

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

190201.65 «Автомобиле- и тракторостроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобилестроение

(направленность (профиль))

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему **Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация коробки передач**

Студент(ка)	Бобылев В. И. (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	Галиев И.Р. (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	Чумаков Л. Л. (И.Воронов Д. Ю.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	Москалюк А. Н. (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	Воронов Д. Ю. (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Нормоконтроль	Егоров А.Г. (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	_____	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2016

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

_____ А.В. Бобровский

«10» декабря 2015 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Бобылев Вадим Иванович

1. Тема Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация коробки передач

2. Срок сдачи студентом законченного проекта « 01 » июня 2016 г.

3. Исходные данные к дипломному проекту: исходные данные для автомобиля LADA LARGUS. Коэффициент аэродинамического сопротивления 0,39, Площадь миделя автомобиля, (м²). 2,37 Данные по действующей коробке передач модели 2112. Передаточное число ГП 3,706 Передаточное число 1 передачи 3,636 Передаточное число 2 передачи 1,950 Передаточное число 3 передачи 1,357 Передаточное число 4 передачи 0,941 Передаточное число 5 передачи 0,784.

Цель проекта: В дипломном проекте модернизируется коробка передач производства АВТОВАЗа для ее применения на автомобиле LADA LARGUS

4. Содержание дипломного проекта (перечень подлежащих разработке вопросов):

Аннотация

Введение

1. Состояние вопроса

1.1. Назначение агрегата или системы

1.2. Требования, предъявляемые к конструкции агрегата или системы.

1.3. Классификация конструкций агрегата или системы

1.4. Обзор и тенденции развития конструкции агрегата или системы.

1.5. Выбор и обоснование принятого варианта конструкции (предварительное).

2. Защита интеллектуальной собственности

(предусмотрено/не предусмотрено) Руководитель _____

3. Конструкторская часть

3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля

3.2. Выбор компоновочной схемы объекта.

3.3. Кинематические, динамические и др. расчеты.

3.4. Выбор деталей, подлежащих расчету, определение нагрузочных режимов.

3.5. Расчет деталей (на прочность, износостойкость, нагрев и т.п.) и выбор материалов деталей.

3.6. Разработка вспомогательных механизмов (для охлаждения, обогрева, смазки, защиты от загрязнений, сигнализации предельного значения параметра и т.д.).

4. Технологическая /Исследовательская часть

Разработка технологического процесса сборки вторичного вала коробки передач.

5. Анализ экономической эффективности объекта

Расчет параметров экономической эффективности проекта.

6. Безопасность и экологичность объекта

Разработка требований по обеспечению требований по охране труда на сборочном производстве.

Заключение

Список литературы

Приложения: - **Графики тягово-динамического расчета**
- **Спецификации**

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

Автомобиль. Общий вид. 1 лист ф. А1

Графики тягово-динамического расчета 2 лист ф.А1

Сборочные чертежи 3 листа формата А1

Детализация 2 листа формата А1

Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1

Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1

6. Консультанты по разделам

Технологическая /Исследовательская часть _____ / _____ /

Анализ экономической эффективности объекта _____ / _____ /

Безопасность и экологичность объекта _____ / _____ /

7. Дата выдачи задания «10» декабря 2015 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы

И.Р. Галиев

Задание принял к исполнению

В.И. Бобылев

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование
и эксплуатация автомобилей»
А.В. Бобровский
(подпись) (И.О. Фамилия)
«10» декабря 2015г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта

Студента Бобылева Вадима Ивановича
по теме Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация коробки передач

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Состояние вопроса	14.04.2016			
2. Тяговый расчет	14.04.2016			
3. Патентное исследование	20.04.2016			
4. Расчет проектируемого механизма	25.04.2016			
5. Чертежи деталей механизмов и узлов	25.04.2016			
6. Технологическая часть	25.04.2016			
7. Экономическая часть	30.04.2016			
8. Безопасность и экологичность объекта	30.04.2016			
9. Сдача готовых ВКР на предварительную проверку	04.05.2016			
10. Предварительная защита	01.06.2016			

Руководитель дипломного проекта _____
(подпись)

И.Р. Галиев
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

В.И. Бобылев
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Пояснительная записка содержит 94 листа печатного текста, 8 листов приложений (спецификаций и графиков тягового расчета) и 10 листов графического материала с чертежами конструируемого узла (5 листов формата А1), листа автомобиля в сборе (формат А1), листа с графиками тягового расчета (2 листа формата А1), листа технологической части (формат А1) и листа экономической части проекта (формат А1).

В выполненном дипломном проекте проведена модернизация действующей конструкции коробки передач модели 2112 для возможного ее применения на автомобиле LADA LARGUS. Установка модернизированной коробки передач (совместно с двигателем производства «АВТОВАЗ») позволит значительно повысить потребительские свойства автомобиля LADA LARGUS за счет снижения стоимости, так как в настоящее время на этот автомобиль устанавливается коробка передач производства ф. «RENAULT», что приводит к существенному удорожанию автомобиля в целом.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Техничко-экономическое обоснование проекта.....	8
1.1 Назначение коробки передач	8
1.2 Требования предъявляемые к коробкам передач.....	8
1.3 Классификация коробок передач.....	9
1.4 Обзор конструкций коробок передач.....	10
1.5. Модернизация коробки передач	23
2 Защита интеллектуальной собственности	24
3 Конструкторская часть проекта.....	25
3.1 Предварительный тяговый расчет автомобиля	25
3.2 Расчет топливной экономичности с базовой коробкой передач	35
3.3 Проектный тяговый расчет автомобиля.	36
3.4 Расчет топливной экономичности с модернизированной коробкой передач.....	40
3.5. Расчет зубчатого зацепления пятой передачи.....	42
4 Технологическая часть проекта.....	52
4.1 Требования предъявляемые к операциям по сборке	52
4.2 Анализ изменений конструкции приводящих к изменениям технологии сборки.....	54
4.3 Расчет основных параметров сборки вторичного вала	55
4.4 Разработка технологического процесса сборки вторичного вала..	56
5 Безопасность и экологичность проекта	60
5.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций	60
5.2. Опасные и вредные производственные факторы.....	62
5.3 Организаионно-технические мероприятия по созданию безопасных условий труда, подкрепленные инженерными расчетами	64
5.4. Антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности.....	69

5.5 Обеспечение безопасности при эксплуатации объекта.....	71
5.6 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях.....	72
5.7 Выводы по разделу.....	74
6.1 Введение.....	75
6.2. Расчет затрат на производство нового изделия	75
6.3. Расчет точки безубыточности производства нового изделия.....	82
6.4 Расчет коммерческой и общественной эффективности проекта...	84
6.5 Выводы.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Коробка передач в составе автомобиля является одним из важнейших агрегатов. В настоящее время, требования потребителя к автомобилю все более возрастают и касаются не только динамических, тормозных свойств, но и прежде всего комфорта, который обеспечивает автомобиль. К числу наиболее важных характеристик автомобиля современный потребитель относит безопасность, акустический комфорт, надежность. Все эти требования напрямую влияют на процесс проектирования, производства коробок передач. И если несколько десятилетий назад требования к коробкам передач сводились в основном к обеспечению тягово-динамических свойств, то сейчас этого уже не достаточно. К примеру, требования по шуму «излучаемому» коробкой передач становятся все более высокими, требования к качеству переключения передач для механических коробок передач также становятся все более жесткими. При этом потребитель обращает пристальное внимание на цену автомобиля. Все это требует от разработчика коробок передач применять инновационные решения, которые с одной стороны не ведут к существенному подорожанию коробки передач, а с другой стороны значительно улучшают характеристики коробки передач.

В современном автомобилестроении новая модель автомобиля создается на базе отработанной платформы, что еще более разнообразит требования, предъявляемые к коробке передач, а именно требует возможность адаптации от коробки передач под различные характеристики автомобилей. Именно это свойство коробки передач обуславливает ее широкое применение и успех конструкции. В представляемом проекте разрабатывается предложение по применению коробки передач модели ВА3-2180 на автомобиле LARGUS в составе с двигателем ВА3. Это должно дать хороший экономический эффект в сочетании с улучшением других свойств автомобиля.

1 Технико-экономическое обоснование проекта

1.1 Назначение коробки передач

«Коробка передач предназначена для преобразования крутящего момента и частоты вращения, развиваемых коленчатым валом двигателя для получения различных тяговых усилий на ведущих колесах при трогании автомобиля с места и его разгоне, при движении автомобиля и преодолении дородных препятствий» [1].

1.2 Требования предъявляемые к коробкам передач

Основные требования применительно к коробке передач следующие [1]:

1) Обеспечение заданных характеристик тяговых, скоростных и экономических качеств автомобиля путем правильного выбора передаточных чисел коробки передач.

2) Обеспечение конструкцией механизма выбора и переключения передач требуемых усилий и ходов при переключении передач водителем.

3) Обеспечение нейтрального положения, что необходимо для длительного отсоединения двигателя от трансмиссии.

4) Наличие передачи заднего хода.

5) Обеспечение низких уровней шума и вибраций на всех режимах работы коробки передач.

6) Обеспечение ресурса работы в соответствии с техническим заданием на автомобиль.

7) Обеспечение геометрических размеров, позволяющих установить коробку передач на автомобиль.

8) Обеспечение максимального коэфф. Полезного действия в процессе работы на всех режимах.

1.3 Классификация коробок передач

Механические коробки передач по способу изменения передаточного числа подразделяют на:

- ступенчатые;
- бесступенчатые;
- комбинированные.

Ступенчатые КП по числу ступеней переднего хода делятся на:

- 3-х ступенчатые;
- 4-х ступенчатые;
- 5-ти ступенчатые;
- многоступенчатые;

по положению осей:

- коробки передач с неподвижными осями валов;
- с вращающимися осями валов (планетарные);
- комбинированные.

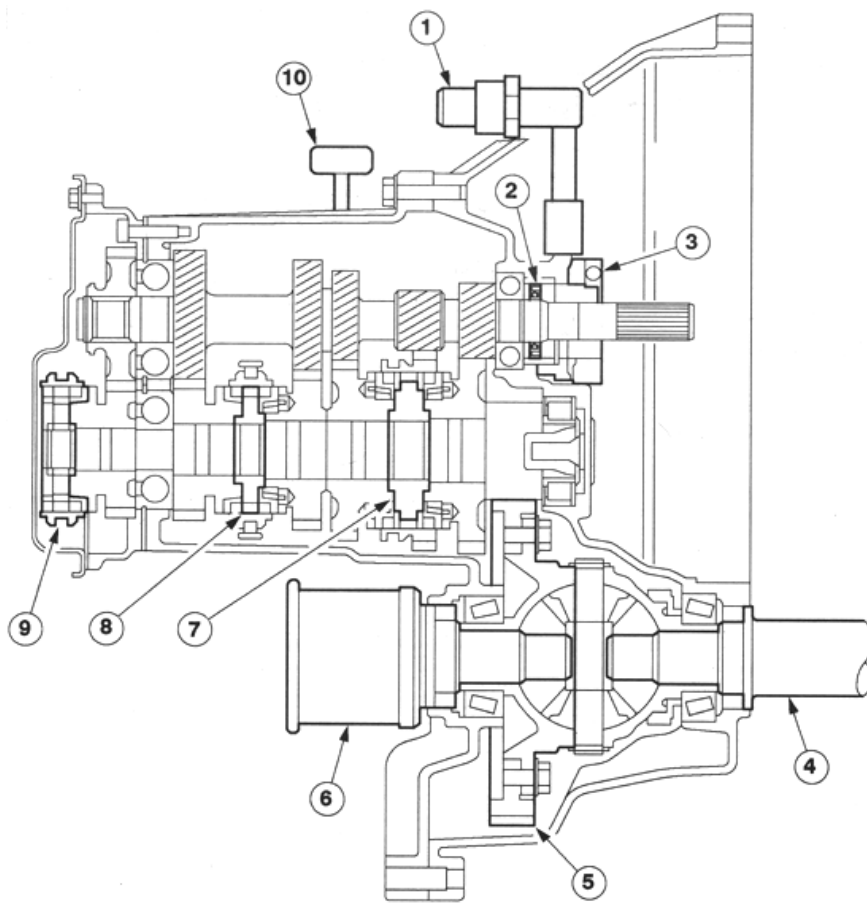
Коробки передач с неподвижными осями валов подразделяют на:

- 2-х вальные;
- 3-х вальные;
- многовальные.

1.4 Обзор конструкций коробок передач

Рассмотрим несколько наиболее типичных конструкций коробок передач.

Механическая двухвальная пятиступенчатая коробка передач, устанавливаемая на автомобиль Ford Focus. На рисунке 1.1 представлен вид коробки передач в разрезе.

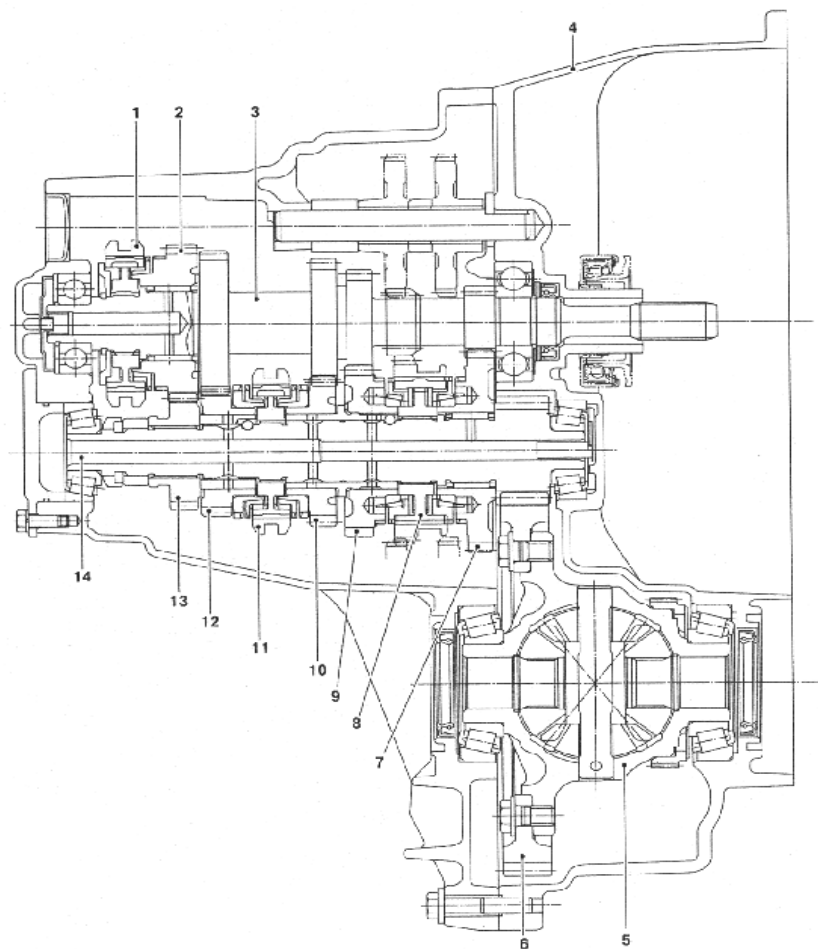


1 – штуцер гидропривода сцепления; 2 – сальник первичного вала; 3 - рабочий цилиндр гидропривода сцепления с подшипником выключения сцепления в сборе; 4 - промежуточный вал левого привода ведущего колеса; 5 – ведомая шестерня главной передачи; 6 - корпус ШРУСа (типа трипод); 7 - синхронизатор 1-2 -ой передач; 8 - синхронизатор 3-4 - ой передач; 9 - синхронизатор 5-ой передачи; 10 - сапун коробки передач.

Рисунок 1.1- Коробка передач IB5

Коробка передач выполнена по классической двухвальной схеме с синхронизаторами расположенными на вторичном валу. Передача заднего хода включается введением прямозубой шестерни в зацепление с зубчатым венцом муфты синхронизатора и зубчатым венцом первичного вала. Первичный вал устанавливается на шариковых подшипниках в картер сцепления (передняя опора) и картер коробки передач (задняя опора). Вторичный вал также устанавливается в картер сцепления (передняя опора – роликовый подшипник) и в картер коробки передач (задняя опора – шариковый подшипник). В коробку передач устанавливается концентрический рабочий цилиндр гидропривода сцепления. В рассматриваемую механическую коробку передач IV5 заливается 2,5 л синтетического трансмиссионного масла марки WSD-M2C200-C. При этом замена масла в процессе эксплуатации не предусмотрена.

Рассмотрим следующую конструкцию двухвальной коробки передач выполненную с рядом особенностей рисунок 1.2.



1 - синхронизатор 5-й передачи; 2 - шестерня первичного вала 5-й передачи; 3 - первичный вал; 4 – картер сцепления; 5 – дифференциал в сборе; 6 – ведомая шестерня главной передачи; 7 – шестерня 1-ой передачи вторичного вала; 8 - синхронизатор 1-й и 2-й передач; 9 - шестерня 2-й передачи вторичного вала; 10 - шестерня 3-й передачи вторичного вала; 11 - синхронизатор 3-й и 4-й передач; 12 - шестерня 4-й передачи вторичного вала; 13 - шестерня 5-й передачи вторичного вала; 14 - вторичный вал.

Рисунок 1.2- Коробка передач автомобиля Nissan Almera

В сравнении с предыдущей конструкцией коробки передач, здесь присутствует ряд новшеств. Синхронизатор включения пятой передачи установлен на первичном валу соответственно шестерня пятой передачи вторичного вала установлена на вторичный вал при помощи шлицевого соединения. Вторичный вал в качестве опор имеет конические подшипники, что с одной стороны усложняет процесс сборки коробки передач, но с другой стороны существенно повышает несущую способность вторичного вала, а также исключает осевые перемещения вторичного вала в процессе работы, что в свою очередь ведет к снижению уровня шума при работе коробки передач. Для выключения сцепления применена стандартная муфта выключения сцепления для механического привода сцепления. Передача заднего хода, также как и в предыдущей конструкции не синхронизирована, а это значит, что ее включение возможно только на остановившемся автомобиле. Применяемое синтетическое трансмиссионное масло заливается на весь срок эксплуатации автомобиля.

На рисунке 1.3 представлена конструкция двухвальной коробки передач автомобиля ПЕЖО. Данная конструкция представляет интерес в сравнении с предыдущими, представленными на рисунке 1.1 и 1.2. Особенностью данной конструкции является размещение синхронизатора 3-4 передач и синхронизатора 5 передачи на первичном валу коробки передач. Такое решение позволяет повысить жесткость вторичного вала, а также снизить нагруженность синхронизаторов 3, 4 и 5 передач. В остальном, примененные технические решения

соответствуют большинству двухвальных коробок передач для легковых автомобилей.

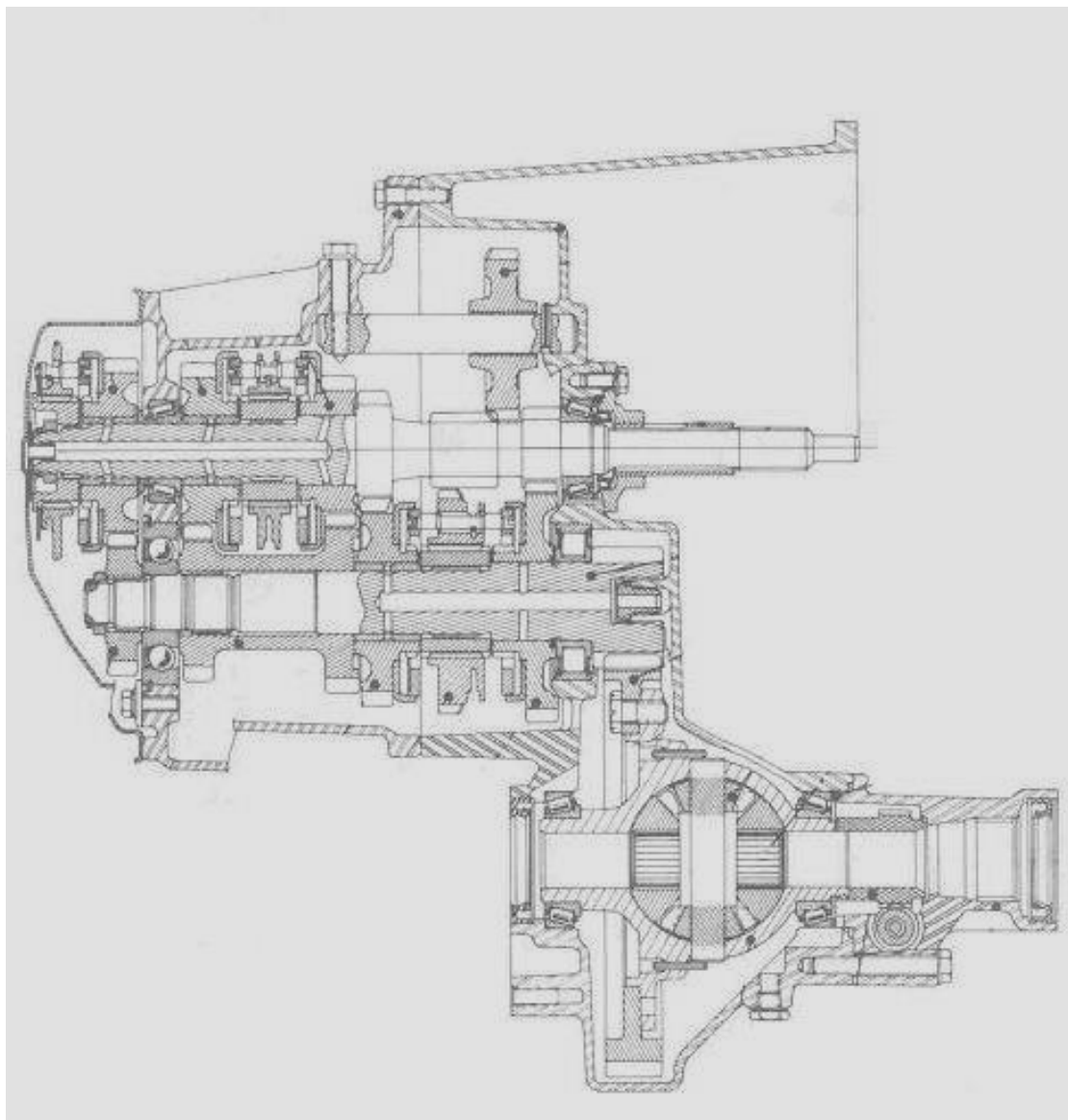
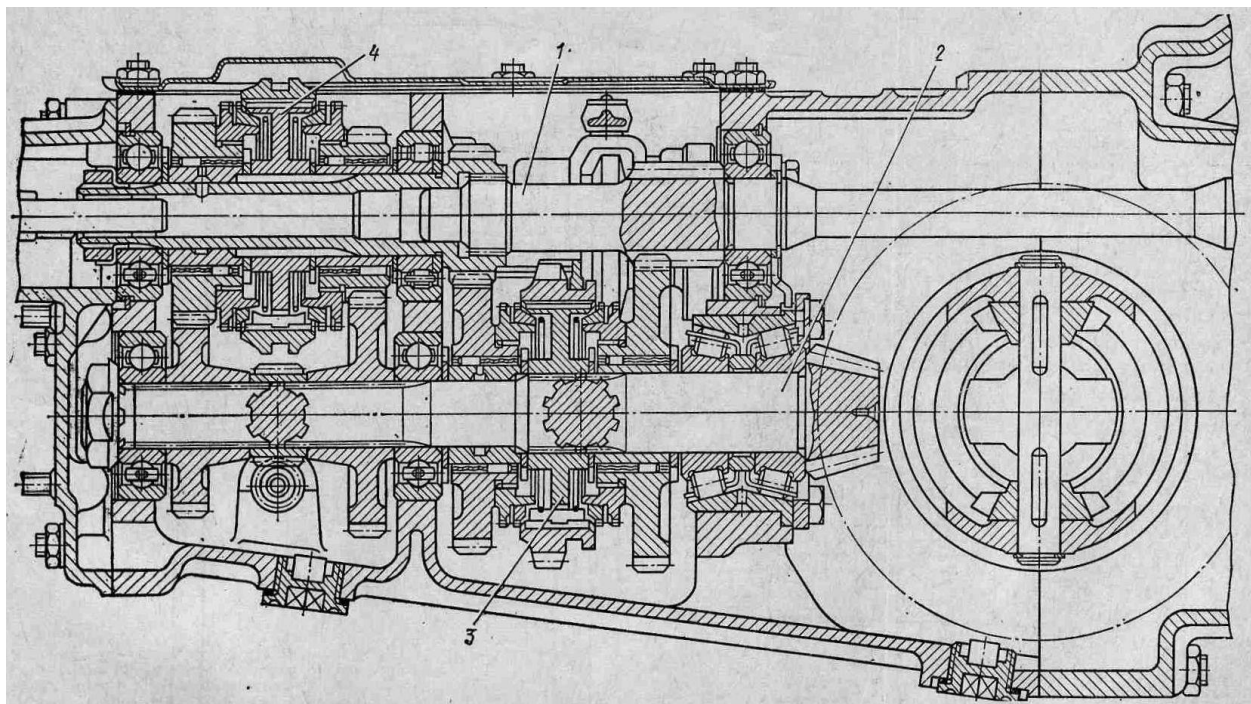


Рисунок 1.3- Коробка передач автомобиля PEGEOT.

