно исходят из гарантированного уровня рентабельности финансовых инвестиций, который обеспечивается государственным банком или операциями с ценными бумагами. Для дальнейших вычислений необходимо рассчитать коэффициенты дисконтирования для нижних и верхних процентных ставок на капитал  $E_{cm,i}$  [10].

Для снижения трудоемкости и удобства применения методов, основанных на дисконтированных оценках, разработаны специальные статистические таблицы, где, в зависимости от временного интервала, даются значения коэффициента дисконтирования в Приложении 5 [10].

Далее рассчитывается дисконтированное сальдо суммарного потока реальных денег по шагам:

$$ДСП_{i,t} = ЧД_{i,t} \cdot \alpha_{i,t} \cdot E_{cm,i} \quad (5.29)$$

$$\begin{aligned} ДСП_{1,t} &= 572262,9 \cdot 0,909 = 520187 \\ ДСП_{2,t} &= 770537,2 \cdot 0,826 = 636463,7 \\ ДСП_{3,t} &= 968811,5 \cdot 0,753 = 729515 \\ ДСП_{4,t} &= 1167086 \cdot 0,683 = 797119,6 \\ ДСП_{5,t} &= 1365360 \cdot 0,621 = 847888,6 \end{aligned}$$

Потребность в капиталобразующих инвестициях рассчитывается по формуле:

$$J_o = K_{инв.} \cdot \sum C_{пол.н.,i} \quad (5.30)$$

$$J_o = 0,008 \cdot 202988062 = 16239045$$

где  $K_{инв.}$  – коэффициент капиталобразующих инвестиций.

Чистый дисконтированный доход рассчитывается по формуле:

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ДСП_{i,t} - J_o \quad (5.31)$$

$$\sum_{i=0}^T ДСП \overleftarrow{C}_i = 3531173,84;$$

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ДСП \overleftarrow{C}_i - J_o = 3531173,84 - 16239045 = 1907269,34$$

Индекс доходности инвестиций:

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o}, \quad (5.32)$$

$$JD = \frac{1907269,34}{16239045} = 1,175$$

Срок окупаемости проекта:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_o}{ЧДД}, \quad (5.33)$$

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{16239045}{1907269,34} = 0,85$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Результаты расчетов

Наименование показателей	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Объем продаж $V_{\text{прод.}i}$ (шт.)	-	6639,2	9979,4	13319,6	16659,8	20000
Расчетная цена за единицу продукции $C_{\text{расч.}}$ (руб.)	-	4199				
Выручка, (руб.)	-	2787800 0,8	4190350 0,6	5592900 0,4	6995450 0,2	839800 00
Переменные затраты (руб.) $Z_{\text{перем.б.}}$	-	1821265 3,4	2737549 0,1	3653832 6,7	4570116 3,4	548640 00
$Z_{\text{перем.н.}}$	-	1772002 4,8	2663501 8,6	3555001 2,4	4446500 6,2	533800 00



Продолжение таблицы 5.5

Наименование показателей	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Амортизация, $A_m$ (руб.)	-	118800				
Постоянные затраты, (руб.) $Z_{пост.б.}$	-	5121800				
$Z_{пост.н.}$	-	5047600				
Полная себестоимость, (руб.) $C_{пол.б.}$	-	2333445 3,44	3249729 0,08	4166012 6,72	5082296 3,36	599858 00
$C_{пол.н.}$	-	2276762 4,8	3168261 8,6	4059761 2,4	4951260 6,2	584276 00
Налогооблагаемая прибыль, (руб.)	-	566828,6 4	814671,4 8	1062514, 32	1310357, 16	155820 0
Налог на прибыль, (руб.)	-	113365,7	162934,3	212502,9	262071,4	311640
Прибыль чистая, (руб.)	-	453462,9	651737,2	850011,5	1048286	124656 0
Текущий чистый доход, ЧД, (руб.)	-	572262,9	770537,2	968811,5	1167086	136536 0
Коэффициент дисконтирования $\alpha_{t_1}$ при $E_{ст.1}$	-	0,909	0,826	0,753	0,683	0,621
Дисконтированное сальдо потока реальных денег, (руб.) $ДСП_1$	-	520178	636463,7	729515	797119,6	847888 ,6
Капиталообразующие инвестиции, $J_o$ (руб.)	16239 04,5	-				
Суммарное дисконтированное сальдо потока реальных денег, (руб.) $\sum ДСП_1$	-	3531173,84				

Продолжение таблицы 5.5

Наименование показателей	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Чистый дисконтированный доход, ЧДД, (руб.)	-	1907269,34				
Индекс доходности инвестиций <i>JD</i>	-	1,175				
Срок окупаемости проекта <i>T<sub>окуп.</sub></i> , год	-	0,85				

### 6.3 Вывод

На основании проведенных расчетов можно утверждать об эффективности данного проекта модернизации сцепления. Значение индекса доходности равно 1,175, т.е. превышает единицу, а срок окупаемости достаточно небольшой в рамках жизненного цикла автомобиля и составляет 0,85 года.

Судя по расчетам, целесообразно ввести данное изменение конструкции, т.к. за этим последует, снижение себестоимости данного узла, а также улучшение его эксплуатационных характеристик.

В заключение нужно отметить, что с каждым годом к автомобильным деталям предъявляются все более жесткие требования, что требует от производителя модернизировать свое предприятие. В ходе разработки изделия анализ и оптимизация показателей его надежности позволяет найти компромисс между требованиями к надежности и затратами, необходимыми на их обеспечение. Результатом этих действий в целом является уточнение стратегии продукта и плана его жизненного цикла. В данном дипломном проекте, были произведены расчет и анализ затрат на модернизацию и

внедрение проектного изделия, а также оценка его эффективности, в результате которых была доказана целесообразность его внедрения.

## 6 Безопасность и экологичность объекта

### 6.1 Анализ экологических показателей разработанной конструкции сцепления

Серийное сцепление автомобиля Lada Largus поставляется ф. LUK. В состав фрикционных накладок из органического безасбестового материала ведомого диска LUK входит стекловолокно со следующими наполнителями:

- феноло-альдегидный полимер;
- меламино-альдегидный полимер;
- резина;
- сульфат бария;
- арамид/кевлар.

Для повышения износостойкости (менее интенсивного абразивного износа, с меньшей степенью загрязнения окружающей среды продуктами абразивного износа) в материал накладок могут быть добавлены медные и стальные волокна. Нормальными условиями работы для органических безасбестовых фрикционных накладок является нагрев до температуры в диапазоне 100 – 200°С. При этом возможен их кратковременный нагрев до пиковой температуры 350°С. Примененный в данном проекте комплект полностью соответствует требованиям международных стандартов экологической безопасности (сертифицирован в национальных и международных лабораториях НАМИ и ЮТАК).

Фрикционные накладки агрегата сцепления предназначены для превращения кинетической энергии движущихся масс в теплоту при сохранении их работоспособности для последующих многократных циклов включения сцепления. Для надежного и безопасного движения автомобиля фрикционные материалы дисков сцепления должны обеспечивать эффективную передачу крутящего момента от двигателя к трансмиссии.

Модернизация серийного агрегата сцепления автомобиля Lada Largus, произведённая в дипломном проекте, продиктована необходимостью усовершенствования конструкции серийного агрегата сцепления с целью обеспечения возможности режима более плавного трогания автомобиля с места (по сравнению с базовым серийным вариантом), а также снижения крутильных колебаний, передаваемых от коленчатого вала двигателя, снижения крутильных колебаний валов и шестерен трансмиссионных агрегатов (коробки передач, приводных валов), уровня шума в работе трансмиссии. В процессе модернизации предусмотрена замена серийного комплекта деталей агрегата сцепления фирмы "LUK" на проектный комплект производства фирмы "Valeo". Как показали сопоставительные экспериментальные исследования, замена привела к снижению уровней внутреннего шума, а также обеспечению более плавного трогания с места. Проведённый тепловой расчёт модернизированного и серийного агрегатов сцепления указал на снижение "работы буксования" сцепления за одно трогание в случае использования в его конструкции, предложенного изменённого агрегата сцепления. Известно, что чем выше удельная "работа буксования" фрикционных элементов агрегата сцепления, тем выше износ фрикционных накладок сцепления. Следовательно, можно утверждать, что использование модернизированного агрегата сцепления позволит, в конечном итоге, уменьшить в процессе эксплуатации автомобиля износ фрикционных накладок агрегата сцепления. Следовательно, это позволит сократить концентрацию вредных веществ попадающих в атмосферу окружающей среды в виде продуктов абразивного износа из числа содержащихся в фрикционных материалах накладок ведомого диска сцепления.

