

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили

(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

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

Студент(ка)

И. В. Лысов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Турбин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Д. Ю. Воронов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А. Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Л. Л. Чумаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Нормоконтроль

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(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 бакалаврской работы

Студент Лысов Иван Васильевич

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

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

3. Исходные данные

Собственная масса- $M_0=1088$ кг; Количество мест - $n=5$; Максимальная мощность двигателя $N_{e\max} = 66$ кВт; Обороты при максимальной мощности $n_{e\max} = 5200$ об/мин; Диапазон рабочих оборотов $n_e = 800-6000$ об/мин; Передаточные числа трансмиссии: 1 передача- 3.636; 2 передача- 1.95; 3 передача- 1.36; 4 передача- 0.94; 5 передача- 0.78; Главная передача- 3.7; Шины 175/65R14; Коэффициент аэродинамического сопротивления- $C_x=0.36$; Коэффициент сопротивления качению- $f_0=0.010$; Площадь поперечного сечения - $F=1.97$ (м²).

Цель проекта: оптимизация передаточных чисел (создание динамичного ряда).

4. Содержание (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 технологии сборки вторичного вала коробки передач в массовом производстве

5. Анализ экономической эффективности объекта

Определить затраты на изготовление коробки передач и рассчитать безубыточный объем продаж. Рассчитать показатели коммерческой эффективности внедрения в производство модернизированной коробки передач

6. Безопасность и экологичность объекта

Определить опасные и вредные производственные факторы на участке сборки вторичного вала коробки передач, разработать ряд мероприятий для их устранения

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 1 лист ф. А1

Сборочные чертежи1..... листов форматаА1.....

Детализовка1..... листов 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 _____ / Д.Ю.Воронов /

Анализ экономической эффективности объекта _____ / Л.Л.Чумаков /

Безопасность и экологичность объекта _____ / А.Н.Москалюк /

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

Руководитель выпускной
квалификационной работы

И.В. Турбин

Задание принял к исполнению

И.В. Лысов

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 бакалаврской работы

Студента Лысова Ивана Васильевича
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 выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

_____	И.В. Турбин
(подпись)	(И.О. Фамилия)
_____	И.В. Лысов
(подпись)	(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В данной работе были рассмотрены современные тенденции развития конструктивных направлений и требований, предъявляемых к механическим коробкам передач легковых и грузовых автомобилей.

В конструкторской части разработана конструкция коробки передач автомобиля LADA «Приора» для комплектации «спорт» с новым рядом передаточных чисел трансмиссии, с которым получено улучшение тягово-динамической характеристики автомобиля. Произведен сравнительный тягово – динамический расчет, расчет зубчатого зацепления нового ряда. Проведены выбор и компоновка двухконосного синхронизатора для 1-й и 2-й передачи.

В технологической части расписано содержание и последовательность операций по сборке вторичного вала коробки передач и разработана для него технологическая карта сборки.

В разделе «Безопасность и экологичность» описан участок сборки коробки передач, рассмотрены вредные и опасные факторы на рабочем месте слесаря механосборочных работ и предложены мероприятия по их устранению. Проанализировано антропогенное воздействие ОАО «АВТОВАЗ» на окружающую среду.

В экономической части проведен расчет себестоимости спроектированной коробки передач автомобиля «Приора».

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 108 стр. и графической части, включающей 10 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Состояние вопроса.....	7
1.1 Назначения коробки передач.....	7
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции коробок передач.....	7
1.3 Классификация конструкций коробок передач	8
1.4 Обзор и тенденции развития коробок передач	13
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции.....	24
2 Защита интеллектуальной собственности.....	24
3 Конструкторская часть.....	25
3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля	25
3.2 Выбор нового ряда передаточных чисел трансмиссии.....	37
3.3 Тягово-динамический расчет автомобиля (с модифицированными передаточными числами трансмиссии).....	44
3.4 Расчет зубчатых передач	47
3.5 выбор и компоновка двухконосного синхронизатора для 1-й и 2-й передачи.....	56
4 Технологический процесс сборки вторичного вала коробки передач.....	58
4.1. Выбор и обоснование техпроцесса сборки	58
4.2. Технология сборки вторичного вала коробки передач автомобиля LADA «Приора».....	65
5 Техничко-экономическая оценка разработанной коробки передач	72
5.1 Расчет себестоимости проектируемого узла.....	73
5.2 Расчет точки безубыточности проекта.....	80
5.3 Расчет коммерческой эффективности проекта.....	82
5.4 Анализ полученных экономических показателей и выводы.....	92
6 Безопасность и экологичность участка сборки вторичного вала...	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	108
ПРИЛОЖЕНИЯ	109

ВВЕДЕНИЕ

Для изменения крутящего момента двигателей внутреннего сгорания в современных колесных и гусеничных машинах наибольшее распространение получили ступенчатые коробки передач с неподвижными осями валов.

Вопреки многим прогнозам, поршневые двигатели внутреннего сгорания еще надолго останутся главенствующими. Применение двигателей этого типа невозможно без механизмов, изменяющих крутящий момент в необходимых пределах; поэтому механические ступенчатые коробки передач, отличающиеся универсальностью и простотой конструкции, также долго сохранят свое значение. К этому следует добавить, что за многие годы применения ступенчатых коробок передач были разработаны совершенные методы их производства, созданы высокопроизводительные специализированные станки, которыми оборудованы заводы изготовители.

На автомобиле LADA «Приора» устанавливается коробка передач автомобиля ВАЗ-2110. Неплохая по тем временам коробка передач уже не удовлетворяет требования потребителя по своим показателям надежности. Устанавливаемые на автомобиль более мощные двигатели также снижают ресурс коробки передач. Ко всему прочему в настоящее время при всех модификациях двигателей применяется всего один ряд передаточных чисел трансмиссии, что является нонсенсом в автомобильной промышленности, где для одного только двигателя имеется несколько передаточных рядов.

В связи с изложенным, работы по модернизации коробки передач, направленные на повышение потребительских качеств автомобиля являются очень актуальными.

1. Состояние вопроса

1.1 Назначение коробок 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 различных дорожных препятствий. Необходимость преобразования определяется характером изменения крутящего момента ДВС, особенностью которого является относительно малая приспособляемость к изменениям внешней нагрузки. Коэффициент приспособляемости двигателя, представляющий отношение максимального крутящего момента двигателя к моменту при максимальной мощности, равен 1,15—1,25.

Коробка передач дает возможность двигаться с малыми скоростями, которые не могут быть обеспечены ДВС, коленчатый вал которого развивает невысокую минимально устойчивую частоту вращения. Коробка передач должна обеспечить возможность движения задним ходом и длительное отсоединение двигателя от трансмиссии при его пуске, на стоянке или при движении автомобиля накатом.

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции коробок передач.

К коробкам передач предъявляют следующие требования:

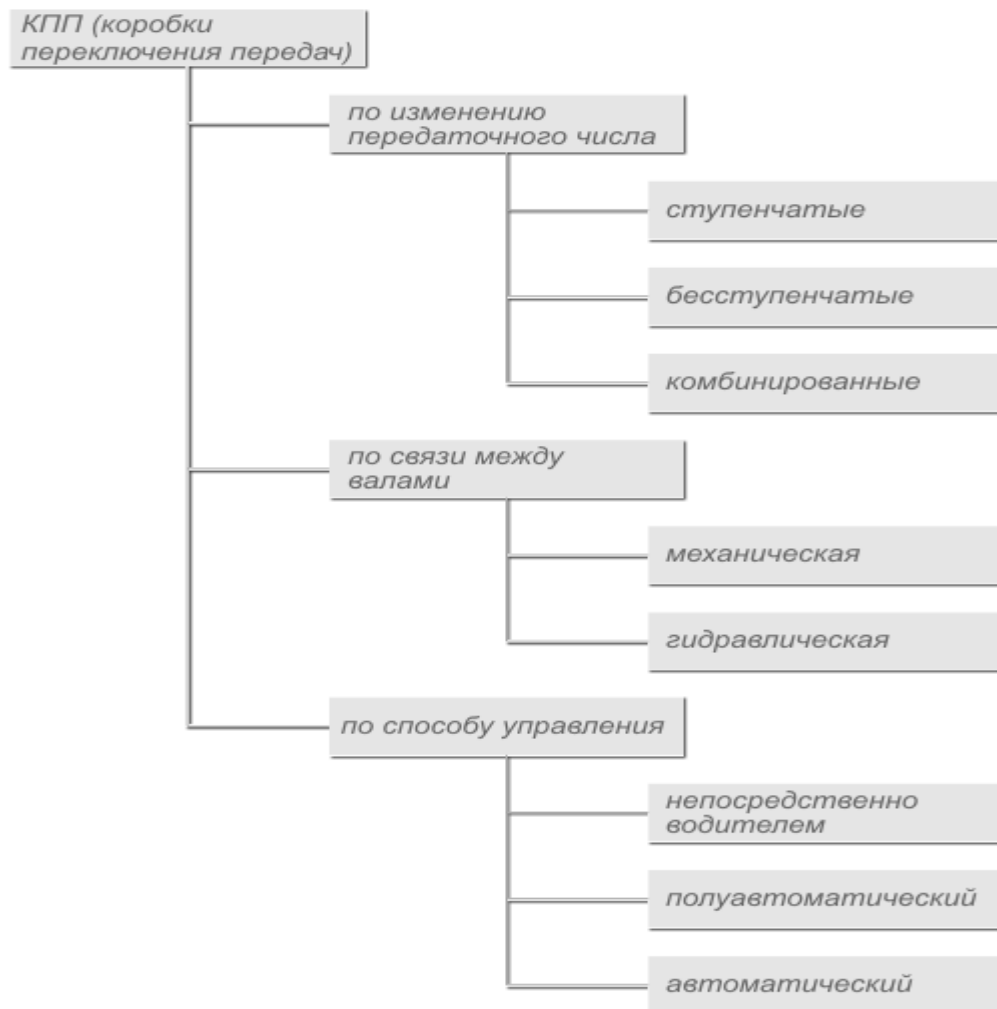
- а) обеспечение необходимых динамических и экономических качеств автомобиля путем правильного выбора передаточных чисел и числа передач;
- б) создание условий для возможности длительного отсоединения двигателя от трансмиссии при нейтральном положении;
- в) обеспечение простоты и удобства управления;
- г) создание условий для бесшумной работы;

д) обеспечение высокого КПД

Кроме того, к коробкам передач предъявляют требования, общие для большинства механизмов автомобиля, — надежность работы, простота обслуживания, малые габаритные размеры и масса, а также невысокая стоимость.

1.3 Классификация конструкций коробок передач

В зависимости от типа и назначения автомобилей на них применяют различные типы коробок передач (таблица 1).



Коробки передач по способу изменения передаточного числа подразделяют на ступенчатые, бесступенчатые и комбинированные.

Ступенчатые коробки передач по числу ступеней переднего хода делятся на трех-, четырех-, пяти- и многоступенчатые, а по положению

осей — на коробки передач с неподвижными осями валов с вращающимися осями валов (планетарные) и комбинированные. Коробки передач с неподвижными осями валов подразделяют на двух-, трех- и многовальные. По способу управления коробки передач могут быть с автоматическим, полуавтоматическим, преселекторным, командным и непосредственным управлением.

В настоящее время на автомобилях применяются трансмиссии следующих видов: механическая, гидромеханическая, электромеханическая, гидробъемная (гидростатическая). Наибольшее распространение получили механические и гидромеханические трансмиссии. Основными преимуществами механической трансмиссии являются простота конструкции и низкая стоимость, высокие КПД и надежность, недостатками — ступенчатое регулирование крутящего момента и сложность компоновки на многоприводных автомобилях

Применение на автомобилях гидромеханических передач (ГМП) позволяет увеличить срок службы двигателя и трансмиссии, уменьшить число ступеней механического редуктора, уменьшить частоту переключений передач, повысить проходимость автомобиля и улучшить его комфортабельности. ГМП по сравнению с механическими передачами имеет более сложную конструкцию, повышенные массу и стоимость. Замена механической передачи гидромеханической обычно приводит к некоторому ухудшению характеристик разгона автомобиля и увеличению расхода топлива. В трансмиссиях с ГМП момент от двигателя передается на насосное колесо гидротрансформатора непосредственно или при необходимости через согласующий редуктор. В качестве механического преобразователя в ГМП применяются планетарные и вальные ступенчатые редукторы, позволяющие переключать передачи при сохранении силовой и кинематической связи трансмиссии с двигателем. В этом случае фрикционное сцепление в конструкции отсутствует. Если используется ступенчатая коробка передач с переключением передач н-разрывом потока мощности, то

сцепление сохраняется. Механическая часть трансмиссии от ГМП до ведущих колес обычно идентична этой же части механической трансмиссии. Выбор ее схемы в основном определяется теми же соображениями, что и в случае механической трансмиссии

Электромеханические и гидрообъемные трансмиссии являются специальными и применяются на транспортных машинах в тех случаях, когда по комплексу эксплуатационных и конструктивных свойств, трансмиссии первых двух типов не могут быть применены,

В соответствии с требованиями обеспечения необходимых динамических и экономических качеств автомобиля определяются диапазон передаточных чисел, число передач и передаточные числа.

Диапазон — это частное от деления передаточных чисел низшей и высшей передач. Чем разнообразнее дорожные условия, в которых будет работать автомобиль, и чем меньше удельная мощность двигателя, тем большим должен быть диапазон его коробки передач.

Диапазон современных коробок передач составляет 3,0—4,5 для легковых автомобилей, 5,0—8,0 для грузовых автомобилей общего назначения и автобусов и 10—20 для автомобилей высокой проходимости и тягачей.

В настоящее время обычно применяются четырех-, пяти- и шести-ступенчатые коробки передач. У грузовых автомобилей большой грузоподъемности и автомобилей высокой проходимости распространены также многоступенчатые коробки передач с числом ступеней 6—16.

Увеличение числа ступеней приводит к повышению степени использования мощности двигателя, топливной экономичности, средней скорости движения и как результат — к повышению производительности автомобиля, снижению себестоимости перевозок. С другой стороны, увеличение числа передач усложняет и утяжеляет конструкцию коробки передач; возрастают ее размеры, стоимость, усложняется управление.

При ручном механическом приводе быстрое и безошибочное переключение более пяти передач на прямом ходу осуществлять трудно. Поэтому верхним пределом числа передач с ручным переключением принято считать пять передач. Дальнейшее повышение числа передач вызывает необходимость в усложнении привода или установке дополнительной коробки передач со своим независимым приводом, который используется только на определенных режимах движения. В ряде коробок передач легковых и грузовых автомобилей применяют ускоряющую передачу с передаточным числом, меньшим единицы (0,7—0,8), используемую на хороших дорогах и при порожних рейсах. Применение ускоряющей передачи позволяет полнее использовать мощность двигателя, снижает суммарное число оборотов коленчатого вала на 1 км пути, что способствует уменьшению износа двигателя и снижению расхода топлива. Однако применение в кинематической схеме коробки передач ускоряющей передачи приводит к уменьшению КПД по сравнению с коробками передач с высшей прямой передачей.

К числу важнейших факторов, оказывающих влияние на КПД ступенчатых коробок передач, относятся правильный выбор кинематической схемы, от которой зависит число пар зубчатых колес, находящихся в зацеплении при передаче момента, а также частота вращения, передаваемая мощность, эффективность смазочной системы, точность изготовления зубчатых колес и деталей картера.

Основным преимуществом трехвальных коробок передач является наличие прямой передачи, получающейся непосредственным соединением первичного и вторичного валов. Зубчатые колеса, подшипники и промежуточный вал практически не воспринимают нагрузки, а первичный и вторичный валы передают только крутящий момент. В этом случае износ и уровень шума коробок передач минимальны. Другим преимуществом трехвальной конструкции коробки передач является относительная простота получения большого передаточного числа на первой передаче при малом

межосевом расстоянии во время работы двух пар зубчатых колес, включенных последовательно. Недостатком таких коробок является некоторое снижение КПД на промежуточных передачах.

Двухвальные коробки передач имеют более простую конструкцию, низкий уровень шума и повышенный КПД на промежуточных передачах. Одним из важных преимуществ таких коробок передач являются удобство компоновки, а также простота конструкции трансмиссии при заднем расположении двигателя переднеприводной и полноприводной конструкциях автомобилей. К недостаткам двухвальных коробок передач следует отнести отсутствие прямой передачи. Поэтому зубчатые колеса и подшипники и на высшей передаче работают под нагрузкой, что приводит к дополнительному изнашиванию, повышению уровня шума.