Предыдущие конструкции (рисунок 1.1, 1.2, и 1.3) разработаны для применения на автомобилях с поперечным расположением двигателя. Именно переход на поперечное расположение двигателя стал значительным этапом в мировом автомобилестроении применительно для легковых автомобилей. Такое решение позволило значительно снизить массу автомобиля (до 10%), увеличить КПД трансмиссии, а следовательно улучшить и потребительские свойства автомобиля касающиеся стоимости эксплуатации и т.д. На рисунке 1.4 представлена конструкция двухвальной коробки передач под продольное расположение

двигателя. Данная конструкция является попыткой реализовать привод передних колес при продольном расположении двигателя.



1 и 2 – первичный и вторичный валы; 3 и 4 – синхронизаторы.

Рисунок 1.4- Двухвальная коробка передач легкового автомобиля для конструкции с продольным расположением двигателя.

Особенностью конструкции коробки передач рисунок 1.4 является применение конической зубчатой передачи для главной передачи, что потребовало применения достаточно сложной конструкции вторичного вала (трехопорный вал) с применением конических подшипников. Конические подшипники применены для повышения несущей способности опор вторичного вала, так как коническая передача создает значительные осевые нагрузки, что и потребовало применить конические подшипники. Также к недостаткам коробки передач следует отнести наличие только четырех передач, что отрицательно сказывается на топливной экономичности автомобиля, а также высокий уровень шума обусловленный применением конической передачи. Данные недостатки не позволили распространить подобные конструкции коробок передач на легковых современных автомобилях.

Рассмотрим одну из конструкций трехвальной коробки передач. В настоящий момент трехвальные коробки передач находят применение чаще всего в легковых автомобилях с колесной формулой 4x4. Это связано с тем, что они имеют значительные недостатки перед двухвальными коробками передач и самый основной недостаток – это практическая невозможность применить их для переднеприводных автомобилей. Именно этим и объясняется то, что с переходом на переднеприводную компоновку легковых автомобилей, популярность трехвальных коробок передач резко снизилась. Однако в полноприводных трансмиссиях данный тип коробок передач востребован в настоящее время и видимо будет востребован в ближайшем будущем.

На рисунке 1.5 представлена кинематическая схема коробки передач автомобиля ВАЗ-2105.

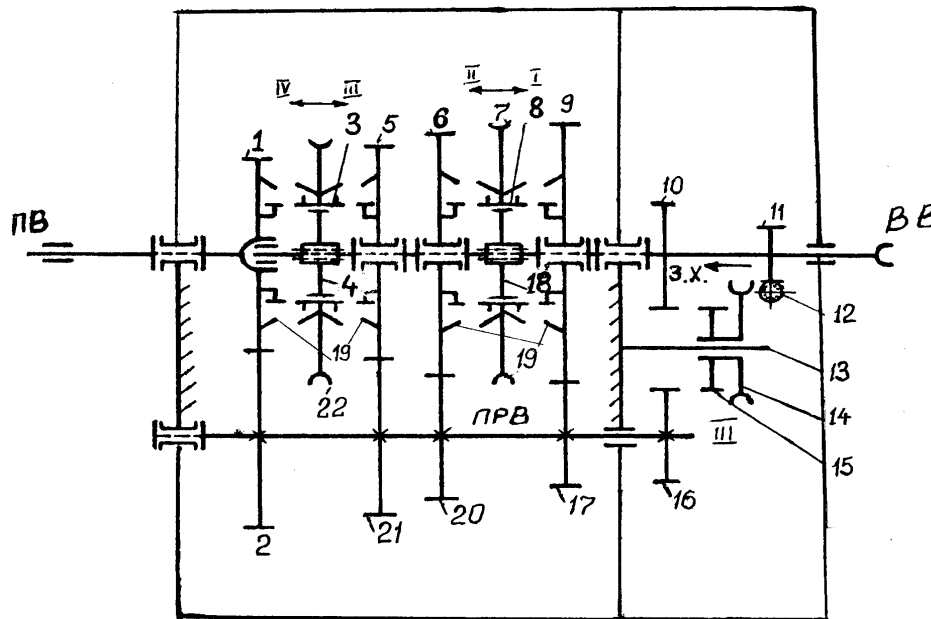


Рисунок 1.5- Кинематическая схема коробки передач ВАЗ-2105

Первичный и вторичный валы расположены соосно, при этом передняя опора вторичного вала находится в первичном валу. Такое решение при блокировке первичного и вторичного валов обеспечивает включение «прямой» передачи. Трансформация крутящего момента при движении на передачах прямого хода осуществляется через два зубчатых зацепления. Первое зубчатое зацепление передает крутящий момент с первичного вала на промежуточный вал через

зубчатое зацепление постоянного зацепления. Далее с промежуточного вала крутящий момент передается на вторичный вал. Именно двухступенчатое формирование передаточного числа в коробках передач трехвального типа является их одним из основных преимуществ. Данное техническое решение позволяет сформировать высокие значения передаточных чисел для низшей передачи. Синхронизаторы чаще всего располагаются на вторичном валу, что обеспечивает достаточно простую конструкцию привода переключения передач, так как механизм переключения в этом случае располагается в верхней части коробки передач непосредственно над синхронизаторами. Также к достоинствам данного типа коробок передач следует отнести отсутствие главной передачи с дифференциалом. Применение дифференциала и синхронизаторов в одной коробке передач существенно повышает требования к применяемым трансмиссионным маслам, так как для обеспечения работоспособности синхронизаторов необходимо масло с относительно малым удельным давлением на разрыв масляной пленки, что является неприемлемым для тяжелонагруженных деталей главной передачи и дифференциала.

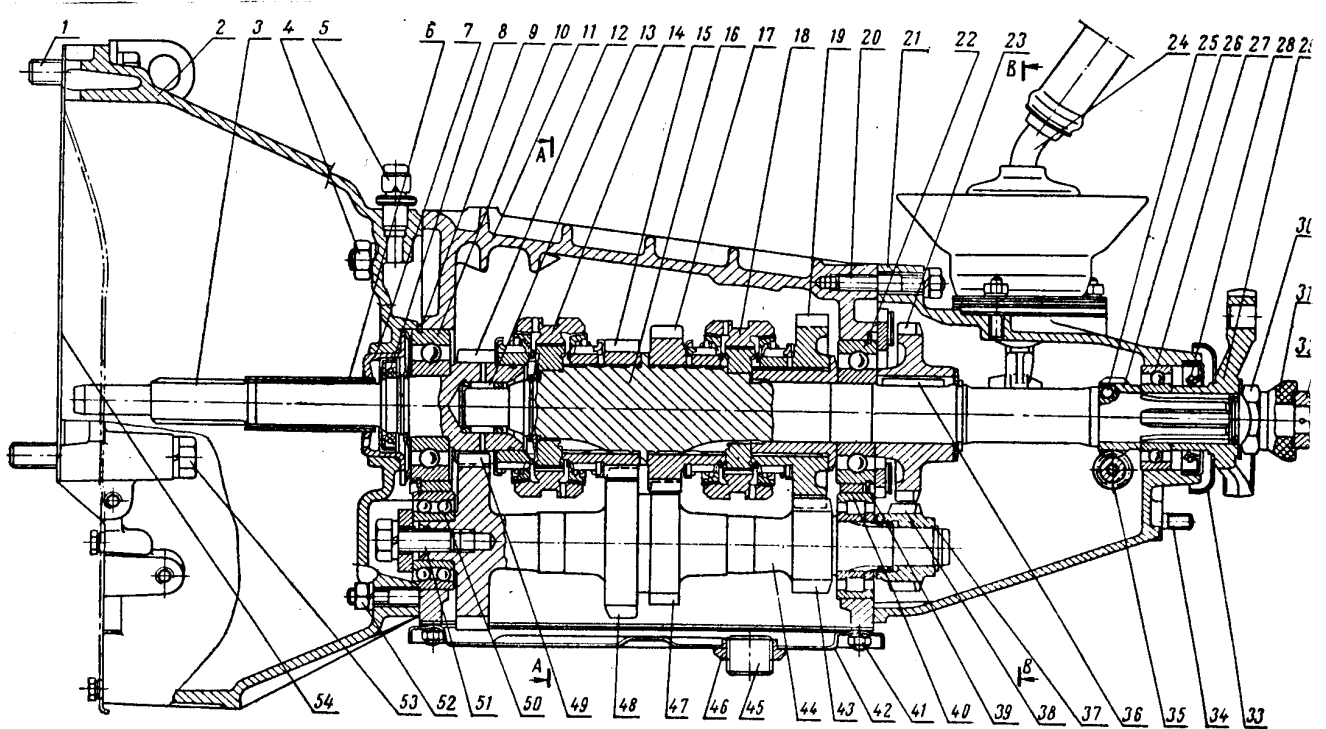


Рисунок 1.6- Коробка передач автомобиля ВАЗ-2105.

Более подробная конструкция коробки передач автомобиля ВАЗ-2105 представлена на рисунке 1.6

Рассмотрим следующий еще один тип коробок передач – коробки передач с двойным сцеплением. Данная конструкция – это попытка осуществлять переключение передач без разрыва потока мощности на механических коробках передач. Для осуществления этого в конструкцию было введено второе сцепление, а также второй вторичный вал.

Ввиду высокой технической сложности производителей двойного сцепления не так много, в том числе:

- BorgWarner («мокрое» сцепление для Volkswagen);
- Getrag (коробки передач с двойным сцеплением для BMW, Chrysler, Dodge, Ferrari, Ford, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Renault, Volvo);
- Luk («сухое» сцепление для Volkswagen);
- Ricardo (коробка передач для BugattiVeyron);
- ZF (коробка передач для Porsche).

Первый серийный вариант данной коробки передач в производстве освоила ф. VW, которая в 2003 году представил первое поколение DSG 02E на модели автомобиля Golf R32. Первое поколение DSG было спроектировано для передачи максимального крутящего момента в 350 Нм. При этом масса составила 94 кг. DSG 02E устанавливалась на следующие автомобили: Audi A3, Audi TT, Volkswagen Golf V GTI, VWPassat B6, VWJetta V, VWGolf R32. Конструктивно коробка передач имеет два первичных вала и три вторичных. На перв. вал №1 установлены две шестерни: ведущая шестерня 2-й передачи и ведущая шестерня 4-й и 6-й передачи. На второй первичный вал №2 установлены три шестерни: ведущие шестерни 3-й и 5-й передачи, а также ведущая шестерня для 1-й передачи и передачи з.х. На рисунке 1.7 показана структурная схема данной коробки передач в составе автомобиля.

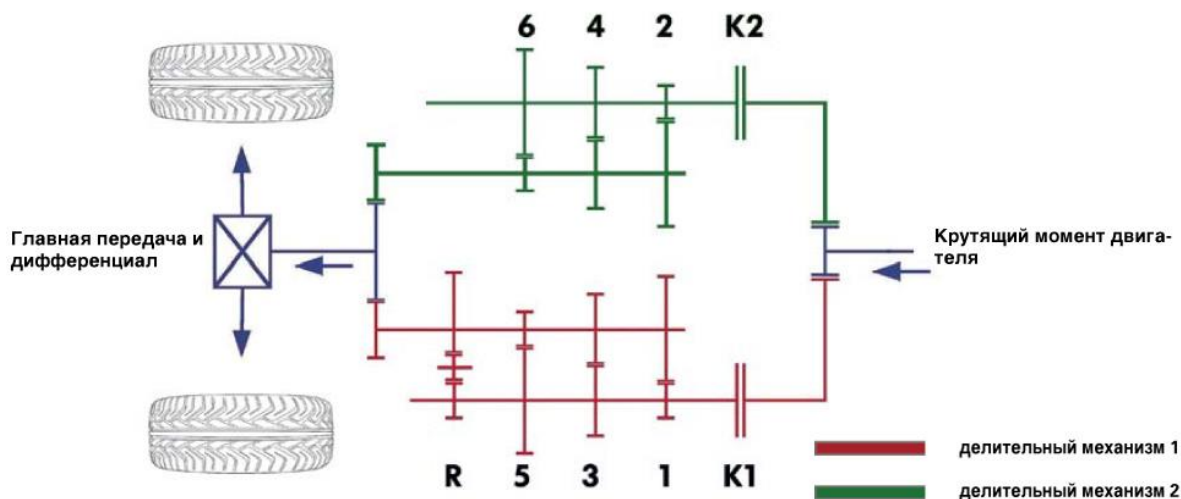


Рисунок 1.7- Структурная схема коробки передач с двойным сцеплением

Подобная коробка передач со сдвоенным сцеплением включает в себя два несвязанных с собой ряда передаточных чисел (параллельных ряда передаточных чисел) в виде делительного механизма №1 и делительного механизма №2..

Каждый делительный механизм имеет свое управляющее им сцепление:

- делительный механизм 1 К1
- делительный механизм 2 К2

При этом, первый механизм включает только нечетные передачи (1, 3, 5), а второй механизм включает только четные передачи (2, 4, 6).

Более подробно кинематическая схема взаимодействия сцеплений и делительных механизмов показана на следующем рисунке 1.8.

Принцип работы такой коробки передач основан на следующем: при переключении с 1 передачи на 2 передачу (для примера, переключения между другими передачами осуществляются аналогично) в начальный момент времени передача крутящего момента выполняется через сцепление №1 и делительный механизм №2. Второй делительный механизм включает вторую передачу, но так как сцепление №2 не передает крутящий момент в это время, то это включение проходит без затруднений. В следующий момент времени происходит одновременное выключение сцепления №1 и включение сцепления №2, что обеспечивает передачу крутящего момента на ведущие колеса без разрыва потока мощности. После полного выключения сцепления №1 и полного включе-

ния сцепления №2 передача крутящего момента на ведущие колеса автомобиля осуществляется только через сцепление №2 и делительный механизм №2. Переключения остальных передач осуществляется по такому же принципу.

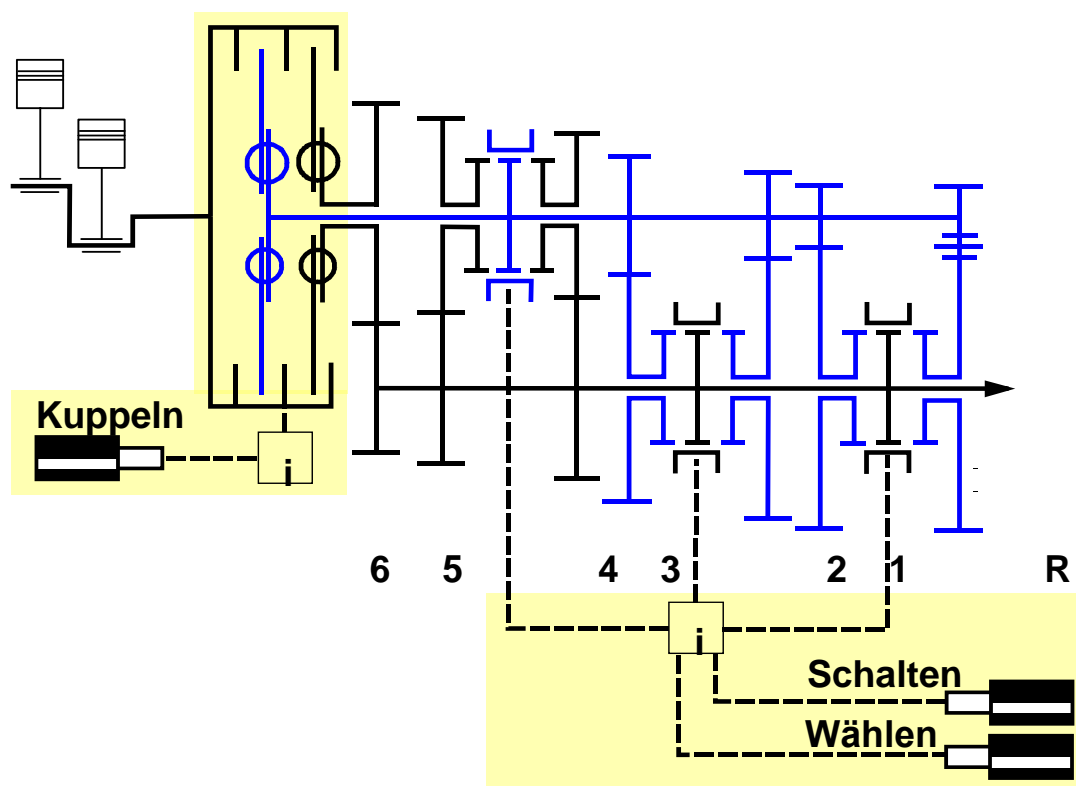


Рисунок 1.8-Кинематическая схема коробки передач с двойным сцеплением

Недостаток данной системы следует из ее конструктивных особенностей и заключается в невозможности переключать передачи избирательно, то есть передачи всегда переключаются строго последовательно. Управление данной системой выполняет специальный электронный контроллер. За счёт быстрого по времени переключения передач (без разрыва потока мощности) шестиступенчатая коробка передач с двойным сцеплением позволяет автомобилю иметь более высокую динамику разгона в сравнении с обычной механической коробкой передач. В это же время она предоставляет комфорт стандартной автоматической коробки передач, имея и преимущества относительно автоматической коробки передач в виде более высокого КПД при передаче мощности на ведущие колеса. Кроме этого, система управления способна обеспечить неко-

торое снижение расхода топлива за счет специального режима движения (к примеру – экономичный режим движения, задаваемый водителем автомобиля).

На рисунке 1.9 показана коробка передач с двойным сцеплением в разрезе.

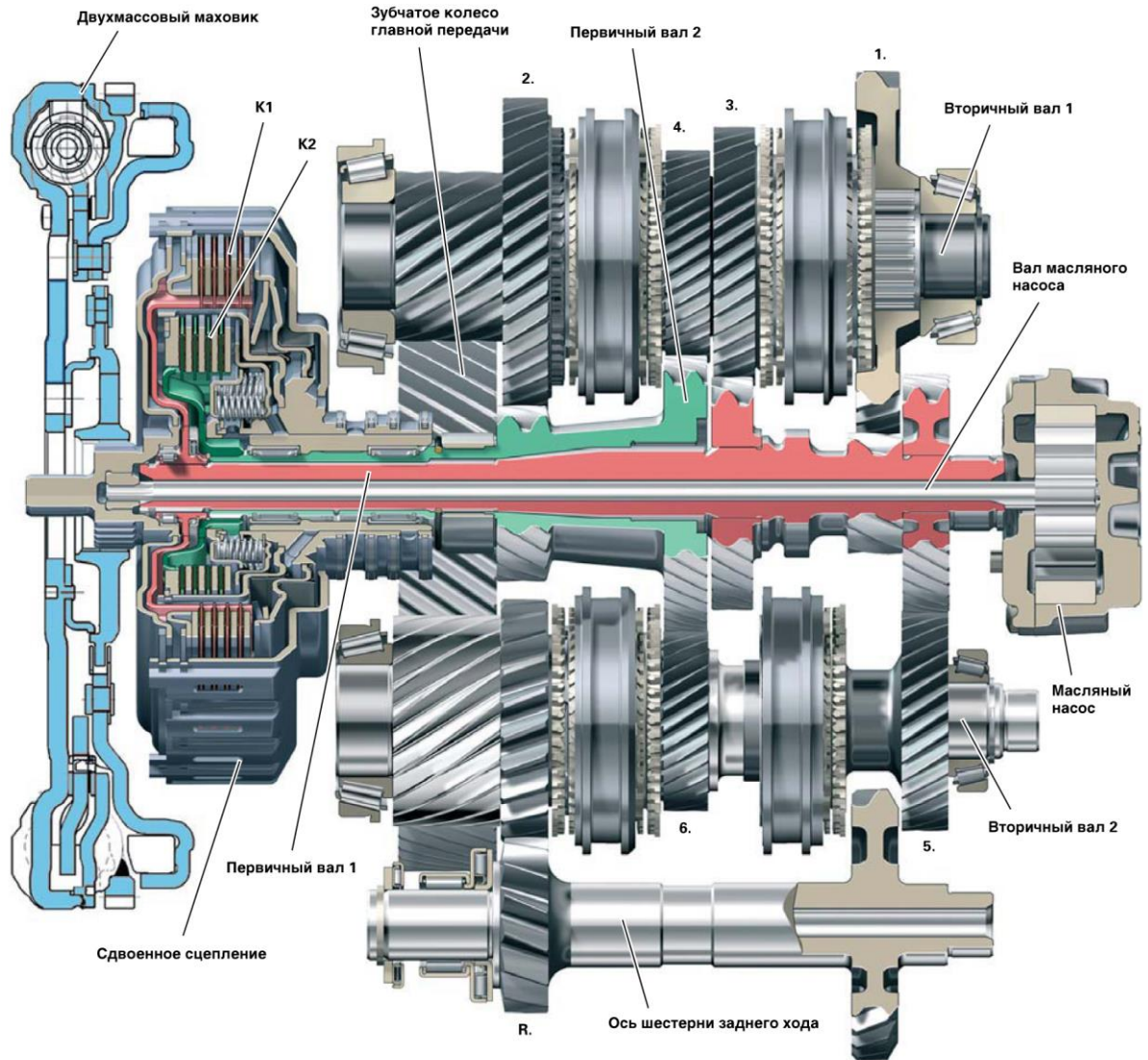
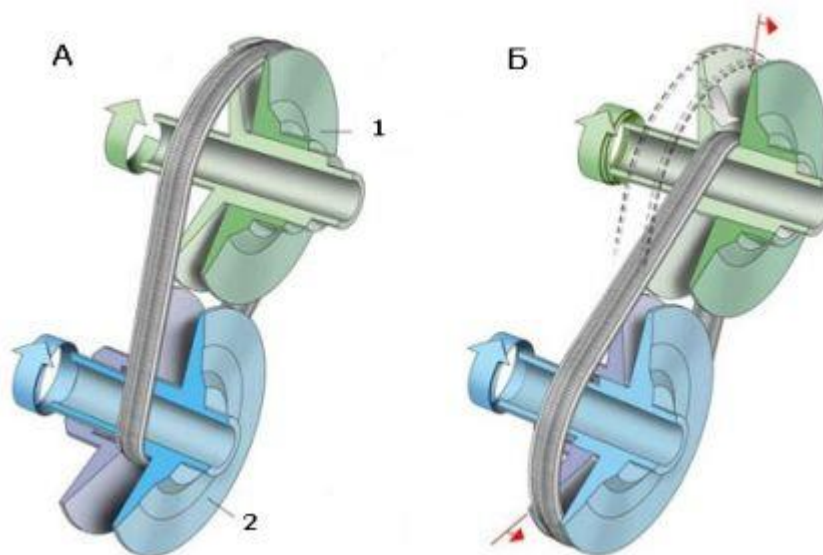


Рисунок 1.9 Коробка передач с двойным сцеплением

К ряду автоматических коробок передач также относится КП типа «CVT». Основным преимуществом данного типа КП является бесступенчатое изменение передаточного числа коробки передач (при сравнении со стандартной КП). Это дает возможность получить лучшие динамические качества автомобиля, из-за лучшего (наиболее полного) использования мощности д.в.с. при разгоне автомобиля. При этом разгон автомобиля осуществляется в 2 этапа (с точки зрения совместной работы двигателя и трансмиссии). На первом этапе

происходит разгон автомобиля за счет увеличения оборотов двигателя при максимальном передаточном числе трансмиссии, после этого на втором этапе, обороты двигателя остаются неизменными (как правило это обороты максимальной мощности двигателя), а разгон происходит за счет уменьшения передаточного числа трансмиссии. Соответственно, чем выше диапазон бесступенчатого регулирования передаточного числа, тем выше динамические и экономические свойства автомобиля. Экономические свойства обеспечиваются за счет работы двигателя в зоне минимальных удельных расходов топлива (обычно это диапазон 2000-3000 об/мин.), а изменение скорости автомобиля происходит за счет изменения передаточного числа трансмиссии.