Таким образом, предложенная модернизированная конструкция агрегата сцепления является более дружелюбной к окружающей среде.

## 6.2 Описание производственного участка

В дипломном проекте рассматривается участок сборочного цеха, на котором производится сборка агрегата сцепления автомобиля Lada Largus.

Сборочный цех расположен в зоне комплекса обрабатывающих цехов производителя "Valeo", расположенного в с.Русская Борковка по адресу ул. Северная 10а. Его месторасположение вблизи комплекса заготовительных цехов (у главного входа), вызвано тем, что он представлен цехом с большим числом рабочих. В пристройках к основному зданию сборочного цеха размещены промежуточные склады, ремонтные мастерские, инструментальные кладовые, служебные и бытовые помещения. Цех сборки агрегатов сцепления оборудован системой вентиляции и отопления. Применяется система общеобменной приточно-вытяжной вентиляции совместно с местными отсосами на рабочих местах, а также система воздушного отопления.

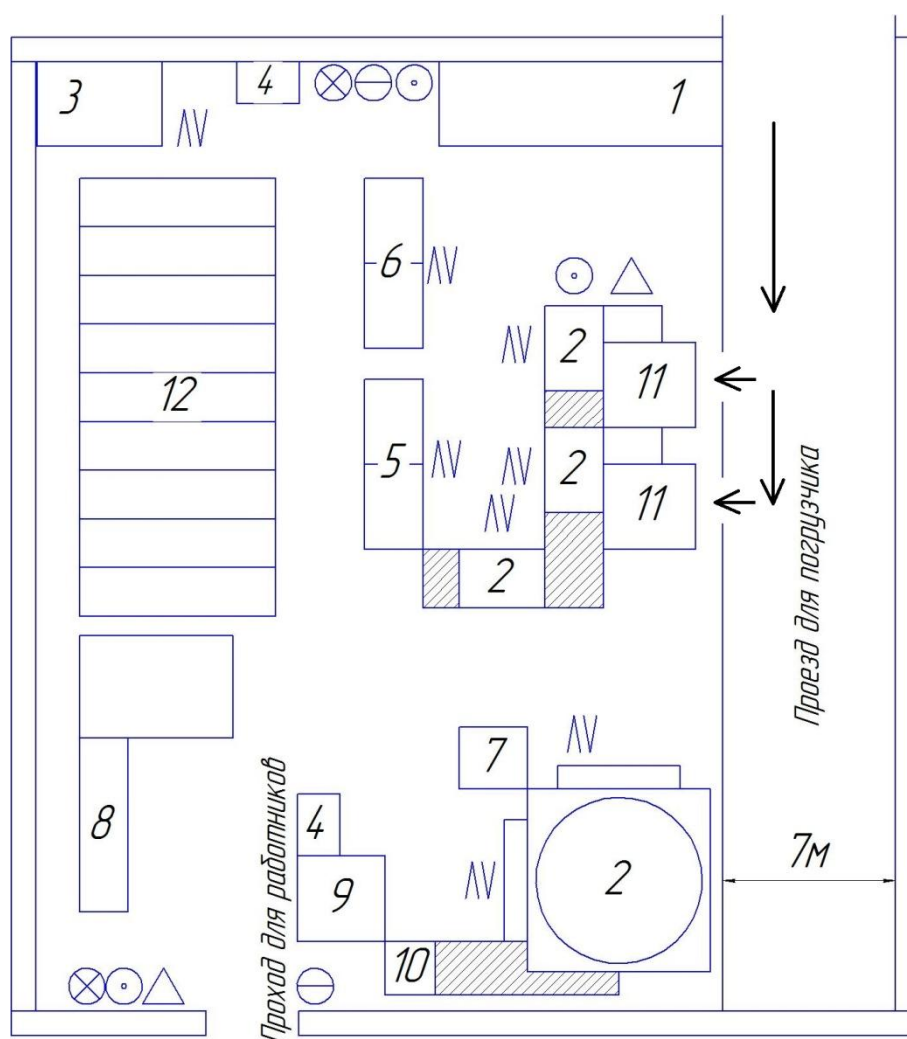
На участке используется следующее производственное оборудование: клепальный полуавтомат Sinfonia EA-25 (производство Тайланд); пресс пневматический с поворотным столом и двуручным управлением TOX Pressotechnic 12D-LF (производство Турция); балансировочные станки SEMB CA01-4 (производство Италия); сверлильный станок JET JDP-17F (производство Швейцария), контрольные машины AUROTEC CA01-7 (производство Италия), маркировочная машина Idea otomayson IM0011 (производство Турция).

Виды работ, выполняемые на участке: сборочная, прессовочная, клепальная, контрольная, маркировочная, балансировочная, доводочная.

Схема рабочего участка цеха приведена на рис.5.2.

В целях улучшения условий труда (снижения уровня шума, вибраций и вредных выбросов) в цехе в качестве внутрицехового транспорта используются только электропогрузчики. Детали для сборки агрегата сцепления поставляются в оборотной металлической таре «525», либо в таре изготовленной из гофрокартона, которая впоследствии утилизируется в составе макулатуры. Траектория процесса доставки деталей указана

стрелками на схеме рабочего участка (см. рисунок 6.2.1). Ширина проезда для электропогрузчика составляет 7м. Мелкогабаритные детали агрегата сцепления переупаковывают и доставляют к сборочному конвейеру на отдельных (специальных) транспортировочных тележках вручную. Согласно ГОСТ 12.3.020-80. ССБТ. «Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности», подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час) составляет до 15 и 10 кг для мужчин и женщин соответственно (оптимальная физическая нагрузка).



1- место отдыха; 2- пресс; 3- сверлильный станок; 4- инструментальный шкаф; 5- балансировочные машины; 6- контрольные машины; 7- стеллаж; 8- пост контроля; 9- маркировочная машина; 10- клепальный полуавтомат; 11- тара с компонентами; 12- склад продукции; ⊙- огнетушитель; V- установка

пожаротушения; Л- средство пожарной автоматики; Δ- пожарный гидрант;  
 ⊗- пожарный инструмент; ⊖- пожарная сигнализация.

Рисунок 6.1 - Схема рабочего производственного участка цеха сборки агрегатов сцепления

Масса деталей перемещаемых операторами не превышает допустимых значений. Для ускорения рассматриваемого производственного процесса, перемещение деталей между операциями происходит с помощью ленточного конвейера. На первом этапе осуществляется узловая подборка деталей в узловые компоненты. Затем, они перемещаются в зону запрессовки (усилие запрессовки 100...160 кН). Затем, осуществляется операция приклепывания фрикционных накладок к диску и наносится маркировка на готовый ведомый диск сцепления.

Технологический паспорт проектируемого сцепления приведен в таблице 6.1:

Таблица 6.1 - Технологический паспорт проектируемого сцепления

Технологический процесс	Вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование	Материалы, вещества
Сборка сцепления Lada Largus	Сборочная	Слесарь МСР	Стенд сборки	Металл, пластик
	Прессовочная	Слесарь МСР	Пневматический пресс	Металл
	Клепальная	Слесарь МСР	Клепальный полуавтомат	Металл, фрикционные накладки
	Маркировочная	Слесарь МСР	Маркировочная машина	Краска

### 6.3 Идентификация профессиональных рисков

При выполнении производственных работ человек использует различные инструменты, механизмы, материалы. Применительно к



рассматриваемому технологическому процессу подробно рассмотрим опасные или вредные факторы и источник их возникновения.