Следует отметить значительные ограничения и в получении большого передаточного числа на низшей передаче ($U_1 = 4,0 - 4,5$). Этот недостаток может быть устранен путем уменьшения передаточных чисел на высших передачах с одновременным увеличением передаточного числа главной передачи.

Планетарные коробки передач по сравнению с простыми коробками конструктивно и технологически значительно сложнее. Однако они имеют ряд существенных преимуществ:

- а) коробка передает основной поток приводного двигателя параллельными разветвленными потоками одновременно через несколько полюсов зацепления, благодаря чему значительно повышается надежность и износостойкость зубчатых колес, а следовательно, и коробки в целом;
- б) управление коробкой и синхронизация скоростей при переключении передач обеспечивается чрезвычайно просто — при помощи тормозов и фрикционных муфт;
- в) абсолютный поток, передаваемый коробкой, разделяется на два потока — переносный и относительный; потери в полюсах

зацепления связаны с относительным потоком, поэтому в коробке передач можно получить более высокий к.п.д.;

г) коробка соосная и очень компактная.

Конструкция двухвальной коробки передач во многом зависит от того, какое расположение на автомобиле имеют двигатель и коробка передач — продольное или поперечное. При поперечном расположении коробки передач применяют цилиндрическую главную передачу и дистанционный привод переключения передач, при продольном расположении — коническую или гипоидную главную передачу и непосредственный привод переключения передач.

1.4 Обзор и тенденции развития коробок передач.

Конструкция двухвальной коробки передач во многом зависит от того, какое расположение на автомобиле имеют двигатель и коробка передач — продольное или поперечное. При поперечном расположении коробки передач применяют цилиндрическую главную передачу и дистанционный привод переключения передач, при продольном расположении — коническую или гипоидную главную передачу и непосредственный привод переключения передач.

Двухвальная коробка передач переднеприводного автомобиля LADA «Samara», с поперечным расположением силового агрегата показана на рис. 1.1. Коробка механическая, пятиступенчатая, трехходовая, с постоянным зацеплением шестерен, синхронизаторами и ручным управлением. Первичный вал 3 выполнен в виде блока ведущих шестерен I–IV передач и съемной шестерней V передачи, которые находятся в постоянном зацеплении с ведомыми шестернями всех передач переднего хода. Ведомые шестерни расположены на игольчатых подшипниках на вторичном валу 5. Кроме них на валу установлены три синхронизатора. Вторичный вал и ведущая шестерня главной передачи объединены. Дифференциал двухсателлитный.

Привод управления коробкой передач тяговый.

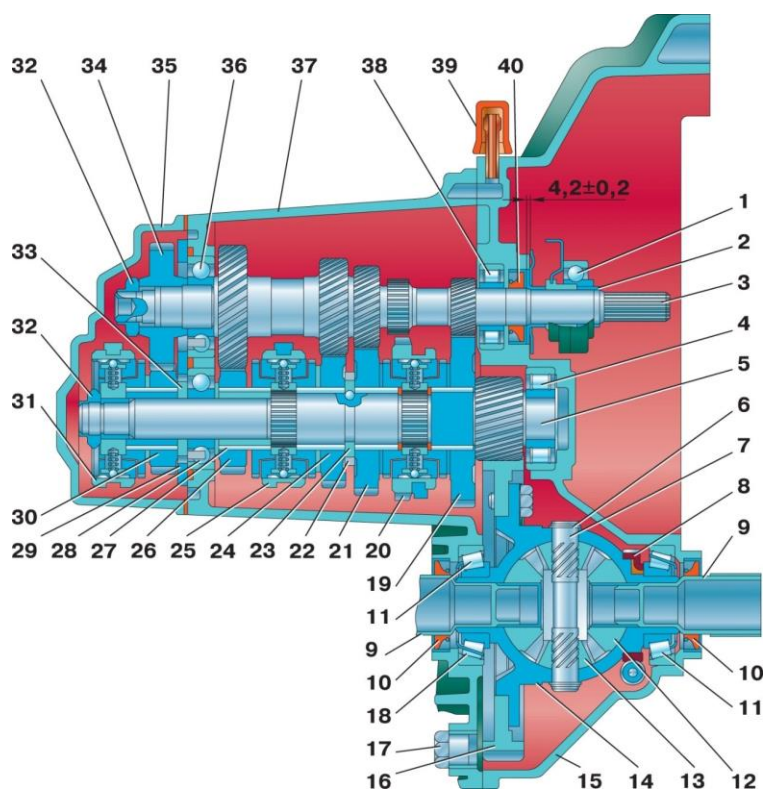


Рис. 1.1. Коробка передач легкового автомобиля LADA «Samara».

1 – подшипник выключения сцепления; 2 – направляющая втулка; 3 – первичный вал; 4 – роликовый подшипник вторичного вала; 5 – вторичный вал; 6 – стопорное кольцо; 7 – ось сателлитов; 8 – ведущая шестерня привода спидометра; 9 – заглушка транспортная; 10 – сальник привода колеса; 11 – роликовый конический подшипник дифференциала; 12 – шестерня полуоси; 13 – сателлит; 14 – коробка дифференциала; 15 – картер сцепления; 16 – ведомая шестерня главной передачи; 17 – пробка сливного отверстия; 18 – регулировочное кольцо; 19 – ведомая шестерня I передачи вторичного вала; 20 – синхронизатор I и II передачи в сборе; 21 – ведомая шестерня II передачи вторичного вала; 22 – стопорное кольцо; 23 – упорное полукольцо; 24 – ведомая шестерня III передачи вторичного вала; 25 – синхронизатор III и IV передачи в сборе; 26 – ведомая шестерня IV передачи вторичного вала; 27 – игольчатый подшипник шестерен вторичного вала; 28 – шариковый подшипник вторичного вала; 29 – упорная пластина; 30 – ведомая шестерня V передачи вторичного вала; 31 – синхронизатор V передачи в сборе; 32 – гайка; 33 – упорная шайба; 34 – ведущая шестерня V передачи первичного вала; 35 – задняя крышка картера коробки передач; 36 – шариковый подшипник первичного вала; 37 – картер коробки передач; 38 – роликовый подшипник первичного вала; 39 – сапун; 40 – сальник первичного вала.

Двухвальная коробка передач переднеприводного автомобиля LADA «Priora» нового поколения показана на рис 1.2. Конструкция редукторной части схожа с коробкой LADA «Samara» за исключением некоторых моментов:

на первой и второй передачах установлены двухконусные синхронизаторы немецкой фирмы «Хёрбигер». Во-первых, ради надежности: вторая ступень наиболее нагружена, а многоконусник, несомненно, продлит ей жизнь. Во-

вторых, чтобы снизить усилие при включении передач. Кроме того, новую коробку LADA «Priora» планируют устанавливать и на модели с более мощными двигателями. Поэтому необходимо сцепление увеличенного диаметра (215 мм), у которого, естественно, больший момент инерции. Это дополнительный аргумент в пользу многоконусного синхронизатора. На коробке применен тросовый привод управления. Несмотря на простоту и низкую цену, от привода тягами, как на старой коробке, отказались почти все производители. Передаточные числа коробки передач показаны ниже

Передача	1	2	3	4	5	Г.П.
Пер.Отн.	3,636	1,95	1,36	0,94	0,784	3,71

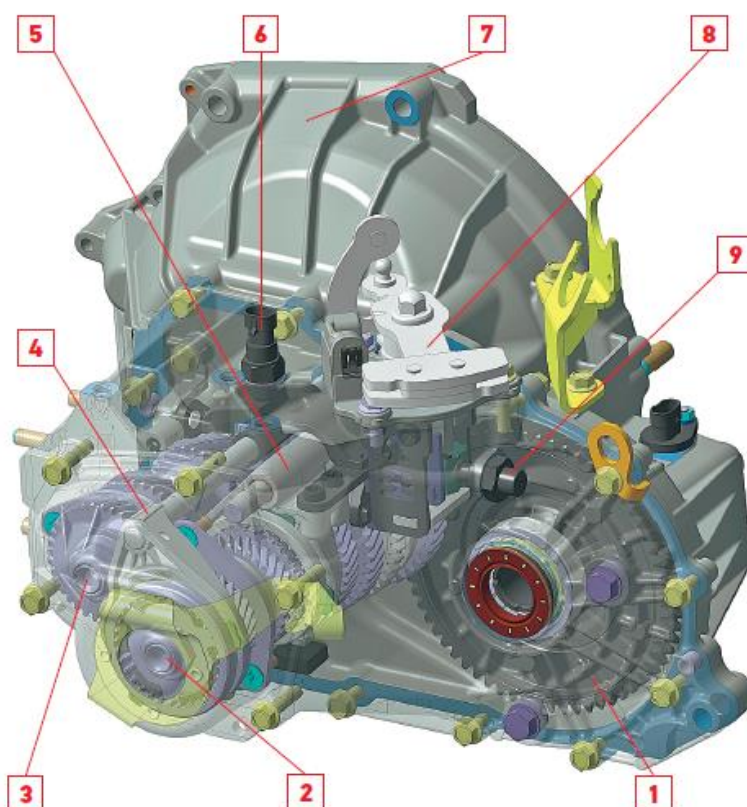


Рис. 1.2. Коробка передач автомобиля LADA «Priora».

1 – ведущая шестерня главной передачи; 2 – вторичный вал; 3 – первичный вал; 4 – вилка включения пятой передачи; 5 – вилка включения третьей и четвертой передач; 6 – выключатель фонарей заднего хода; 7 – картер сцепления; 8 – механизм переключения

передач; 9 – центральный фиксатор.

Трехвальная коробка передач легкового автомобиля ВАЗ 2107

(рис. 1.3) — механическая, трехвальная, четырехступенчатая, с постоянным зацеплением шестерен, синхронизаторами и ручным управлением (неавтоматическая).

Коробка имеет четыре передачи для движения вперед и одну передачу для движения назад. Шестерни всех передач (кроме заднего хода) — косозубые, что уменьшает шум при работе коробки передач; шестерни передачи заднего хода — прямозубые. Передачи для движения вперед включаются с помощью синхронизаторов, а для движения назад — передвижением промежуточной шестерни заднего хода. Переключаются передачи с помощью рычага, который имеет три хода вперед и назад от нейтрального положения. В отлитом из алюминиевого сплава картере 22 коробки передач на подшипниках установлены первичный (ведущий) 7, вторичный (ведомый) 8 и промежуточный 21 валы. Первичный вал выполнен как одно целое с шестерней 3, находящейся в постоянном зацеплении с шестерней 23 промежуточного вала, представляющего собой блок шестерен. На вторичном валу свободно установлены шестерни 5, 6 и 9, соответствующие III, II и I передачам. Эти шестерни находятся в постоянном зацеплении с соответствующими шестернями промежуточного вала. На вторичном валу также жестко закреплены ступицы синхронизаторов 4 и 7 и шестерня 10 заднего хода. Промежуточная шестерня 16 заднего хода свободно установлена на оси 18. При включении I или II передачи синхронизатор 7 соединяет соответственно шестерню 6 или 9 с вторичным валом коробки передач. При включении III или IV передачи синхронизатор 4 соединяет соответственно шестерню 5 или первичный вал 7 с вторичным валом. Передача заднего хода включается вилкой 75 введением в зацепление шестерни 75с шестернями 77 и 10. Картер коробки передач закрывается крышками 2, 14 и 19. Под нижней 19 и заднюю 14 крышки установлены прокладки. Коробка передач крепится к заднему торцу картера сцепления. В нее через резьбовое

отверстие с пробкой 20 заливают трансмиссионное масло. Внутренняя полость коробки передач через сапун сообщается с атмосферой. Масло из коробки сливают через резьбовое отверстие с пробкой, расположенное в нижней крышке 19.

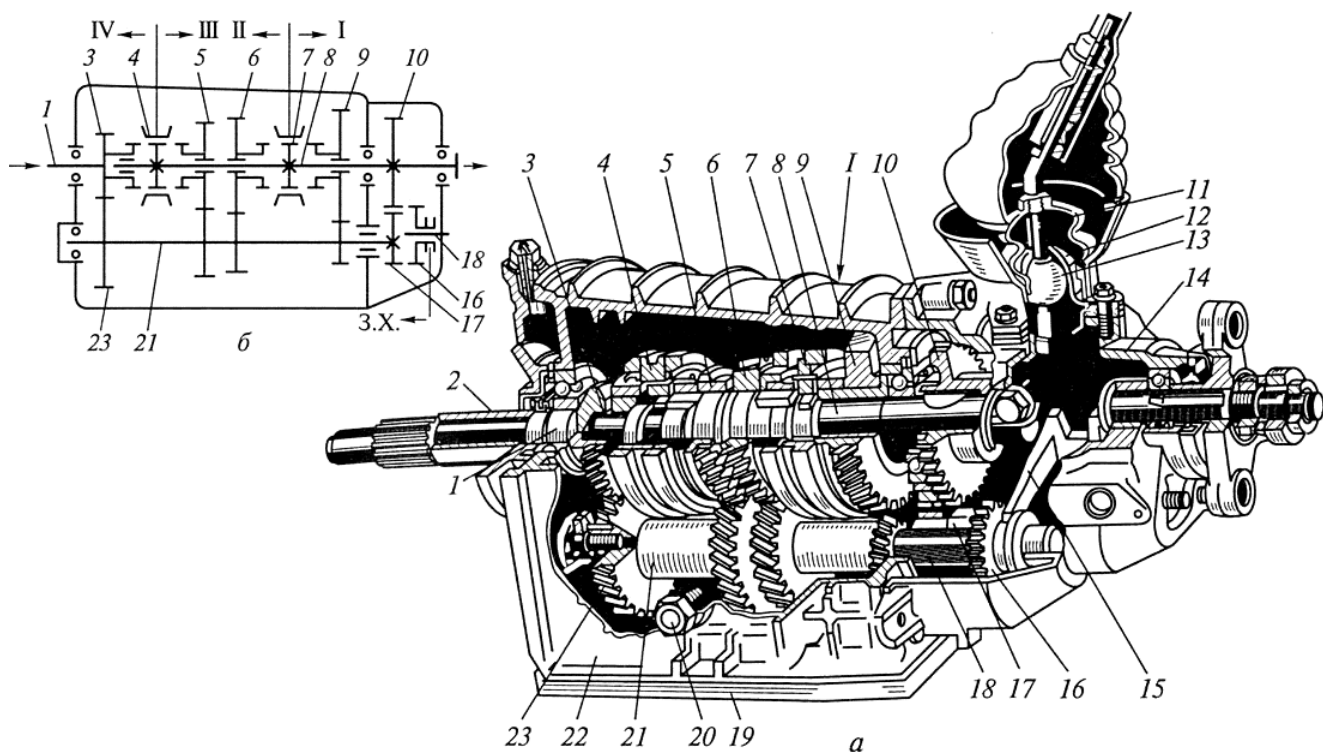


Рис. 1.3. Коробка передач легкового автомобиля ВАЗ 2107:

а — общий вид; б, — схема коробки передач; 1 — первичный вал; 2, 12, 14 и 19 — крышки; 3, 5, 6, 9, 10, 16, 17 и 23 — шестерни; 4 и 7 — синхронизаторы; 8 — вторичный вал; 11 и 29 — пружины; 13 — рычаг; 15 — вилка; 18 — ось; 20 — пробка; 21 — промежуточный вал; 22 — картер; 24, 26 и 28 — ползуны; 25 — фиксатор; 27 — замок; 30 — кольцо; 31 — ступица; 32 — муфта.

Механическая коробка передач DSG (Direkt-Schalt-Getriebe), фирмы «VW»

представлена на рис. 1.4. Коробка передач устанавливается на автомобилях Golf, Touran, New Beetle. Это механическая, шестиступенчатая, коробка передач, с автоматизированным двухдисковым сцеплением, позволяющая переключать передачи без разрыва мощности. Концепция с двумя многодисковыми муфтами сцепления и различными программами переключения передач обеспечивает выполнение самых высоких требований к автоматическим коробкам передач. Наряду с этим предоставляется

возможность принудительного выбора передач от руки с последующим быстрым их переключением без разрыва потока мощности и без рывков в трансмиссии. При этом обеспечивается такая же хорошая экономичность, как при применении обычных механических коробок передач.