На рисунке 1.10 показана принципиальная схема работы коробки передач типа «CVT».



А – min. передаточное число, Б – max передаточное число, 1 – ведущий шкив, 2 – ведомый шкив.

Рисунок 1.10- Принцип работы коробки передач типа «CVT»

Общий диапазон бесступенчатого регулирования передаточного числа «CVT» вычисляется как отношение максимального передаточного числа к минимальному передаточному числу. В современных конструкциях коробок передач общий диапазон составляет более 6 единиц.

Следующий тип трансмиссий, который получает все большее распространение – это гибридные трансмиссии. Автомобильная гибридная система имеет два источника создающих движущую силу на ведущих колесах автомобиля. В настоящее время наиболее распространенным сочетанием является – двигатель внутреннего сгорания и электродвигатель. Особенностью является возможность совместной работы (одновременно) как д.в.с так и электродвигателя. Задача такого сочетания – использовать преимущества каждого типа двигателей. Для д.в.с. преимуществом является запас хода, который обеспечивает запас топлива на борту автомобиля, а для электродвигателя преимуществом является – характеристика крутящего момента. Сочетание этих двух источников позволяет достичь существенных преимуществ перед традиционной схемой – одним д.в.с.

На рисунке 1.11 показана гибридная трансмиссия.

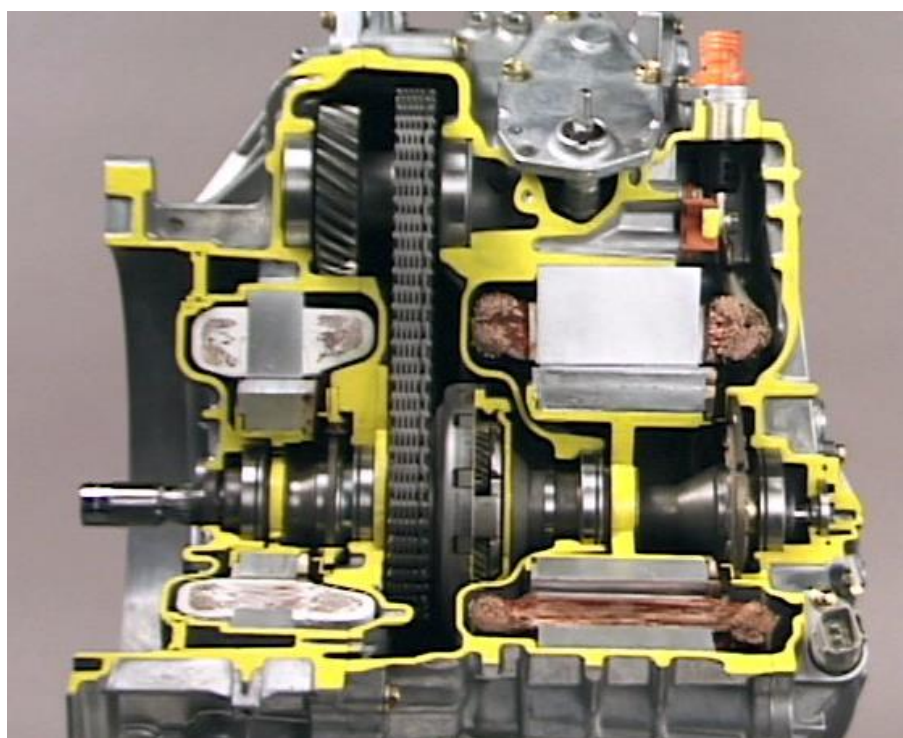


Рисунок 1.11- Гибридная трансмиссия в разрезе

По прогнозам, именно такой тип трансмиссий получит наибольшее развитие в будущем автомобилестроения.

1.5. Модернизация коробки передач

В настоящее время на АВТОВАЗе производится автомобиль LADA LARGUS. Данный автомобиль производится в нескольких комплектациях двигателями, среди которых, два двигателя производства компании RENAULT. Также есть данные, что АВТОВАЗ планирует применить на автомобиле LADA LARGUS двигатель производства АВТОВАЗа модели 21126. Данное решение связано с желанием снизить стоимость автомобиля в текущей экономической ситуации. При сравнении основных характеристик моторов можно видеть, что мотор 21126 имеет практически одинаковые данные с ныне применяемым мотором РЕНО. Моментные характеристики моторов 21126 1,6 л., 16 клапанов ($M_{max}=145$ Нм) и мотора, которым комплектуется автомобиль LADA LARGUS 1,6 л, 16 клапанов, мотор РЕНО, ($M_{max}=144$ Нм), практически одинаковы.

В соответствии с этим в представляемом проекте ставится цель по адаптации также и коробки передач под данные автомобиля LADA LARGUS и мотора производства АВТОВАЗ модели 21126.

Главной задачей в этом случае будет являться оптимизация передаточных чисел модернизируемой коробки передач для достижения автомобилем оптимальных тагово-скоростных и топливо-экономических свойств.

Таким образом, применение действующего силового агрегата автомобиля LADA-PRIORA позволит значительно снизить стоимость для потребителя нового автомобиля на платформе LADA LARGUS.

2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрено.

3 Конструкторская часть проекта

3.1 Предварительный тяговый расчет автомобиля

Расчет выполняется в соответствии с учебным пособием [11].

Исходные данные для автомобиля LADA LARGUS.

Масса в снаряженном состоянии, кг.	1275
Коэффициент аэродинамического сопротивления	0,39
Площадь миделя автомобиля, (м ²).	2,37
Размерность шин.	185/65R15

Данные по двигателю модели ВАЗ-21126.

Рабочий объём двигателя, (куб. см).	1596
Номинальная мощность, КВт / (об. мин.)	74/5600
Диапазон оборотов двигателя, об/мин.	1000-6000
Крутящий момент (максимальный) Нм / (об. в мин.)	145/4000

Данные по действующей коробке передач модели 2112.

Передаточное число ГП	3,706
Передаточное число 1 передачи	3,636
Передаточное число 2 передачи	1,950
Передаточное число 3 передачи	1,357
Передаточное число 4 передачи	0,941
Передаточное число 5 передачи	0,784

3.1.1 Определение полной массы автомобиля

Расчет тяговых и топливо-экономических свойств автомобиля выполняется для величины полной массы автомобиля. Вследствие этого выполним расчет:

$$m_a = m_0 + 5 \cdot m_{\text{п}} + 5 \cdot m_{\text{б}} \quad (3.1)$$

где $m_{п} = 75$ кг (масса пассажира), $m_{б} = 10$ (масса багажа).

$$m_a = 1275 + 5 \cdot 75 + 5 \cdot 10 = 1675 \text{ (кг)}$$

Дальнейший расчет выполним для полной массы 1705 кг (данная масса указана в инструкции по эксплуатации автомобиля).

Выполним расчет масс приходящихся на переднюю и заднюю оси автомобиля, коэф. Распределения масс принимаем для переднеприводного автомобиля для полной загрузки.

для передней оси, масса:

$$m_1 = 0,50 \cdot m = 0,50 \cdot 1705 = 852,5 \text{ (кг)} \quad (3.2)$$

для задней оси, масса:

$$m_2 = 0,50 \cdot m = 0,50 \cdot 1705 = 852,5 \text{ (кг)} \quad (3.3)$$

Сила, действующая на одно колесо:

$$F_{k1} = F_{k2} = m_1 \cdot g / 2 = 852,5 \cdot 9,81 / 2 = 4180 \text{ (Н)} \quad (3.4)$$

3.1.2 Определение радиуса качения колеса

Радиус качения колеса:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (3.5)$$

где d – посадочный диаметр шины, $\lambda_z = 0,7$ – коэф. вертикальной деформации шины, H – высота профиля шины.

$$r_k = 0,5 \cdot 15 \cdot 0,0254 + 0,75 \cdot 0,65 \cdot 0,185 = 0,281 \text{ (м)}$$

3.1.3 Механический КПД трансмиссии

Коэф. Полезного действия трансмиссии важный параметр, влияющий как на динамические, так и на топливо-экономические свойства автомобиля. Для выполнения данного расчета используем следующую зависимости, позволяющую приблизительно оценить величину КПД.

$$\eta_{тр} = 0,98^k \cdot 0,97^l \cdot 0,98^m \quad (3.6)$$

где k – число цилиндрических пар (для переднеприводной коробки передач – два цилиндрических зацепления для всех передач переднего хода), l – число конических пар (для трансмиссии рассматриваемого автомобиля данный тип зубчатых зацеплений - отсутствует), m – число шарниров в системе привода ведущих колес (для переднеприводного автомобиля – два шарнира, внутренний и наружный шарниры вала привода ведущего колеса).

$$\eta_{\text{тр}} = 0,98^2 \cdot 0,98^2 = 0,922.$$

3.1.4 Коэф. сопротивления качению и коэф. сцепления шин с дорогой

При малой скорости автомобиля (до 10–15 м\с) коэффициент сопротивления качению « f » можно считать постоянным. При возрастании скорости, коэф. Сопротивления увеличивается, что учитывается в следующей эмпирической зависимости.

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V^2}{2000} \right) \quad (3.7)$$

где $f_0 = 0,012$ – коэф. сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью, (см.исходные данные).

Коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой принимаем стандартным, (коэф. Трения шины по асфальту) - $\varphi = 0,8$.

3.1.5 «ВСХ» двигателя

Характеристику ВСХ двигателя берем из данных полученных в ходе прохождения преддипломной практики на АВТОВАЗе. Данные относятся к ВСХ рассматриваемого двигателя мод. 21126 и являются результатом замеров на стенде, чем объясняется внешняя «несглаженность» характеристики таблица 3.1.

Таблица 3.1

ω_e , об/мин.	Эффективный кру- тящий момент, Нм.	Эффективная мощность, кВт.
1000	98,5	10,1
1500	113,0	18,2
2000	125,5	26,9
2500	132,3	35,2
3000	135,4	41,5
3500	143,5	52,1
4000	145,0	60,9
4500	144,5	69,2
5000	140,1	73,0
5600	127,3	74,0
6000	117,9	73,9

Внешняя скоростная характеристика двигателя
 N_e (кВт) M_e (Нм)

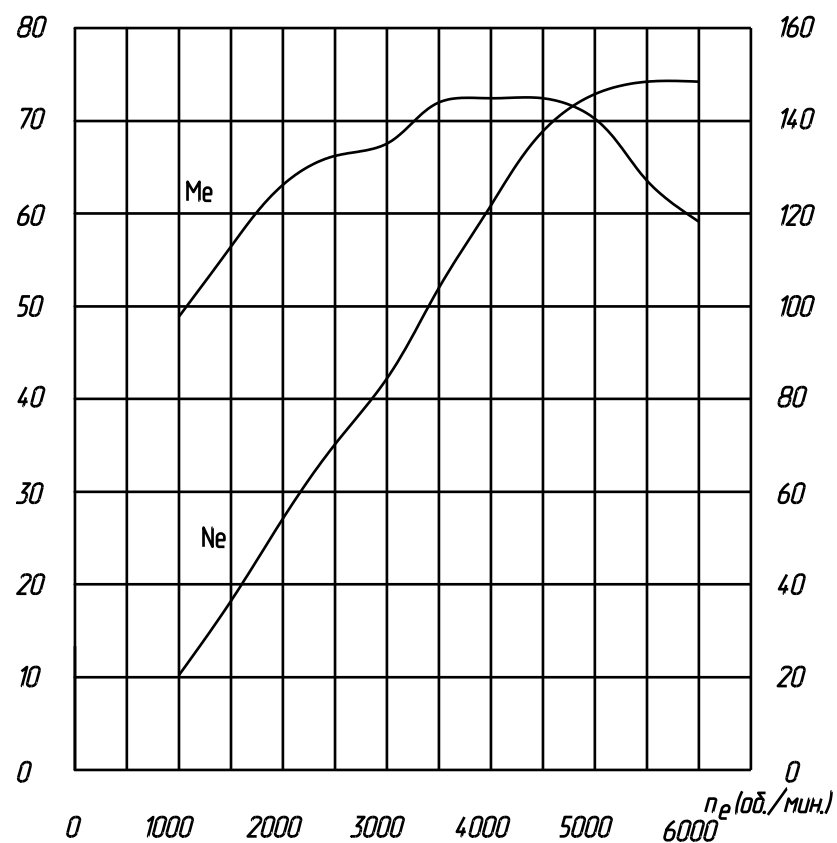


Рисунок 3.1- Внешняя скоростная характеристика двигателя

3.1.6 Передаточное число главной передачи

По исходным данным, принимаем значение главной передачи $U_0 = 3,706$.

3.1.7 Передаточные числа коробки передач

По исходным данным, принимаем следующие значения передаточных чисел КП:

$$U_1 = 3,636; U_2 = 1,950; U_3 = 1,357; U_4 = 0,941; U_5 = 0,784.$$

Зная все передаточные числа трансмиссии, радиус колеса, сделаем расчет скоростей движения на каждой передаче, что необходимо в дальнейшем для построения графиков.

$$V = r_k \cdot \omega_e / (U_k \cdot U_0) \quad (3.8)$$

Результаты представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

ω_e , об/мин.	Скорость автомобиля (м/с) на передаче.				
	I	II	III	IV	V
1000	2,181	4,067	5,845	8,429	10,116
1500	3,272	6,101	8,767	12,643	15,175
2000	4,363	8,135	11,690	16,857	20,233
2500	5,453	10,168	14,612	21,072	25,291
3000	6,544	12,202	17,534	25,286	30,349
3500	7,635	14,236	20,457	29,500	35,408
4000	8,725	16,269	23,379	33,714	40,466
4500	9,816	18,303	26,301	37,929	45,524
5000	10,907	20,337	29,224	42,143	50,582
5600	11,997	22,370	32,146	46,357	55,641
6000	13,088	24,404	35,069	50,572	60,699

3.1.8 Баланс сил автомобиля

Сцепная сила колес с дорогой:

$$P_{\text{сц}} = G_{\text{сц}} \cdot \varphi = 8360 \cdot 0,8 = 6690 \text{ (Н)} \quad (3.9)$$

Тяговая сила на ведущих колесах (см.табл.3.3):

$$P_{t_i} = M_e \cdot U_i \cdot U_0 \cdot \eta_{\text{тр}} / r_k \quad (3.10)$$

Сила сопротивления воздуха при движении автомобиля (см.табл.3.3):

$$P_B = C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2 / 2 \quad (3.11)$$

Сила сопротивления движению автомобиля (см.табл.3.3):

$$P_f = G_a \cdot f_0 \cdot (1 + V^2 / 2000) \quad (3.12)$$

Общая сила сопротивлений движению автомобиля (см.табл.3.3):

$$P_{\Sigma} = P_B + P_f \quad (3.13.)$$

Таблица 3.3

we, об/мин.	Тяговая сила на ведущих колесах (Н) на передаче					Силы сопротивления на ведущих колесах (Н). Движение на 5 передаче.		
	I	II	III	IV	V	P _B	P _f	P _Σ
1000	4359,9	2338,2	1627,2	1128,3	940,1	61,2	211,0	272,1
1500	5001,7	2682,4	1866,7	1294,4	1078,5	137,6	223,8	361,4
2000	5555,0	2979,1	2073,2	1437,6	1197,8	244,6	241,8	486,4
2500	5855,9	3140,6	2185,5	1515,5	1262,7	382,2	264,9	647,1
3000	5993,2	3214,2	2236,7	1551,0	1292,3	550,4	293,1	843,6
3500	6351,7	3406,4	2370,5	1643,8	1369,6	749,2	326,5	1075,7
4000	6418,1	3442,0	2395,3	1661,0	1383,9	978,5	365,0	1343,5
4500	6395,9	3430,2	2387,0	1655,3	1379,1	1238,4	408,7	1647,1
5000	6201,2	3325,7	2314,4	1604,9	1337,1	1528,9	457,5	1986,4
5600	5634,6	3021,9	2102,9	1458,2	1214,9	1850,0	511,4	2361,4
6000	5218,6	2798,7	1947,6	1350,6	1125,2	2201,6	570,5	2772,1

3.1.8 Баланс мощностей автомобиля

Тяговая мощность на ведущих колесах, таблица 3.4:

$$N_{ti} = P_{ti} \cdot V_a \quad (3.14)$$

Мощность сопротивления воздуха, таблица 3.4:

$$N_B = P_B \cdot V_a \quad (3.15.)$$

Мощность сопротивления движению, таблица 3.4:

$$N_f = P_f \cdot V_a \quad (3.16.)$$

Общая мощность сопротивления движению автомобиля, таблица 3.4:

$$N_{\Sigma} = N_B + N_f \quad (3.17.)$$

Таблица 3.4

ω _e , об/мин.	Мощность на ведущих колесах (КВт) на передаче					Мощности сопротивления на ведущих колесах (КВт) на 5 передаче		
	I	II	III	IV	V	N _B	N _f	N _Σ
1000	9,22	9,22	9,22	9,22	9,22	0,62	2,13	2,75
1500	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	2,09	3,40	5,48
2000	24,89	24,89	24,89	24,89	24,89	4,95	4,89	9,84
2500	32,27	32,27	32,27	32,27	32,27	9,67	6,70	16,37
3000	38,72	38,72	38,72	38,72	38,72	16,70	8,90	25,60
3500	47,94	47,94	47,94	47,94	47,94	26,53	11,56	38,09
4000	56,24	56,24	56,24	56,24	56,24	39,60	14,77	54,37
4500	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	56,38	18,61	74,98
5000	67,31	67,31	67,31	67,31	67,31	77,34	23,14	100,48
5600	68,23	68,23	68,23	68,23	68,23	102,93	28,45	131,39
6000	68,23	68,23	68,23	68,23	68,23	133,64	34,63	168,26

3.1.10. Характеристика динамики автомобиля.

Расчетный динамический фактор (см.табл.2.5):

$$D_i = (P_{ti} - P_B)/G_a \quad (3.18)$$

Таблица 3.5

we, об/мин.	Динамический фактор D на передаче:				
	I	II	III	IV	V
1000	0,2605	0,1392	0,0961	0,0649	0,0525
1500	0,2987	0,1590	0,1089	0,0717	0,0563
2000	0,3314	0,1757	0,1191	0,0758	0,0570
2500	0,3490	0,1841	0,1230	0,0747	0,0526
3000	0,3568	0,1868	0,1227	0,0699	0,0444
3500	0,3777	0,1964	0,1268	0,0672	0,0371
4000	0,3810	0,1963	0,1237	0,0587	0,0242
4500	0,3790	0,1931	0,1180	0,0476	0,0084
5000	0,3665	0,1841	0,1079	0,0325	-0,0115
5600	0,3317	0,1628	0,0888	0,0104	-0,0380
6000	0,3059	0,1461	0,0725	-0,0106	-0,0644

3.1.11 Характеристика ускорений автомобиля

Характеристика ускорений автомобиля на передачах определяет динамику автомобиля. Расчет выполняется для условий ровной, горизонтальной дороги и отсутствия пробуксовки ведущих колес(теоретического отсутствия), смотреть таблицу 2.6.

$$J = (D-f) \cdot g / \delta_{вр} \quad (3.19.)$$

где $\delta_{вр}$ – коэф. учета вращающихся масс двигателя (маховик, коленчатый вал и т.д.)

$$\delta_i = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot U_i^2) \quad (3.20.)$$

Для дальнейшего расчета зависимости времени разгона от скорости автомобиля (графо-аналитическим методом) рассчитывается величина в виде отношения 1 к величине текущего ускорения автомобиля, смотреть таблицу 2.6.

Таблица 3.6

we, об/мин.	Ускорение (м/с ²) на передаче:					Величина обратная ускорению 1/J (с ² /м) на передаче:				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1000	1,709	1,090	0,758	0,487	0,374	0,585	0,918	1,319	2,052	2,676
1500	1,971	1,259	0,871	0,545	0,401	0,507	0,794	1,148	1,834	2,493
2000	2,196	1,401	0,960	0,577	0,398	0,455	0,714	1,041	1,735	2,513
2500	2,316	1,470	0,992	0,558	0,344	0,432	0,680	1,008	1,793	2,904
3000	2,369	1,492	0,984	0,502	0,251	0,422	0,670	1,016	1,993	3,984
3500	2,512	1,571	1,015	0,464	0,164	0,398	0,637	0,985	2,156	6,083
4000	2,534	1,567	0,980	0,370	0,023	0,395	0,638	1,021	2,701	-
4500	2,519	1,536	0,921	0,250	-	0,397	0,651	1,086	3,998	-
5000	2,433	1,454	0,820	0,091	-	0,411	0,688	1,219	10,94	-
5600	2,193	1,267	0,638	-	-	0,456	0,789	1,567	-	-
6000	2,014	1,119	0,480	-	-	0,497	0,894	2,082	-	-

Расчет зависимости времени разгона от текущей скорости разгона автомобиля выполняется графо-аналитическим методом [11], для чего необходимо воспользоваться формулой 3.20. Для этого необходимо выбрать шаг интегрирования, который обеспечит необходимую точность при минимальных вычислительных затратах. Примем шаг интегрирования в 5 м/с. Расчет выполняется по графикам построенным на листе формата А1 (в графической части проекта). Результаты сведены в таблице 3.7.

$$\Delta t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{J} dv \quad (3.21.)$$

Таблица 3.7

Диапазон скорости, м/с.	Площадь, мм ² .	Время, с.
0...5	492	2,671
0...10	850	4,682
0...15	1288	7,215
0...20	1901	10,424
0...25	2577	14,380
0...30	3609	20,101
0...35	5099	28,349

Аналогично, по формуле 3.21 выполняется расчет зависимости скорость – путь разгона, результаты сведены в таблицу 3.8.

$$\Delta S = \int_{t_1}^{t_2} V dt \quad (3.22)$$

Таблица 3.8

Диапазон времени, с.	Площадь, мм2.	Путь, м.
0...5	119	6,90
0...10	389	21,8
0...15	961	54,1
0...20	1969	110,0
0...25	3580	200,1
0...30	6400	356,5
0...35	11190	625,2

Основные характеристики расчета дали следующий результат. Разгон автомобиля с полной загрузкой до скорости в 100 км/ч осуществится за 17,7 с. При этом автомобиль преодолет путь в 275 метров. Максимальная скорость, которую способен развить автомобиль – 158 км/ч.

Результаты расчетов динамических качеств автомобиля – низкие, что связано с несбалансированностью передаточных чисел коробки передач и характеристик автомобиля. Вследствие этого необходимо провести расчеты и определить пути по повышению динамических качеств автомобиля.

Графики тягового расчета представлены в приложении 1.

3.2 Расчет топливной экономичности с базовой коробкой передач

Расход топлива является важнейшим критерием эффективности эксплуатации автомобиля, поэтому определение этого параметра на стадии проектирования – важнейшая задача.

По стандартной методике расчета [11], топливно-экономические свойства автомобиля рассчитываются для условий движения автомобиля на высшей передаче (в нашем случае пятой) по ровной горизонтальной дороге и при условии равномерного движения (отсутствия ускорений автомобиля) в диапазоне скоростей от минимальной до максимальной (определяемых работой двигателя). Расчет выполняется по формуле, смотреть таблицу 3.7:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot (N_f + N_B)}{36 \cdot V_A \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}, \quad (3.23)$$

где g_e - удельный расход топлива; ρ_t - плотность топлива.

$$g_e = 1,1 \cdot g_{e \min} \cdot K_H \cdot K_E, \quad (3.24)$$

где $g_{e \min} = 260$ г/(кВт·ч) – мин. уд. расход топлива; K_H, K_E - уточняющие коэф.

$$K_H = -3,18 \cdot H^3 + 9,13 \cdot H^2 - 8,22 \cdot H + 3,27, \quad (3.25)$$

$$K_E = -0,24 \cdot E^3 + 0,98 \cdot E^2 - 0,99 \cdot E + 1,25, \quad (3.26)$$

$$H = \frac{N_f + N_B}{N_t}, \quad (3.27)$$

$$E = \frac{n_e}{n_{eN_{e \max}}}. \quad (3.28)$$

Таблица 3.7- Путь расход топлива на высшей 5 передаче

we, об/мин.	Скорость, м/с.	кск	ки	Qs
1000	10,116	1,529	1,142	5,687
1500	15,175	1,451	1,089	6,836
2000	20,233	1,309	1,044	7,961
2500	25,291	1,114	1,009	8,704
3000	30,349	0,948	0,981	9,393
3500	35,408	0,900	0,963	11,154
4000	40,466	0,969	0,953	14,852

3.3 Проектный тяговый расчет автомобиля.