Результаты идентификации профессиональных рисков при выполнении технологических операций изготовления агрегатов сцепления приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Идентификация профессиональных рисков

Вид выполняемых работ	Опасный (вредный) производственный фактор	Источник опасного (вредного) производственного фактора
Сборочная	- Напряжения в электрической сети - Подвижные детали - Острые кромки и заусенцы - Монотонность труда	Пресс с поворотным столом и двуручным управлением
Прессовочная	- Повышенный уровень шума - Повышенный уровень вибраций - Напряжения в электрической сети - Подвижные детали - Острые кромки и заусенцы - Монотонность труда - Физическое перенапряжение	Пресс с поворотным столом и двуручным управлением
Клепальная	- Повышенный уровень шума - Напряжения в электрической сети - Подвижные детали - Острые кромки и заусенцы - Монотонность труда	Клепальный полуавтомат
Маркировочная	- Напряжения в электрической сети - Подвижные детали - Монотонность труда	маркировочная машина

#### 6.4 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Мероприятия по обеспечению безопасности на производстве подразделяют на два основных типа:

- Индивидуальные мероприятия, к которым относятся средства по обеспечению индивидуальной защиты;

- Коллективные, к которым относятся мероприятия по обучению персонала использованию устройств, применение мероприятий по пожаробезопасности, электробезопасности и т. д.

Непосредственно перед работой проводится инструктаж. Всего различают: вводный; первичный (на рабочем месте); повторный; внеплановый.

Для обеспечения безопасного перемещения работников и перевозки грузов внутрицеховым транспортом в корпусе применены соответствующие ограждения и выделены специальные пешеходные дорожки. Также ограничено движение электропогрузчиков, а люди, работающие в зоне погрузки, обязаны носить световозвращающие жилеты.

Методы и средства снижения профессиональных рисков приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный вредный производственный фактор	Организационно технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения опасного вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Острые кромки, заусенцы.	Блокировочные устройства (механические, электрические, фотоэлектрические, радиационные, гидравлические, пневматические, комбинированные) исключают возможность проникновения человека в опасную зону, либо устраняют опасный фактор на время пребывания человека в этой зоне.	Спецодежда, спецобувь.
Движущиеся части применяемого оборудования.	Во избежание механического повреждения от движущихся частей используемого оборудования следует придерживаться следующих правил: 1) Перед началом следует привести в порядок рабочую одежду; 2) Установку деталей на станок и снятие со станка производят при отведённом в исходное положение инструменте; 3) Перед остановкой станка инструмент отводят от обрабатываемой детали.	Спецодежда, спецобувь.

### Продолжение таблицы 6.3

Опасный вредный производственный фактор	Организационно технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения опасного вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Перенапряжение зрительных рецепторов; Монотонность труда.	Все виды технологического оборудования должны быть удобны для сборки, уборки, транспортировки и управления ими в работе. При выполнении трудоёмких и монотонных работ правильная организация отдыха имеет большое значение для восстановления работоспособности, т.е. должны быть предусмотрены перерывы. Для рабочих устраивают специальные места отдыха, расположенные недалеко от мест работы, снабжённые вентиляцией, питьевой водой и т.п.	
Повышенный уровень шума, вибраций.	Вкладыши, наушники, виброперчатки.	

#### 6.5 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Согласно действующих Норм Пожарной Безопасности (НПБ) 105-95, предусматривается категорирование промышленных и складских помещений, зданий и сооружений по взрывопожарной опасности. Рассматриваемому производственному участку присваивается категория «Д»: характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении - негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. На объектах категории «Д» возникновение отдельных пожаров будет зависеть от степени огнестойкости зданий, а образование сплошных пожаров – от плотности застройки. Стены рассматриваемого участка представляют собой двутавровые балки и установленные на них сэндвич-панели. Панель состоит из трех слоев, два из которых изготавливаются из оцинкованного металла, и негорючей минеральной ваты между ними.

В процессе разработки организационно-технических мероприятий, включающих обеспечение пожарной безопасности заданного технического объекта, следует учитывать что возникающие пожары для рассматриваемого участка по виду горючего материала имеют категорию «Е» - пожары,

связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением.

Первичными средствами пожаротушения являются стационарные установки системы пожаротушения, средства пожарной автоматики, огнетушители, ведра, ящики с песком и т.д. Для данного технологического процесса используем три огнетушителя марки ОЖ-7, который заряжается водой с добавками поверхностно – активного вещества или растворами сульфанола, сульфоната, пенообразователя или смачивателя.

Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в сторону выхода из помещений. Запрещается загромождать проходы, коридоры, лестничные площадки мебелью, оборудованием, а также забивать двери эвакуационных выходов.

Все работники производства должны обучаться по специальной программе включающую изучения инструкций и правил по пожарной безопасности.

Идентификация классов и опасных факторов пожара приведена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный цех.	Стенд сборки; Пресс; Клепальный полуавтомат; Маркировочная машина.	Е	Повышенная температура окружающей среды.	Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части оборудования.

Технические средства обеспечения пожарной безопасности приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Огнетушитель марки ОЖ7. ⊙
Мобильные средства пожаротушения	Пожарные авто.
Стационарные установки системы пожаротушения	Водяные, пенные системы пожаротушения. ∨
Средства пожарной автоматики	Технические средства оповещения и управления эвакуацией. ∧
Пожарное оборудование	Пожарный гидрант. Δ
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Респиратор, каска пожарная, противогаз.
Пожарный инструмент (немеханизированный)	Пожарный крюк, топор, лом. ⊗
Пожарные сигнализация, связь и оповещение.	Ручной ,тепловой пожарный извещатель. ⊖

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 - Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сборка сцепления автомобиля Lada Largus	Назначение должностных лиц, ответственных за пожарную безопасность в цехе.	Должны обеспечивать своевременное выполнение требований пожарной безопасности, создавать и содержать в установленном порядке норм, перечней на которых создается пожарная охрана.

Продолжение таблицы 6.6

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
	Установление противопожарного режима.	Должны быть определены и оборудованы места для курения; Допустимое количество одновременно находящейся готовой продукции; Порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара; Порядок и сроки противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму.
	Обучение работников правилам пожарной безопасности.	Инструктаж должен проводиться со всеми работниками.

6.6 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Идентификация негативных экологических факторов технического объекта приведена в таблице 6.7.

Таблица 6.7 - Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта	Структурные составляющие технического объекта	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Сцепление автомобиля Lada Largus	Нажимной диск сцепления, ведомый диск сцепления	Выбросы измельченной пыли фрикционного материала		

Организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду приведены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 - Организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сцепление Lada Largus
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Разрабатываемый агрегат сцепления, характеризуется более низкой работой
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	буксования сцепления за одно трогание. Известно, что чем выше удельная работа буксования сцепления, тем выше износ накладок сцепления. Следовательно, можно утверждать, что использование модернизированного сцепления позволит
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	уменьшить в процессе эксплуатации износ фрикционных накладок сцепления, а, следовательно, позволит сократить концентрацию вредных веществ попадающих в атмосферу из числа содержащихся в накладках ведомого диска сцепления.

#### 6.7 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Конструкторская часть» был проведен анализ технологичности проектируемого сцепления. В разделе «Анализ экономической эффективности объекта» был произведен расчет показателей эффективности внедрения в производство проектируемого сцепления.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика производственно-технологического процесса сборки сцепления Lada Largus, перечислены виды выполняемых работ, используемое производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование.

Проведена идентификация возникающих профессиональных рисков по осуществляемому производственно-технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых основных работ. В качестве опасных и вредных производственно-технологических факторов идентифицированы следующие: острые кромки и заусенцы, перенапряжение зрительных рецепторов, монотонность труда.

Разработаны организационно-технические мероприятия для снижения профессиональных рисков. Подобраны конкретные, технически обоснованные средства индивидуальной защиты для работников, осуществляющих производственно-технологический процесс.

Разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара с разработкой организационных мер по обеспечению пожарной безопасности.

Идентифицированы негативные экологические факторы, связанные с реализацией производственно-технологического процесса и разработаны соответствующие организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности на заданном техническом объекте.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей данной дипломной работы являлось повышение потребительских качеств и надежности агрегата сцепления автомобиля Lada Largus, за счет усовершенствования конструкции и применения перспективных технологий. Задача считается выполненной, что подтверждено монтажными и стендовыми испытаниями.