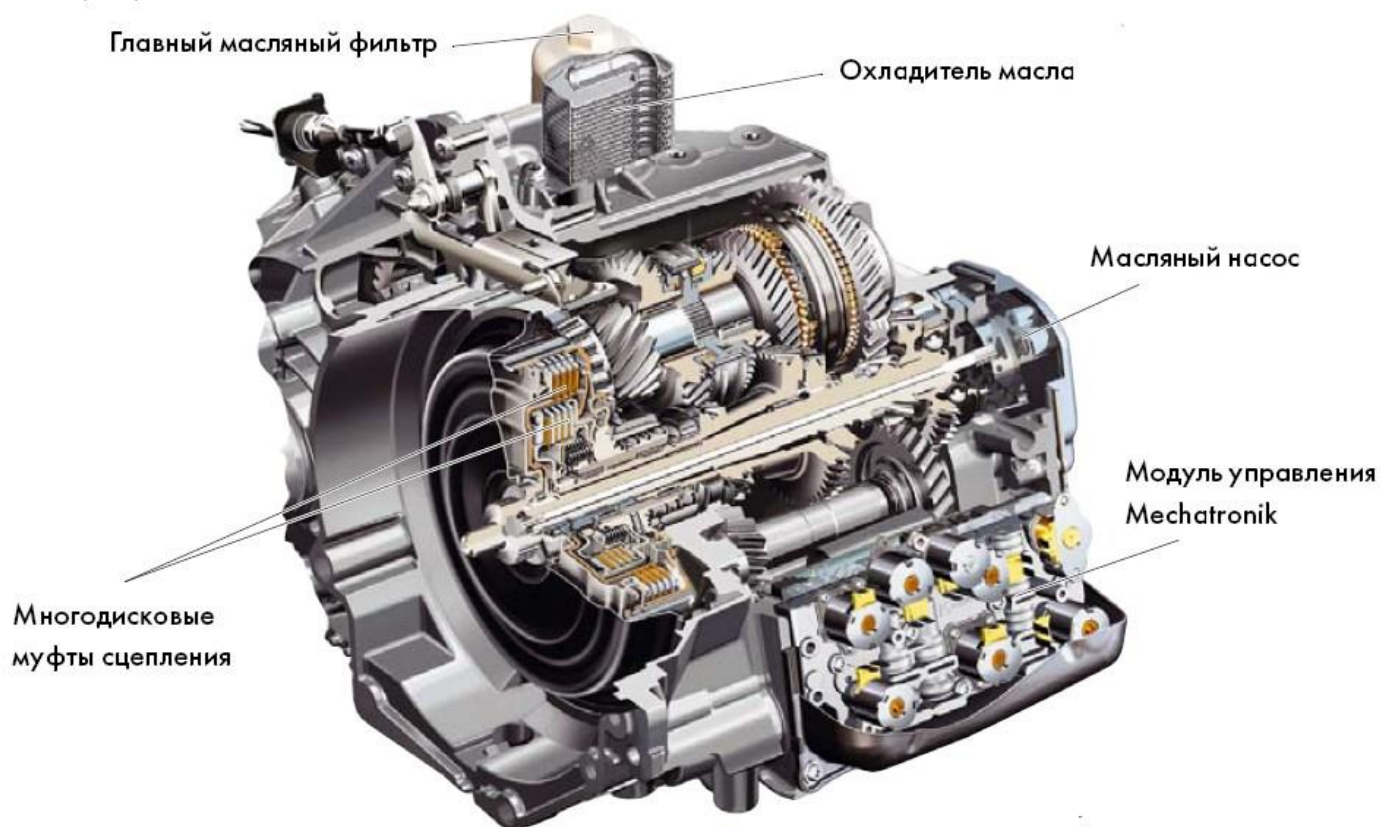


Рис. 1.4. Коробка передач *DSG*, фирмы «VW».

Коробка имеет два первичных и два вторичных вала, при этом первичный вал 1 проходит внутри полого первичного вала 2. Благодаря использованию одних и тех же шестерен для первой передачи и передачи заднего хода, а также для четвертой и шестой передачи, удалось существенно сократить длину коробки передач. Оба вторичных вала передают крутящий момент на дифференциал через принадлежащие им ведущие шестерни главной передачи.

Коробка передач используется на дизельном двигателе с наддувом, объемом $V=2.0$ л и мощностью 140 л.с. Передаточные числа трансмиссии:

Передача	1	2	3	4	5	6	Г.П..
Пер.Отн.	3,77	2,09	1,32	0,98	0,78	0,65	3,45

Двухвальная коробка передач С251, фирмы «ТОУОТА» представлена на рис. 1.5. Коробка механическая, пятиступенчатая, четырехходовая, с постоянным зацеплением шестерен, синхронизаторами и ручным управлением. Коробка передач аналогична LADA «Приора», за исключением следующего:

- вторичный вал представляет собой вал-шестерню с зубчатым венцом главной передачи;
- синхронизатор 3й-4й передачи расположен на первичном валу (для снижения инерционных масс и повешения ресурса синхронизаторов)
- на шестернях применены приварные зубчатые венцы синхронизаторов;
- применены подшипники повышенной несущей способности;
- введено зубохонингование шестерен.

Коробка передач используется на бензиновом двигателе, объемом V=1.4л, мощностью 97 л.с. и максимальным крутящим моментом 130 Н/м. Передаточные числа трансмиссии:

Передача	1	2	3	4	5	6	Г.П..
Пер.Отн.	3,545	1,904	1,31	0,969	0,815	0,65	4,532

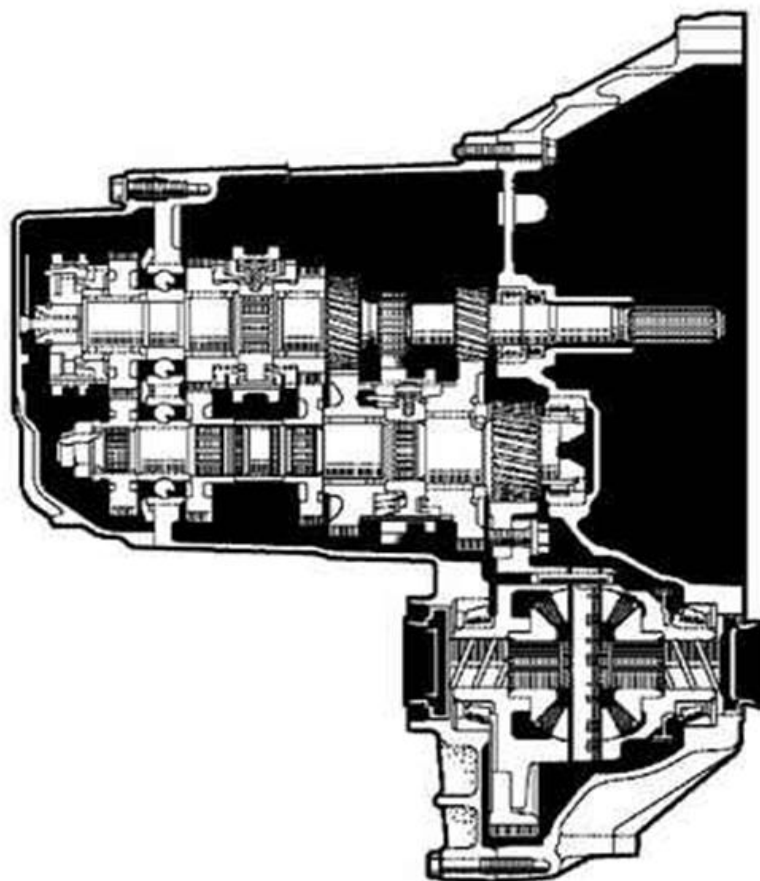


Рис. 1.5. Коробка передач С40, фирмы «ТОУОТА».

Двухвальная коробка передач переднеприводного автомобиля Ford Focus, с поперечным расположением силового агрегата показана на рис. 1.6. Коробка передач по конструкции практически аналогична коробке передач для автомобиля LADA «Приора», за исключением гидравлического привода выключения сцепления и задней штампованной крышки коробки передач. В зависимости от вариантов устанавливаемых на автомобили Ford Focus двигателей, соответственно, устанавливаются и различные варианты коробок передач. Коробка передач iB5 устанавливается с двигателями 1,4 л Zetec-SE, 1,6 л Zetec-SE и 1,8 л Zetec-E . С двигателем 2,0 л Zetec-E и обоими дизельными двигателями устанавливается коробка передач МТХ-75.

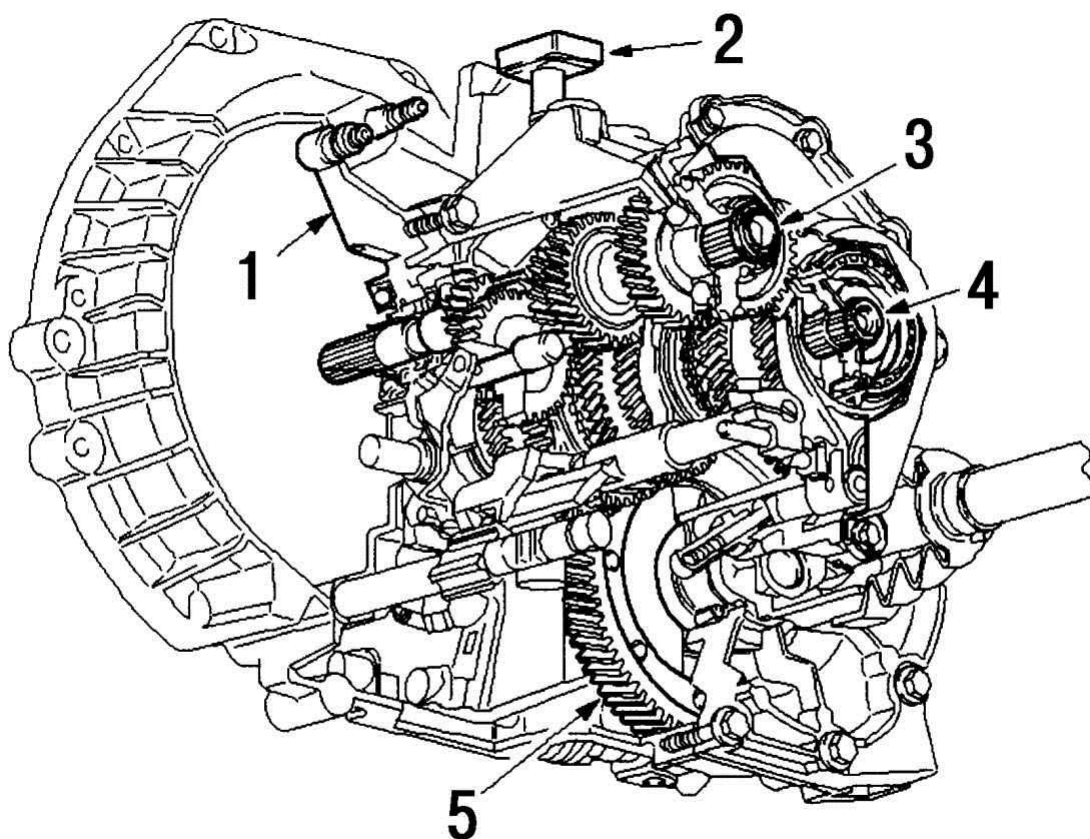


Рис. 1.6. Коробка передач iB5:

1 — рабочий цилиндр сцепления; 2 — сапун; 3 — первичный вал; 4 — вторичный вал; 5 — дифференциал

Передаточные числа

Тип	Механическая, трехходовая, двухвальная, пятиступенчатая, с тросовым управлением		
	iB5	MTX-75 (бензиновый двигатель)	MTX-75 (дизельный двигатель)
Модель коробки передач	iB5	MTX-75 (бензиновый двигатель)	MTX-75 (дизельный двигатель)
Передаточные числа			
1-я передача	3,58	3,42	3,67
2-я передача	1,93	2,14	2,05
3-я передача	1,28	1,45	1,25
4-я передача	0,95	1,03	0,87
5-я передача	0,76	0,77	0,67
заднего хода	3,62	3,46	3,56
Главная передача	4,06	4,06	3,41

Двухвальная коробка передач автомобиля LADA «LARGUS»

представлена на рис. 1.7. На автомобили Лада Ларгус устанавливают

пятиступенчатые механические коробки передач. Автомобиль с кузовом пятиместный универсал и двигателем К7М оснащают коробкой передач JH3, автомобили с остальными кузовами и двигателями -коробкой передач JR5 . Обе коробки передач во многом одинаковы по конструкции, но различаются узлами выключения сцепления и механизмами переключения передач, а также конструкцией узлов для присоединения приводов передних колес. Узел выключения сцепления коробки передач JH3 представляет собой муфту с подшипником 3, перемещаемую по направляющей втулке вилкой 1, на которую в свою очередь воздействует трос, соединенный с педалью сцепления. Узел выключения сцепления коробки передач JR5 представляет собой гидравлический рабочий цилиндр , совмещенный с подшипником выключения сцепления. Рабочий цилиндр соединен трубопроводом с главным цилиндром, на шток которого воздействует педаль сцепления. Управляют коробкой передач JH3 с помощью жесткой тяги, а коробкой передач JR5 с помощью двух гибких тросов. Помимо данных различий, коробки передач имеют различные передаточные ряды в зависимости от комплектации (рис. 1.8).

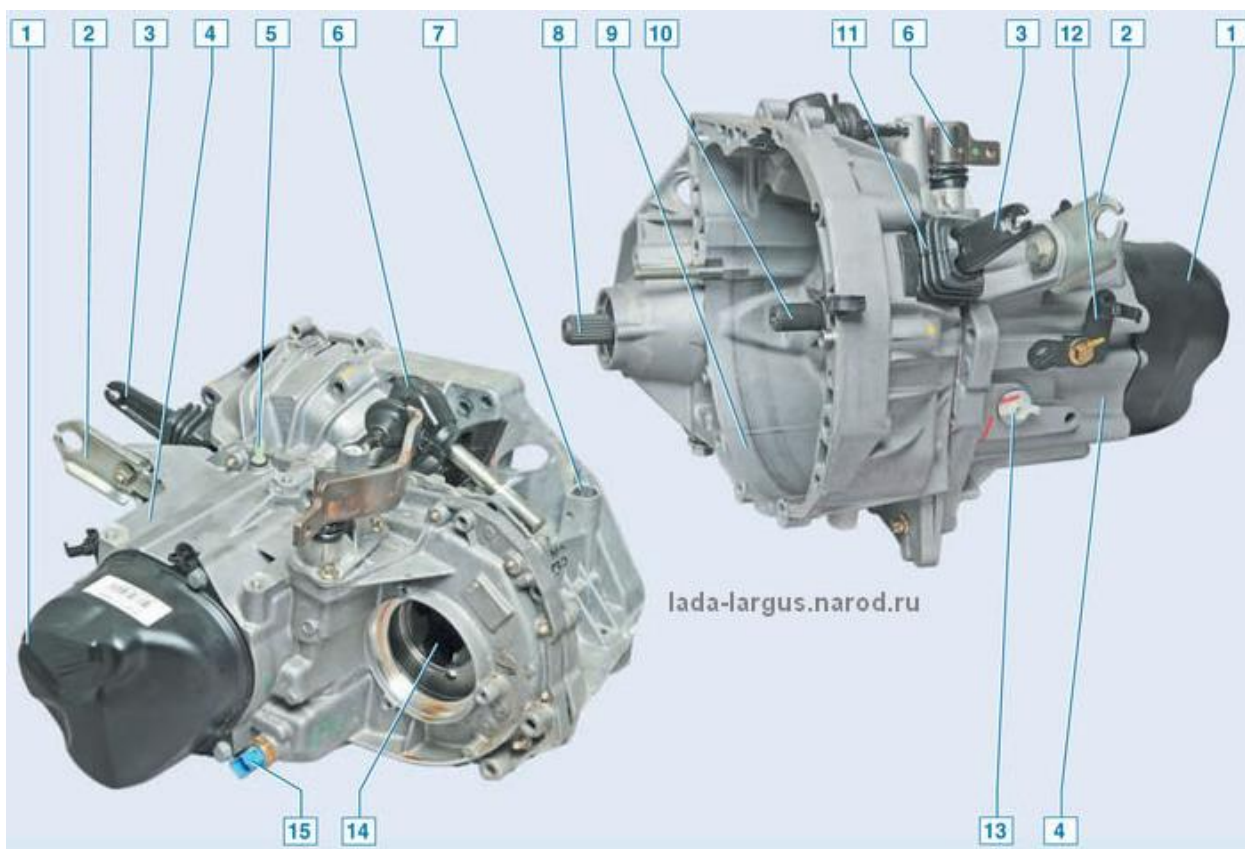


Рис 1.7. Коробка передач JR5 (слева) и JH3 (справа):

1 - задняя крышка кпп; 2 - кронштейн троса сцепления; 3 - вилка сцепления; 4 - картер кпп; 5 - штуцер сапуна; 6 - механизм переключения передач; 7 - полость для датчика скорости; 8 - вал правой полуосевой шестерни дифференциала; 9 - картер сцепления; 10 - первичный вал; 11 - пыльник; 12 - держатель для электропроводов; 13 - крышка масляная; 14 - корпус внутреннего шарнира приводного механизма левого колеса; 15 - выключатель света заднего хода

	5 мест с К7М	7 мест с К7М	5 и 7 мест с К4М	Фургон с К7М и К4М
КОРОБКА ПЕРЕДАЧ	JH3 540	JR5 551	JR5 549	JR5 517
1ая передача	3,727	3,727	3,727	3,727
2ая передача	2,048	2,048	2,048	2,048
3я передача	1,393	1,321	1,393	1,321
4ая передача	1,029	0,971	1,097	0,971
5ая передача	0,82	0,795	0,892	0,738
Задняя передача	3,545	3,545	3,545	3,545
Главная пара	4,214	4,5	4,214	4,928

Рис 1.8. Коробки передач и JH3 (ряды передаточных чисел).