Тяговый расчет автомобиля с модернизированной коробкой передач.

Данные по автомобилю: масса, габариты, размерность колес, различные коэффициенты используемые в расчетах принимаются такими же как в выше представленном расчете.

3.3.1 Подбор передаточного числа главной передачи

Согласно [11] передаточное число главной передачи U_0 определяется как:

$$U_0 = r_k \cdot \omega_{\max} / (U_k \cdot V_{\max}) \quad (3.29)$$

$$U_0 = 0,281 \cdot 628 / (0,941 \cdot 43,9) = 4,281$$

где $U_k = 0,941$ – число 4 передачи, на которой достигается максимальная скорость, V_{\max} – максимальная скорость автомобиля (взята с предварительного расчета).

Ближайшее возможное передаточное число главной передачи, которое возможно изготовить будет получено из соотношения количества зубьев:

$$U_0 = 62/15=4,13.$$

Возможное большее передаточное число главной передачи не обеспечит необходимый минимальный коэффициент перекрытия зубчатой передачи.

3.3.2. Подбор передаточного числа пятой передачи коробки передач

Как известно, при увеличении передаточного числа U_0 , при прочих равных условиях, увеличивается расход топлива. С целью компенсации увеличения передаточного числа главной передачи необходимо скорректировать передаточное число высшей (пятой) экономической передачи, поэтому примем:

$$U_5(\text{проект}) = U_5(\text{база}) \cdot U_0(\text{база}) / U_0(\text{проект}) = 0,784 \cdot 3,706 / 4,131 = 0,703$$

$$\text{Ближайшее возможное соотношение } U_5(\text{проект}) = 27/39 = 0,692$$

Остальные передаточные числа 1, 2, 3 и 4 передач оставляем без изменений.

Дальнейший тяговый расчет проведем исходя из новых значений передаточных чисел главной передачи и пятой передачи коробки передач. Алгоритм расчета идентичен алгоритму предварительного расчета представленного в п.п. 3.1 и 3.2.

$$V = r_k \cdot \omega_e / (U_k \cdot U_0)$$

Таблица 3.8

ω_e , об/мин.	Скорость автомобиля (м/с) на передаче				
	I	II	III	IV	V
1000	1,956	3,647	5,240	7,557	10,272
1500	2,934	5,470	7,861	11,336	15,408
2000	3,912	7,294	10,481	15,114	20,544
2500	4,890	9,117	13,101	18,893	25,680
3000	5,867	10,941	15,721	22,672	30,816
3500	6,845	12,764	18,342	26,450	35,952
4000	7,823	14,587	20,962	30,229	41,088
4500	8,801	16,411	23,582	34,007	46,224
5000	9,779	18,234	26,202	37,786	51,360
5600	10,757	20,058	28,823	41,565	56,496
6000	11,735	21,881	31,443	45,343	61,632

3.3.3 Тяговый и мощностной балансы автомобиля

Тяговый баланс выполняется в соответствии с формулами (3.9-3.13):

Таблица 3.9

we, об/мин.	Тяговая сила на ведущих колесах (Н) на передаче				
	I	II	III	IV	V
1000	4852,1	2602,2	1810,8	1255,7	923,8
1500	5566,3	2985,2	2077,4	1440,6	1059,8
2000	6182,1	3315,5	2307,2	1599,9	1177,1
2500	6517,0	3495,1	2432,2	1686,6	1240,9
3000	6669,7	3577,0	2489,2	1726,1	1269,9
3500	7068,7	3791,0	2638,1	1829,4	1345,9
4000	7142,6	3830,6	2665,7	1848,5	1360,0
4500	7118,0	3817,4	2656,5	1842,1	1355,3
5000	6901,2	3701,2	2575,6	1786,0	1314,0
5600	6270,7	3363,0	2340,3	1622,9	1194,0
6000	5807,7	3114,7	2167,5	1503,0	1105,8

Мощность на колесах определяется по зависимостям (3.14-3.17):

Таблица 3.10

we, об/мин.	Мощность на ведущих колесах (КВт) на передаче					Мощности сопротивления на ведущих колесах (КВт) на 5 передаче		
	I	II	III	IV	V	N _B	N _f	N Σ
1000	9,22	9,22	9,22	9,22	9,22	0,6	2,2	2,8
1500	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	2,2	3,5	5,6
2000	24,89	24,89	24,89	24,89	24,89	5,2	5,0	10,2
2500	32,27	32,27	32,27	32,27	32,27	10,1	6,9	17,0
3000	38,72	38,72	38,72	38,72	38,72	17,5	9,1	26,6
3500	47,94	47,94	47,94	47,94	47,94	27,8	11,9	39,6
4000	56,24	56,24	56,24	56,24	56,24	41,4	15,2	56,7
4500	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	59,0	19,2	78,2
5000	67,31	67,31	67,31	67,31	67,31	81,0	23,9	104,9
5600	68,23	68,23	68,23	68,23	68,23	107,8	29,4	137,2
6000	68,23	68,23	68,23	68,23	68,23	139,9	35,9	175,8

3.3.4 Динамическая характеристика автомобиля

Динамический фактор на соответствующей передаче (3.18):

Таблица 3.11

ω _e , об/мин.	Динамический фактор D на передаче:				
	I	II	III	IV	V
1000	0,2900	0,1551	0,1073	0,0730	0,0515
1500	0,3325	0,1774	0,1220	0,0815	0,0549
2000	0,3691	0,1963	0,1340	0,0875	0,0553
2500	0,3888	0,2060	0,1393	0,0881	0,0506
3000	0,3975	0,2096	0,1400	0,0848	0,0420
3500	0,4209	0,2208	0,1457	0,0844	0,0343
4000	0,4248	0,2214	0,1437	0,0779	0,0210
4500	0,4228	0,2186	0,1390	0,0688	0,0047
5000	0,4092	0,2094	0,1295	0,0558	-0,0157
5600	0,3708	0,1867	0,1102	0,0353	-0,0426
6000	0,3423	0,1691	0,0943	0,0164	-0,0696

3.3.5 Ускорение автомобиля

Расчет производится по формуле (3.19):

Таблица 3.12

ω _e , об/мин.	Ускорение (м/с ²) на передаче:					Величина обратная ускорению 1/J (с ² /м) на передаче:				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1000	1,911	1,226	0,860	0,564	0,365	0,523	0,815	1,163	1,775	2,742
1500	2,203	1,417	0,991	0,638	0,389	0,454	0,706	1,009	1,566	2,568
2000	2,455	1,578	1,097	0,688	0,383	0,407	0,634	0,912	1,453	2,612
2500	2,590	1,659	1,141	0,687	0,326	0,386	0,603	0,876	1,457	3,071
3000	2,650	1,688	1,144	0,648	0,228	0,377	0,592	0,874	1,544	4,381
3500	2,810	1,782	1,190	0,633	0,137	0,356	0,561	0,840	1,580	7,324
4000	2,836	1,785	1,166	0,561	-0,01	0,353	0,560	0,857	1,784	-
4500	2,822	1,758	1,117	0,463	-0,18	0,354	0,569	0,895	2,159	-
5000	2,727	1,676	1,025	0,327	-0,40	0,367	0,597	0,976	3,059	-
5600	2,462	1,477	0,843	0,120	-0,69	0,406	0,677	1,186	8,324	-
6000	2,266	1,323	0,690	-0,07	-0,98	0,441	0,756	1,449	-	-

Дальнейший расчет зависимостей времени разгона и пройденного пути от скорости автомобиля производится по формулам (3.20)-(3.21).

Таблица 3.13

Диапазон скорости, м/с.	Площадь, мм ² .	Время, с.	Площадь, мм ² .	Путь, м.
0...5	420	2,34	110	5,9
0...10	739	4,14	351	19,6
0...15	1189	6,64	921	51,0
0...20	1731	9,57	1850	102,1
0...25	2461	13,62	3479	194,5
0...30	3389	18,97	6128	341,2
0...35	5101	28,15	11406	631,8

Графики по результатам расчета представлены в приложении 2.

3.4 Расчет топливной экономичности с модернизированной коробкой передач

Расчет производится аналогично представленной методике в п.3.2. Результаты расчета показаны в таблице 3.13.

Таблица 3.13 -Путевой расход топлива на высшей 5 передаче

we, об/мин.	Скорость, м/с.	кск	ки	Qs
1000	10,272	1,509	1,142	5,67
1500	15,408	1,427	1,089	6,83
2000	20,544	1,281	1,044	7,95
2500	25,680	1,086	1,009	8,68
3000	30,816	0,931	0,981	9,46
3500	35,952	0,902	0,963	11,49
4000	41,088	1,010	0,953	15,91

Исходя из большего суммарного передаточного числа трансмиссии с базовой коробкой передач на 5 передаче (без изменения передаточных чисел) и трансмиссии с модернизированной коробкой передач (с изменением передаточных чисел главной передачи и пятой передачи), расход топлива при движе-

нии на пятой экономической передаче для модернизированной коробки передач снизился на 0,2 л/ 100 км пробега. Также удалось существенно улучшить динамические качества автомобиля, что выражается в снижении время достижения скорости в 100 км/ч с 17,7 с. до 16,4 с., что дает снижение на 1,3 с. Соответственно уменьшился и необходимый путь для разгона до 100 км/ч с 275 метров до 268 метров. При этом максимальная скорость, согласно расчетов, не изменилась и осталась на отметке 43,9 м/с (158 км/ч) при движении на четвертой передаче.

3.5. Расчет зубчатого зацепления пятой передачи.

3.5.1 Исходные данные расчета

Исходные данные основываются на результатах конструкторской проработки модернизированной редукторной части коробки передач, а также исходя из результатов тягового расчета.

Максимальный крутящий момент двигателя: $M_{кр}=145\text{Нм}$.

Межосевое расстояние главной передачи: $a_w=68\text{мм}$.

Ширина зубчатого венца ведущей шестерни: $b_1=14,3\text{мм}$

Ширина зубчатого венца ведомого колеса: $b_2=14,2\text{мм}$

Рабочая ширина венца (перекрытие венцов шестерен в зацеплении):
 $b_w=14,2\text{мм}$

Теоретически рассчитанное передаточное число главной передачи:
 $i_{0T}=4,18$

3.5.2 Расчет геометрических параметров зубчатого зацепления

Расчет числа зубьев.

$$z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos \beta}{m_n} \quad (3.30)$$

где m_n – нормальный модуль. Принимаем: $m_n=1,75$

β – угол наклона линии зуба. Для обеспечения плавности работы передачи и минимального шума в зацеплении принимаем: $\beta=31^\circ$, тогда:

$$z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot 68 \cdot \cos(31)}{1,75} = 66,614,$$

принимаем суммарное число зубьев $z_s=66$.

Расчет передаточного числа.

Необходимо определить количество зубьев z_1 в шестерне и колесе, которые обеспечивают выбранное передаточное число. Производим расчет по формуле:

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{i_T^0 + 1} \quad (3.31)$$

$$z_1 = 66 / (0,69 + 1) = 39,007$$

принимаем число зубьев на колесе $z_1 = 39$

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1 \quad (3.32)$$

$$z_2 = 66 - 39 = 27 \text{ – число зубьев на шестерне.}$$

Тогда, общее передаточное соотношение рассчитывается:

$$i_0 = \frac{z_2}{z_1} = 27/39 = 0,692$$

Полученный результат позволяет считать, что выбранное передаточное соотношение подходит.

Расчет межосевого расстояния (теоретического)

$$a = \frac{0,5 \cdot (z_1 + z_2) \cdot m_n}{\cos \beta} \quad (3.33)$$

$$a = \frac{0,5 \cdot (39 + 27) \cdot 1,75}{\cos 31} = 67,373 \text{ мм.}$$

Несовпадение теоретического значения межосевого расстояния и реально-го исключается коррекцией вводимой в зубчатое зацепление.

Расчет торцового угла профиля α_t и угла зацепления α_{tw} .

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (3.34)$$

где принимаем угол $\alpha = 20^\circ$.

$$\alpha_t = \arctg(\operatorname{tg}(15^\circ) / \cos(31^\circ)) = 17,3591^\circ$$

$$\cos \alpha_{tw} = \frac{a \cdot \cos \alpha_t}{a_w} \quad (3.35)$$

$$\alpha_{tw} = \arccos(67,3730 \cdot \cos(17,359^\circ) / 68 \text{ мм}) = 18,962^\circ$$

Расчет делительного диаметра шестерни и делительного диаметра колеса.

$$d = \frac{z \cdot m}{\cos \beta} \quad (3.36)$$

$$d1 = \frac{39 \cdot 1,75}{\cos 31^\circ} = 79,6227 \text{ мм}$$

$$d2 = \frac{27 \cdot 1,75}{\cos 31^\circ} = 55,1234 \text{ мм}$$

Расчет коэффициента смещения.

$$x_\Sigma = \frac{(z_1 + z_2) \cdot (\text{inv} \alpha_{tw} - \text{inv} \alpha)}{2 \cdot \text{tg} \alpha} \quad (3.37)$$

где $\text{inv} \alpha_i$ –инволюта угла профиля

$$\text{inv} \alpha_i = \text{tg} \alpha_i - \alpha_i \text{ (расчет в радианах)} \quad (3.38)$$

$$\text{inv} \alpha_{tw} = \text{tg} \alpha_{tw} - \alpha_{tw} = \text{tg}(18.96205) - 0.3311972 = 0.0126658$$

$$\text{inv} \alpha_t = \text{tg} \alpha_t - \alpha_t = \text{tg}(15^\circ) - 0,2617993 = 0,0061498$$

$$x_s = (39+27) \cdot (0,0126658 - 0,0061498) / (2 \cdot \text{tg}(15^\circ)) = 0,3746442$$

Для выравнивания нагруженности зубьев большую часть величины смещения отнесем на шестерню, соответственно меньшая часть суммарного смещения будет отнесена на колесо. Данный метод позволяет выравнивать нагруженность на шестерне и колесе.

Расчет коэффициентов смещений.

Принимаем: $x_1 = 0,08$, x_2 – определяется исходя из условия обеспечения минимального зазора в зубчатом зацеплении колеса и шестерни.

В первую очередь находим коэффициент (теоретический) x_2^T обеспечивающий нулевой зазор в зацеплении по формуле:

$$x_2^T = x_\Sigma - x_1 \quad (3.39)$$

$$x_2^T = 0,374644 - 0,08 = 0,2946$$

Для расчета принимаем: $x_2^T = 0,2946$

Определение длины общей нормали применительно к колесу.

$$W = m_n \cdot \cos \alpha \cdot (\pi \cdot (z_n - 0,5) + 2 \cdot x^T \cdot \operatorname{tg} \alpha + z \cdot \operatorname{inv} \alpha_t) \quad (3.40)$$

где z_n - суммарное количество зубьев, исходя из которого, рассчитывается длина общей нормали применительно к колесу. Для расчета исходим, что $z_n = 8$.

$$W_T = 1,75 \cdot \cos(15^\circ) \cdot (\pi \cdot (3 - 0,5) + 2 \cdot 0,2946 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ) + 27 \cdot 0,0096238) = 13,982 \text{ мм.}$$

Определение минимального окружного зазора (действительного).

Зазор в зубчатом зацеплении, прежде всего, влияет на уровень шума зубчатого зацепления при работе. Поэтому с целью снижения уровня шума берем $j_{\min} = 0,05$ мм.

Меньшую величину зазора принимать нельзя, так как в случае незначительного перекоса возникающего в зубчатом зацеплении (возникающий вследствие конструктивных допусков и технологических возможностей оборудования) может быть нарушена работоспособность зубчатого зацепления.

Определение действительного коэффициента смещения на колесе.

Длина общей нормали на колесе с учетом принятого выше окружного зазора рассчитывается по формуле:

$$W_\phi = W_T - j_{\min} = 13,982 - 0,05 = 13,932 \text{ мм.}$$

В этом случае действительный коэффициент смещения составит:

$$x_2 = \frac{\frac{W}{m_n \cdot \cos \alpha} - \pi \cdot (z_n - 0,5) - z \cdot \operatorname{inv} \alpha_t}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

$$x_2 = (13,932 / (1,75 \cdot \cos(15^\circ) - (\pi \cdot (3 - 0,5) - 27 \cdot 0,0096338)) / (2 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ))) = 0,2394$$

Расчет диаметров впадин для зубьев шестерни и колеса.

$$d_f = d - 2 \cdot m \cdot (h_f + x) \quad (3.41)$$

Принимается, что:

$h_{f1}^* = 1,65$ – величина обеспечиваемая технологией зубонарезки.

$h_{f2}^* = 1,60$ – величина обеспечиваемая технологией зубонарезки.

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m_n \cdot (h_{a1} + x_1)$$

$$d_f = 79,6227 - 2 \cdot 1,75 \cdot (1,65 + 0,08) = 74,128$$

Принимаем $d_{f1}=74,1$ мм. Соответственно:

$$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot m_n \cdot (h_{a2} + x_2)$$

$$d_{f2} = 55,1234 - 2 \cdot 1,75 \cdot (1,6 + 0,08) = 50,334$$

Принимаем $d_{f2}=50,3$ мм.

Расчет диаметров вершин зубьев для шестерни и колеса.

$$d_a = d + 2 \cdot m \cdot (h_a + x) \quad (3.42)$$

$h_{a1}^*=1,33$ – величина обеспечиваемая действующей технологией зубона-
резки.

$h_{a2}^*=1,38$ – величина обеспечиваемая действующей технологией зубона-
резки.

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m_n \cdot (h_{a1} + x_1)$$

$$d_{a1} = 79,6227 + 2 \cdot 1,75 \cdot (1,33 + 0,08) = 84,558$$

Для дальнейших расчетов $d_{a1}=84,5$ мм.

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m_n \cdot (h_{a2} + x_2)$$

$$d_{a2} = 55,1234 + 2 \cdot 1,75 \cdot (1,38 + 0,08) = 60,764$$

Для дальнейших расчетов $d_{a2}=60,7$ мм.

Расчет радиального зазора в зацеплении колеса и шестерни.

Расчет производится исходя из условия гарантированного зазора в зубча-
том зацеплении по формуле:

$$c_1^* = \frac{a_w \cdot (d_{a1} + d_{f2})}{2 \cdot m_n} > 0,25 \quad (3.43)$$

$$c_1^* = (68 - (84,5 + 50,3) / 2) / 1,75 = 0,316.$$

$0,316 > 0,25$ – гарантированный зазор обеспечивается.

$$c_2^* = \frac{a_w \cdot (d_{a2} + d_{f1})}{2 \cdot m_n} > 0,25 \quad (3.44)$$

$$c_2^* = (68 - (60,7 + 74,1) / 2) / 1,75 = 0,316.$$

$0,316 > 0,25$ – гарантированный зазор обеспечивается.

Расчет коэффициента торцового перекрытия.

$$e_{\alpha} = \frac{z_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{a1} + z_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{a2} - (z_1 + z_2) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{tw}}}{2 \cdot \pi} \geq [e_{\alpha}] \quad (3.45)$$

где $[e_{\alpha}] = 1,0$ – предельно-допустимое значение коэффициента перекрытия.

α_a – угол профиля на вершине зуба рассчитываемы по формуле:

$$\alpha_a = \arccos\left(\frac{d_b}{d_a}\right) \quad (3.46)$$

в свою очередь:

$$d_b = d \cdot \cos \alpha_t \quad (3.47)$$

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha_{t1} = 79,6227 \cdot \cos(15^\circ) = 76,9097 \text{ мм.}$$

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \alpha_{t2} = 55,1234 \cdot \cos(15^\circ) = 53,2451 \text{ мм.}$$

$$\alpha_{a1} = \arccos\left(\frac{d_{b1}}{d_{a1}}\right) = \arccos(76,9097/84,558) = 24,55649^\circ$$

$$\alpha_{a2} = \arccos\left(\frac{d_{b2}}{d_{a2}}\right) = \arccos(53,2451/60,764) = 28,80604^\circ$$

$$e_{\alpha} = (39 \cdot \operatorname{tg}(24,556^\circ) + 27 \cdot \operatorname{tg}(28,806^\circ) - (39 + 27) \cdot \operatorname{tg}(18,9620^\circ)) / (2 \cdot \pi) = 1,59.$$

условие $1,59 > [1,0]$ соответствует предъявляемым требованиям.

Расчет коэффициента перекрытия.

$$e_{\beta} = \frac{b_w}{p_x} \quad (3.48)$$

где p_x – осевой шаг

$$p_x = \frac{\pi \cdot m}{\sin \beta} \quad (3.49)$$

$$p_x = \pi \cdot 1,75 / \sin(31^\circ) = 10,675 \text{ мм.}$$

$$e_{\beta} = 14,2 / 10,675 = 1,33$$

Расчет суммарного коэффициента перекрытия.

$$e_{\gamma} = e_{\alpha} + e_{\beta} \geq [e_{\gamma}] \quad (3.50)$$

где $[e_{\gamma}]$ – максимально-допустимое значение коэффициента.

К зубчатым, высокоскоростным передачам предъявляются дополнительные требования, которые выражаются в необходимости соблюдения следующего условия $[e_{\gamma}] = 2,9$. $e_{\gamma} = e_{\alpha} + e_{\beta} = 1,59 + 1,33 = 2,92 > [e_{\gamma}]$ – коэффициент перекрытия соответствует требованиям.

Исходя из результатов выполненных расчетов, спроектированная зубчатая передача обеспечит хорошие показатели по плавности и низкому шуму при работе.

3.5.3 Расчет зубьев на изгиб

Для оценки спроектированной зубчатой передачи на прочность, выполняется расчет зубьев на изгиб. Расчет производится по зависимостям для косозубой передачи.

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_{\beta} \cdot K_{F\alpha}}{b \cdot m_n} \leq [\sigma_F] \quad (3.51)$$

где σ_F – расчетное напряжение, $[\sigma_F]$ – максимально-допускаемое напряжение. Максимально-допускаемое напряжение рассчитывается с учетом коэф. безопасности $[S_F]$, которые учитывают особенности эксплуатации зубчатого зацепления.

$$[\sigma_F] = \sigma_{F \text{ limb}}^0 / ([S_F] \cdot K_M) \quad (3.52)$$

$\sigma_{F \text{ limb}}^0$ – предел прочности, для применяемой стали 19ХГН $\sigma_{F \text{ limb}}^0 = 1200$ МПа. $[S_F]$ для условий работы коробки передач в легковом автомобиле принимается на уровне 1,25.

K_M – коэффициент, учитывающий среднюю реализацию максимального крутящего момента, передаваемого проектируемой зубчатой передачей. Для

условий работы высшей передачи в составе автомобильной коробки передач, принимаем $K_M = 1,0$. Тогда:

$$[\sigma_F] = 1200 / (1,25 \cdot 1,0) = 1500 \text{ МПа}$$

Максимальная окружная сила в зубчатом зацеплении рассчитывается:

$$F_t = \frac{2 \cdot M_{кр} \cdot i_1}{d_{w1}} \quad (3.53)$$

d_{w1} определяется по формуле:

$$d_{w1} = \frac{2 \cdot a_w}{i + 1} d_{w1} \quad (3.54)$$

$$d_{w1} = 2 \cdot 68 / (1 + 0,692) = 80,4 \text{ мм.}$$

$$F_t = 2 \cdot 145 / 80,4 \cdot 1000 = 3600 \text{ Н.}$$

K_F – коэффициент, учитывающий нагруженность зубчатой передачи, принимается на уровне $K_F = 1,02$, исходя из условий работы зубчатого зацепления.

Y_F – коэффициент, который учитывает угол наклона зубьев в косозубом зубчатом зацеплении и выбирается, исходя из приведенного числа зубьев. Приведение осуществляется к прямозубой передаче. Поэтому первоначально производится расчет приведенного числа зубьев по формуле:

$$z_y = \frac{z}{\cos \beta^3} \quad (3.55)$$

$$z_{y1} = \frac{z1}{\cos \beta^3} = 39 / \cos^3(31^\circ) = 62$$

$$z_{y2} = \frac{z2}{\cos \beta^3} = 27 / \cos^3(31^\circ) = 43$$

Исходя из результатов расчета, принимаются значения коэффициентов $Y_{F1} = 3,61$, $Y_{F2} = 3,68$

Y_b – коэф., который учитывает угол наклона зуба.

$$Y_b = 1 - b^\circ / (140). Y_b = 1 - 31 / (140) = 0,779.$$

$K_{F\alpha}$ - коэф., который учитывает некоторую разность в нагруженности зубьев одной шестеренки, что происходит вследствие отличий зубьев.

$$K_{F\alpha} = (4 + (\varepsilon_{\alpha} - 1) \cdot (n - 5)) / (4 \cdot \varepsilon_{\alpha}) \quad (3.56)$$

где n – квалитет точности, по которому нарезаются зубья. Для зубчатых зацеплений коробок передач $n=7$.

$$K_{Fa} = \frac{(4 + (1.59 - 1) \cdot (7 - 5))}{4 \cdot 1.59} = 0.907$$

Произведем расчет для шестерни и колеса:

$$\sigma_{F1} = \frac{3600 \cdot 1.2 \cdot 3.62 \cdot 0.779 \cdot 0.907}{14.3 \cdot 1.75} = 1154 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_F]$$

$$\sigma_{F2} = \frac{3600 \cdot 1.2 \cdot 3.62 \cdot 0.779 \cdot 0.907}{14.2 \cdot 1.75} = 1185 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_F]$$

Как следует из результатов расчета, прочность зубьев на изгиб удовлетворяет требованиям.