Суть решения представленных задач конструктивно заключается в изменении профиля диафрагменной пружины и компоновке ведомого диска сцепления основанного на проектах действующего производства (семейство «X» по классификации фирмы «Валео» Франция), с новыми компонентами обеспечивающими возможность применения данного ведомого диска сцепления в комплекте размерностью 200мм.

В результате, новая конструкция предоставляет следующие преимущества:

- надежная передача крутящего момента величиной 140-150Нм, за счет применения перспективной, частично унифицированной конструкции (подтверждено расчетами и испытаниями);

- повышение плавности трогания, а также снижение шумов и вибраций в салоне (подтверждено ходовыми испытаниями);

- снижение стоимости агрегата, за счет использования унифицированных компонентов, а также высокого уровня локализации (подтверждено расчетами).

В целом рассмотренный проект соответствует всем предъявляемым к нему технологическим, экологическим и экономическим требованиям, что свидетельствует о рациональности его внедрения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов [Текст] / А. С. Зубченко и др. – М. : Машиностроение, 2003. - 782с.
2. Соломатин, Н.С. Конструирование и расчёт автомобиля: учебно-методическое пособие [Текст] / Н. С. Соломатин – Тольятти. : ТГУ, 2007. - 18 с.
3. Барский, И.Б. Сцепления транспортных и тяговых машин [Текст] / И. Б. Барский, С. Г. Борисов, В. А. Галягин и др. - М. : Машиностроение, 1989. - 344 с.
4. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобили и тракторы" [Текст] / П. П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов – М. : Машиностроение, 1984. - 376 с.
5. Черепанов, Л.А. Тяговой расчет автомобиля [Текст] / Л. А. Черепанов – М. : Машиностроение, 1977. —39 с.
6. Любишин, Н.П. Анализ финансово – экономической деятельности предприятия. Учебное пособие [Текст] / Н. П. Любишин, В. Б. Лещева, В. Г. Дьяков – М. : ЮНИТИ, 1999. – 213 с.
7. Волкова, О.И. Организация производства на предприятии (фирме). Учебное пособие для вузов [Текст] / О.И. Волкова, О.В. Девяткина - М. : ИНФРА-М, 2004. - 448 с.
8. Туровец, О.Г. Организация производства на предприятии [Текст] / О.Г. Туровец - Ростов-на-Дону. : Машиностроение, 2002. – 140 с.
9. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фатхутдинов - М. : Инфра-М, 2007. – 263 с.
10. Капрора, В.Г. Организация производства. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для студентов специальностей автомобиле- и тракторостроение всех форм обучения [Текст] / В. Г. Капрора - Тольятти. : ТГУ, 2008. – 112 с.

11. Мягков, В.Д. Допуски и посадки. Справочник в 2-х т. [Текст] / В. Д. Мягков, М.А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский - Л. : Машиностроение, 1983. - 518 с.
12. Пехальский, А.П. Устройство автомобилей [Текст] / А. П. Пехальский, И. А. Пехальский - М.: Академия, 2011. - 528 с.
13. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. [Текст] / В. И. Анурьев - М. : Машиностроение, 1982. - 728 с.
14. Михайлов, А.В. Методическое пособие "Размерный анализ технологических процессов изготовления деталей машин" [Текст] / А. В. Михайлов - Тольятти. : ТГУ, 2002. – 220 с.
15. Вахламов, В.К. Автомобили : конструкция и эксплуатационные свойства : учеб. пособие для вузов [Текст] / В. К. Вахламов. - М. : Академия, 2009. - 480 с.
16. Воронов, Д.Ю. Проектирование технологических процессов сборки [Текст] / Д. Ю. Воронов, А. В. Щипанов, Д. А. Расторгуев – Тольятти. : ТГУ, 2011. – 112с.
17. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник [Текст] / Б. С. Васильев, М. С. Высоцкий, К. Л. Гаврилов – М. : Машиностроение, 2004. - 704 с.
18. Иванов, А.М. Основы конструкции современного автомобиля [Текст] / А. М. Иванов – М. : ООО «Изд. «За рулем», 2012.-336 с.
19. Щипанов, А.В. Разработка технологических процессов сборки узлов и изделий: Учебно-методическое пособие для выполнения курсовых проектов, работ и технологической части дипломных проектов по дисциплине «Технология автотракторостроения» [Текст] / А. В. Щипанов – Тольятти : ТГУ, 2008. –56 с.
20. Лившиц, А.В. Устройство и основы эксплуатации автомобилей [Текст] / А. В. Лившиц – М. : Транспорт, 1991. – 450 с.
21. Evans, A. T. (2015). Automobiles and the automotive industry: Emerging technologies, environmental impact and safety analysis. (pp. 1-141)

22. Brewer, F. (2015). Additive manufacturing: Costs, cost effectiveness and industry economics. (pp. 1-168)
23. Fischer, R., Küçükay, F., Jürgens, G., Najork, R., & Pollak, B. (2015). The automotive transmission book. (pp. 1-355) doi:10.1007/978-3-319-05263-2
24. Sonnenburg, R., & Stretz, A. (2014). Dynamics of hydraulic damper modules. (pp. 1-130)
25. Jung, J., Ryu, D. J., Jeong, K. -Chang, K. -. (2001). Development of a clutch disk torque sensor for an automobile. SAE Technical Papers, doi:10.4271/2001-01-0869