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции

Анализ механических коробок передач, проведенных в данной главе наглядно демонстрирует факт наличия нескольких (3х, 4х и более) рядов передаточных чисел трансмиссии для одной модели автомобиля. Ряды меняются в зависимости от комплектации (двигатель, кузов, «люкс», «спорт»). На семействе автомобилей LADA «Priora» передаточный ряд всего один, имеется возможность выбрать главную пару, всего два варианта 3,71 и 3,9.

Целью данной бакалаврской работы является увеличение разгонной динамики автомобиля за счет изменения передаточных чисел коробки передач и главной пары, пусть даже в ущерб экономичности.

2. Защита интеллектуальной собственности

не предусмотрено

3. Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.

3.1.1 Исходные данные

Собственная масса- $M_0=1088$ кг;

Количество мест - $n=5$;

Максимальная мощность двигателя $N_{e \max} = 66$ кВт;

Обороты при максимальной мощности $n_{e \max} = 5200$ об/мин;

Диапазон рабочих оборотов $n_e = 800-6000$ об/мин;

Передачные числа трансмиссии:

1 передача- 3.636;

2 передача- 1.95;

3 передача- 1.36;

4 передача- 0.94;

5 передача- 0.78;

Главная передача- 3.7;

Шины 175/65R14;

Коэффициент аэродинамического сопротивления- $C_x=0.36$;

Коэффициент сопротивления качению- $f_0=0.010$;

Площадь поперечного сечения - $F=1.97$ (м²).

3.1.2 Определение полной массы автомобиля

$$M_a = M_0 + M_q(n) + M_{\sigma}, \quad (2.1)$$

где M_0 - собственная масса автомобиля

M_q - масса одного человека (75 кг.)

M_b - вес багажа (50 кг.)

n - количество пассажиров

$$M_a = 1088 + 75 \cdot 5 + 50 = 1513(\text{кг})$$

3.1.3 Определение внешней скоростной характеристики двигателя.

Рассчитываем заданную мощность двигателя 66 кВт, для чего подбираем соответствующую максимальную скорость автомобиля. При заданном дорожном и аэродинамическом сопротивлениях максимальная скорость должна быть $V_{max}=46$ м/сек или около 165 км/час.

$$N_{V \max} = \frac{1}{\eta} \left(G_a \cdot \psi \cdot V_{\max} + \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\max}^3 \right), \quad (2.2)$$

где G_a - полный вес автомобиля

$$\psi = \psi_0 \cdot \left(1 + \frac{V^2}{2000} \right) = 0.01 \cdot \left(1 + \frac{46^2}{2000} \right) = 0.0205 - \text{коэффициент сопротивления}$$

качению

η - КПД трансмиссии, для механической трансмиссии принимаем $\eta_{mp}=0,95$

ρ - плотность воздуха, $\rho=1,293$ кг/м³

$$N_{V \max} = \frac{1}{0.95} \left(14842 \cdot 0.0205 \cdot 46 + \frac{0.36}{2} \cdot 1.293 \cdot 1.97 \cdot 46^3 \right) = 61.2(\text{кВт})$$

3.1.4 Расчет внешней скоростной характеристики

$$N_{\max} = \frac{N_{V \max}}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (2.3)$$

где $a=b=c=1$ - коэффициенты, характеризующие тип двигателя

N_{Vmax} - мощность двигателя при максимальной скорости

λ - отношение n_{Vmax}/n_N .

Т.к. в задании максимальная мощность достигается при максимальных оборотах, то выбираем $\lambda = 1.15$.

$$N_{\max} = \frac{61.2}{1 \cdot 1.15 + 1 \cdot 1.15^2 - 1 \cdot 1.15^3} = 65(\text{кВт})$$

Внешнюю характеристику двигателя с достаточной для практических расчетов точностью можно определить по формуле Лейдермана:

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[a \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (2.4)$$

где N_{\max} - максимальная мощность двигателя, л.с.

ω_e - число оборотов двигателя, об/мин

ω_N - число оборотов двигателя при максимальной мощности, об/мин

Рассчитываем в зависимости от числа оборотов значения N_e и заносим в табл. 2.1.

Определяем значения крутящего момента по формуле:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (2.5)$$

Рассчитываем в зависимости от числа оборотов значения M_e и заносим в табл.2.1.

По полученным значениям строим график зависимости мощности и момента двигателя от оборотов коленчатого вала.

Таблица 2.1.

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , Вт	M_e , Нм
800	83,73	11266,29	134,55
1600	167,47	24183,90	144,41
2400	251,20	37346,15	148,67
3200	334,93	49346,36	147,33
4000	418,67	58777,85	140,39
4800	502,40	64233,94	127,85
5217	546,09	65033,07	119,09
5600	586,13	64307,95	109,72

6000	628,00	61887,09	98,55
------	--------	----------	-------

3.1.5 Подбор шин.

Обозначение 175/65R14, где

H – ширина профиля шины, $H = 175$ мм.

S – высота профиля шины, $S = 175 \cdot 0.65 = 114$ мм.

d – посадочный диаметр, $d = 14$ дюймы

$$r_{\text{коч}} = 0.9 \cdot (0.5 \cdot d + S) \cdot 10^{-3} \quad (2.6)$$

$$r_{\text{коч}} = 0.9(0.5 \cdot 14 \cdot 25.4 + 114) \cdot 10^{-3} = 0.262(\text{м})$$

3.1.6 Определение передаточных чисел коробки передач

Передаточное число главной передачи определяется исходя из максимальной скорости автомобиля:

$$u_0 \geq \frac{\omega_{e \text{ max}} \cdot r_k}{V_{\text{max}} \cdot u_4} = \frac{628 \cdot 0.262}{46 \cdot 0.941} = 3.8 \quad (2.7)$$

Действующее значение передаточного отношения главной передачи $u_0=3,7$ не удовлетворяет требованиям расчета.

Передаточное число первой передачи определяется по заданному максимальному дорожному сопротивлению ψ_{max} .

Для обеспечения возможности движения автомобиля в этих условиях тяговая сила на ведущих колёсах P_T должна быть больше силы сопротивления дороги P_f , т.е.

$$\frac{M_{\text{max}} \cdot \eta_{TP} \cdot u_0 \cdot u_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\text{max}}, \text{ или } u_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\text{max}} \cdot r_k}{M_{\text{max}} \cdot \eta_{TP} \cdot u_0} \quad (2.8)$$

$$\psi_{\text{max}} = f_0 + I$$

$$\psi_{\text{max}} = 0.01 + 0.3 = 0.31$$

$$u_1 \geq \frac{14842 \cdot 0.31 \cdot 0.262}{148 \cdot 0.95 \cdot 3.7} = 2.15$$

Во избежание буксования ведущих колёс тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колёс с дорогой:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{TP} \cdot u_0 \cdot u_1}{r_k} \leq G_{cy} \cdot \varphi, \text{ или } u_1 \leq \frac{G_{cy} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{TP} \cdot u_0} \quad (2.9)$$

$\varphi=0,8$ – коэффициент сцепления ведущих колёс с дорогой,

$G_{cy}=m_l G_l$ – сцепной вес автомобиля,

$m_l=0,9$ – коэффициент перераспределения нагрузки,

$G_l=0,6 \cdot 9,81 \cdot 14842=8815$ (Н) – вес, приходящийся на переднюю ось

автомобиля,

$$G_{cy}=0,9 \cdot 8858=8014(\text{Н}),$$

$$M_{\max}=148 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$u_1 \leq \frac{8014 \cdot 0,8 \cdot 0,262}{148 \cdot 0,95 \cdot 3,7} \leq 3,25$$

$$2,15 \leq u_1 \leq 3,25$$

Принимаем $u_1=3,25$.

Остальные передаточные отношения находим по геометрическому закону

$$u_2 = \sqrt[3]{u_1^2} = \sqrt[3]{3,25^2} = 2,19$$

$$u_3 = \sqrt[3]{u_1} = \sqrt[3]{3,25} = 1,48$$

Исходя из особенностей коробки передач передаточное отношение четвертой передачи $u_4 \neq 1$. Исходя из аналогов принимаем $u_4=0,941$.

Передаточное отношение повышающей передачи выбирается по критериям топливной экономичности.

$$u_5 = 0,8 \cdot u_4 = 0,8 \cdot 0,941 = 0,75$$

Однако для правдоподобности и большей сходимости расчетов принимаем действующие передаточные числа на автомобиле LADA «Приора»: 1 передача- 3.636, 2 передача- 1.950, 3 передача- 1.357, 4 передача- 0.941, 5 передача- 0.784.

3.1.7 Тяговый баланс автомобиля

Определение динамической характеристики автомобиля.

Уравнение тягового баланса имеет вид:

$$P_T = P_f + P_w \quad (2.10)$$

Составляющие уравнения определяются по следующим формулам:

Тяговая сила на ведущих колесах автомобиля

$$P_T = \frac{M_e \cdot i_k \cdot i_0 \cdot \eta}{r_k} \quad (2.11)$$

Сила сопротивления качению

$$P_f = G_a \cdot \psi \quad (2.12)$$

Сила сопротивления воздуха

$$P_w = \frac{C_x \cdot F \cdot \rho \cdot (V_{\max})^2}{2} \quad (2.13)$$

Обозначение в формулах:

i_k - передаточное число к-ой передачи

i_0 - передаточное число главной передачи

Остальные обозначения известны из ранее приведенных формул.

По полученным значениям сил сопротивления и тяговой силы для каждой передачи, занесенным в табл. 2.2 и 2.3, строим график тягового баланса.

Таблица 2.2

V_a , м/с	P_f , Н	P_w , Н	$P_f + P_w$, Н
2	148,72	1,84	150,56
4	149,61	7,35	156,97
8	153,17	29,42	182,59
10	155,85	45,97	201,81
15	165,12	103,42	268,55
20	178,11	183,86	361,97
30	215,22	413,70	628,91
40	267,17	735,46	1002,62

50	333,96	1149,15	1483,11
----	--------	---------	---------

Таблица 2.3

V_{a1} , м/с	P_{T1} , Н	V_{a2} , м/с	P_{T2} , Н	V_{a3} , м/с	P_{T3} , Н	V_{a4} , м/с	P_{T4} , Н	V_{a5} , м/с	P_{T5} , Н
1,63	6571	3,04	3524	4,36	2452	6,29	1701	7,55	1417
3,26	7053	6,07	3782	8,73	2632	12,59	1825	15,11	1521
4,89	7261	9,11	3894	13,09	2710	18,88	1879	22,66	1566
6,52	7196	12,15	3859	17,46	2685	25,17	1862	30,22	1552
8,14	6857	15,19	3677	21,82	2559	31,47	1775	37,77	1478
9,77	6244	18,22	3349	26,18	2330	37,76	1616	45,32	1346
10,62	5816	19,81	3119	28,46	2171	41,04	1505	49,26	1254
11,40	5358	21,26	2874	30,55	2000	44,05	1387	52,88	1155
12,22	4813	22,78	2581	32,73	1796	47,20	1246	56,65	1038

Динамическая характеристика, показывающая зависимость динамического фактора от скорости автомобиля на всех передачах в коробке передач.

$$D = \frac{P_T - P_w}{G_a} \quad (2.14)$$

Используя результаты предыдущих вычислений вычисляем динамический фактор табл. 2.4, и по полученным данным строим график динамической характеристики автомобиля.

Таблица 2.4

D1	D2	D3	D4	D5
0,443	0,237	0,165	0,113	0,094
0,475	0,254	0,175	0,118	0,095
0,488	0,260	0,177	0,116	0,090
0,483	0,255	0,171	0,106	0,076
0,460	0,241	0,158	0,089	0,055
0,418	0,215	0,136	0,065	0,027

0,388	0,198	0,121	0,049	0,009
0,357	0,180	0,106	0,033	-
0,320	0,158	0,088	0,015	-

Чтобы учесть влияние буксования ведущих колёс, определяют динамический фактор по сцеплению: $D_{сц} \approx \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{7973 \cdot 0.8}{14764} = 0.432$

3.1.8 Мощностной баланс автомобиля

Мощностной баланс автомобиля определяется выражением:

$$N_{кол} = N_e \cdot \eta = N_{fn} + N_w, \quad (2.15)$$

где $N_f = P_f \cdot V$ - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

$N_w = P_w \cdot V$ - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха.

Уравнение мощностного баланса показывает распределение мощности на ведущих колесах автомобиля, по различным сопротивлениям движению.

Значения мощностей, вычисленных по формулам приведенным выше формулам, занесены в табл. 2.5, и построен график мощностного баланса для автомобиля, движущегося на прямой передаче по горизонтальной дороге ($\alpha=0$).

Точка пересечения кривой мощности $N_{кол}$, развиваемой на ведущих колесах автомобиля, с кривой мощности N_f+N_w , затрачиваемой на преодоление сопротивлений качению и воздуха, определяет скорость V_{max} .

Таблица 2.5

N_T , Вт	N_f , Вт	N_w , Вт	N_f+N_w , Вт
10703	297	4	301
22975	598	29	628
35479	1225	235	1461

46879	1558	460	2018
55839	2477	1551	4028
61022	3562	3677	7239
61781	6457	12411	18867
61093	10687	29418	40105
58793	16698	57458	74156

3.1.9 Разгон автомобиля. Ускорение при разгоне

Ускорения автомобиля вычисляют по формуле:

$$j_k = \frac{(D_k - \psi) \cdot g}{\delta_k}, \quad (2.16)$$

где j_k - ускорение на k -ой передаче коробки передач

D_k - динамический фактор для каждой передачи

δ_k - коэффициент учета вращающихся масс автомобиля зависящий от моментов инерции этих масс и передаточных чисел трансмиссии:

$$\delta_k = 1.03 + 0.04 \cdot i_k^2$$

Определяем δ для каждой передачи:

$$\delta_1 = 1.03 + 0.04 \cdot i_1^2 = 1.03 + 0.04 \cdot 3.656 = 1.559 - \text{ для первой передачи}$$

$$\delta_2 = 1.03 + 0.04 \cdot i_2^2 = 1.03 + 0.04 \cdot 1.950 = 1.182 - \text{ для второй передачи}$$

$$\delta_3 = 1.03 + 0.07 \cdot i_3^2 = 1.03 + 0.04 \cdot 1.357 = 1.104 - \text{ для третьей передачи}$$

$$\delta_4 = 1.03 + 0.04 \cdot i_4^2 = 1.03 + 0.04 \cdot 0.941 = 1.065 - \text{ для четвертой}$$

передачи

$$\delta_5 = 1.03 + 0.04 \cdot i_5^2 = 1.03 + 0.04 \cdot 0.784 = 1.054 - \text{ для пятой передачи}$$

Результаты вычислений заносим в табл. 2.6.