3.5.4 Расчет зубьев на контактную выносливость

На контактную выносливость рассчитывается зубчатая передача исходя из условия соотношения максимальных контактных напряжений σ_H с допустимым значением $[\sigma_H]$

$$\sigma_H = \frac{270}{a_w} \cdot \sqrt{M_{\text{кр}} \cdot K_H \cdot (i + 1)^3 / (b \cdot i^2)} \leq [\sigma_H] \quad (3.57)$$

$$\sigma_H = \frac{\sigma_{H \text{ limb}}^0 \cdot K_{HL}}{[S_H] \cdot K_M} \quad (3.58)$$

где $\sigma_{H \text{ limb}}^0$ – максимальная величина контактной выносливости.

$$\sigma_{H \text{ limb}}^0 = 23 \cdot \text{HRC} = 23 \cdot 58 = 1334 \text{ Мпа} \quad (3.59)$$

K_{HL} – коэф., учитывающий требования по долговечности, $K_{HL} = 1,0$

$[S_H]$ – коэф., учитывающий требования по безопасности, $[S_H] = 1,1$

$$[\sigma_H] = 1334 \cdot 1 / (1,1 \cdot 1,0) = 1467 \text{ Н/мм}^2$$

$M_{кр}$ – максимальный крутящий момент, реализуемый рассматриваемой зубчатой передачей.

K_H – коэффициент, который учитывает динамическую нагруженности и неравномерность нагруженности между соседними зубьями.

$$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hy} \quad (3.60)$$

где $K_{H\alpha}$ - коэффициент, который учитывает различия в распределении нагруженности зубьев:

$$K_{H\alpha} = 1,0$$

$K_{H\beta}$ - коэффициент, который учитывает различия в нагруженности зуба по ширине самого зуба:

$$K_{H\beta} = 1,15$$

K_{Hy} – коэффициент динамической нагрузки на зуб:

$$K_{Hy} = 1,05$$

$$K_H = 1 \cdot 1,15 \cdot 1,05 = 1,208$$

$$\sigma_H = \frac{270}{68} \cdot \sqrt{145 \cdot 1,208 \cdot (0,692 + 1)^3 / (14,2 \cdot 0,692^2)} = 1381 \leq [\sigma_H]$$

Таким образом, долговечность спроектированной зубчатой передачи обеспечивается.

4 Технологическая часть проекта

4.1 Требования предъявляемые к операциям по сборке

Главная цель разработки технологических операций – это сформировать подробное описание всех процессов сборки, определить средства производства, которые необходимы для реализации процессов сборки, определить необходимые площади под выполнение сборочных процессов, определить требуемую рабочую силу с расчетом параметров трудоемкости необходимой для выполнения сборочных процессов.

Для определения всех вышеуказанных параметров необходимо иметь полные исходные данные, к которым относятся следующие данные: программа выпуска, продолжительность выпуска, специальные требования, предъявляемые к собираемому изделию, сборочный процесс изделия.

При разработке технологических процессов сборки изделия необходимо уделять пристальное внимание к качеству собираемого изделия, так как сборочные процессы напрямую влияют на качество изделия, его надежность, долговечность, эксплуатационные характеристики и т.д. Для этого необходимо сводить к минимуму возможность повреждения изделия или его компонентов в процессе сборки, возможность неправильной сборки. В настоящее время, доступен широкий спектр технологического оборудования, которое обеспечивает высокое качество сборки и минимизирует влияние на процесс «человеческого фактора». К такому оборудованию относятся роботизированные комплексы, что обеспечивает точность операций, контрольные машины, которые выявляют отклонения критически важных параметров при сборке, конвейерные устройства, что исключает риск повреждения повреждений при межоперационных перемещениях изделия и компонентов. Также для повышения качества процесса

сборки необходимо применять современные проектные решения на базе САПР при разработке технологических процессов.

При разработке новых процессов сборки применительно к машиностроению, необходимо применять решения, которые уже широко используются и зарекомендовали себя с положительной стороны, такие как:

- использование автоматических приспособлений с быстродействующими зажимами деталей, использование средств механизации при загрузке и разгрузки компонентов на оборудовании, использование быстросменных приспособлений, инструмента. Данные меры позволяют повысить производительность сборочной линии;
- применение конвейерного перемещения деталей между операциями, что снижает трудоемкость на перемещение деталей, а также снижает затраты времени на межоперационные перемещения;
- проектирование сборочной линии таким образом, чтобы максимально уменьшить необходимое рабочее пространство, снизить расстояния межоперационных перемещений, оптимизировать месторасположение и количество деталей для сборки;
- применение контрольного оборудования, которое позволяет оценить качество сборки по критическим характеристикам.

В представляемом проекте наиболее рациональным типом производства является массовое производство, так как объем выпуска продукции значителен, поэтому рассмотрим основные особенности данного типа производства.

Специфика массового типа производства заключается в следующем:

- 1) Выполнение на каждом рабочем месте постоянно повторяющейся операции с использованием приспособлений, инструмента, что позволяет обеспечить максимальную производительность труда.
- 2) Разделение всего технологического процесса сборки на простейшие технологические операции, переходы, что позволяет выполнять сборочные операции работниками имеющими низкую квалификацию.

За счет этих особенностей при массовом типе производства достигается наивысшая производительность и максимальный «съем» готовой продукции с единицы площади.

Условиями массового типа производства являются (для эффективности выбранного типа производства):

- 1) Технология сборки должна быть разработана максимально подробно и точно.
- 2) Обеспечение бесперебойного снабжения рабочих мест деталями для выполнения сборки, а также обеспечение наличия всех необходимых приспособлений, материалов, инструментов.
- 3) Обеспечение соответствия квалификации работников выполняемым ими операциям, проведение необходимого обучения перед началом работы, наличие подробно расписанных действий рабочего.
- 4) Обеспечение незамедлительного ремонта и обслуживания оборудования во время технологических остановок сборочной линии.
- 5) Применение принципа взаимозаменяемости, что обеспечивает сборку используя детали без предварительных операций (подгонка, доработка и т.д.).

Именно выполнение вышеперечисленных условий может обеспечить цели по производительности и качеству.

4.2 Анализ изменений конструкции приводящих к изменениям технологии сборки

Для разработки технологического процесса сборки, необходимо понимать – какие конструктивные изменения вносятся в действующую конструкцию коробки передач и каким образом, это повлияет на изменение процесса сборки модернизированной коробки передач.

Изменения затрагивают конструкцию вторичного вала, ведомой шестерни главной передачи (из-за изменения передаточного числа главной передачи), а также конструкцию шестерни пятой передачи первичного вала и шестерни пятой передачи вторичного вала (из-за изменения передаточного числа пятой передачи).

С точки зрения технологии сборки, при изменении конструкции вышеуказанных деталей, технология сборки существенно не меняется. Может понадобиться новая специальная оснастка фиксирующая детали в процессе сборки (из-за измененных внешних размеров деталей).

Для выполнения технологической части дипломного проекта, принято разработать технологию сборки вторичного вала коробки передач.

4.3 Расчет основных параметров сборки вторичного вала

В соответствии с годовыми планами сборки автомобилей LADA LARGUS в выбранной комплектации, годовой объем сборки составляет – 50.000 штук. Исходя из данного объема и произведем расчеты.

1. Фонд рабочего времени (годовой) рассчитывается как:

$$\Phi = R_d \cdot C \cdot T_{см} \cdot K_p \quad (4.1.)$$

где, R_d – количество рабочих дней в году (в соответствии с законодательством РФ), принимается - 247 рабочих дня при пятидневной рабочей неделе;

C - количество рабочих смен в день, принимается – 2-хсменный график работы;

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах, принимается – 8 часов (в соответствии с законодательством РФ);

K_p - коэффициент, который учитывает затраты рабочего времени на ремонт оборудования, принимается 0,97.

$$\Phi = 247 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,97 = 3833 \text{ ч.}$$

2. Такт линии (в минутах), рассчитывается:

$$r = \Phi \cdot 60 / N(\text{год}) \quad (4.2)$$

где $N(\text{год})$ – объем выпуска изделий в год (50000шт.).

$$r = 3833 \cdot 60 / 50000 = 4,6 \text{ мин/шт.}$$

3. Темп линии (в штуках в час), рассчитывается:

$$T(\text{л}) = 60 / r = 60 / 4,6 = 13,0 \text{ шт./ч.} \quad (4.3)$$

4.4 Разработка технологического процесса сборки вторичного вала

№ технологической операции	10
Оборудование	Пресс, оправка для запрессовки, молоток, кисть.
Время производственное	4,6 мин.; запрессовка подшипника – 1,4 мин, смазка вторичного вала маслом с установкой шестерни – 0,4 мин., установка синхронизатора 1-2 передачи и блокирующих колец – 1,0 мин., установка кольца стопорного – 0,6 мин.
T(вспомогательное), мин.	0,6 мин;
T(потерь), мин.	0,6 мин;
Суммарное время, мин.	4,6 мин;
r, мин/шт.	4,6 мин;
T(л), шт.	13,0 шт.
Содержание операции	Взять вторичный вал, осмотреть его и установить в пресс. Взять подшипник (поз.2), осмотреть его, установить в прессовочную головку прессы. Выполнить операцию запрессовки. Взять кисть и нанести масло на поверхность вторичного вала под шестерней первой передачи. Взять шестерню первой передачи осмотреть ее (поз.7) и установить ее на вал. Установить на вал вторичный синхронизатор 1 и 2 передачи (поз.1) используя молоток. Также

	<p>установить кольца блокирующие синхронизатора (2 штуки, поз.10)</p> <p>Взять стопорное кольцо (поз.8), осмотреть его и установить на вал вторичный зафиксировав синхронизатор от осевого перемещения. Для установки стопорного кольца использовать оправку.</p> <p>Выполнить осмотр подсорки для проверки качества.</p> <p>Установить подсорку на конвейер.</p>
--	---

Необходимо место для одного поста сборочной операции 10.

№ технологической операции	20
Оборудование	Молоток, оправка специальная.
Время производственное	4,6 мин; смазка вторичного вала маслом с установкой шестерен – 0,5 мин., установка колец стопорных – 1,5 мин., установка упорных шайб – 0,4 мин., установка синхронизатора 3-4 передачи и блокирующих колец – 1,0 мин.
T(вспомогательное), мин.	0,6 мин;
T(потерь), мин.	0,6 мин;
Суммарное время, мин.	4,6 мин;
г, мин/шт.	4,6 мин;
T(л), шт.	13,0 шт.
Содержание операции	<p>Снять подсорку вала с предыдущей операции и установить ее в приспособление.</p> <p>Взять кисть и нанести масло на поверхность вторичного вала под шестерней второй передачи. Взять шестерню второй передачи осмотреть ее (поз.6) и установить ее на вал.</p> <p>Взять шайбу упорную (поз.16), осмотреть ее и установить на вал.</p> <p>Взять стопорное кольцо (поз.8), осмотреть его и установить на вал вторичный зафиксировав синхронизатор от осевого перемещения. Для</p>

	<p>установки стопорного кольца использовать оправку.</p> <p>Взять еще одну шайбу упорную (поз.16), осмотреть ее и установить на вал.</p> <p>Взять кисть и нанести масло на поверхность вторичного вала под шестерней третьей передачи. Взять шестерню третьей передачи осмотреть ее (поз.14) и установить ее на вал.</p> <p>Установить на вал вторичный синхронизатор 3 и 4 передачи (поз.4) используя молоток. Также установить кольца блокирующие синхронизатора (2 штуки, поз.10)</p> <p>Взять стопорное кольцо (поз.9), осмотреть его и установить на вал вторичный зафиксировав синхронизатор от осевого перемещения. Для установки стопорного кольца использовать оправку.</p> <p>Выполнить осмотр под сборки для проверки качества.</p> <p>Установить под сборку на конвейер.</p>
--	--

Необходимо место для одного поста сборочной операции 20.

№ технологической операции	30
Оборудование	Молоток, оправка, пресс.
Время производственное	4,6 мин; смазка вторичного вала маслом с установкой шестерни – 0,5 мин., установка шайб – 0,7 мин., запрессовка подшипника – 1,4 мин. установка втулки шестерни – 0,8 мин.,
T(вспомогательное), мин.	0,6 мин;
T(потерь), мин.	0,6 мин;
Суммарное время, мин.	4,6 мин;
г, мин/шт.	4,6 мин;
T(л), шт.	13,0 шт.
Содержание операции	Снять под сборку вала с предыдущей операции и установить ее в приспособление.

	<p>Взять кисть и нанести масло на поверхность вторичного вала под шестерней четвертой передачи. Взять шестерню четвертой передачи осмотреть ее (поз.15) и установить ее на вал.</p> <p>Взять шайбу упорную (поз.13), осмотреть ее и установить нал.</p> <p>Взять подшипник (поз.3), осмотреть его, установить в прессовочную головку пресса. Выполнить операцию запрессовки.</p> <p>Взять шайбу упорную (поз.12), осмотреть ее и установить нал.</p> <p>Взять втулку шестерни пятой передачи, осмотреть ее и напрессовать на вал, используя пресс.</p> <p>Выполнить осмотр вала вторичного в сборе, проверить возможность вращения шестерен.</p> <p>Установить вал вторичный в сборе на конвейер.</p>
--	---

Необходимо место для одного поста сборочной операции 30.

Данные, полученные в ходе расчета тех. Процесса сборки вторичного вала используются в расчете экономической части проекта.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

При рассмотрении производственных операций на производстве автомобильных компонентов необходимо учитывать, что для повышения эффективности производства на очень небольшом пространстве размещается различное технологическое оборудование, которое предназначено для выполнения различных операций.

В этом случае безопасные условия труда обеспечиваются комплексным подходом к организации производства, а именно:

- применение таких технологий в производстве, которые обеспечивают минимальный уровень вредных и опасных факторов при выполнении каждой технологической операции;

- использование средств коллективной и индивидуальной защиты;

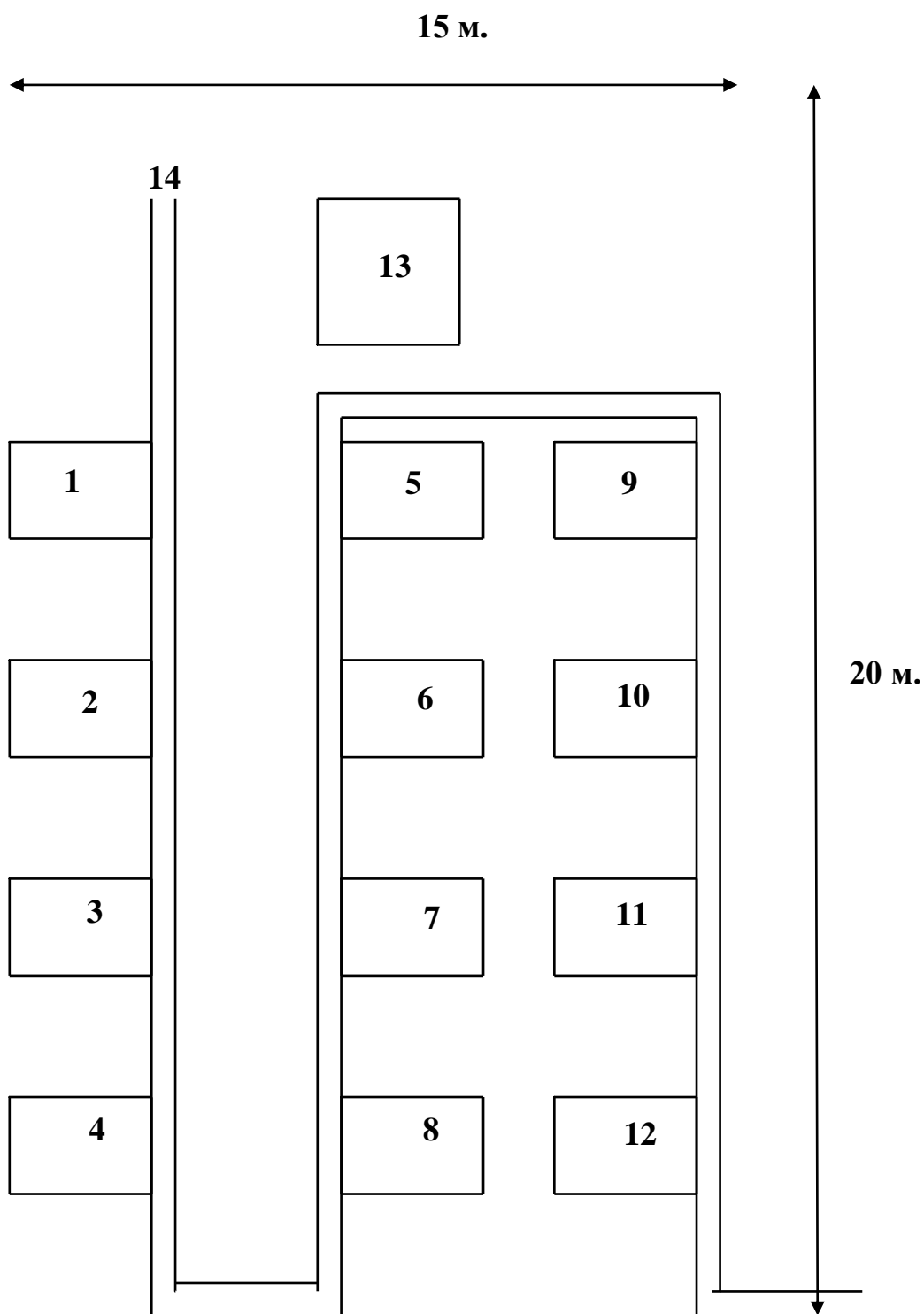
- использование постоянного контроля за технологическими процессами, которые в автоматическом режиме позволяют выполнять защиту работников, а также позволяют производить выключение оборудования;

- не допущения утечек технологических жидкостей и газов на оборудовании;

- постоянный контроль за тем, как работники соблюдают правила по технике безопасности и санитарии;

- обеспечение вывоза отходов, возникающих в процессе производства.

В соответствии с изложенными правилами была разработана схема участка по сборке КП, которая приведена на рис.5.1. Исходя, из разработанной технологии сборки на сборочном участке предусмотрены 11 сборочных постов. Основным документом, который регламентирует требования к производственному участку, является ГОСТ 12.3.002 "Процессы производственные. Общие требования безопасности" [9].



1...11 – места выполнения сборочных операций. 12 – контроль качества, 13 – электрощкаф, 14 – ленточный конвейер.

Рисунок 5.1-Схема участка по сборке коробок передач

Для рассмотренной схемы ширина проездов соответствует размерам транспорта, который применяется на производстве с обеспечением проходов с каждой стороны по 0,7 м. не менее.

Рекомендованная ширина внутрицеховых проходов и проездов (м):

а) основной проезд - 3,0-4,0;

б) проход для работников - 1,4-1,6;

в) проезд при движении тележек:

- с односторонним движением - 2,0-2,5;
- с двусторонним движением - 2,0-3,5.

Ширина проходов между оборудованием для осмотра и проведения ремонтных работ не менее 0,8 м.

5.2. Опасные и вредные производственные факторы

При выполнении производственных работ человек использует различные инструменты, механизмы, материалы. Также работник подвергается воздействию внешних факторов, таких как: температура, влажность окружающей среды, освещенность рабочего места, наличие различных примесей в воздухе, шумовые и вибрационные воздействия, всевозможные излучения и т.д. Данные факторы определяют условия, в которых трудится работник. Применительно к рассматриваемому технологическому процессу подробно рассмотрим данные факторы и их воздействие на организм человека (см. табл.4.1) [9].

Выявив основные вредные и опасные факторы, а также определившись с расстановкой оборудования на производственном участке, рассмотрим основные организационно-технические позволяющие защитить работника от вредных воздействий.

Таблица 5.1

Опасные и вредные производственные факторы	Оборудование, приспособление, инструмент	Воздействие на организм
1	2	3
Физические: а) движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия.	Элетропогрузчики, поточная линия, транспорт на точной линии, вращающиеся части станков	Общая вибрация, шум, повышенное движение воздуха, нарушение целостности организма, повреждение частей тела
б) повышение запыленности и загазованности воздуха;	Электро- и дизельные погрузчики	Воздействие на органы дыхания, утомляемость
в) повышенные уровни шума, вибраций, ультразвуковые колебания;	Электрические сети, электрические установки, погрузчики.	Шумовое воздействие на органы слуха, внутреннее расстройство организма, влияние на сердечнососудистую систему, повышенное давление.
г) повышенное напряжение электрические цепи	Электрические сети, электрические установки, распределители, производственное оборудование с электроприводом	Поражение электрическим током
д) отсутствие или недостаток естественного света. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	Производственное помещение, недостаточная освещенность и количество оконных и потолочных проемов, осветительное оборудование	Влияние на органы зрения, повышенная утомляемость, усталость
Химические: - раздражающие вещества	Масло	Раздражение кожи
Психофизиологические: а) физиологические;		Статические и динамические перегрузки, утомление, нагрузка на ноги
б) монотонность труда;		Утомление, усталость
в) перенапряжение зрительных рецепторов.		Эмоциональное напряжение

5.3 Организационно-технические мероприятия по созданию безопасных условий труда, подкрепленные инженерными расчетами

Обеспечение условий работы в соответствии с требованиями безопасности требует организации работ в данном направлении, а также применения системы по управлению охраной труда в условиях производства. Для выполнения данного подхода на каждом предприятии должна быть разработана нормативная документация в виде «Положение об организации работы по охране труда», чаще всего, это выполняется как стандарт предприятия (СТП) по охране труда. В данном стандарте определяется организация, подчиненность, обязанности, права отдельных подразделений и руководителей в системе охраны труда на предприятии. При разработке данного СТП необходимо руководствоваться документами «ГОСТ» - государственный стандарт, «ОСТ» - отраслевой стандарт, «СНиП» - санитарные нормы и правила.

При рассмотрении мероприятий по обеспечению безопасности на производстве подразделяются на два основных типа индивидуальные мероприятия к которым относятся средства по обеспечению индивидуальной защиты и коллективные к которым относятся мероприятия по обучению персонала ОТ, использованию устройств и систем коллективного использования, применение мероприятий по пожаробезопасности, электробезопасности и т. д.

При поступлении работника на работу необходимо провести его обучение по безопасности труда на рабочем месте. Кроме этого, непосредственно перед работой проводится инструктаж. Всего различают: вводный инструктаж, первичный инструктаж – на рабочем месте, а также повторный инструктаж и внеплановый инструктаж.

Важно проводить планирование мероприятий по ОТ, применительно к участку работы, цеху и производству.

Рассматриваемая производственная площадка по сборке коробок передач находится в корпусе на площади ОАО «АВТОВАЗ». Стандартная высота корпуса для производственных помещений - 6 м. Это позволяет хорошо организовать воздухообмен на рабочих местах, что обеспечивает удалению газов, теплоты, выделяемых при производстве, от рабочего места. Для обеспечения безопасного перемещения работников и перевозки грузов в корпусе применены

разделенные входы от въездов для работников и для транспорта. Двери и технологические ворота должны открываться наружу, чтобы при случаях массовых перемещений работников из производственных помещений двери не были преградой для выхода. На случай возгораний в корпусе имеются специальных эвакуационные выходы. Все санитарные помещения и бытовые помещения отвечают правилам и нормам «СНиП».

Мероприятия по устранению опасных и вредных факторов.

а) Движущиеся машины и механизмы.