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение А

### Графики тягово-динамического расчета.

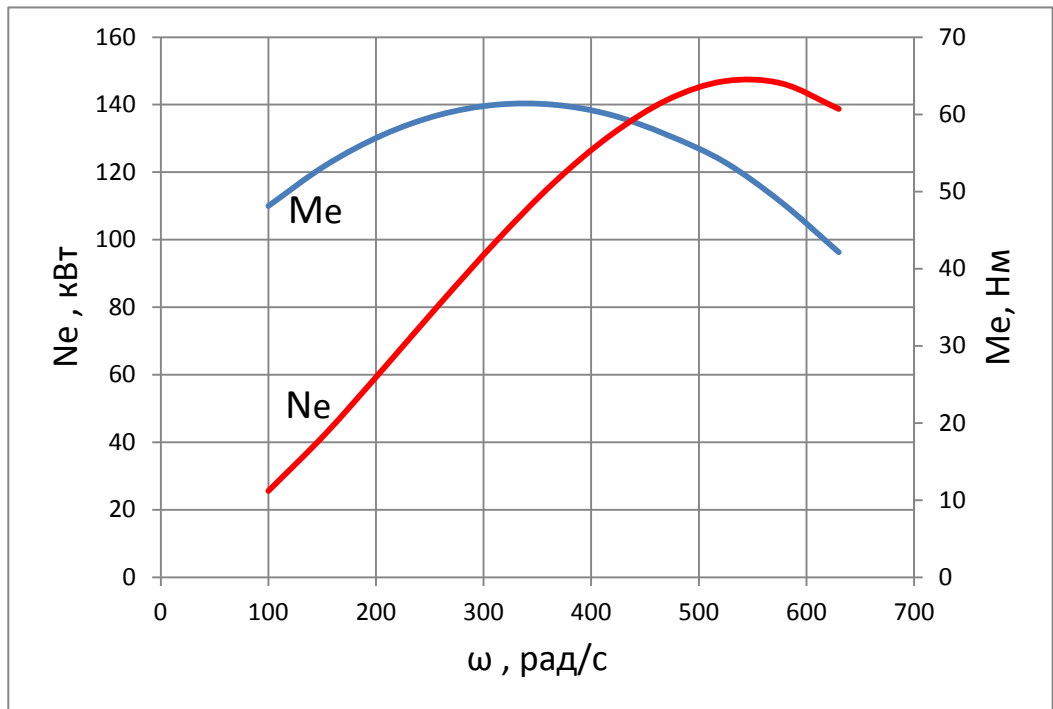


Рисунок А.1 - Внешнескоростная характеристика двигателя 11189

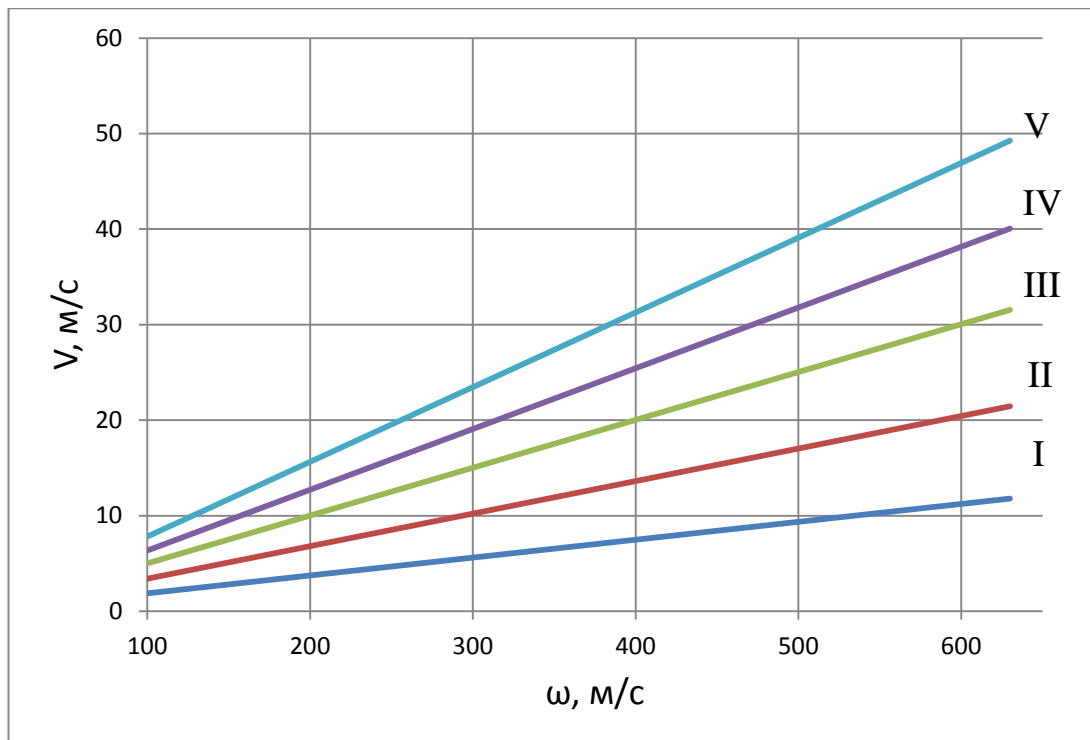


Рисунок А.2 - Скорости на разных передачах

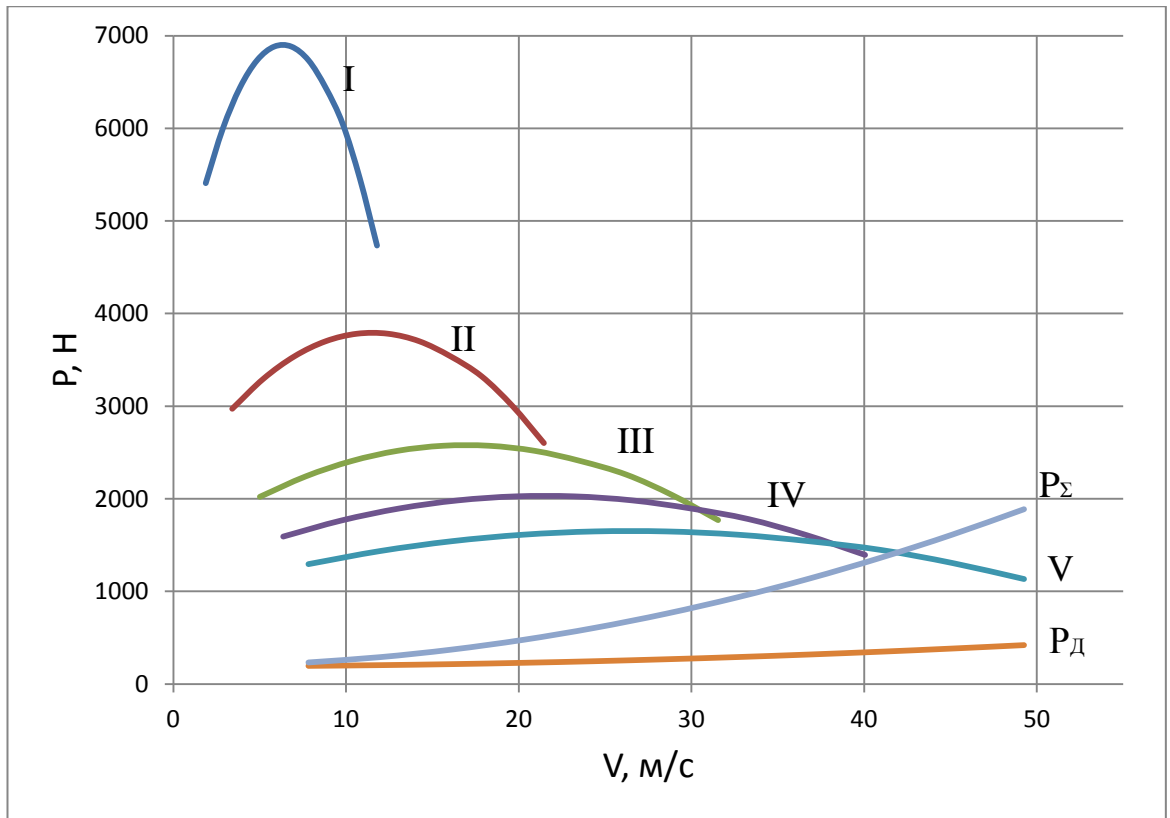