Таблица 2.6

$J_1, \text{ м/с}^2$	$J_2, \text{ м/с}^2$	$J_3, \text{ м/с}^2$	$J_4, \text{ м/с}^2$	$J_5, \text{ м/с}^2$
2,723	1,885	1,374	0,950	0,776
2,925	2,021	1,463	0,988	0,784
3,010	2,069	1,479	0,956	0,716

2,978	2,031	1,422	0,853	0,574
2,829	1,904	1,291	0,681	0,356
2,563	1,690	1,088	0,438	0,063
2,378	1,544	0,952	0,284	-0,119
2,180	1,389	0,810	0,125	-0,304
1,944	1,205	0,644	-0,057	-0,517

По результатам расчетов строим график ускорений.

3.1.10 Время и путь разгона

Ускорение автомобиля, полностью характеризует способность автомобиля к быстрому разгону, но не дает достаточного представления о динамичности, для чего определяются путь и время разгона. Время разгона вычисляется графическим интегрированием по графику величин, обратных ускорениям.

Для построения зависимости времени разгона от скорости вся площадь под кривой $1/j=f(V_{max})$ разбивается вертикальными линиями на участки с интервалом скоростей 10км/ч, для упрощения площадь под кривой

заменяется площадью прямоугольника с высотой $\frac{1}{j_{cp}} = \frac{\frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2}}{2}$, где $1/j_1$ и

$1/j_2$ обратные ускорения в начале и конце участка. Время разгона определяется суммированием элементарных площадок:

$$\Delta t = \frac{1}{j_{cp}} \cdot dV ; \quad (2.17)$$

$$t = \frac{\sum \Delta t \cdot ab}{3.6} , \quad (2.18)$$

где a, b - масштабы соответственно скорости и обратных ускорений.

Результаты вычислений заносим в табл. 2.7.

Таблица 2.7

V_a, м/с	t, с
---------------------------	-------------

0,00	0,00
6,52	1,67
12,22	3,92
18,22	7,16
21,82	9,55
26,18	13,25
32,73	20,92
37,76	30,56
41,04	40,09

По полученным данным строим график зависимости времени разгона от скорости.

Путь разгона вычисляется графическим интегрированием по графику времени разгона (аналогично времени разгона). Результаты вычислений заносим в табл. 2.8.

Таблица 2.8

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
0,00	0
6,52	5,44
12,22	21,38
18,22	54,65
21,82	84,73
26,18	134,49
32,73	246,33
37,76	375,79
41,04	491,78

По полученным данным строим график зависимости пути разгона от скорости.

По результатам расчета строится график интенсивности разгона или график зависимости времени t от пути S разгона автомобиля.

3.1.11 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

Топливоно - экономическая характеристика автомобиля представляет собой зависимость расхода топлива в л/100 км (кг/100 км) от скорости автомобиля при различных дорожных сопротивлениях.

Расход топлива на 100 км пути.

1. Задаемся несколькими значениями скорости от V_{min} до V_{max} и для каждой из них находим значение N_f и N_w .
2. Для каждого значения частоты вращения коленчатого вала определяем степень использования мощности двигателя:

$$I = \frac{N_{\Sigma}}{N_m} = \frac{N_f + N_w}{N_m} \quad (2.19)$$

3. Коэффициент приспособляемости двигателя по оборотам:

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}} \quad (2.20)$$

4. Коэффициенты K_I и K_E :

$$\begin{aligned} K_I &= 1.152 \cdot I^2 - 1.728 \cdot I + 1.523 \\ K_E &= 0.53 \cdot E^2 - 0.753 \cdot E + 1.227 \end{aligned} \quad (2.21)$$

5. Определяем эффективный расход топлива: $g_{эф} = 1.1 \cdot g_{e \min}$,
(2.22)

где $g_{e \min} = 290$ - минимальный расход топлива, гр./кВт ч

6. Определяем удельный расход топлива: $g_e = g_{эф} \cdot K_I \cdot K_E$
(2.23)

7. Расход топлива в л/100 км: $Q_s = \frac{g_e \cdot (N_f + N_w)}{3.6 \cdot V_{\max} \cdot \gamma_T \cdot \eta}$,
(2.24)

где $\gamma_T = 0.87$ г/см³ - плотность бензина.

Все вычисленные значения занесены в табл. 2.9. По полученным данным строим график топливной характеристики автомобиля LADA "Приора".

Таблица 2.9

$V_a, \text{ м/с}$	$q_n, \text{ л/100км}$
6,29	2,78
12,59	3,45
18,88	4,50
25,17	5,79
31,47	7,20
37,76	8,77
41,04	9,91
44,05	11,60
47,20	15,17

Все графики изображены в приложениях и графической части бакалаврской работы.

3.2 Выбор нового ряда передаточных чисел трансмиссии

При проектировании коробок передач зарубежными фирмами ставятся вполне определенные требования по расходу топлива, что в свою очередь влияет на токсичность автомобиля. Для этого для одного автомобиля разрабатываются коробки передач с определенными рядами передаточных чисел, как правило, разрабатывается «динамичный» и «экономичный» ряд. Соответственно «экономичный» ряд имеет меньшие показатели по расходу топлива, а, следовательно, и является более экологичным. Динамичный ряд обеспечивает высокие скоростные показатели автомобиля, что напрямую увеличивает расход топлива, а требования по экологичности обеспечиваются с помощью применения электроники и разнообразных катализаторов отработавших газов.

Динамические характеристики автомобиля в большой степени зависят от удачного подбора передаточных чисел в коробке передач. Улучшить его динамику автомобиля можно путем сужения диапазона оборотов двигателя, которые развиваются двигателем при движении на одной передаче. Достичь

этого можно, сблизив передаточные отношения соседних передач. Такой ряд передаточных чисел трансмиссии называют сближенным рядом. На каждой передаче в этом случае двигатель работает более короткое время или в более узком диапазоне оборотов, оптимально при максимальном крутящем моменте. Согласно паспортным данным автомобиля максимальный крутящий момент развивается двигателем при 3600 об/мин коленчатого вала.

Существует несколько способов, как сделать ряд передаточных чисел трансмиссии более коротким:

Во-первых, при максимальном ускорении используются только четыре передачи, пятая нужна для экономии топлива. Но ее тоже можно использовать для ускорения. Для этого придется отказаться от нее как от экономичной передачи.

Во-вторых можно использовать покрышки с меньшим радиусом качения

В третьих еще большие результаты по сжатию ряда передаточных чисел всей трансмиссии дает установка главной пары с передаточным числом 3,9, либо 4,1, либо 4,3, в отличие от стандартно устанавливаемой главной пары с отношением 3,7.

3.2.1 Анализ передаточных чисел автомобилей аналогов

Редукторная часть коробки передач автомобиля LADA «Приора», а следовательно и передаточные числа, идентичны коробке передач LADA «Самара», рассчитанной по двигатель объемом $V=1,3$ л.

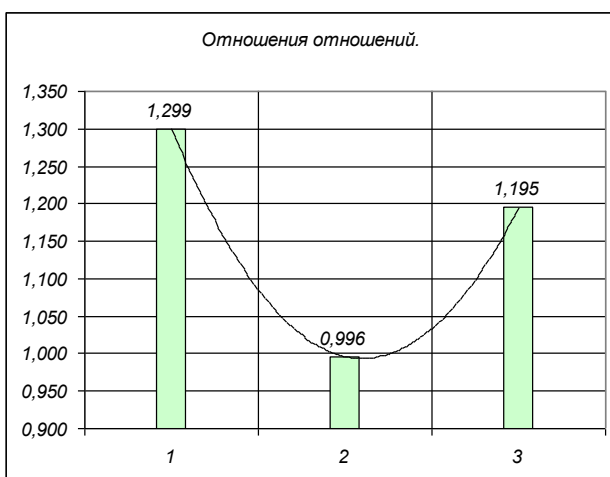
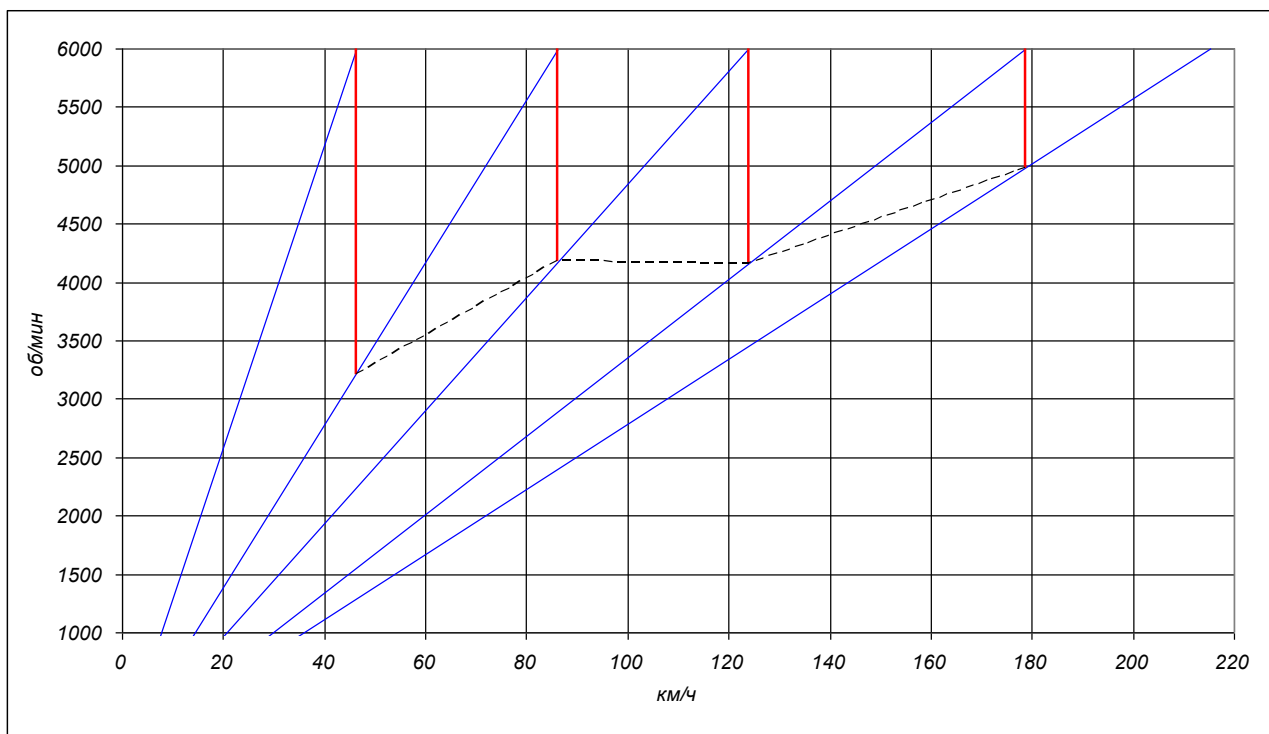


Рис. 2.1 График разгона автомобиля LADA «Приора».

Рассмотрим процесс переключения графически. Для этого построим график разгона автомобиля на каждой передаче (рис.2.1), используя формулу 2.2.1, расчет ведется при оборотах переключения $\omega_e = 6000$ об/мин.

$$V_{ai} = \frac{\omega_e \cdot r_k}{i_i \cdot i_{z.n.}} \quad 2.2.1$$

На рис.2.1 синими линиями показана скорость автомобиля при разгоне на каждой передаче, красными обозначена угловая скорость, при

которой начинается движение на следующей передаче. Ниже показаны график отношений соседних передаточных чисел и график отношения отношений.

Проведем сравнительный анализ передаточных чисел автомобилей аналогов, имеющих схожие значения по массе, крутящему моменту, размеру шин. Для рассмотрения возьмем автомобили VW «Golf 6», Skoda «Fabia», Ford «Focus 3» и LADA «LARGUS», данные по передаточным чисел которых представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10

автомобиль	передаточные числа					
	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	$i_{z.n.}$
VW «Golf 6»	3,77	2,09	1,32	0,98	0,78	3,45
Skoda «Fabia»	3,445	2,095	1,433	1,079	0,891	3,882
Ford «Focus 3»	3,42	2,14	1,45	1,03	0,77	4,06
LADA «LARGUS»	3,727	2,048	1,321	0,971	0,795	4,5

Построим график разгона автомобиля аналогов, аналогично LADA «Приора», используя формулу 2.2.1 и проанализируем их (см. рис. 2.2; рис. 2.3; рис. 2.4).

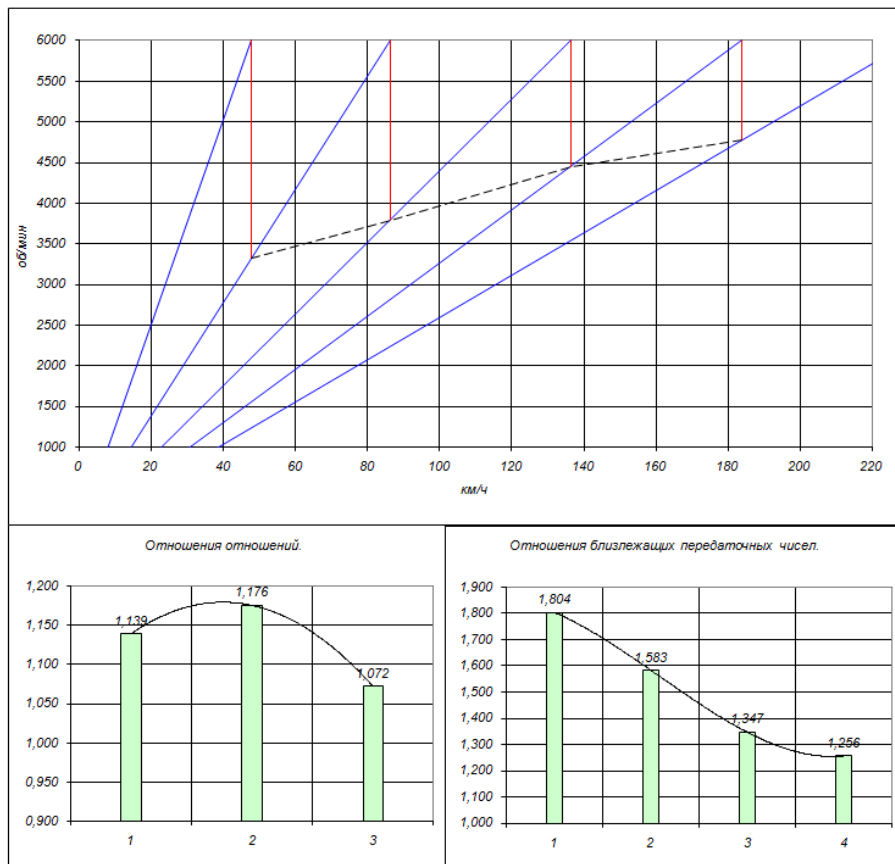
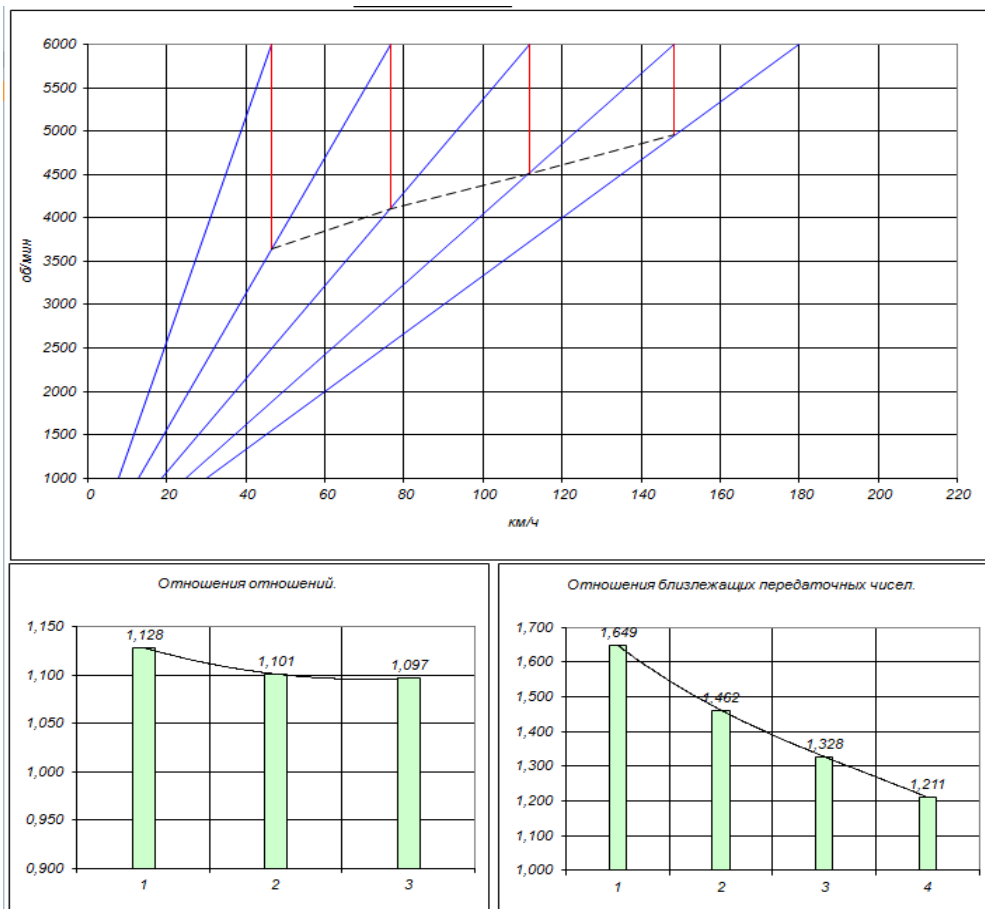


Рис. 2.2 График разгона автомобиля VW «Golf 6».