Для предотвращения контакта человека с движущимися механизмами и машинами используют ограждения в проездах, применяют оградительные решетки для конвейера. Специальные блокировочные устройства не допускают человека в опасные зоны или при пребывании человека блокируются вредные факторы (обесточивается механизм, являющийся вредным фактором). Если на производственной линии имеются движущиеся части оборудования, они также ограждаются устройствами препятствующими человеку. Также опасность представляют передвигающиеся по конвейеру изделия или подающиеся комплектующие. Здесь часто используют фотоэлементы, которые блокируют работу линии при нахождении в опасной зоне работающего человека.

б) Для соответствия воздуха требованиям СНиП применяют искусственную или естественную вентиляцию помещений или рабочее зоны, что позволяет соответствовать требованиям ОТ.

Выполним расчет вентиляции для производственной площадки под сборку КП. Основным вредным фактором является испарения СОЖ, так как детали поступающие на сборку имеют на своей поверхности СОЖ. На рассматриваемом участке применена приточно-вытяжная вентиляция.

Рассчитаем необходимый воздухообмен и кратность для вентиляции цеха, длина цеха 20м, ширина 15м, высота 6м. В воздух цеха испаряется СОЖ в объеме $W=50$ г/ч (ПДК=4 мг/м³), концентрация СОЖ в рабочей зоне $C_{p.z.}=2,8$ мг/м³, в приточном воздухе $C_{п}=0,3$ мг/м³. Объем воздуха, забираемого из рабочей зоны равно $G_M=1500$ м³/ч. Объем цеха:

$$V = L \cdot b \cdot h \tag{5.1}$$

$$V=20 \cdot 15 \cdot 6=1800 \text{ м}^3.$$

Расчет требуемого воздухообмена:

$$G_{\text{пр}} = G_M + \frac{W - G_M \cdot (C_{\text{р.з.}} - C_{\text{п}})}{(C_{\text{р.з.}} - C_{\text{п}})} \quad (5.2)$$

$$G_{\text{пр}} = 1500 + (50000 - 1500(2,8 - 0,3)) / (2,8 - 0,3) = 20000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Кратность воздухообмена в цехе:

$$K = G_{\text{пр}} / V = 20000 / 1800 = 11 \text{ ч}^{-1},$$

Таким образом, каждый час воздух в цехе обменивается 11 раз, что удовлетворяет требованиям.

в) Повышенный уровень шума и вибраций, ультразвук и ультразвуковые колебания. Для снижения данного вредного фактора применяют средства, которые делятся на 2 основных вида, это коллективные и индивидуальные средства. К коллективным средствам относятся средства снижающие уровень в источнике возникновения (глушители, специальные покрытия звукоизолирующие) и средства снижающие уровень при распространении. К таким средствам относятся материалы с большим коэффициентом поглощения, который используется в помещениях. Примером индивидуальных средств являются – беруши. В помещениях подверженных значительным вибрационным нагрузкам используют виброизоляцию, которая снижает уровень вибраций передающихся от машин к человеку.

г) Электробезопасность.

Все электрические системы делят на два вида: с напряжением до 1000 В. И с напряжением более 1000 В. В соответствии с этим обеспечивается безопасность электрических установок. К основным средствам ОТ относятся зануление, заземление, изоляция, понижение напряжения на рабочем месте, применение механизмов питающихся низким напряжением, обеспечение влагозащитности электрических установок.

В производстве, в рассматриваемом цехе по выполнению сборочных операций имеется значительное количество электрических устройств. Сложность защиты от поражения электрическим током заключается в невозможности обнаружения неисправности электрических устройств на расстоянии. Поэтому обеспечение электробезопасности выполняется конструкцией электроустановок, а также техническими мероприятиями.

Рассматриваемое помещение относится ко 2 категории «помещение с повышенной опасностью». Производственное помещение оборудовано деревянными полами, в помещении влажность 60%, средняя температура 25°.

Согласно «ССБТ. Электробезопасность.» технические мероприятия представлены:

- защитное заземление,
- зануление,
- малое напряжение,
- электроразделение сетей,
- защитное отключение,
- изоляция токоведущих частей,
- оградительные устройства,
- предупредительная сигнализация,
- блокировка,
- знаки безопасности.

Конструктивно электроустановки должны обеспечивать защиту людей от соприкосновения с токопроводящими элементами, защиту установок от попадания в них воды, грязи, посторонних предметов.

Основные требования по устройству заземления заключаются надежной в электрической связи между оборудованием и «землей». Для этого чаще всего используются элементы железобетонных конструкций здания. Требованием по занулению является соединение металлических элементов оборудования по которым не идет ток с «нулем». Это обеспечивает обесточенность электроустановок при срабатывании предохранителей.

д) Освещение.

Для различных технологических операций нормируется уровень освещенности рабочего места. Для обеспечения необходимого уровня освещения применяется естественное освещение в виде оконных проемов производственных помещений и искусственное освещение, которое делится на 2 вида. Первый - это общее освещение всего производственного корпуса и в случае его недостаточности применяют второй тип – это местное освещение на конкретном рабочем месте.

Проведем расчет освещения для рассматриваемого помещения (общего освещения):

Определим необходимое число светильников:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \text{Пл} \cdot \eta} \quad (5.3)$$

где Φ - световой поток одной лампы, лм; E - минимальная нормируемая освещенность, лк; S - площадь помещения, m^2 k - коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников; z -отношение средней освещенности к минимальной (выбираем в пределах $z=1,1...1,5$); Pl - количество люминесцентных ламп; η - коэффициент использования светового потока, зависящий от КПД светильника, коэффициента отражения потолка, стен, высоты подвеса светильников и размеров помещения.

Принимаем для расчета, что:

$E=200$ лк., $S=50 m^2$; $k=1,5$; $z=1,5$; $\Phi=4250$ лм, тип лампы ЛД 80-4.

Принимаем цвет стен, потолка с коэффициентом $\eta=51\%$.

Тогда:

$$N = \frac{200 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{4250 \cdot 2 \cdot 0,50} = 32$$

Таким образом необходимое количество лам – 32 шт.

е) Пожаробезопасность.

Согласно НПБ 105-95, предусматривается категорирование промышленных и складских помещений, зданий и сооружений по взрывопожарной опасности. Рассматриваемому производственному участку присваивается категория «Д» - 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. Правила пожарной безопасности ППБ – 01 – 93 устанавливают общие требования пожарной безопасности на территории Российской Федерации и являются обязательными для исполнения всеми предприятиями.

Основными причинами возгорания, как правило, являются нарушение технологического режима оборудования, неисправность электрооборудования, плохая подготовка оборудования к ремонту и т.д.

Во избежание возгорания на производственном участке необходимо содержать данную территорию в чистоте и систематически очищать от отходов производства. Металлическая стружка, промасленные обтирочные материалы и производственные отходы должны храниться в специально отведенных местах.

При работе с электронагревательными приборами следует соблюдать требования техники безопасности, чтобы предотвратить ожоги.

Количество эвакуационных выходов, их размеры, условия освещения и обеспечения незадымленности, а также протяженность путей эвакуации должны соответствовать противопожарным нормам строительного проектирования. 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. Первичными средствами пожаротушения являются огнетушители, ведра, емкости с водой, ящики с песком, ломы, топоры, лопаты и т.д. Широкое применение находит жидкостной огнетушитель марки ОЖ-7, который заряжается водой с добавками поверхностно – активного вещества или растворами сульфанола, сульфоната, пенообразователя или смачивателя.

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

Таким образом, только выработанная система обеспечения безопасных условий труда может максимально снизить риски для работников. Рассмотрев и применив основные средства защиты и мероприятия как коллективные так и индивидуальные можно говорить о соответствии рассматриваемого производства по сборке КП требованиям ОТ.

5.4. Антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности.

5.4.1 Воздействие на окружающую среду при проведении сборки коробки передач.

В процессе сборочных операций прямых антропогенных воздействий не происходит. При проведении сборки применяются специальные масла, герметики, попадание которых в окружающую среду необходимо исключить. Это возможно сделать, разрабатывая технологический процесс сборки пооперационно с применением технических средств не допускающих разливы, выбросы. Также в процессе сборки образуется некоторое количество использованных материалов, например, ветошь и прокладочный картон, которые относятся к не-

токсичным отходам. Нетоксичные отходы должны своевременно убираться в специальные контейнера с последующим вывозом и утилизацией. Данное действия относятся к пассивным методам защиты.

Также на сборочном производстве имеются испарения технологических жидкостей. Для устранения вредных последствий необходимо применять фильтрующие элементы, встроенные в систему вентиляции помещений, что и было рассчитано выше.

5.4.2 Воздействие на окружающую среду при эксплуатации КП в составе автомобиля.

Основные формы воздействий на ОС со стороны коробки передач можно представить в виде:

- Возможная утечка масла. Для недопущения этого проявления необходимо прорабатывать конструкцию узла таким образом, чтобы максимально снизить утечки. Это можно выполнить, применяя высокоэффективные герметики и сальники. Кроме этого, необходимо проводить обслуживание узла в процессе эксплуатации по замене масла в специализированных станциях технического обслуживания, который должны выполнять работы без утечек масла, а выработавшее свой ресурс масло необходимо утилизировать.

- Шумовое воздействие на окружающую среду со стороны коробки передач в процессе работы. Коробка передач при работе является источником как шумов так и вибраций, которые воздействуют на водителя с пассажирами, также на окружающий людей воздействуют шумы излучаемые коробкой передач. Для максимального снижения уровня шума со стороны коробки передач необходимо на стадии проектирования и доводки коробки передач применять зубчатые зацепления с профилем зуба, который создает минимальные шумы в процессе работы (передачи вращения и крутящего момента). Также необходимо применять демпфер холостого хода расположенный в ведомом диске сцепле-

ния, который существенно снижает уровень излучаемого шума при работе КП на холостом ходу. Также снижения уровня шума можно достичь применяя дополнительные элементы шумоизоляции.

- Расход топлива. Конструкция коробки передач напрямую влияет на средний расход топлива и соответственно на объем выбросов в атмосферу вредных газов и газа CO₂. Данное влияние обусловлено передаточными числами коробки передач и количеством передач в конструкции КП. При проектировании коробки передач необходимо применять экономическую передачу (или две экономических передачи) для достижения минимального расхода топлива при эксплуатации автомобиля.

5.5 Обеспечение безопасности при эксплуатации объекта

При эксплуатации коробки передач в составе автомобиля необходимо обеспечить безопасность водителя, пассажиров и других участников движения, обеспечивая надежность работы коробки передач. К числу опасных факторов при эксплуатации КП необходимо отнести следующие факторы:

- возможность механической поломки деталей редукторной части коробки передач, что может создать аварийную ситуацию на дороге. Для исключения данного фактора необходимо на стадии проектирования коробки передач закладывать необходимые коэффициенты запаса при выборе габаритных размеров деталей с целью гарантированного обеспечения надежной работы. На стадии испытаний коробки передач необходимо подтвердить максимальную несущую расчетную способность коробки передач (по крутящему моменту, угловой скорости). К таким деталям относятся валы, шестерни, подшипники, картерные детали.

- возможность не включения передачи или самовыключения передачи, что также может создать аварийную ситуацию. Для исключения данного фактора

также необходимо выполнение полного комплекса работ по проектированию и особенно важно по испытанию коробок передач.

5.6 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях

На нашем предприятии может возникнуть ЧС как пожар с последующим обрушением здания и возможным взрывом.

Поражающие факторы при пожарах и взрывах: воздушная ударная волна с образованием осколочных полей, тепловое и световое излучение и, как следствие, загрязнение воздуха в очаге поражения угарным газом и ХОВ.

При планировании мероприятий по борьбе с авариями надо учитывать, что они проходят пять фаз:

1. накопление отклонений от нормального процесса;
2. инициирование аварии;
3. развитие аварии, во время которой оказывается воздействие на людей, природную среду и объекты;
4. проведение спасательных работ, локализация аварии;
5. восстановление жизнедеятельности после ликвидации последствий аварии.

Обеспечение устойчивости работы организации в условиях ЧС – одна из основных задач российской системы предупреждения и действия в ЧС.

Устойчивость работы организации в условиях ЧС обеспечиваются:

1. степенью надежности защиты персонала;
2. способностью противостоять поражающим факторам объектов производственного назначения;
3. надежностью функционирования технологического оборудования и систем энергообеспечения;
4. бесперебойностью материально-технического снабжения и сбыта;
5. подготовленностью персонала и населения к ведению спасательных и других неотложных работ, а также по восстановлению производства;

б. надежностью и непрерывностью решительного действия системы управления.

Виды работ проводимых при производственных авариях:

- ликвидация очагов пожара;
- ликвидация массовых пожаров;
- устройство противопожарных барьеров;
- спасательные работы: поиск пострадавших, извлечение людей из-под завалов, оказание медицинской помощи, эвакуация людей.

Руководитель объекта при угрозе ЧС проводит следующие мероприятия:

1. усиливает дежурно-диспетчерскую службу;
2. осуществляет наблюдение и контроль за состоянием окружающей среды, обстановкой на потенциально опасных участках объекта и прилегающих к ним территориях;
3. прогнозирует возможность ЧС на объекте, ее масштабы и последствия;
4. проверяет системы и средства оповещения и связи;
5. принимает меры по защите персонала, населения и территории, а также по повышению устойчивости работы объекта;
6. повышает готовность сил и средств, предназначенных для ликвидации ЧС;
7. готовит к возможной эвакуации персонал и население прилегающих к объекту участков города.

При выполнении и соблюдении всех мероприятий, предложенных по защите работающего от воздействия опасных и вредных производственных факторов, снизятся травматизм и профзаболевания и, как следствие, повысится производительность труда.

Также если следовать указанным в разделе требованиям по защите окружающей среды, то негативное воздействие на нее уменьшится.

Также необходимо, чтобы на каждом предприятии была служба по ЧС, для ликвидации и предупреждения аварий.

5.7 Выводы по разделу

Был рассмотрен участок сборки КП, при этом:

а) определены наиболее вредные производственные факторы, которые оказывают влияние на здоровье человека при работе в сборочном производстве;

б) выработаны основные мероприятия для снижения вредного воздействия производственных факторов и определены мероприятия по разработке безопасных условий труда;

в) выполнен расчет системы вентиляции сборочного производственного участка;

г) выполнен расчет системы освещения в сборочном производственном помещении;

д) выбрана категория по пожаробезопасности производственного участка, в данном случае категория «Д». Определены мероприятия по недопущению пожароопасных ситуаций, определено необходимое огнетушительное оборудование;

е) выявлены основные вредные воздействия сборочного производства коробки передач, а также последующей эксплуатации коробки передач, на окружающую среду;

ж) рассмотрен вопрос организации безопасности производственного участка при возникновении чрезвычайных и аварийных ситуаций;

6 Экономическая часть проекта

6.1 Введение

В проекте произведена модернизация коробки передач, включающая в себя изменение передаточных чисел коробки передач (главной передачи и пятой передачи). Результатом модернизации явилось снижение расхода топлива автомобилем при движении на 5 передаче со скоростью 100 км/ч на 0,2 л. на 100 км. пробега автомобиля. Результаты получены в ходе тягово-динамического расчета. Для реализации предлагаемой модернизации необходимо скорректировать технологию сборки, увеличить расход материалов (вследствие увеличения диаметра шестерен), а также спроектировать и изготовить новую оснастку и инструмент. Все это требует затрат, оценить которые необходимо при выполнении экономической части проекта.

Экономический эффект проекта заключается в снижении расхода топлива, таким образом необходимо рассчитать общественную значимость проекта в денежном выражении.

6.2. Расчет затрат на производство нового изделия

На первом этапе производится расчет себестоимости нового изделия в соответствии с табл.6.1, где показаны основные показатели, из которых и складывается себестоимость изделия (коробки передач). Данные для выполнения расчета получены в ходе преддипломной практике на АВТОВАЗе в Дирекции по закупкам, Отделе цен, в марте 2016 года.

Таблица 6.1

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база), руб.	Процент косвенных расходов
<i>Стоимость _ основных материалов</i>	<i>М</i>	2235,00	
<i>Стоимость комплектующих _ изделий</i>	<i>Пи</i>	1182,44	
<i>Основная _ заработная плата</i>	<i>Зо</i>	2031,50	<i>Кпрем. = 10%</i>
<i>Дополн. _ заработная плата</i>	<i>Здоп</i>	203,15	<i>Квып. = 0,1 · Зо</i>
<i>Отчисления _ в страховые _ взносы</i>	<i>Ссв.</i>	670,40	<i>Есв = 30%</i>
<i>Расходы _ на _ содерж. и _ эксплуатацию оборудования</i>	<i>Ссод.обор.</i>	4063,00	<i>Еобор. = 0,2 · Зо</i>
<i>Цеховые _ расходы</i>	<i>Сцех</i>	3555,13	<i>Ецех. = 1,75 · Зо</i>
<i>Расходы _ на инструмент _ и _ оснастку</i>	<i>Синстр.</i>	60,95	<i>Еинстр. = 0,03 · Зо</i>
<i>Цеховая _ себестоимость</i>	<i>Сцех.с/с</i>	14001,56	
<i>Общезаводские _ расходы</i>	<i>Соб.з.</i>	2539,38	<i>Еоб.завод. = 1,75 · Зо</i>
<i>Общезаводская себестоимость</i>	<i>Соб.з.с/с</i>	16540,93	
<i>Коммерческие _ расходы</i>	<i>Ском.</i>	827,05	<i>Еком. = 0,05 · Соб.завод.</i>
<i>Полная _ себестоимость</i>	<i>Спол.</i>	17367,98	

Выполним расчет затрат “Стоимость основных материалов” по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n Ц_{mi} \cdot Q_{mi} \cdot (1 + K_{тзр}./100 - K_{вот}./100) \quad (6.1)$$

где $Ц_{mi}$ - стоимость материала i -го вида, руб.; Q_{mi} - расход материала i -го вида на изделие, кг; $K_{тзр}$ - коэфф. транспортно-заготовительных расходов, в %; $K_{вот}$ - коэфф. возвратных отходов, в %.

Таблица 6.2

Наименование материалов	Расход	Цена за ед. изм., руб.	Сумма, руб.
Металл, литье, кг.	14	43	602,00
Металл, горячекатаный прокат, кг.	3	56	168,00
Металл, прочие черные металлы, кг.	6,5	39	253,50
Металл, литье цветного металла, кг.	9,5	85	807,50
Металл, прокат цветного металла, кг.	0,4	120,5	48,20
Металл, сырьё цветного металла, кг.	0,4	96	38,40
Химикаты, кг.	0,5	118	59,00
Краска, кг.	0,1	96,3	9,63
Текстильные материалы, м.	1	62	62,00
Прочие материалы, руб.	28	-	28,00
Электроэнергия, кВт	54	3,3	178,20
ИТОГО:			2238,93
Транспортно-заготовительные расходы	Ктзр=3%	-	67,17
Возвратные отходы	Квот=2%	-	-44,78
ВСЕГО:	-	-	2261,32

Выполним расчет затрат по статье “Стоимость комплектующих изделий” по формуле:

$$П_{и.} = \sum_{i=1}^n Ц_{i.} \cdot n_{i.} \cdot (1 + К_{тзр.}/100) \quad (6.2)$$

где – $Ц_{i.}$ – цена покупных изделий i -го вида, руб.; $n_{i.}$ – количество покупных изделий i -го вида, шт.

Таблица 6.3

Наименование полуфабрика- тов	Количе- ство	Средняя цена за шт., руб.	Сумма, руб.
Подшипники, руб.	-	-	
Задний подшипник первичного и вторичного валов	2	118	236
Передний подшипник первич- ного вала	1	95	95
Передний подшипник вторич- ного вала	1	95	95
Подшипник дифференциала	2	151	302
Электрооборудование (датчик скорости), руб.	-	-	150
Изделия из пластмассы, руб.	-	-	12,0
Прочие готовые изделия, руб.	-	-	258,0
ИТОГО:	-	-	1148,0
Транспортно-заготовительные расходы	Ктзр=3 %	-	34,44
ВСЕГО:	-	-	1182,44

Выполним расчет затрат “Основная заработная плата” по формуле:

$$З_о. = З_т. \cdot (1 + К_{прем.}/100) \quad (6.3)$$

где $З_т.$ – тарифная заработная плата, рассчитываемая:

$$З_т. = С_р. \cdot т.$$

где: $С_р.$ – часовая тарифная ставка, руб., $т.$ – трудоемкость операции, час.

$К_{прем.}$ – коэфф. премий и доплат, в %. Данные сведены в табл.5.4.

Таблица 5.4

Виды операций	Разряд работы	Трудо- емкость, час.	Часовая тарифная ставка, руб.	Тариф зарпла- та, руб.
Заготовка	2	0,9	84,36	75,92
Обработка	3	7,5	93,72	702,90
Сборка	4	7	105,68	739,76
Испытания	5	0,5	119,6	59,78
ИТОГО:	-	-	-	1578,36
Премияльные платы	$К_{прем.}=30\%$	-	-	473,51
Основная з/п	-	-	-	2051,87

$Z_0=2051,87$ руб.

Выполним расчет затрат «Дополнительная заработная плата» по формуле:

$$Z_{\text{доп.}}=Z_0 \cdot (K_{\text{вып.}} / 100\%) \quad (6.4)$$

$$Z_{\text{доп.}}=2051,87 \cdot (10\% / 100\%)=205,19 \text{ руб.},$$

где $K_{\text{вып.}}$ – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве, %.

Выполним расчет затрат «Отчисления в социальные взносы» по формуле:

$$C_{\text{с.в.}}=(Z_0+Z_{\text{доп.}}) \cdot (E_{\text{соц.н.}}/100\%) \quad (6.5)$$

$$C_{\text{с.в.}}=(2051,87+205,19) \cdot (30\% / 100\%)=677,12 \text{ руб.}$$

где $E_{\text{соц.н.}}$ – коэффициент отчислений в единый социальный фонд, в %.

Выполним расчет затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» по формуле:

$$C_{\text{сод.обор.}}=Z_0 \cdot (E_{\text{обор.}}/100\%) \quad (6.6)$$

$$C_{\text{сод.обор.}}=2051,87 \cdot (200\% / 100\%)=4103,75 \text{ руб.},$$

где $E_{\text{обор.}}$ – коэфф. расходов на содержание и экспл. оборудования, в %.

Выполним расчет затрат «Цеховые расходы» по формуле:

$$C_{\text{цех.}}=Z_0 \cdot (E_{\text{цех.}}/100\%) \quad (6.7)$$

$$C_{\text{цех.}}=2051,87 \cdot (175\% / 100\%)=3590,78 \text{ руб.},$$

где $E_{\text{цех.}}$ – коэффициент цеховых расходов, в %.

Выполним расчет затрат «Расходы на инструмент и оснастку» по формуле:

$$C_{\text{инстр.}}=Z_0 \cdot (E_{\text{инстр.}}/100\%) \quad (6.8)$$

$$C_{\text{инстр.}}=2051,87 \cdot (3\% / 100\%)=61,56 \text{ руб.},$$

где $E_{\text{инстр.}}$ – коэфф расходов на инструмент и оснастку, в %.

Выполним расчет цеховой себестоимость по формуле:

$$C_{\text{цех.с/с.}}=M+П_{\text{и.}}+Z_0+Z_{\text{доп.}}+C_{\text{соц.н.}}+C_{\text{сод.обор.}}+C_{\text{цех.}}+C_{\text{инстр.}} \quad (6.9)$$

$\text{Сцех.с/с.} = 2261,32 + 1182,44 + 2051,87 + 205,19 + 677,12 + 4103,75 + 3590,78 + 61,56 = 14134,02$ руб.

Выполним расчет затрат «Общезаводские расходы» по формуле:

$$\text{Соб.з.} = \text{Зо.} \cdot (\text{Еоб.з.} / 100\%)$$

$$\text{Соб.з.} = 2051,87 \cdot (125\% / 100\%) = 2564,84 \text{ руб.} \quad (6.10)$$

где Еоб.з.- коэфф. общезаводских расходов, в %.

Выполним расчет общезаводской себестоимости по формуле:

$$\text{Соб.з.с/с.} = \text{Соб.з.} + \text{Сцех.с/с.} \quad (6.11)$$

$$\text{Соб.з.с/с.} = 2564,84 + 14134,02 = 16698,86 \text{ руб.}$$

Расчет статьи «Коммерческие расходы» выполняется по формуле:

$$\text{Ском.} = \text{Соб.з.с/с.} \cdot (\text{Еком.} / 100\%). \quad (6.12)$$

$$\text{Ском.} = 16698,86 \cdot (5\% / 100\%) = 834,94 \text{ руб.}$$

где Еком. – коэфф. коммерческих расходов, в %.