Рисунок А.3 - Тяговый баланс автомобиля

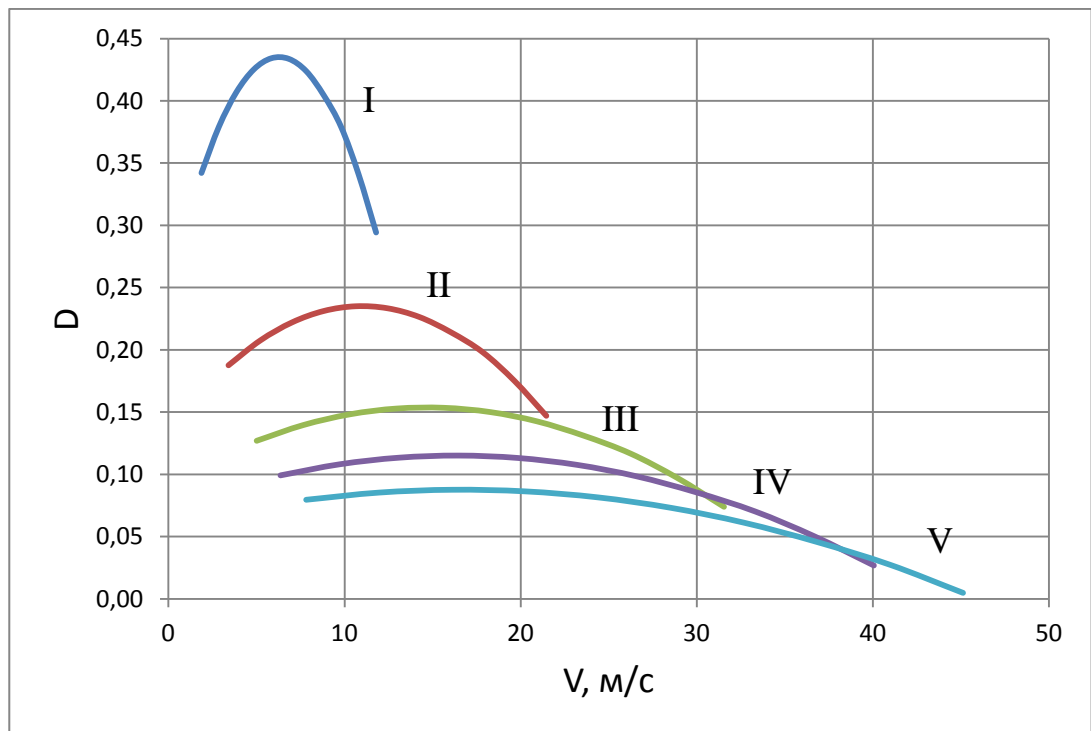


Рисунок А.4 - Динамический фактор

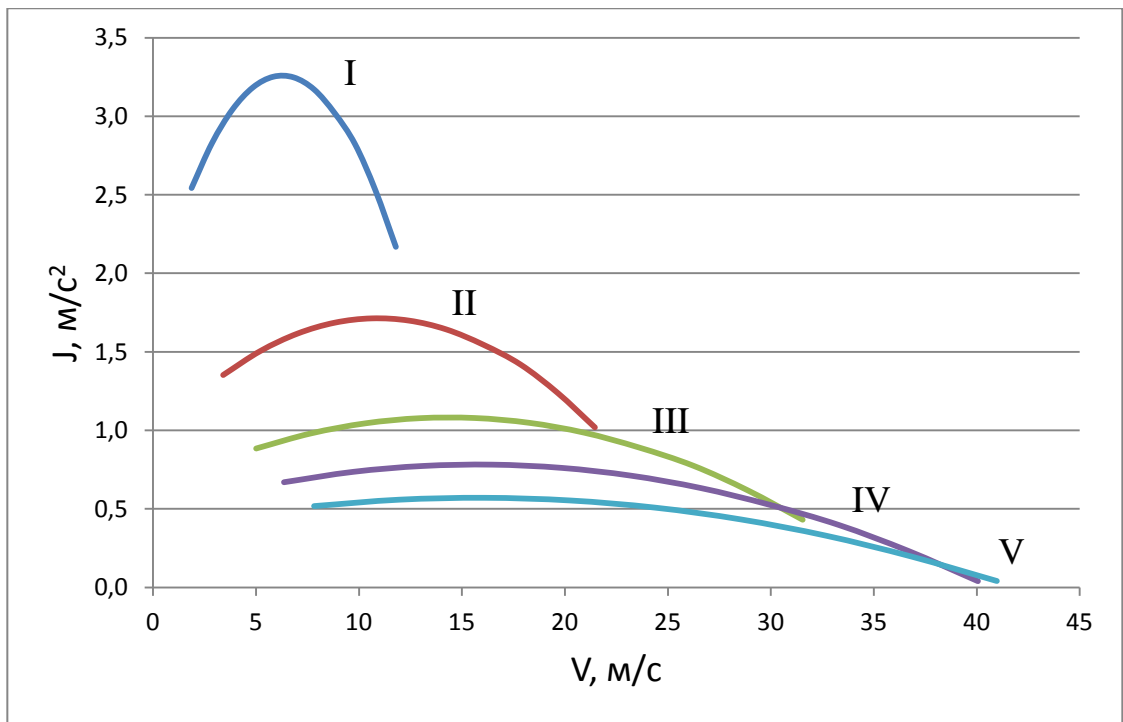


Рисунок А.5 - Ускорения на каждой передаче

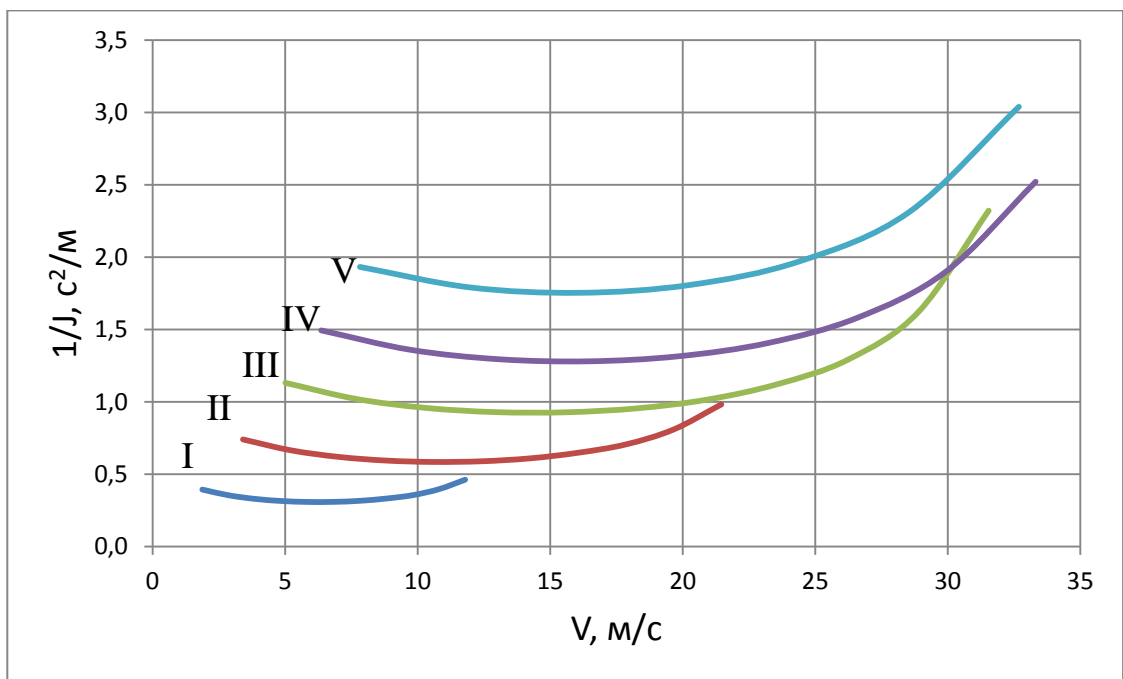


Рисунок А.6 - Обратные ускорения на каждой передаче



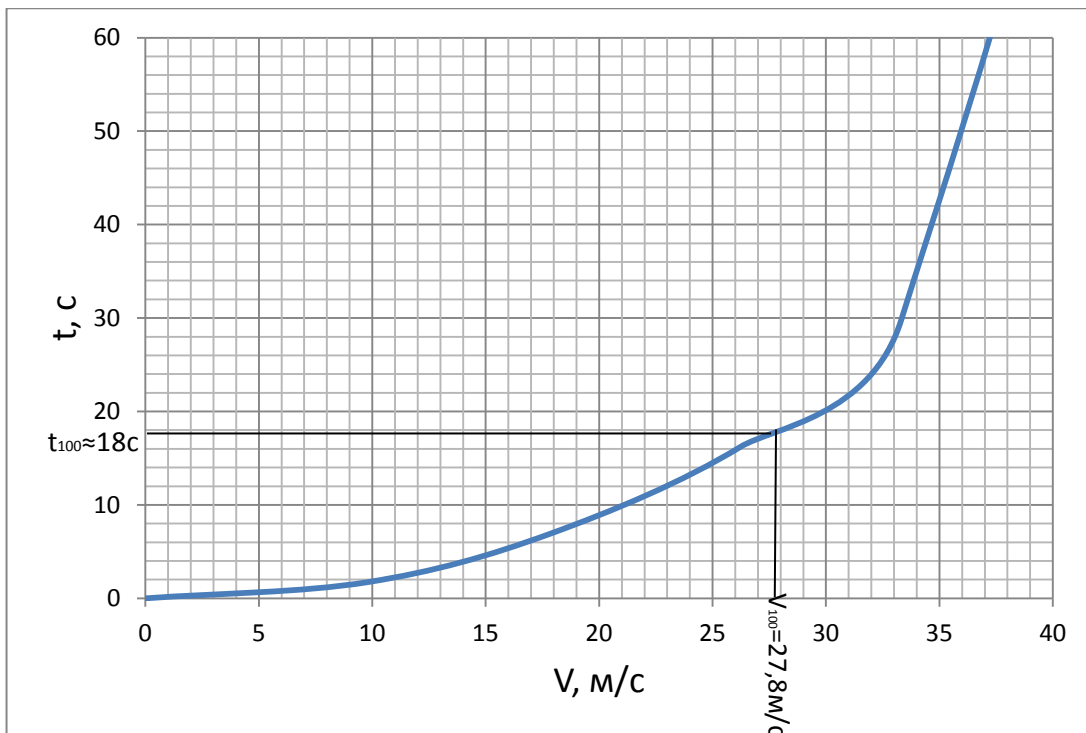