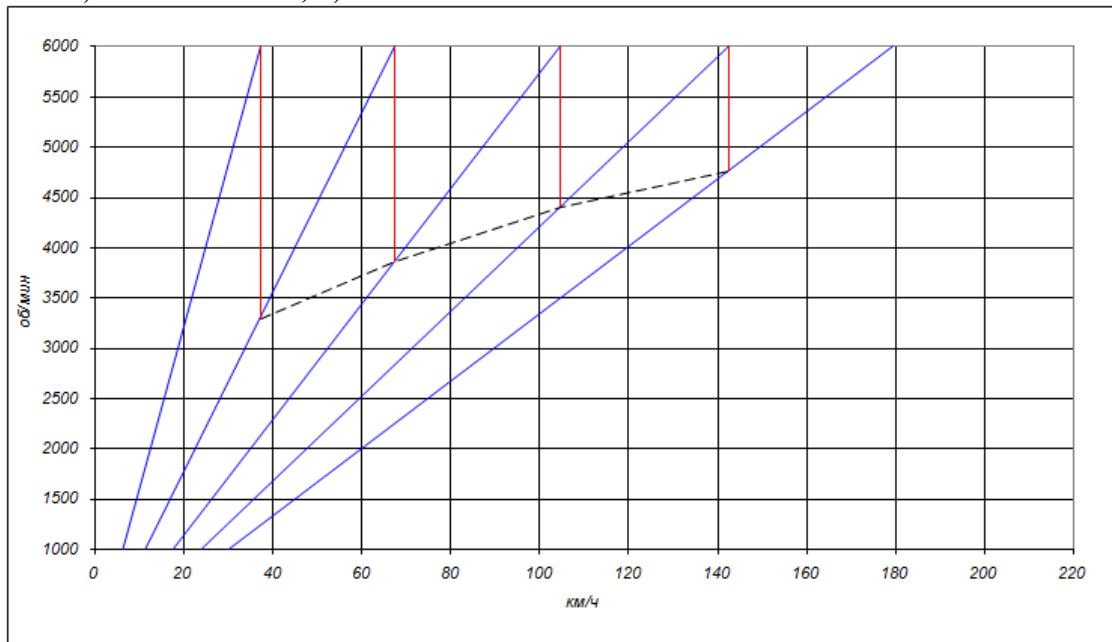
а)



б)

Рис 2.3: График разгона автомобиля

а) Skoda «Fabia», б) Ford «Focus 3».



а)

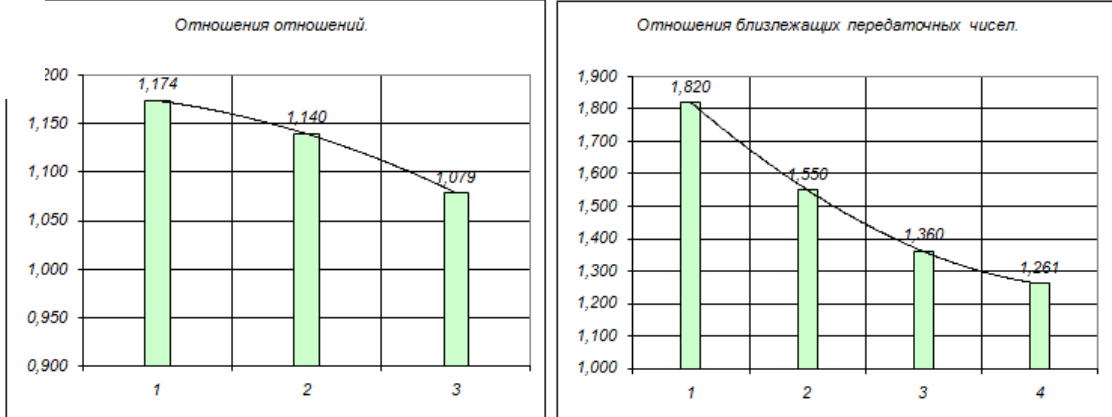


Рис. 2.4 График разгона автомобиля LADA «LARGUS».

Начнем анализ передаточных чисел с закона построения ряда. Для гармонического ряда переключение передач будет осуществляться при одной угловой скорости, а пунктирная линия, построенная по точкам угловых скоростей трогания на следующих передачах, будет параллельна оси X. При построения ряда по гармоническому закону их отношения будут одинаковые. Искривление данной кривой влияет на динамику автомобиля на первых передачах.

Из графиков для всех автомобилей видно, что передаточные числа построены по криволинейной зависимости. Наиболее равномерно числа выбраны у VW «Golf 6» и LADA «LARGUS», что хорошо видно на графиках «отношений близлежащих чисел» и «отношения отношений», графики плавные и равномерные.

Спроектируем для автомобиля LADA «Приора», ряд передаточных чисел, с учетом проведенного анализа. Исходя из того, что проектируемый ряд чисел предназначен для автомобилей комплектации «спорт», для которых важна динамика и увеличение расхода топлива отходит на второй план, установим прямую передачу пятой. Это позволит сблизить передачи и еще больше повысить динамические свойства автомобиля.

Методом последовательного приближения определяем новые передаточные числа шестерен коробки, график разгона автомобиля LADA «Приора» с оптимизированными передаточными числами выглядит следующим образом (рис. 2.5). Новые значения передаточных отношений приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11.

передаточные числа					
i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	$i_{z.n.}$
3,727	2,278	1,577	1,194	0,971	4,1

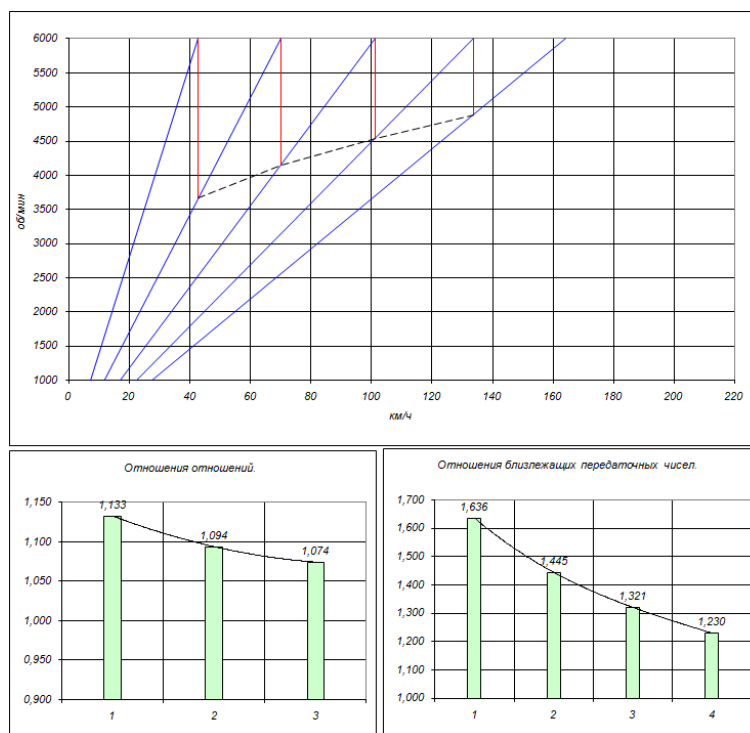


Рис. 2.5. График разгона для автомобиля LADA «Приора» проект.

3.3 Тягово-динамический расчет автомобиля (с модифицированными передаточными числами трансмиссии).

Тяговый расчет автомобиля с модифицированными передаточными числами трансмиссии ведем по аналогии с расчетом в разделе 2.1. Результаты времени и пути разгона представлены в табл. 2.12, топливной экономичности в табл. 2.13 .

Таблица 2.12.

V_a , м/с	t , с	S , м
0	0	0
5,75	1,31	3,77
9,41	2,51	10,76
14,11	4,47	27,19
16,99	5,93	42,15
22,16	9,20	81,28
23,79	10,43	97,23
26,93	13,17	134,30
31,42	18,07	204,39

Таблица 2.13.

$V_a, \text{ м/с}$	$q_n, \text{ л/100км}$
5,80	2,667
11,60	3,211
17,41	4,106
23,21	5,248
29,01	6,540
34,81	7,917
37,84	8,716
40,61	9,657
43,51	11,104

Сравнительные графики представлены на рис. 2.6 и 2.7.

Из графика видно улучшение динамики разгона автомобиля в среднем на 1 сек до скорости 100 км/ч. Казалось бы незначительное изменение, но если выразить в процентах, то это 8%, а при разгоне до сотни в метрах отрыв будет около 25 метров, что весьма наглядно показывает улучшение. Изменение топливной экономичности не существенно, на скорости до 20 м/с даже имеется улучшение по экономичности. Однако т.к. расчет ведется на одной передаче, данный расчет не совсем показательный. В связи с тем, что автомобиля позиционируется как спортивная модификация, изменение расхода топлива можно считать приемлемым.

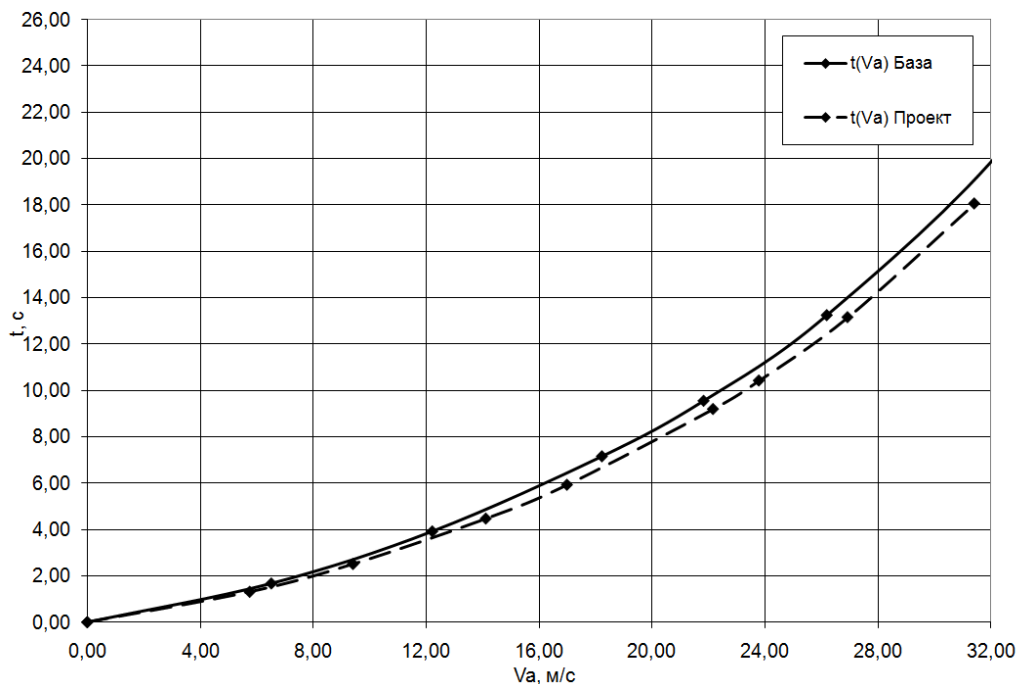


Рис. 2.6. График времени разгона автомобиля LADA «Приора».

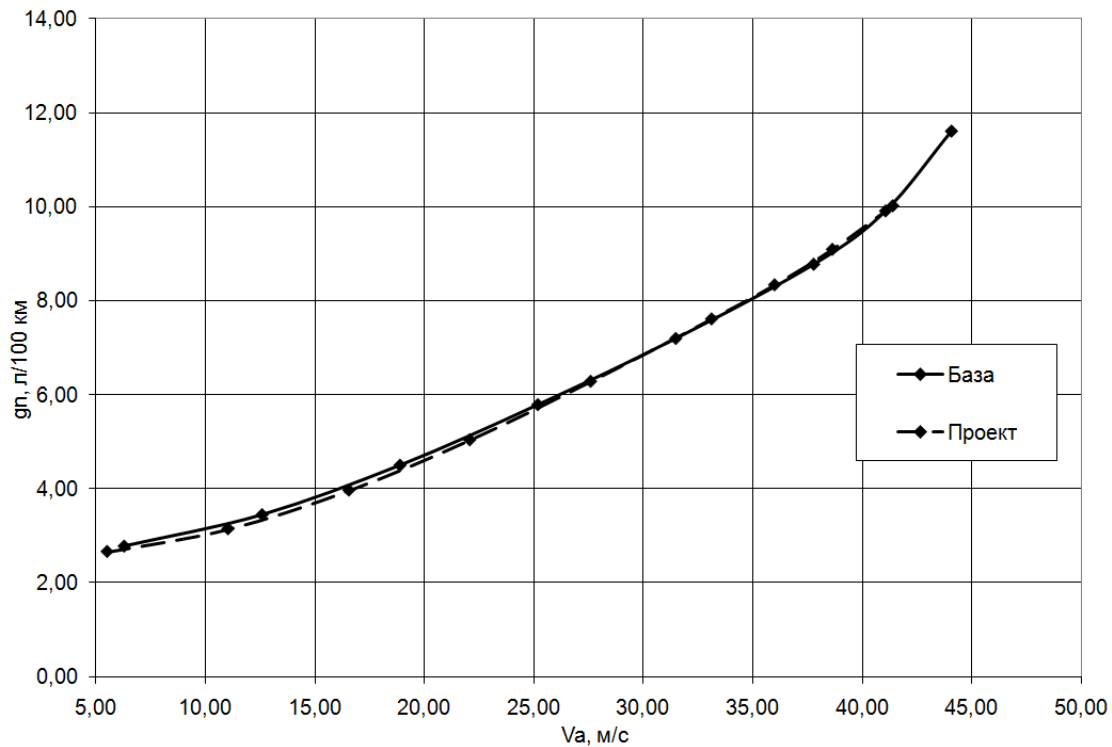


Рис. 2.7. График расхода топлива автомобиля LADA «Приора».

3.4 Расчет зубчатых передач

Проведенные выше расчеты по корректировке передаточных отношений привели к изменению количества зубьев, а, следовательно, изменению геометрии зубчатого зацепления, в связи с чем необходимо произвести проверочный расчет основных параметров нового зубчатого зацепления. Расчет ведем для первой передачи, остальные передачи считаются аналогично.

Исходные данные, для расчета 1-й передачи:

Крутящий момент двигателя : $M_{кр}=147$ Нм.

Передаточное число 1-й передачи : $i_1=3,727$

Межосевое расстояние : $a_w=68$ мм.

Ширина венца ведущей шестерни: $b_1=16$ мм

Ширина венца ведомого колеса : $b_2=14,55$ мм

Рабочая ширина венца (перекрытие венцов шестерен
в зацеплении) : $b_w=14,55$ мм

Материал шестерен – сталь 20ХГНМ,
термообработка – нитроцементация, закалка и низкий отпуск
Твердость поверхности $\geq 58\text{HRC}$

3.4.1 Определение суммарного числа зубьев в передаче.

$$z_s = 2 \cdot a_w \cdot \cos b / m_n$$

где

m_n – нормальный модуль. Из условия сохранения действующего
инструмента, обеспечивающего профиль наименьшей шумности, принимаем:

$$m_n = 2,35$$

b – угол наклона линии зуба. Для обеспечения прочности зуба, плавности
работы передачи и минимального шума в зацеплении и для сохранения
действующего зуборезного инструмента, что снижает затраты на
изготовление, принимаем: $b=26^\circ$

$$\text{тогда } z_s = 2 \cdot 68 \cdot \cos(26^\circ) / 2 = 52,015$$

Предварительно принимаем $z_s = 52$

3.4.2 Определение передаточного числа.