Выполним расчет полной себестоимости по формуле:

$$\text{Спол.} = \text{Соб.з.с/с.} + \text{Ском.} \quad (6.13)$$

$$\text{Спол.} = 16698,86 + 834,94 = 17533,80 \text{ руб.}$$

Выполним расчет отпускной цены для базовой и проектируемой коробки передач по формуле:

$$\text{Цотп.} = \text{Спол.} \cdot (1 + \text{Крент.} / 100\%), \quad (6.14)$$

где Крент. – коэфф. рентабельности, принимаем $\text{Крент.} = 30\%$;

$$\text{Цотп.б.} = \text{Спол.б.} \cdot (1 + \text{Крент.} / 100\%) = 17367,98 \cdot (1 + 30\% / 100\%) = 22578,37 \text{ руб.};$$

$$\text{Цотп.п.} = \text{Цотп.б.}$$

Результаты расчетов для проектируемой коробки передач представлены в нижеследующей таблице.

Таблица 6.5

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база), руб.	Затраты на единицу изделия (проект), руб.
<i>Стоимость _ основных материалов</i>	<i>М</i>	2235,00	2261,32
<i>Стоимость комплектующих _ изделий</i>	<i>Пи</i>	1182,44	1182,44
<i>Основная _ заработная плата</i>	<i>Зо</i>	2031,50	2051,87
<i>Дополн. _ заработная плата</i>	<i>Здоп</i>	203,15	205,19
<i>Отчисления _ в страховые _ взносы</i>	<i>Ссв.</i>	670,40	677,12
<i>Расходы _ на _ содерж. и _ эксплуатацию оборудования</i>	<i>Ссод.обор.</i>	4063,00	4103,75
<i>Цеховые _ расходы</i>	<i>Сцех</i>	3555,13	3590,78
<i>Расходы _ на инструмент _ и _ оснастку</i>	<i>Синстр.</i>	60,95	61,56
<i>Цеховая _ себестоимость</i>	<i>Сцех.с/с</i>	14001,56	14134,02
<i>Общезаводские _ расходы</i>	<i>Соб.з.</i>	2539,38	2564,84
<i>Общезаводская себестоимость</i>	<i>Соб.з.с/с</i>	16540,93	16698,86
<i>Коммерческие _ расходы</i>	<i>Ском.</i>	827,05	834,94
<i>Полная _ себестоимость</i>	<i>Спол.</i>	17367,98	17533,80
<i>Отпускная _ цена</i>	<i>Цотп.</i>	22578,37	22578,37

6.3. Расчет точки безубыточности производства нового изделия

Точка безубыточности это такой объем производства, при котором прибыль равна «0», а переменные и постоянные издержки равны объему продаж. Расчет производится по формуле.

$$\text{Цотп.} \cdot \text{Vгод.} = \text{Зпост.} + \text{Зперем.уд.} \cdot \text{Vгод.} \quad (6.15)$$

где Цотп. – цена продукции; Vгод. – объем производства (50000 шт.), Зпост. – постоянные издержки; Зперем.уд.– переменные удельные издержки.

Расчет переменных затрат на ед. продукции:

$$\text{Зперем.уд.б.} = \text{М} + \text{Пи} + \text{Зо} + \text{Здоп} + \text{Сс.в.} \quad (6.16)$$

$$\text{Зперем.уд.б.} = 2235,00 + 1182,44 + 2031,50 + 203,15 + 670,40 = 6322,49 \text{ руб.}$$

$$\text{Зперем.уд.п.} = \text{М} + \text{Пи} + \text{Зо} + \text{Здоп} + \text{Сс.в.} \quad (6.17)$$

$$\text{Зперем.уд.п.} = 2261,32 + 1182,44 + 2051,87 + 205,19 + 677,12 = 6377,94 \text{ руб.}$$

на годовой объем выпуска продукции:

$$\text{Зперем.б.} = \text{Зперем.уд.б.} \cdot \text{Vгод.} \quad (6.18)$$

$$\text{Зперем.б.} = 6322,49 \cdot 50000 = 316124250 \text{ руб.}$$

$$\text{Зперем.п.} = \text{Зперем.уд.п.} \cdot \text{Vгод.} \quad (6.19)$$

$$\text{Зперем.п.} = 6377,94 \cdot 50000 = 318896899 \text{ руб.}$$

Расчет постоянных затрат на ед. продукции:

$$\text{Зпост.уд.п.} = (\text{Ссод.обор.} + \text{Синстр.}) \cdot 0,87 + \text{Ссех.} + \text{Соб.з.} + \text{Ском.} + \text{Ам.уд.}$$

Ам.уд.- амортиз. отчисления, руб. (только для проектного варианта).

$$\text{Ам.уд.п.} = (\text{Ссод.обор.п.} + \text{Синстр.п.}) \cdot \text{На.} / 100\% \quad (6.20)$$

$$\text{Ам.уд.п.} = (4103,75 + 61,56) \cdot 13 / 100 = 541,49 \text{ руб.}$$

где На. – норма амортиз. отчислений, принимаем На.=13%.

$$\text{Зпост.уд.п.} = (4103,75 + 61,56) \cdot 0,87 + 3590,78 + 2564,84 + 834,94 + 541,49 = 11045,49 \text{ руб.}$$

$$\text{Зпост.уд.б.} = \text{Ссод.обор.} + \text{Синстр.} + \text{Ссех.} + \text{Соб.з.} + \text{Ском.} \quad (6.21)$$

$$\text{Зпост.уд.б.} = 4063,00 + 60,95 + 3555,13 + 2539,38 + 827,05 = 11155,87 \text{ руб.}$$

на годовой объем выпуска продукции:

$$З_{\text{пост.б.}} = З_{\text{пост.уд.б.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (6.22)$$

$$З_{\text{пост.б.}} = 11045,49 \cdot 50000 = 552274575 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пост.п.}} = З_{\text{пост.уд.п.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (6.23)$$

$$З_{\text{пост.п.}} = 11155,87 \cdot 50000 = 557793260 \text{ руб.}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия:

$$С_{\text{пол.год.}} = С_{\text{пол.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (6.24)$$

$$С_{\text{пол.год.п.}} = 17367,98 \cdot 50000 = 868398825 \text{ руб.}$$

Расчет выручки от реализации изделия:

$$\text{Выручка} = Ц_{\text{отп.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (6.25)$$

$$\text{Выручка п.} = Ц_{\text{отп.п.}} \cdot V_{\text{год.}} = 22578,37 \cdot 50000 = 1128918473 \text{ руб.}$$

Расчет маржинального дохода:

$$Д_{\text{марж.}} = \text{Выручка} - З_{\text{перем.}} \quad (6.26)$$

$$Д_{\text{марж.п.}} = \text{Выручка п.} - З_{\text{перем.п.}} = 1128918473 - 318896899 = 810021574 \text{ руб.}$$

Расчет критического объема продаж:

$$А_{\text{крит.}} = З_{\text{пост.п.}} / (Ц_{\text{отп.п.}} - З_{\text{перем.уд.п.}}) \quad (6.27)$$

$$А_{\text{крит.}} = 557793260 / (22578,37 - 6377,94) = 34430 \text{ шт.}$$

Определение точки безубыточности графическим методом:

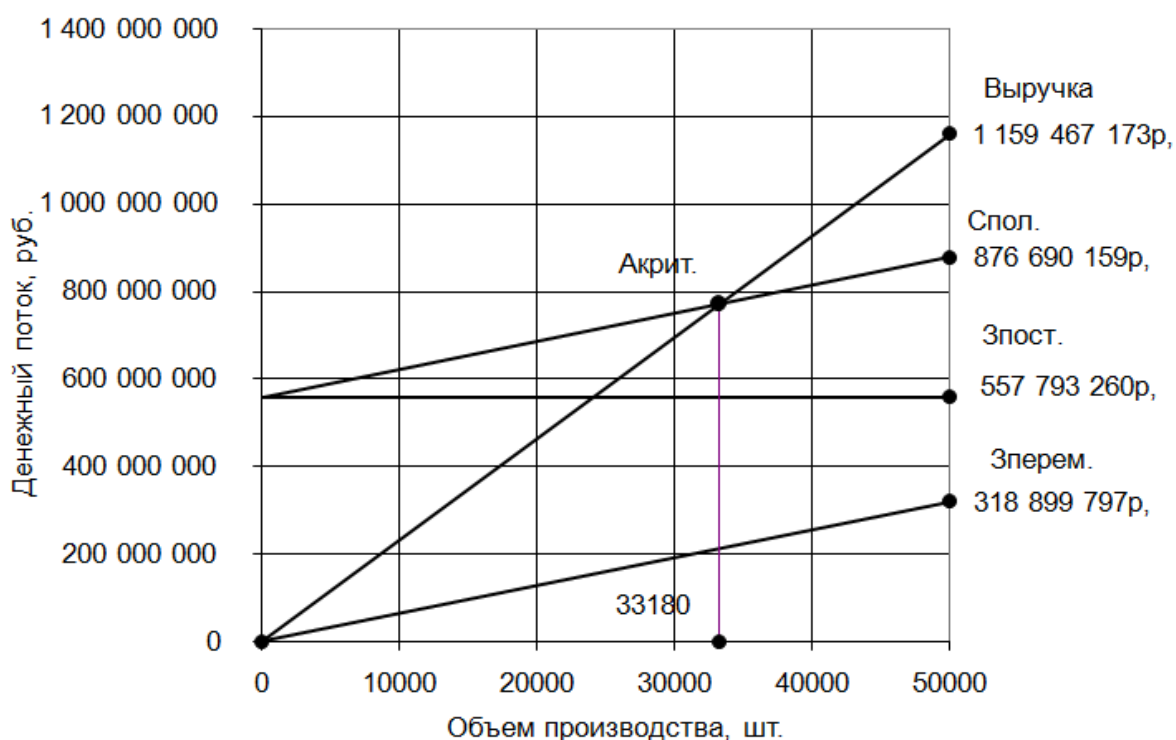


Рисунок 6.1- Определение точки безубыточности графическим методом

6.4 Расчет коммерческой и общественной эффективности проекта

6.4.1 Расчет общественной эффективности проекта

Как следует из конструкторской части проекта, получено снижение расхода топлива на 0,2 л. На 100 км пробега, выполним расчет получаемой эффективности в денежном виде.

Количество моточасов работы автомобиля в год:

$$Z = \text{Дк.} \cdot \text{Тн.} \cdot a \quad (6.28)$$

$$Z = 364 \cdot 1 \cdot 0,5 = 182 \text{ час,}$$

где Дк. – количество календарных дней в году, Тн. – продолжительность работы в сутки, час, а – коэффициент использования двигателя.

Расчет выполненной транспортной работы.

$$W = Z \cdot \text{Ne} \cdot b \cdot r \quad (6.29)$$

$$W = 182 \cdot 40 \cdot 0,5 \cdot 0,95 = 3458 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

где N_e – мощность ДВС при $n=3000$ мин⁻¹, кВт, b – коэффициент использования моточасов, $b=0,6$, r – коэфф. использования мощности, $r=0,95$.

Расчет затрат на топливо: (6.30)

$$Z_{т.б.} = C_{т.б.} \cdot g_{е.б.} \cdot K_з$$

$$Z_{т.б.} = C_{т.б.} \cdot g_{е.б.} \cdot K_з = 35 \cdot 0,280 \cdot 1,04 = 10,19 \text{ руб./кВт} \cdot \text{час,}$$

$$Z_{т.н.} = C_{т.н.} \cdot g_{е.п.} \cdot K_з = 35 \cdot 0,275 \cdot 1,04 = 10,01 \text{ руб./кВт} \cdot \text{час,}$$

где $g_{е.}$ – удельный расход топлива, кг/кВт·ч.;

$C_{т.}$ – цена бензин АИ-95, руб./кг;

$K_з$ – коэфф. увеличенного расхода топлива в зимний период, $K_з=1,04$.

Расчет экономии годовых эксплуатационных затрат нового автомобиля при одном и том же объеме транспортной работы:

$$Э_{общ.} = G_{э.т.} = W \cdot (Z_{т.б.} - Z_{т.н.}) \quad (6.31)$$

$$Э_{общ.} = 3458 \cdot (10,19 - 10,01) = 622 \text{ руб.}$$

6.4.2 Расчет коммерческой эффективности проекта

Расчетный период эксплуатации принимаем равным 5 годам.

Количество коробок передач будет увеличиваться равномерно с каждым годом на:

$$\Delta = (V_{\text{макс.}} - A_{\text{крит.}}) / (n - 1), \quad (6.32)$$

где $V_{\text{макс.}} = V_{\text{год.}}$ – макс. объем продукции, шт.; $A_{\text{крит.}}$ – критический объем продаж, шт.; n – количество лет, с учетом пред. подготовки производства.

$$\Delta = (50000 - 34430) / (6 - 1) = 3114$$

Расчет выручки по годам (для проектного варианта):

$$Выручка_i = C_{отп.} \cdot V_{\text{прод.}i}, \quad (6.33)$$

где объем продаж:

$$V_{\text{прод.}i} = A_{\text{крит.}} + \Delta. \quad (6.34)$$

Проектный					
год	1	2	3	4	5
Впрод.	37544	40658	43772	46886	50000
Выручка (руб.)	847677012	917986055	988295097	1058604140	1128913182

Расчет переменных затраты по годам для базового и проектного изделий:

$$Зперем. i = Зперем.уд. \cdot Vпрод. i \quad (6.35)$$

Год	Vпрод.	Базовый Зперем. (руб.)	Проектный Зперем. (руб.)
1	37544	237369895	239451809
2	40658	257058114	346002407
3	43772	276746332	279173607
4	46886	296434550	299034506
5	50000	316122769	318895404

Расчет амортизации (определяется для проектного варианта):

$$Ам. = Ам.уд. \cdot Vгод. = 541,49 \cdot 50000 = 27074340 \text{ руб.} \quad (6.36)$$

Расчет общественно значимой экономии по годам производства (определяется для проектного варианта):

$$Эобщ. i = Эобщ. \cdot Vгод. i \quad (6.37)$$

Эобщ. (для проектного варианта)					
Год	1	2	3	4	5
Эобщ. (руб.)	23352222	25289130	27226038	29162946	31099854

Расчет полной себестоимости по годам для базового и проектного изделий:

$$Спол. i = Зперем. i + Зпост. \quad (6.38)$$

Год	Vпрод.	Базовый Спол. (руб.)	Проектный Спол. (руб.)
1	37544	789641882	797242455
2	40658	809330101	817103354
3	43772	829018319	836964253
4	46886	848706537	856825152
5	50000	868394756	876686051

Расчет налогооблагаемой прибыли по годам производства (для проектного варианта):

$$\text{Пр.обл.}i = \text{Выручка } i - \text{Спол.}i \quad (6.39)$$

Расчет налога на прибыль по ставке в 20% от налогооблагаемой прибыли по годам производства.

$$\text{Нпр.}i = \text{Пр.обл.}i \cdot 0,20 \quad (6.40)$$

Расчет прибыли чистой по годам производства.

$$\text{Пр.ч.}i = \text{Пр.обл.}i - \text{Нпр.}i \quad (6.41)$$

Базовый вариант				
Год	Vпрод.	Пр.обл.i (руб.)	Нпр.i (руб.)	Пр.ч.i (руб.)
1	37544	58035130	11607026	46428104
2	40658	108655954	21731191	86924763
3	43772	159276778	31855356	127421423
4	46886	209897602	41979520	167918082
5	50000	260518427	52103685	208414741
Проектный вариант				
Год	Vпрод.	Пр.обл.i (руб.)	Нпр.i (руб.)	Пр.ч.i (руб.)
1	37544	50434557	10086911	40347646
2	40658	100882701	20176540	80706161
3	43772	151330844	30266169	121064675
4	46886	201778988	40355798	161423190
5	50000	252227132	50445426	201781705

Расчет текущего чистого дохода по годам производства:

$$\text{ЧД}i = \text{Пр.ч.}i \cdot \text{п.} - \text{Пр.ч.}i \cdot \text{б.} + \text{Ам.} + \text{Эобщ.}i \quad (6.42)$$

Расчет дисконтирования денежного потока:

$$\alpha_i = 1 / (1 + E)^t, \quad (6.43)$$

где E – норматив дисконтирования E=10%; t – год приведения затрат и результатов (расчетный год).

Расчет чистого дисконтированного потока реальных денег (при Крент.=10%):

$$\text{ЧДД}ti = \text{ЧД}i \cdot \alpha ti \quad (6.44.)$$

Год	Vпрод.	Чд _i (руб.)	α_i	ЧДД _t (руб.)
1	37544	44346104	0,909	40314640
2	40658	46144867	0,826	38136254
3	43772	47943631	0,751	36020760
4	46886	49742395	0,683	33974725
5	50000	51541158	0,621	32003004

Суммарный ЧПД за расчетный период рассчитывается по формуле:

$$n\text{ЧПД}_t = n\text{ЧДД}_t \quad (6.45)$$

$$n\text{ЧПД}_t = 40314640 + 38136254 + 36020760 + 33974725 + 32003004 = 180449383 \text{ руб.}$$

Необходимые капиталом образующие инвестиции составят:

$$J_0 = K_{\text{инв.}} / 100\% \cdot n\text{Спол.}_i \quad (6.46)$$

где $K_{\text{инв.}}$ – коэфф. капиталлообразующих инвестиций ($K_{\text{инв.}} = 4\%$).

$$J_0 = 4\% / 100\% \cdot 4184821265 = 167392851 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД} = n\text{ЧПД}_t - J_0 \quad (6.47)$$

$$\text{ЧДД} = 180449383 - 167392851 = 13056532 \text{ руб.}$$

$$J_{D_t} = \text{ЧДД} / J_0; \quad (6.48)$$

$$J_{D_1} = 13056532 / 167392851 = 1,08$$

Срок окупаемости проекта:

$$\text{Токуп.}_t = J_0 / \text{ЧДД}; \quad (6.49)$$

$$\text{Токуп.}_t = 167392851 / 13056532 = 0,93.$$

Таблица 6.6. Расчет экономической эффективности модернизируемой КП

	ГОДЫ					
	0	1	2	3	4	5
Объем продаж, V _{прод.} (шт.)		37544	40658	43772	46886	50000
Отпускная цена за единицу продукции, (руб.) Ц _{отп.}		22578,37				
Выручка.б. Выручка.н. (тыс.руб)		847677	917986	988295	1058604	1128913
Переменные затраты (тыс.руб) З _{перем.б.}		237369	257058	276746	296434	316122
З _{перем.н.}		239451	259312	279173	299034	318895
Амортизация, Ам (тыс.руб.)		27074				
Постоянные затраты, (тыс.руб.) З _{пост.б.}		552271				
З _{пост.н.}		557790				
Полная себестоимость, (тыс.руб) С _{пол.б.}		789641	809330	829018	848706	868394
С _{пол.н.}		797242	817103	836964	856825	876686
Налогооблагаемая прибыль, (тыс.руб.)		50434	100882	151330	201778	252227
Налог на прибыль, (тыс.руб.)		10086	20176	30266	40355	50445
Прибыль чистая, (тыс.руб.)		40347	80706	121064	161423	201781
Общественная эффективность проекта, (тыс.руб.)		23352	25289	27226	29162	31099
Чистый поток реальных денег ЧД, (тыс.руб.)		44346	46144	47943	49742	51541
Коэффициент дисконтирова- ния α т при Ест.1		0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
Чистый дисконтированный поток реальных денег, (тыс.руб.) ЧДД1		40314	38136	36020	33974	32003
Капиталообразующие инве- стиции J _о , (тыс.руб.)	167392					
Суммарный чистый дисконти- рованный поток реальных де- нег, руб. Σ ЧДД1		13056				
Индекс доходности JД		1,08				
Срок окупаемости проекта Токуп., год		0,93				
Чистый дисконтированный доход ЧДД, руб		180449				

6.5 Выводы

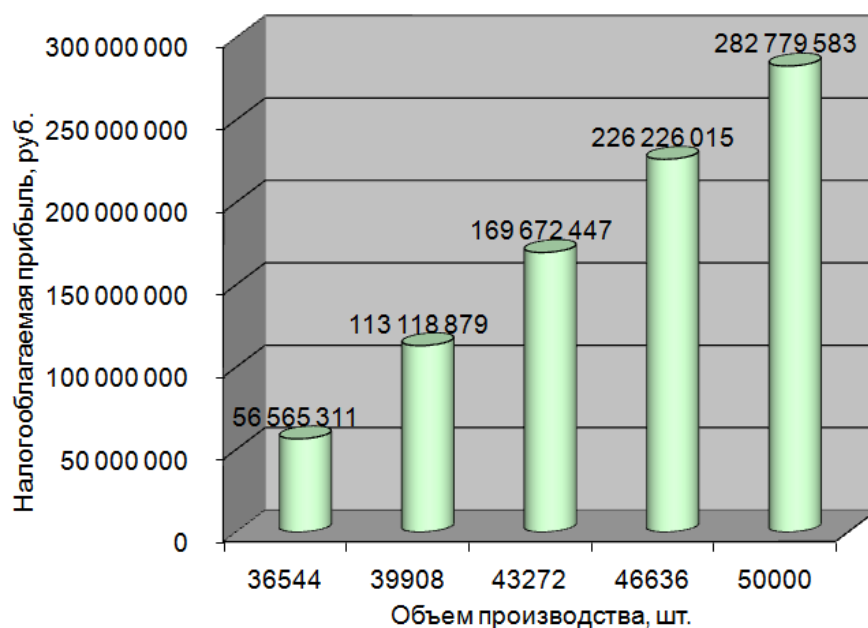


Рисунок 6.2- Зависимость налогооблагаемой прибыли от объема производства

В выполненной работе достигнута эффективность за счет уменьшения расхода топлива автомобилем для модернизированного варианта. В результате получено себестоимость мод. КП на уровне 17533,80, это на 165,82 руб. больше чем себестоимость базовой коробки передач.

Единый показатель эффективности проекта – это индекс доходности, который для данного проекта составил 1,08 что больше 1, значит проект эффективен.

Срок окупаемости – это показатель периода за который первоначальные затраты покрываются результатами осуществления проекта. Для данного проекта срок окупаемости составил 0,93 года.

Исходя из полученных экономических показателей проекта, можно сделать вывод о эффективности проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выполненном дипломном проекте проведена модернизация действующей конструкции коробки передач модели 2112 для возможного ее применения на автомобиле LADA LARGUS. Установка модернизированной коробки передач (совместно с двигателем производства «АВТОВАЗ») позволит значительно повысить потребительские свойства автомобиля LADA LARGUS за счет снижения стоимости, так как в настоящее время на этот автомобиль устанавливается коробка передач производства ф. «RENAULT», что приводит к существенному удорожанию автомобиля в целом.

Для оценки возможности адаптации коробки передач модели 2112 на автомобиль LADA LARGUS был проведен проверочный тягово-динамический расчет исходя из действующих передаточных чисел коробки передач 2112 и действующих параметров автомобиля LADA LARGUS. В результате расчета было выявлено, что тягово-динамические свойства неудовлетворительны, разгон автомобиля до скорости 100 км/ч. за 17,7 с. Для повышения тягово-динамических свойств автомобиля было решено увеличить передаточное число главной передачи с 3,7 до 4,1. В результате проведенного проектного тягово-динамического расчета определено время разгона до 100 км/ч для модернизированной коробки передач – 16,4 с., что можно считать удовлетворительным результатом. Кроме этого, для сохранения низких расходов топлива при движении на 5 передаче и компенсации увеличения передаточного числа главной передачи, передаточное число пятой передачи было уменьшено с 0,78 до 0,69. В результате было отмечено снижение расхода топлива на 0,2 л/100 км при движении на 5 передаче на постоянной скорости 100 км/ч.

В конструкторской части дипломного проекта были выполнены тягово-динамические расчеты для базового и модернизированного вариантов передаточных чисел коробки передач. Также был выполнен проектный расчет зубча-

того зацепления пятой передачи, который показал возможность применения предложенного передаточного числа.

В технологической части дипломного проекта проведен расчет и разработан технологический процесс сборки вторичного вала коробки передач. Определены основные параметры технологических процессов для каждой операции.

В части дипломного проекта по «охране труда» рассмотрен участок сборки коробки передач, определены основные требования по пожарной безопасности, электробезопасности. Выполнены расчеты вентиляции, заземления и освещенности рабочих мест.

В заключительной «экономической» части дипломного проекта произведен расчет основных параметров для модернизированной коробки передач с точки зрения экономической целесообразности предлагаемого решения. Определена экономическая эффективность проекта.