Рисунок А.7 - Время разгона

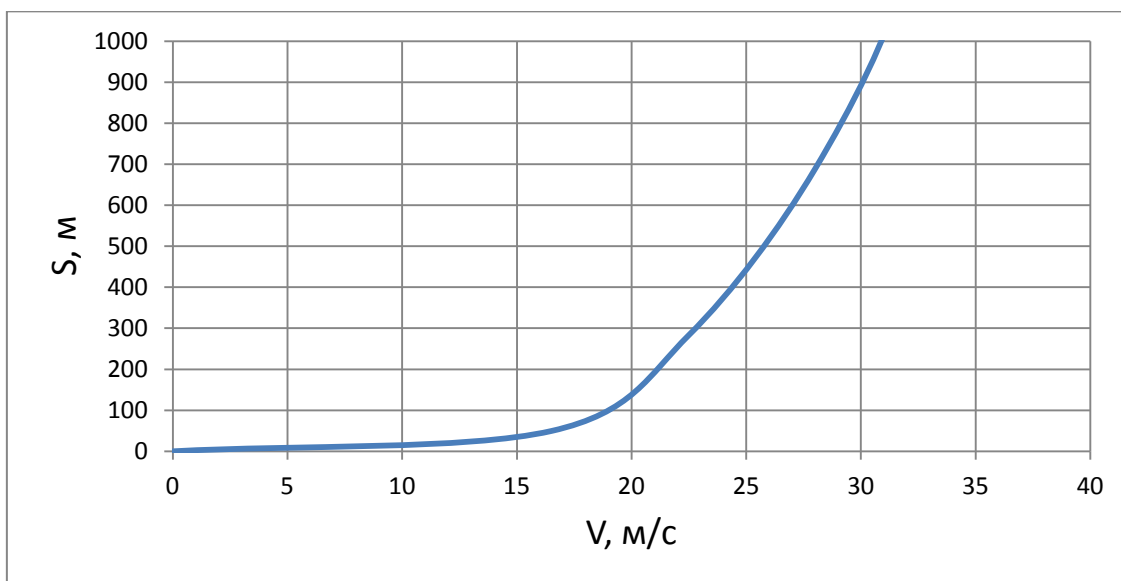


Рисунок А.8 - Путь разгона

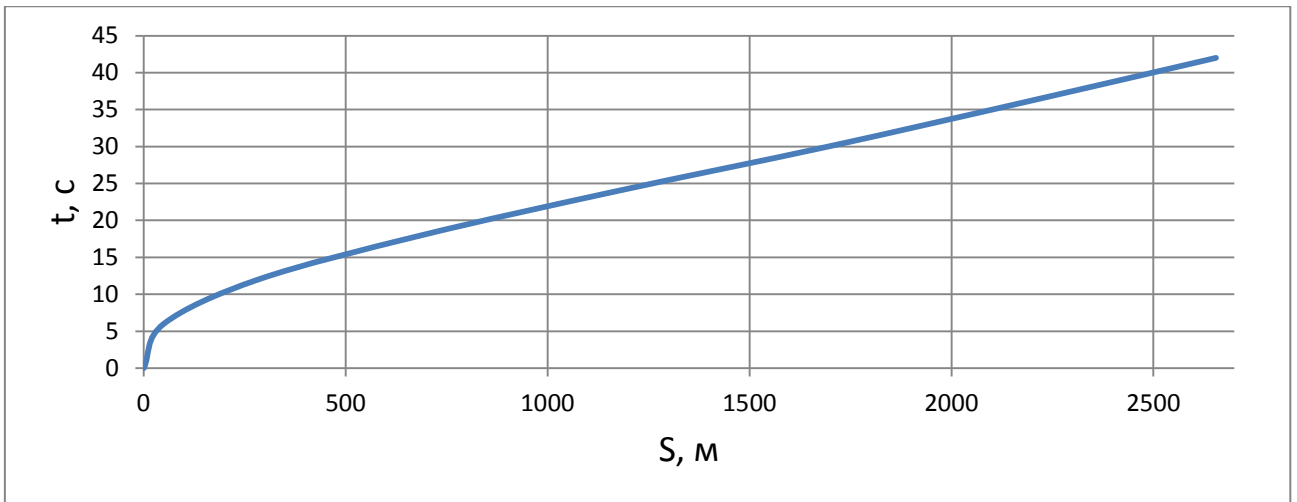


Рисунок А.9 - График интенсивности разгона

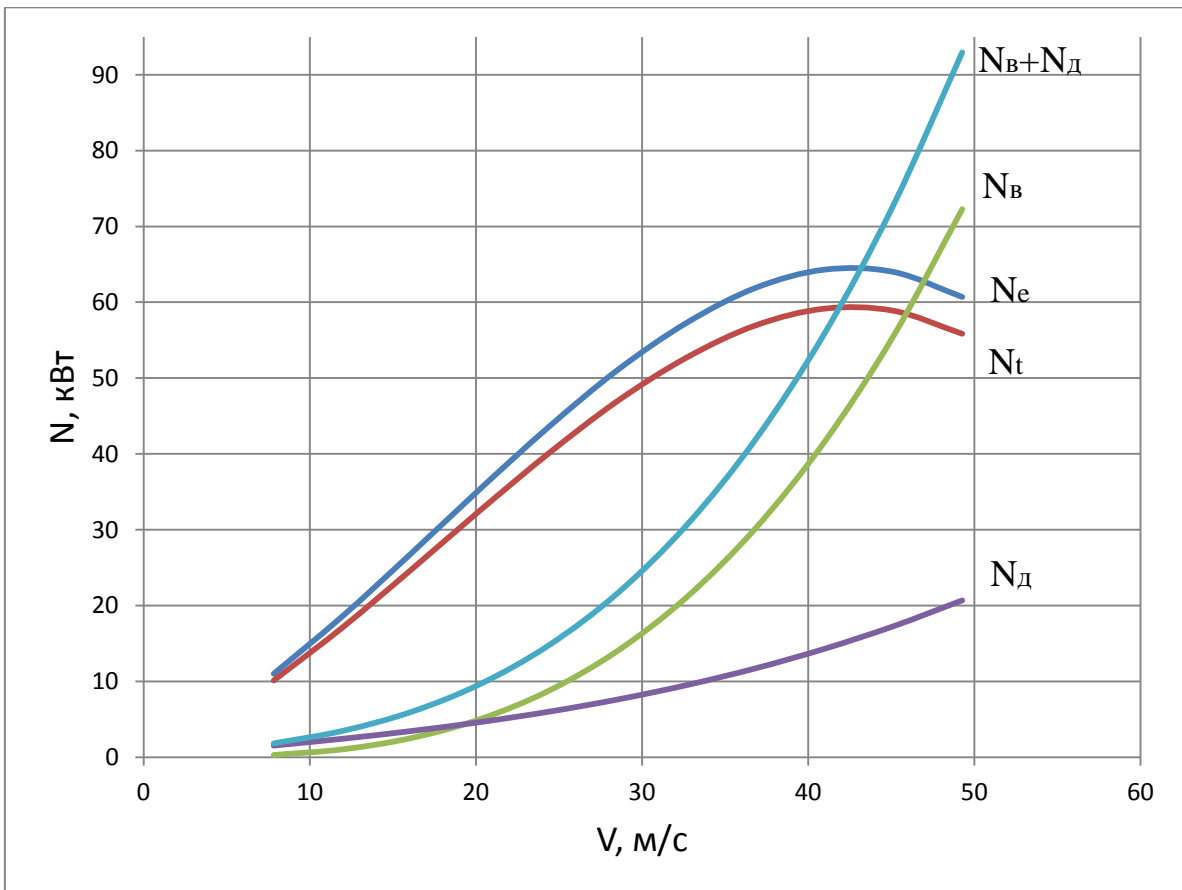


Рисунок А.10 - Мощностной баланс автомобиля на передаче, обеспечивающей  $V_{max}$  автомобиля