Из тягово-динамического расчета принятое передаточное число первой
передачи составляет:

$$i_{1.1} = 3,636$$

Для обеспечения передаточного числа главной передачи определяем числа
зубьев шестерни и колеса:

$$z_1 = z_s / (i_1 + 1)$$

$$z_1 = 52 / (3,727 + 1) = 11,22$$

принимаем $z_1 = 11$

$$z_2 = z_s - z_1$$

$$z_2 = 52 - 11 = 41$$

Окончательное передаточное число главной передачи:

$$i_0 = z_2/z_1 = 41/11 = 3,727$$

3.4.3 Определение делительного межосевого расстояния.

$$a = 0,5 \cdot (z_1 + z_2) \cdot m_n / \cos b$$

$$a = 0,5 \cdot (11 + 41) \cdot 2,35 / \cos(26^\circ) = 66,98 \text{ мм}$$

Так как делительное межосевое расстояние не совпадает с конструктивным, то расхождение устраняем коррекцией зацепления. Дальнейший расчет геометрии зацепления проводим по ГОСТ 16532-70.

3.4.4 Определение торцового угла профиля.

$$\text{tga}_t = \text{tga} / \cos b$$

где a - угол профиля инструмента. Из условия сохранения действующего инструмента, обеспечивающего профиль наименьшей шумности, принимаем:

$$a = 20^\circ$$

$$a_t = \arctg(\text{tg}(20^\circ) / \cos(30^\circ)) = 22,79587726^\circ$$

3.4.5 Определение торцового угла зацепления.

$$\cos a_{tw} = a \cdot \cos a_t / a_w$$

где a_{tw} - угол зацепления

$$a_{tw} = \arccos(66,67 \cdot \cos(22,79587726^\circ) / 68) = 24,66^\circ$$

3.4.6 Определение делительных диаметров шестерни и колеса.

$$d = z \cdot m / \cos b$$

$$d_1 = 11 \cdot 2,35 / \cos(26^\circ) = 28,761 \text{ мм}$$

$$d_2 = 41 \cdot 2,35 / \cos(26^\circ) = 107,2 \text{ мм}$$

3.4.7 Коэффициент суммы смещений.

$$x_s = (z_1 + z_2) \cdot (\text{inv} a_{tw} - \text{inv} a) / (2 \cdot \text{tga})$$

где $\text{inv} a_i$ –инволюта угла профиля,

$$\text{inv} a_i = \text{tga}_i - a_i (\text{радианы})$$

$$\operatorname{inv} a_{tw} = \operatorname{tg} a_{tw} - a_{tw} = \operatorname{tg}(22,79587726^\circ) - 0,43041 = 0,028708$$

$$\operatorname{inv} a = \operatorname{tg} a - a = \operatorname{tg}(20^\circ) - 0,34906585 = 0,014904384$$

$$x_s = (11 + 41) \cdot (0,028708 - 0,014904384) / (2 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ)) = 0,0853$$

Учитывая, что число зубьев на шестерне значительно меньше, чем на колесе, то разбивку суммарного смещения производим таким образом, чтобы большая величина смещения приходилась на шестерню. Это позволит выровнять нагруженность зубьев обоих колес.

3.4.8 Коэффициенты смещений на шестерне и колесе.

Исходя из суммарного коэффициента смещения, учитывая соотношение чисел зубьев шестерни и колеса и для обеспечения отсутствия заострения зубьев шестерни, принимаем:

$$x_1 = 0,5$$

x_2 – определяется из минимального окружного зазора в зацеплении.

Первоначально определяем теоретический коэффициент смещения на колесе, исходя из беззазорного зацепления:

$$x_2^T = x_s - x_1$$

$$x_2^T = 0,0853 - 0,5 = -0,4914$$

Для расчета принимаем:

$$x_2^T = -0,491$$

3.4.9 Длина общей нормали для колеса.

$$W = m_n \cdot \cos a \cdot (p \cdot (z_n - 0,5) + 2 \cdot x^T \cdot \operatorname{tg} a + z \cdot \operatorname{inv} a_i)$$

Где z_n - число зубьев, по которым производится замер длины общей нормали. Принимаем

$$z_n = 3$$

$\operatorname{inv} a_i$ – инволюта торцового угла профиля

$$\operatorname{inv} a_t = \operatorname{tg} a_t - a_t = \operatorname{tg}(22,04568^\circ) - 0,3848 = 0,0202$$

$$W_T = 2,35 \cdot \cos(20^\circ) \cdot (p \cdot (3 - 0,5) + 2 \cdot 0,097 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ) + 41 \cdot 0,0202)$$

$$W_T=18,381 \text{ мм}$$

3.4.10 Минимальный окружной зазор в зацеплении.

Для обеспечения минимального уровня шума в зацеплении принимаем:

$$j_{\text{tmin}}=0,07 \text{ мм}$$

3.4.11 Коэффициент смещения на колесе.

Так как длины общей нормали замеряется по нормали к эвольвенте зуба, то длина общей нормали колеса с учетом бокового зазора составит:

$$W_{\phi} = W_T - j_{\text{tmin}} = 18,381 - 0,07 = 18,311 \text{ мм}$$

Из формулы (43) получаем:

$$x_2 = (W / (m_n \cdot \cos \alpha) - p \cdot (z_n - 0,5) - z \cdot \text{inv} \alpha_t) / (2 \cdot \text{tg} \alpha)$$

$$x_2 = (18,311 / (2,35 \cdot \cos(20^\circ)) - (p \cdot (3 - 0,5) - 41 \cdot 0,0202)) / (2 \cdot \text{tg}(20^\circ)) = -0,535$$

3.4.12 Определение диаметров впадин зубьев шестерни и колеса.

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

где h_f' - коэффициент ножки зуба. Из условия сохранения действующего инструмента, обеспечивающего профиль наименьшей шумности, а также для обеспечения большой величины коэффициента перекрытия зубьев, определяющей плавность работы зубчатой передачи и, как следствие, минимальной шумности, на ОАО «АВТОВАЗ» применяется специальный зуборезный инструмент, обеспечивающий высокие ножку и головку зуба. На ОАО «АВТОВАЗ» для скоростных передач используется зуборезный инструмент с коэффициентом высоты ножки зуба $h_f' = 1,45 \dots 1,65$. Более высокая ножка применяется для шестерни с меньшим числом зубьев. Учитывая разность в количестве зубьев на шестерне и колесе, принимаем:

$$h_{f1}' = 1,65 \text{ – обеспечивается инструментом}$$

$$h_{f2}' = 1,45 \text{ – обеспечивается инструментом}$$

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

$$d_{f1} = 28,7608 - 2 \cdot 2,35 \cdot (1,65 - 0,5) = 23,3558 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{f1}=23,36$ мм

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

$$d_{f2}= 107,199 - 2 \cdot 2,35 \cdot (1,45+0,0537)= 97,8696 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{f2}=97,87$ мм

3.4.13 Определение диаметров вершин зубьев шестерни и колеса.

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

где $h_a \cdot$ - коэффициент головки зуба. Из условия сохранения действующего инструмента, обеспечивающего профиль наименьшей шумности, принимаем:

$h_{a1}'=1,25$ – обеспечивается действующим инструментом без заострения зубьев

$h_{a2}'=1,45$ – обеспечивается действующим инструментом без заострения зубьев

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

$$d_{a1}= 28,7608+2 \cdot 2,35 \cdot (1,25+0,5)= 36,9858 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{a1}=36,99$ мм

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

$$d_{a2}= 107,199 + 2 \cdot 2,35 \cdot (1,45-0,535)= 111,5 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{a2}=111,5$ мм

3.4.14 Определение радиального зазора в зацеплении.

$$c_1'=(a_w - (d_{a1}+d_{f2})/2)/m_n$$

$$c_1'=(68-(36,99+97,87)/2)/2,35=0,2425$$

условие необходимого зазора выполнено

$$c_2'=(a_w - (d_{a2}+d_{f1})/2)/m_n$$

$$c_2'=(68-(111,5+23,36)/2)/2,35=0,2425$$

условие необходимого зазора выполнено

3.4.15 Определение коэффициента торцового перекрытия.

$$e_a=(z_1 \cdot \text{tg} \alpha_{a1}+z_2 \cdot \text{tg} \alpha_{a2}-(z_1+z_2) \cdot \text{tg} \alpha_{tw})/(2 \cdot p) \geq [e_a]$$

где $[e_a]$ – допустимый коэффициент перекрытия. Для косозубой передачи:
 $[e_a]=1,0$ α_a – угол профиля на вершине зуба

$$a_a = \arccos(d_b/d_a)$$

где

$$d_b = d \cdot \cos \alpha_t$$

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha_t = 28,7608 \cdot \cos(22,04568266) = 26,6579 \text{ мм}$$

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \alpha_t = 107,199197 \cdot \cos(22,04568266^\circ) = 99,3613 \text{ мм}$$

$$\alpha_{a1} = \arccos(d_{b1}/d_{a1}) = \arccos(26,6579 / 36,99) = 43,89^\circ$$

$$\alpha_{a2} = \arccos(d_{b2}/d_{a2}) = \arccos(96,9379 / 111,5) = 26,98^\circ$$

$$e_a = (11 \cdot \operatorname{tg}(43,89^\circ) + 41 \cdot \operatorname{tg}(26,98^\circ) - (11 + 41) \cdot \operatorname{tg}(24,66098^\circ)) / (2 \cdot p)$$

$$e_a = 1,648 > [e_a] \text{ – условие выполнено}$$

3.4.16 Определение коэффициента осевого перекрытия.

$$e_b = b_w / p_x$$

где p_x – осевой шаг

$$p_x = p \cdot m / \sin b$$

$$p_x = p \cdot 2,35 / \sin(26^\circ) = 16,841 \text{ мм}$$

$$e_b = 14,55 / 16,841 = 0,864$$

3.4.17 Определение суммарного коэффициента перекрытия.

$$e_g = e_a + e_b \geq [e_g]$$

где $[e_g]$ – допустимый коэффициент перекрытия.

Для обеспечения плавности работы на высоконагруженной среднескоростной передаче

$$[e_g] > 2$$

$$e_g = e_a + e_b = 1,648 + 0,864 = 2,412 > [e_g] \text{ – условие выполнено}$$

Таким образом, спроектированная передача имеет хорошие показатели по плавности работы, определяющей малошумность зубчатой передачи.

3.4.18 Расчет зубьев на изгиб.

Формула проверочного расчета зубьев на изгиб для косозубой передачи:

$$\sigma_F = F_t \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_b \cdot K_{Fa} / (b \cdot m_n) \leq [\sigma_F]$$

где σ_F – напряжения изгиба в зубе, $[\sigma_F]$ – допускаемые напряжения

$$[\sigma_F] = \sigma_{Flimb}^0 / ([\sigma_F] \cdot K_M)$$

где σ_{Flimb}^0 – предел выносливости при базовом числе циклов,

$\sigma_{Flimb}^0 = 1450$ МПа - для стали 20ХГНМ со стабильной полосой прокаливания

$[\sigma_F]$ – коэффициент безопасности

$$[\sigma_F] = [\sigma_F]' \cdot [\sigma_F]''$$

где $[\sigma_F]'$ – коэффициент, учитывающий нестабильность свойств материала

$[\sigma_F]' = 1,22$ – для стали 19ХГН со стабильной полосой прокаливания

$[\sigma_F]''$ – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки

$[\sigma_F]'' = 1,0$ – для поковок

$$[\sigma_F] = 1,22 \cdot 1,0 = 1,22$$

K_M – коэффициент реализации крутящего момента на передаче.

Для главной передачи:

$$K_M = 1,0$$

$$[\sigma_F] = 1450 / (1,22 \cdot 1,0) = 1189 \text{ МПа}$$

F_t – окружная сила в зацеплении

$$F_t = 2 \cdot M_{кр} \cdot i_1 / d_{w1}$$

где

d_{w1} – диаметр начальной окружности ведущей шестерни

$$d_{w1} = 2 \cdot a_w / (i + 1)$$

$$d_{w1} = 2 \cdot 68 / (1 + 3,636) = 28,77 \text{ мм}$$

$$F_t = 2 \cdot 147 \cdot 1 / 28,77 \cdot 1000 = 10219 \text{ Н}$$

K_F – коэффициент нагрузки

$$K_F = K_{Fb} \cdot K_{Fv}$$

Где K_{Fb} – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине зуба

$K_{Fb} = 1,07$ – для твердости поверхности зубьев $>350\text{HB}$

K_{Fv} – коэффициент динамичности

$K_{Fv}=1$ – для косозубой передачи 7-й степени точности, с окружной скоростью 3...8 м/с, из закаленной стали 20ХГНМ

$$K_F = 1 \cdot 1,07 = 1,07$$

Y_F – коэффициент, учитывающий форму зуба (из ГОСТ 21354-75), выбирается по эквивалентному числу зубьев

$$z_v = z / \cos^3 b$$

$$z_{v1} = z_1 / \cos^3 b = 11 / \cos^3(26^\circ) = 15$$

$$z_{v2} = z_2 / \cos^3 b = 41 / \cos^3(26^\circ) = 56$$

$$Y_{F1} = 4,28$$

$$Y_{F2} = 3,61$$

Y_b - коэффициент, учитывающий наклон зуба

$$Y_b = 1 - b^\circ / 140$$

$$Y_b = 1 - 26 / 140 = 0,804$$

K_{Fa} - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями

$$K_{Fa} = (4 + (e_a - 1) \cdot (n - 5)) / (4 \cdot e_a)$$

где n – степень точности зубчатых колес, $n=7$

$$K_{Fa} = (4 + (1,596 - 1) \cdot (7 - 5)) / (4 \cdot 1,596) = 0,813$$

$$\sigma_{F1} = F_{t1} \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_b \cdot K_{Fa} / (b_1 \cdot m_n)$$

$$\sigma_{F1} = 10219 \cdot 1,07 \cdot 4,28 \cdot 0,804 \cdot 0,813 / (16 \cdot 2,35) = 803,5 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_F]$$

$$\sigma_{F2} = 10219 \cdot 1,07 \cdot 3,61 \cdot 0,804 \cdot 0,813 / (14,55 \cdot 2,35) = 745,3 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_F]$$

Условие прочности на изгиб выполнено.

3.4.19 Расчет зубьев на контактную выносливость.

Формула проверочного расчета зубьев на контактную выносливость для косозубой передачи:

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

где σ_H – контактные напряжения на поверхности зуба, $[\sigma_H]$ – допускаемые контактные напряжения:

$$[\sigma_H] = \sigma_{Hlimb}^0 \cdot K_{HL} / ([\Sigma_H] \cdot K_M)$$

где σ_{Hlimb}^0 – предел контактной выносливости при базовом числе циклов

$$\sigma_{Hlimb}^0 = 23 \cdot HRC = 23 \cdot 58 = 1334 \text{ МПа}$$

K_{HL} – коэффициент долговечности

$$K_{HL} = 1$$

$[\sigma_H]$ – коэффициент безопасности

$$[\sigma_H] = 1,1$$

$$[\sigma_H] = 1334 \cdot 1 / (1,1 \cdot 1) = 1212,7 \text{ Н/мм}^2$$

$M_{кр}$ – крутящий момент в зацеплении шестерен

K_H – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку и неравномерность распределения нагрузки между зубьями и по ширине зуба

$$K_H = K_{Ha} \cdot K_{Hb} \cdot K_{Hv}$$

где K_{Ha} – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями. Для 7-й степени точности:

$$K_{Ha} = 1,0$$

K_{Hb} – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине зуба.

Для несимметричного расположения зубчатых колес

относительно опор и твердости поверхности зуба $>350\text{HB}$:

$$K_{Hb} = 1,15$$

K_{Hv} – динамический коэффициент

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

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

$$\sigma_H = 270/68 \cdot \sqrt{147 \cdot 1,208 \cdot (3,727+1)^3 / (14,55 \cdot 3,636^2)} = 1209 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_H]$$

Условие долговечности передачи по контактной нагрузке выполнено.