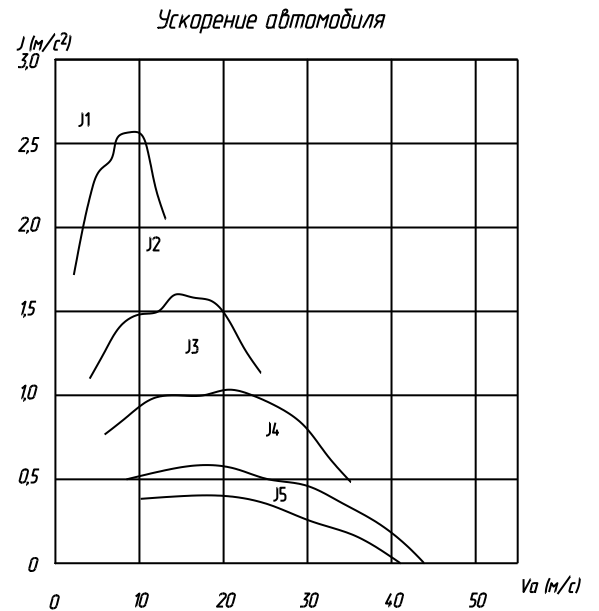
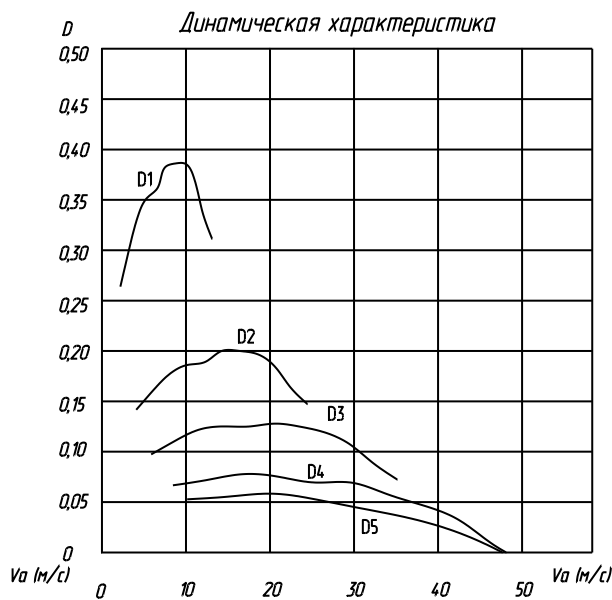
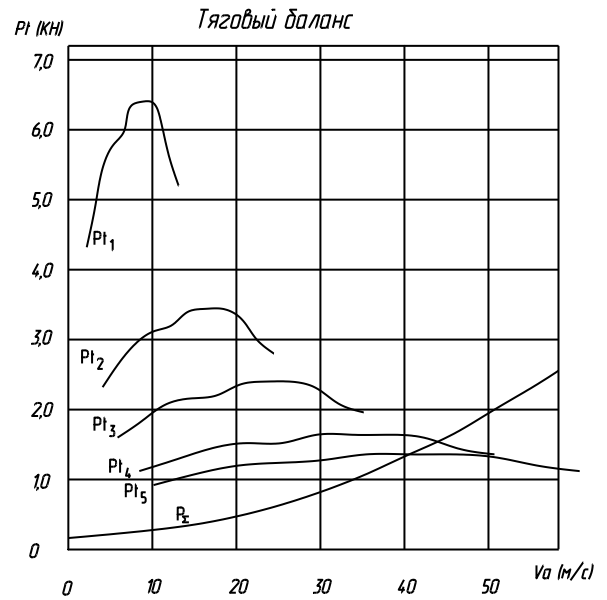
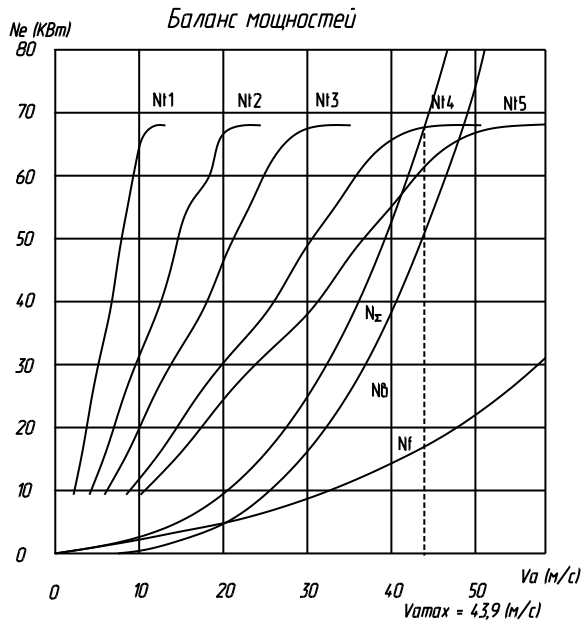
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахламов, В. К. Автомобили : конструкция и эксплуатационные свойства : учеб. пособие для вузов [Текст] / В. К. Вахламов. - М. : Академия, 2009. - 480 с. : ил. - (Высш. проф. образование. Транспорт). - Библиогр.: с. 475. - ISBN 978-5-7695-4202-2:
2. Иванов, А.М. Основы конструкции современного автомобиля. -М: ООО «Изд. «За рулем» [Текст], 2012.-336с. ISBN 878-5-903813-06-03.
3. Вахламов, В. К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учеб. пособие для вузов[Текст] / В. К. Вахламов. - Гриф УМО. - Москва: Академия, 2007. - 557 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 551. - ISBN 978-5-7695-3793-6: 323-00
4. Осепчугов, В. В. Автомобиль : Анализ конструкций, элементы расчета : учеб. для вузов [Текст]/ В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. - Москва : Машиностроение, 1989. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 303. - Предм. указ.: с. 303-304.
5. Скутнев, В. М. Эксплуатационные свойства автомобиля : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. "Автомобиле- и тракторостроение" [Текст]/ В. М. Скутнев. - Гриф УМО ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2011. - 139 с. : ил. – Библ.: с. 130. - 33-11
6. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: Учебн. Пособие [Текст] /Сост. Черепанов Л.А. – Тольятти: ТГУ, 2001. – 40с.
7. Гришкевич А.И. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник [Текст] / под общ. ред. А.И. Гришкевича.- М.: Машиностроение, 1984,-272с.
8. Проектирование технологических процессов сборки: учеб.-метод. Пособие [Текст]/Воронов Д.Ю. [и др] – Тольятти,: ТГУ,2011.-112с.
9. Кудрявцев, С.М. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля: монография[Текст] / С.М. Кудрявцев, Г.В.Пачурин, Д.В. Соловьев, [и др.]; под общей редакцией С. М. Кудрявцева. – Н. Новгород, 2010. – 236 с.

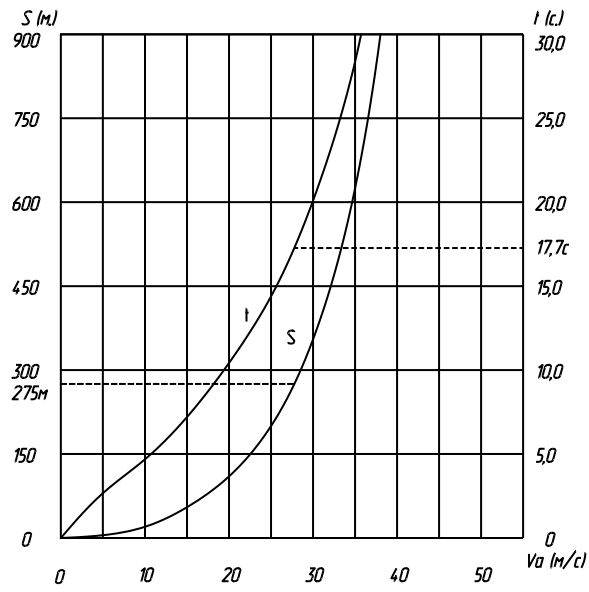
10. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» [Текст] / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф.Родионов. – М. : Машиностроение, 1984. –376 с.
11. Кузнецов, Б.А Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд [Текст] / Б.А. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1984. – 220 с.
12. Гаспарян, Г. А. Конструкция, основы теории и расчета автомобиля [Текст] / Г.А. Гаспарян. – М. :Машиностроение, 1978. – 351 с.
13. Вишняков, Н.Н. Автомобиль: Основы конструкции 2 изд-е [Текст]/Вишняков Н.Н, Вахламов В.К, Нарбут А.Н. – М. :Машиностроение,1986. – 304 с.
14. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] / В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М. : Машиностроение, 1973. – 490 с.
15. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [Текст] / Й. Раймпель. – М. :Машиностроение, 1983. – 356 с.
16. Проикшат, А. Шасси автомобиля: Типы приводов [Текст] / А. Проикшат. – М. : Машиностроение, 1989. – 232 с.
17. Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля [Текст] / Р.В.Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
18. Гольд А.И. Прочность и долговечность автомобиля. [Текст] - М., “Машиностроение“, 1986.
19. Дымшиц И.И. Коробки передач. [Текст] - М., Машгиз, 1960.
20. Калашников С.Н. Справочник. Производство зубчатых колес. [Текст] - М., “Машиностроение“, 1975.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

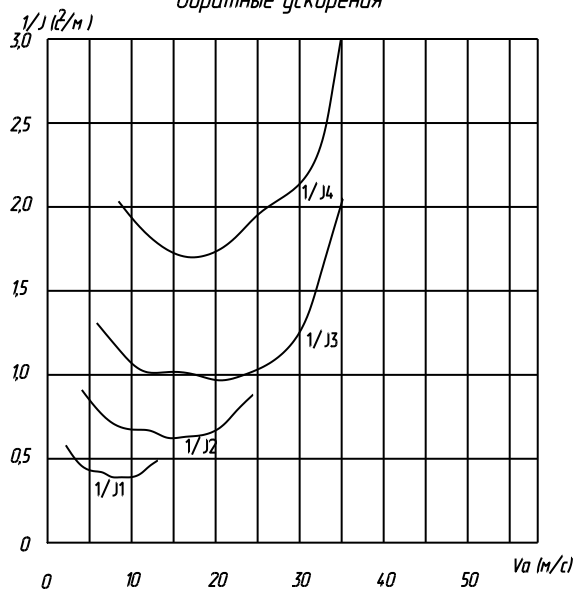
Графики тягового расчета для базовой коробки передач



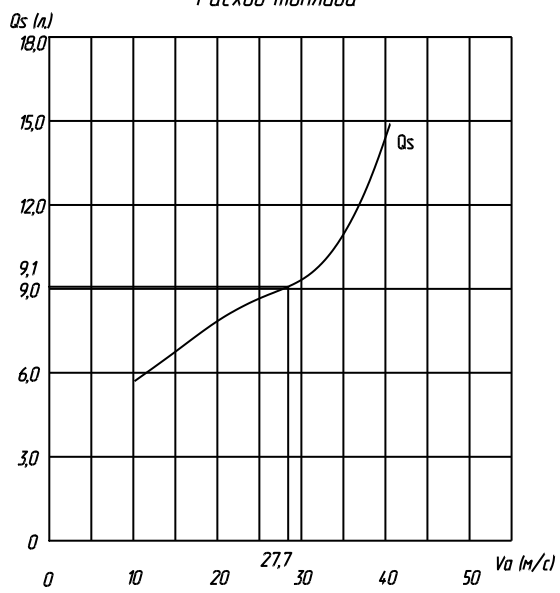
Время и путь разгона



Обратные ускорения

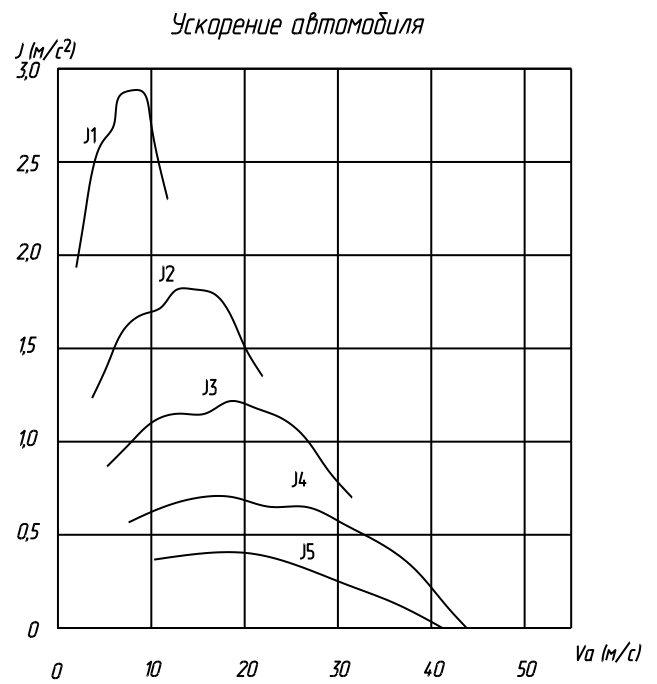
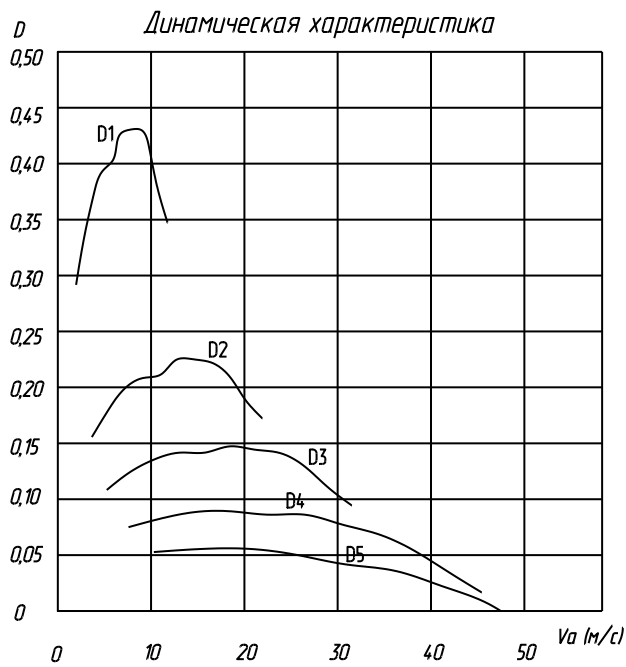
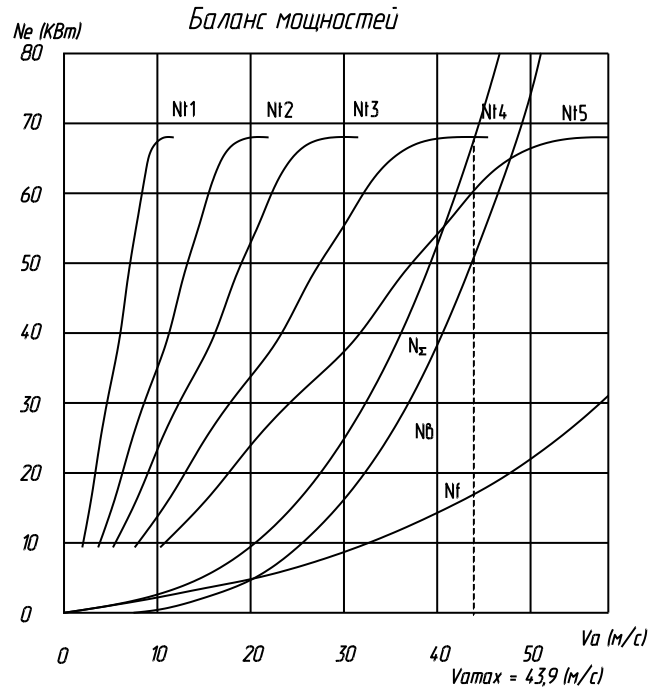
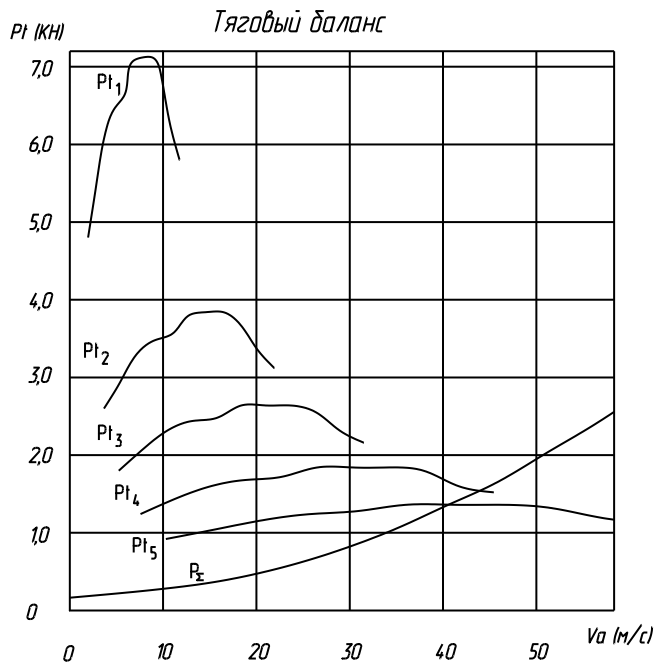


Расход топлива

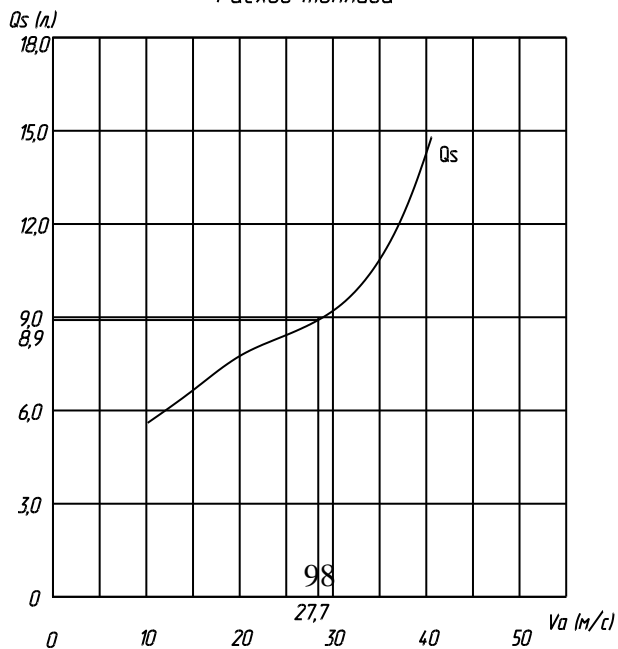
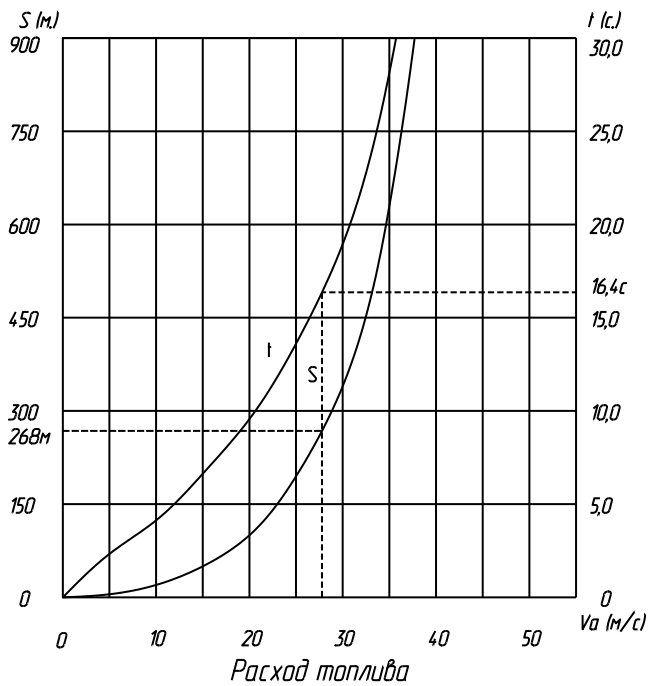
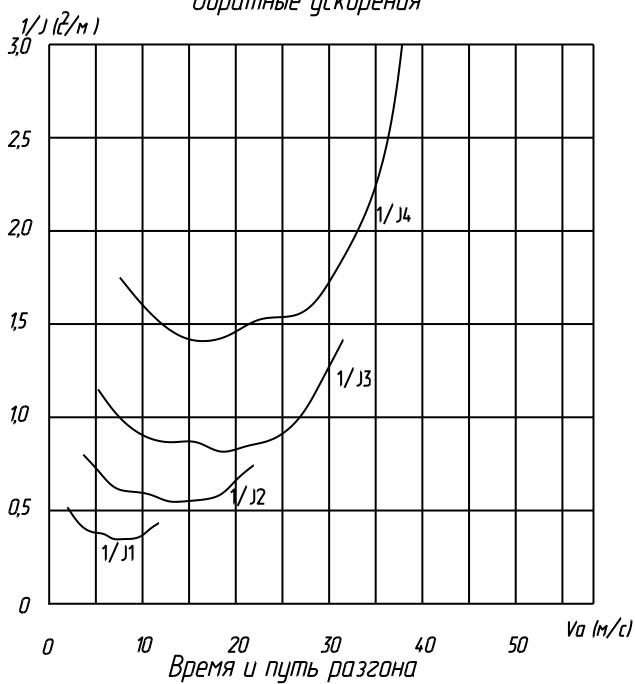


ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Графики тягового расчета для модернизированной коробки передач



Обратные ускорения



Поз. обозн.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Документация	Кл.	Прим.
		Сборочные единицы		
1	16.ДП.01.027-1601010СБ	Картер сцепления в сборе	1	
2	16.ДП.01.027-1701010СБ	Картер коробки передач в сборе	1	
3	16.ДП.01.027-1701025СБ	Вал первичный коробки пе- в сборе	1	
4	16.ДП.01.027-1701100СБ	Вал вторичный коробки пе- в сборе	1	
5	16.ДП.01.027-1701152СБ	Синхронизатор 5 передачи в сборе	1	
6	16.ДП.01.027-2303010СБ	Дифференциал переднего с ведомой шестерней в сбо-	1	
7	16.ДП.01.027-1701080СБ	Шестерня заднего хода промежуточная в сборе	1	
8	16.ДП.01.027-1701043СБ	Сальник первичного вала с пружиной в сборе	1	
9	16.ДП.01.027-2301034СБ	Сальник полуоси правый с пружиной в сборе	1	
10	16.ДП.01.027-2301035СБ	Сальник полуоси левый с пружиной в сборе	1	
11	16.ДП.01.027-1703050СБ	Механизм выбора передач в сборе	1	

16.ДП.01.027-1700012СБ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Бобылев			
Провер.	Галиев			
Руковод.	Галиев			
Н. Контр.	Егоров			
Утверд.	Бобровский			

Коробка передач без муфты выключения сцепления в сборе

Лит.	Лист	Листов
	99	3

ТГУ каф. «ПиЭА» гр АТЗ-

Поз. обозн.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		<i>Документация</i>		
		<i>Сборочные единицы</i>		
1	16.ДП.01.027-1701110СБ	Синхронизатор 1 и 2 пере- в сборе	1	
2	16.ДП.01.027-1701180СБ	Подшипник вторичного ва- передний в сборе	1	
3	16.ДП.01.027-1701033СБ	Подшипник первичного вала задний в сборе	1	
4	16.ДП.01.027-1701114СБ	Синхронизатор 3 и 4 пере- в сборе	1	
		<i>Детали</i>		
5	16.ДП.01.027-1701105	Вал вторичный	1	
6	16.ДП.01.027-1701127	Шестерня вторично- второй передачи	1	
7	16.ДП.01.027-1701112	Шестерня вторично- первой передачи	1	
8	16.ДП.01.027-1701117	Кольцо стопорное	1	
9	16.ДП.01.027-1701217	Кольцо стопорное	2	
10	16.ДП.01.027-1701164	Кольцо блокирующее	4	
11	16.ДП.01.027-1701133	Втулка шестерни 5	1	
12	16.ДП.01.027-1701159	Шайба упорная	1	
13	16.ДП.01.027-1701148	Шайба упорная	1	
14	16.ДП.01.027-1701131	Шестерня 3-й пере-	1	
15	16.ДП.01.027-1701146	Шестерня 4-й пере-	1	
16	16.ДП.01.027-1701266	Шайба упорная	2	

16.ДП.01.027-1701100СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Бобылев			
Провер.	Галиев			
Руковод.	Галиев			
Н. Контр.	Егоров			
Утверд.	Бобровский			
Вал вторичный коробки передач в сборе			Лит.	Лист
				102
			Листов	
			103	
ТГУ каф. «ПиЭА» АТЗ-				