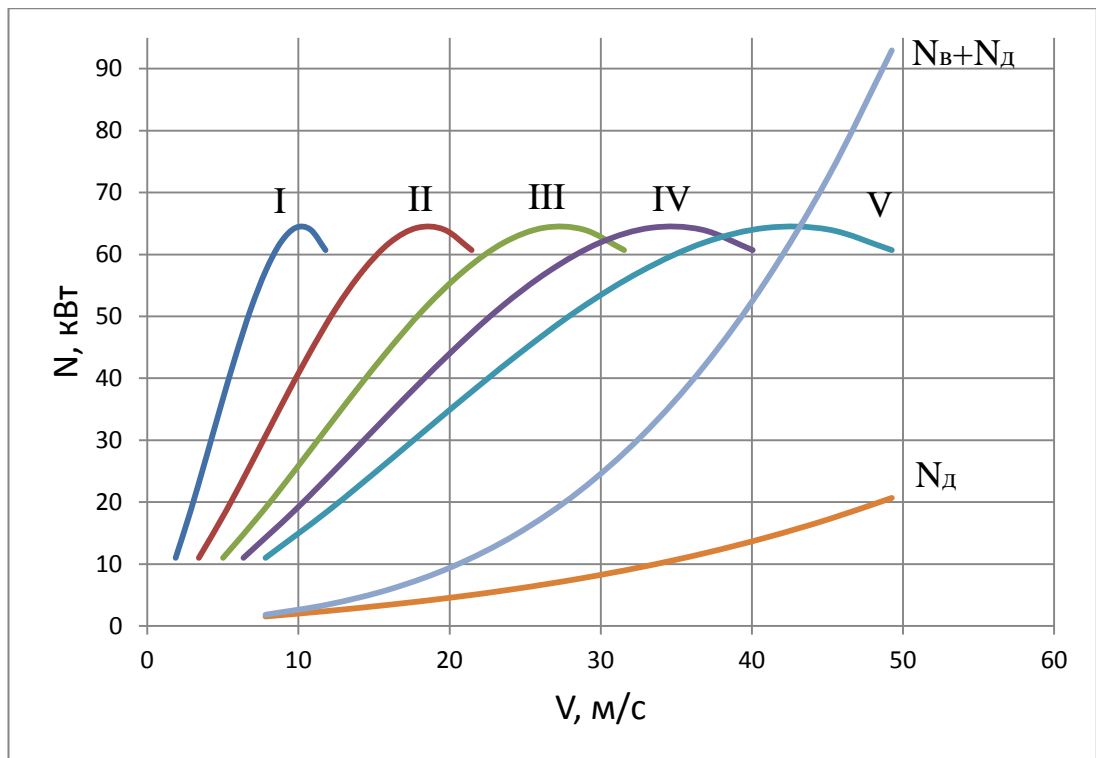


Рисунок А.11 - Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

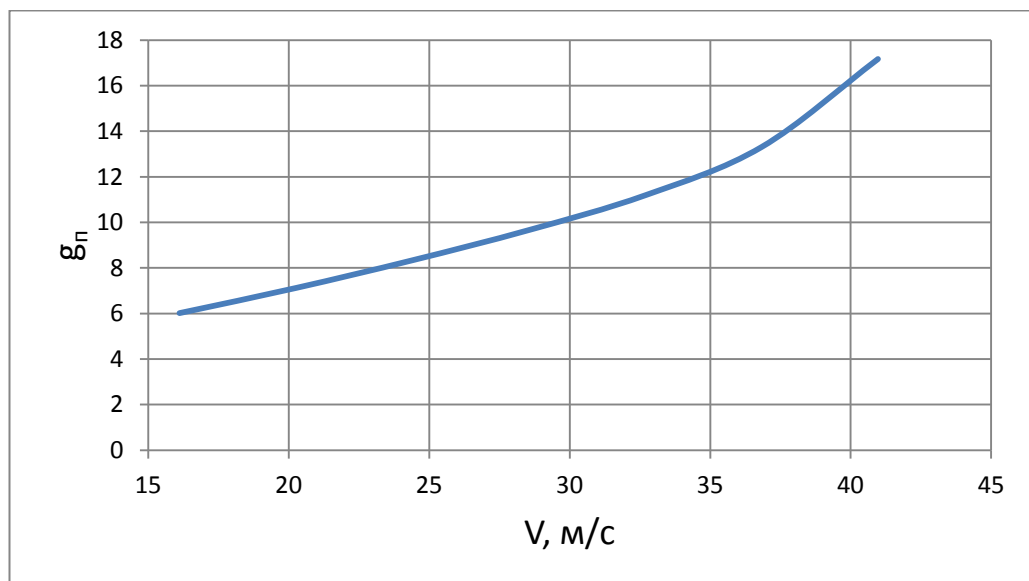


Рисунок А.12 - Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Приложение Б  
 Спецификация

Инв. № подл.	Изм. Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	17.ДП.01.220-1601085	Изм. Лист		
						Лит.	Лист	Листов
Инв. № подл.	Разраб.	Иванов А.Э.			Нажимной диск сцепления в сборе			1
	Пров.	Прокопьев М.В.						
Инв. № подл.	Н.контр.	Егоров А.Г.			ТГУ, ИМ, АТ-1201			
	Утв.	Бодровский А.В.						
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Подп. и дата	Справ. №							
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание	
					<u>Документация</u>			
	A1			17.ДП.01.220-1601085СБ	Сборочный чертеж	1		
	A4			17.ДП.01.220.00.000ПЗ	Пояснительная записка	1		
					<u>Детали</u>			
		1		17.ДП.01.220-11601125	Кожух нажимного диска сцепления	1		
	A1	2		17.ДП.01.220-1601093	Нажимной диск сцепления	1		
	A1	3		17.ДП.01.220-1601115	Диафрагменная пружина	1		
		4		17.ДП.01.220.00.001	Опорное кольцо	1		
		5		17.ДП.01.220.00.002	Тангенциальная пружина	9		
		6		17.ДП.01.220-1601267	Заклепка кожуха нажимного диска сцепления	3		
		7		17.ДП.01.220-1601265	Заклепка нажимного диска сцепления	3		

Копировал

Формат А4

Приложение В

Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
							Изм.	Дата
				<u>Документация</u>				
A1			17.ДП.01.220-1601130СБ	Сборочный чертеж	1			
A4			17.ДП.01.220.00.000ПЗ	Пояснительная записка	1			
				<u>Детали</u>				
A2		1	17.ДП.01.220-1601138	Фрикционная накладка	2			
		2	17.ДП.01.220-1601295	Заклепка фрикционной накладки	12			
A2		3	17.ДП.01.220-1601133	Металлический диск	1			
		4	17.ДП.01.220-1601142	Ступица	1			
		5	17.ДП.01.220-1601149	Пружина пре-дэмпфера	2			
		6	17.ДП.01.220-1601148	Фиксатор пружины пре-дэмпфера	4			
		7	17.ДП.01.220-1601136	Шайба	2			
		8	17.ДП.01.220-1601145	Пластиковая шайба	1			
A2		9	17.ДП.01.220-1601144	Ведомая пластина	1			
		10	17.ДП.01.220-1601150	Внешняя пружина	4			
		11	17.ДП.01.220-1601151	Внутренняя пружина	4			
		12	17.ДП.01.220.01.001	Пластиковая шайба	1			
A2		13	17.ДП.01.220-1601153	Удерживающая пластина	1			
		14	17.ДП.01.220-1601154	Удерживающая пластина	1			
		15	17.ДП.01.220.01.002	Пластиковая шайба	1			
		16	17.ДП.01.220-1601146	Эластичная шайба	1			
		17	17.ДП.01.220.01.003	Зубчатая шайба	1			
		18	17.ДП.01.220-1601147	Эластичная шайба	1			
		19	17.ДП.01.220-1601126	Стойка	1			
				17.ДП.01.220-1601130				
Изм. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Иванов А.Э.						
	Пров.	Прокопьев М.В.				ТГУ, ИМ, АТ-1201		
	Н.контр.	Егоров А.Г.						
	Утв.	Бодровский А.В.						

Копировал

Формат А4