Аналогично рассчитываем шестерни 2-й, 3-й, 4-й и 5-й передач действующей конструкции. Параметры зубчатых зацеплений внесены в соответствующие таблицы детализированных чертежей шестерен.

3.5 Выбор и компоновка двухконусного синхронизатора для 1-й и 2-й передачи.

Одним из слабых мест действующей коробки переаеда является синхронизатор 1й-2й передачи. Тугое включение данных передач наблюдается уже спустя непродолжительное время эксплуатации, особенно при приключении передач с высшей на низшую. Данный недостаток конструктивно решается применением синхронизаторов с несколькими блокировочными кольцами. Этот прием реализован уже на коробках передач автомобилей семейства LADA с тросовым приводом. В проектируемой коробке передач, ориентированной на динамичную езду, быстрое, резкое переключение передач предлагается применение двухконусный синхронизатор для 1-й и 2-й передачи, взрыв которого схема показана на рис. 2.8. Компоновка в составе редукторной части представлена на рис. 2.9.



Рис. 2.8. Взрыв схема двухконусного синхронизатора.

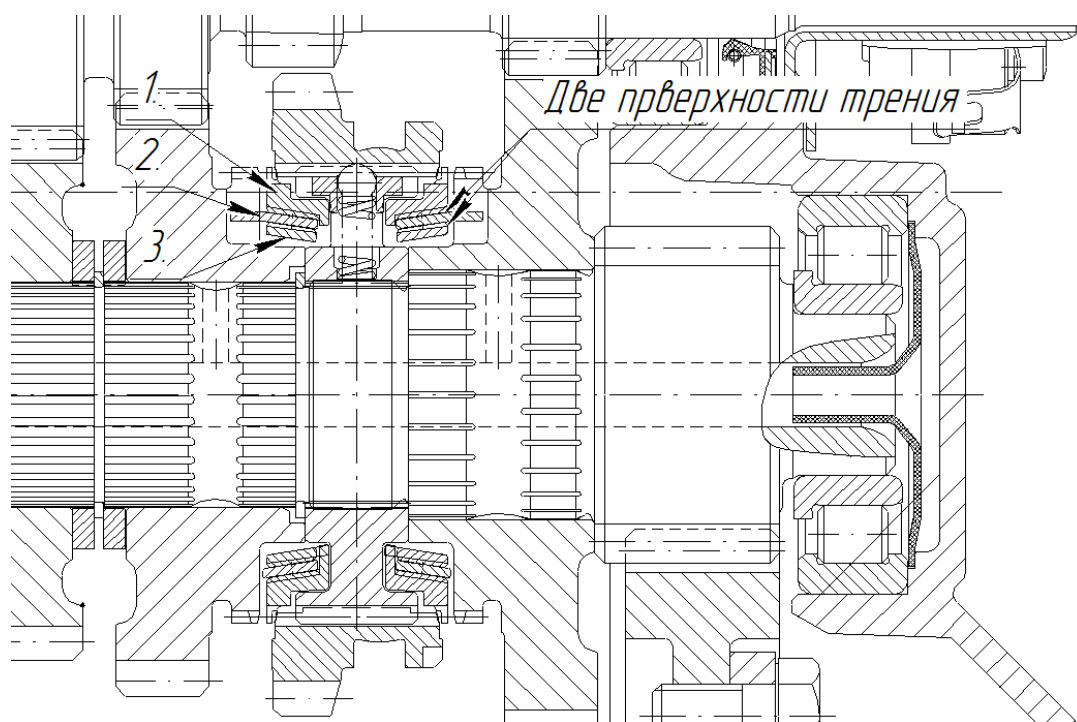


Рис. 2.9. Компоновка синхронизатора в составе редукторной части

1. Блокировочное кольцо, 2. промежуточный конус трения, 3. Второе блокировочное кольцо.

Выводы: В конструкторской части бакалаврской работы произведен тяговый расчет автомобиля LADA «Приора», сделан анализ передаточных чисел автомобилей аналогов, на основании чего рассчитан новый ряд передаточных чисел трансмиссии. Произведен сравнительный тяговый расчет с модернизированным рядом. Рассчитаны основные параметры зубчатых передач, рассчитаны и выполнены требования по контактной выносливости и прочности зубьев на изгиб. Проведены выбор и компоновка двухконусного синхронизатора для 1-й и 2-й передачи.

4. Технологическая часть

4.1 Анализ технологии изготовления и сборки

Технология машиностроения – наука, изучающая и устанавливающая закономерности протекания процессов обработки и параметры, воздействие на которые наиболее эффективно сказывается на интенсификации процессов и повышении их точности. Предметом изучения в технологии машиностроения является изготовление изделий заданного качества в установленном программой выпуска количестве при наименьших затратах материалов, минимальной себестоимости и высокой производительности труда. Процесс изготовления машин и механизмов состоит из комплекса работ, необходимых для производства заготовок, их обработки, сборки из готовых деталей составных частей и, наконец, сборки из сборочных единиц и отдельных деталей готовых машин.

Совокупность всех действий людей и орудий производства, связанных с переработкой сырья и полуфабрикатов в заготовки, готовые детали, сборочные единицы и готовые изделия на данном предприятии, называется производственным процессом.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Технологический процесс непосредственно связан с изменением размеров, формы или свойств материала обрабатываемой заготовки, выполняемым в определённой последовательности.

Технология производства складывается из ряда процессов, каждый из которых характеризуется определёнными методами обработки и сборки. В структуру технологического процесса входят операции, состоящие в свою очередь из нескольких элементов. Так, для технологического процесса

механической обработки основными элементами операции является переход, рабочий ход, установ и позиция.

Под операцией понимают законченную часть технологического процесса, выполняемую на одном рабочем месте. Операция может осуществляться на одной заготовке или совместно на нескольких заготовках, на одном рабочем месте одним рабочим или бригадой рабочих непрерывно (до перехода к следующей заготовке). В операцию входят как действия, непосредственно связанные с обработкой, так и необходимые вспомогательные приёмы (переходы и ходы).

Переходом называется законченная часть операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке.

Вспомогательным переходом называется законченная часть операции, не сопровождаемая обработкой, но необходимая для выполнения данной операции (например, установка и снятие обработанной заготовки) или перехода и рабочего хода (замена инструмента, установка инструмента, контрольный промер).

Рабочим ходом называется законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойства заготовки.

Вспомогательным ходом называется законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемая изменением формы, размеров и шероховатости поверхности или свойств заготовки, но необходимая для выполнения рабочего хода.

Установ – часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Позицией называется фиксированное положение, занимаемое неизменно закреплённой обрабатываемой заготовкой или собираемой

сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определённой части операции.

Изделием называют любой предмет или набор предметов производства, подлежащий изготовлению на данном предприятии. В зависимости от назначения выделяют изделия основного и вспомогательного производства. К первым относятся изделия, предназначенные для поставки (реализации), ко вторым – предназначенные для собственных нужд предприятия, изготавливающего их.

Устанавливаются следующие виды изделий: детали, сборочные единицы и комплекты. В зависимости от наличия или отсутствия составных частей изделия подразделяются на неспецифицированные (детали) – не имеющие составных частей, и специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты) – состоящие из двух или более составных частей.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например валик, выточенный из одного куска металла, литой корпус и др.

Сборочная единица – изделие, составные части которого соединены между собой сборочными операциями (свинчиванием, клёпкой, пайкой, сваркой, развальцовкой, склеиванием и т.п.) на предприятии-изготовителе.

Комплект – два или более изделия, не соединённые на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект запасных частей прибора, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры и т.п.).

Технологический процесс сборки представляет собой часть производственного процесса, характеризующуюся последовательным соединением и фиксацией всех деталей, составляющих ту или иную сборочную единицу в целях получения изделия, полностью отвечающего установленным для него техническим требованиям.

Первичным элементом всякого собираемого изделия, её основой является базовая деталь или базовая сборочная единица.

Сборочной единицей первого порядка называют составную часть изделия, которая может быть собрана самостоятельно, отдельно от других его элементов. Сборочные единицы, входящие в изделие не непосредственно, а через сборочную единицу первого порядка, называют сборочными единицами второго порядка, третьего и т.д.

В современном машиностроении сборка изделий расчленяется на сборки составных частей – сборочных единиц и общую. Под сборкой составных частей понимают последовательную сборку сборочных единиц различных порядков в сборочные единицы первого порядка, а под общей – сборку из них готового изделия.

Технологический процесс сборки состоит из ряда отдельных операций, среди которых основными являются операции соединения сопрягаемых элементов изделия, т.е. те, которые приводят в соприкосновение их основные и вспомогательные базовые поверхности. Кроме этого, в процессе сборки проверяют или контролируют требуемую точность взаимного положения элементов изделия, вносят, если необходимо, соответствующие исправления путём регулирования, пригонки или подбора и, наконец, фиксируют правильное положение.

К технологическому процессу сборки относят также операции, связанные с контролем (проверкой) правильности действия всего изделия или его отдельных узлов.

В зависимости от типа производства (единичного, серийного и массового) изменяется и организация процесса сборки. При единичном производстве изготовление одного или нескольких изделий не повторяется или повторяются через неопределённые промежутки времени.

К характерным принципам сборки в условиях единичного производства относятся: ограниченное применение принципа взаимозаменяемости и широкое применение слесарно-пригоночных работ,

выполняемых высококвалифицированными слесарями-сборщиками, способными собирать разнообразные сложнейшие машины.

Серийное производство характеризуется выпуском машин партиями (сериями) через определённые промежутки времени. Выпуск машин сериями позволяет в большей степени оснастить технологический процесс сборки. В условиях серийного производства технологический процесс сборки построен по принципу параллельно-последовательного выполнения операций. Сложные операции разбивают на более простые, общую сборку разделяют на сборку сборочных единиц. При таком построении процесса машины можно собирать развёрнутым фронтом и, кроме того, в некоторых работах могут участвовать менее квалифицированные слесари-сборщики. При крупных сериях можно провести специализацию, т.е. некоторые виды работ выполняются одним рабочим, что значительно повышает производительность труда.

В связи с насыщенностью серийного производства различного рода оснасткой пригоночные работы занимают меньшее место; этому способствует также высокая обработка чертежей машин, что в целом облегчает их сборку.

В зависимости от размера серии и периодичности чередования серий организационные формы серийного производства могут быть различными. Иногда они приближаются к организационным формам единичного производства, однако в большинстве случаев в нём широко применяют организационные формы массового производства при ограниченной номенклатуре и большом объёме выпуска изделий.

При серийном производстве в зависимости от номенклатуры выпускаемых изделий и их количества применяют различное оборудование, инструмент и приспособления универсального, специализированного, а в отдельных случаях и специального назначения; широко применяют принцип взаимозаменяемости, но наряду с этим могут иметь место и некоторые пригоночные работы.

В условиях массового производства технологический процесс строят по принципу параллельного выполнения операций, что резко сокращает цикл сборки машин. Высокая специализация работ способствует достижению большой производительности труда. Для массового производства характерны наибольший съём продукции с одного квадратного метра производственной площади, минимальная трудоёмкость сборочных работ, наиболее короткий цикл сборки машин и механизмов.

Выбор организационной формы сборки определяется заданной программой выпуска изделий. В случае массового и серийного производства передней подвески применяют поточную сборку. Выбираем подвижную поточную сборку путем последовательной передачи собираемых объектов по операциям с помощью механических устройств.

При поточной сборке в результате дифференциации процесса достигается лучшая специализация рабочих, повышается производительность труда вследствие механизации сборочных операций, сокращается длительность процесса, снижается себестоимость сборочных работ. Основные факторы, характеризующие поточную сборку:

закрепление за каждым рабочим местом определенной сборочной операции;

передача собираемого объекта для выполнения следующей операции немедленно после окончания предыдущей;

ритмичная синхронная работа на всех собираемых объектах сборочной линии;

слаженная и четкая работа всех смежных участков и обслуживающих поток участников производства;

возможность широкого внедрения средств механизации.

При организации поточной подвижной сборки требуется четкая и слаженная работа всех смежных и обслуживающих поточную линию участков (снабжение заготовками, инструментом, техническое обслуживание оборудования и т.д.).

Характеристика организационной формы сборки:

1. Годовой фонд рабочего времени:

$$\Phi = D_p \cdot c \cdot T_{см} \cdot \eta_p ;$$

где D_p – число рабочих дней в году;

c - число рабочих смен за день;

$T_{см}$ – длительность рабочей смены;

η_p - коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования ($\eta_p=0,98$ – при односменной работе и $\eta_p=0,97$ при двухсменной работе).

$$\Phi = 289 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0,97 = 2266 \text{ ч.}$$

2. Такт линии:

$$r = \Phi \cdot 60 / N_{год} ,$$

где $N_{год}$ – годовая программа выпуска ($N_{год} = 20000$ шт.).

$$r = 2266 \cdot 60 / 20000 = 6,8 \text{ мин/шт.}$$

3. Ритм линии:

$$R = r / 60 ,$$

$$R = 6,8 / 60 = 0,11 \text{ шт./сек}$$

4. Темп линии:

$$T_n = 60 / r$$

$$T_n = 60 / 6,8 = 8,82 \text{ шт./ч.}$$

4.2 Разработка техпроцесса сборки вторичного вала коробки передач.

В представленном бакалаврской работы разрабатывается двухвальная коробка передач для переднеприводного автомобиля LADA «Приора», которая от действующей коробки передач отличается использованием двухконусного синхронизатора 1-й и 2-й передачи, вместо серийного, с одним блокировочным кольцом. Синхронизатор 1-й и 2-й передачи расположен на вторично валу. Вторичный вал на сборку коробки передач

поступает в качестве подборки с установленными на нем шестернями и синхронизаторами. Изменение технологического процесса сборки вторичного вала заключается в дополнительной установке внешнего блокирующего кольца синхронизатора 16.РБ.01.023-1701309, конуса промежуточного 16.РБ.01.023-1701306 и внутреннего блокирующего кольца синхронизатора 16.РБ.01.023-1701308.

Сборка вторичного вала производится в три операции, данные по нормированию всех видов работ, сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1.

№ п.п.	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, мин
	Подготовительная	
1	Распаковать подшипник 16.РБ.01.023-1701180	0,13
2	Разместить подшипник 16.РБ.01.023-1701180 на спутнике	0,08
3	Распаковать подшипник 16.РБ.01.023-1701033	0,13
4	Разместить подшипник 16.РБ.01.023-1701033 на спутнике	0,08
5	Установить в оправку вал вторичный 16.РБ.01.023-1701105	0,13
	топер	0,55
	Сборка вторичного вала	
1	Достать из контейнера шестерню первой передачи 16.РБ.01.023-1701112	0,05
2	Установить шестерню первой передачи 16.РБ.01.023-1701112	0,08
3	Достать из контейнера кольцо внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308	0,05
4	Установить кольцо внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308	0,08
5	Достать из контейнера конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306	0,05
6	Установить в конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306	0,08
7	Достать из контейнера кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309	0,05
8	Установить кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309	0,08
9	Достать из контейнера синхронизатор 1й-2й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701110	0,05
10	Установить синхронизатор 1й-2й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701110 предварительно	0,08
11	Установить синхронизатор 16.РБ.01.023-1701110 с помощью пуансона и молотка	0,15
12	Достать из контейнера кольцо внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308	0,05
13	Установить внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308	0,08
14	Достать из контейнера конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306	0,05

15	Установить в конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306	0,08
16	Достать из контейнера кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309	0,05
17	Установить кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309	0,08
18	Достать из контейнера кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117	0,05
19	Одеть на вал вторичный оправку для д. 16.РБ.01.023-1701117	0,08
20	Установить кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117 с помощью оправки и молотка	0,1
21	Достать из контейнера шестерню второй передачи 16.РБ.01.023-1701127	0,05
22	Установить шестерню второй передачи 16.РБ.01.023-1701127	0,08
23	Достать из контейнера шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266	0,05
24	Установить шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266	0,08
25	Достать из контейнера кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117	0,05
26	Одеть на вал вторичный оправку для д. 16.РБ.01.023-1701117	0,08
27	Установить кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117 с помощью оправки и молотка	0,1
28	Достать из контейнера шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266	0,05
29	Установить шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266	0,08
30	Достать из контейнера шестерню третьей передачи 16.РБ.01.023-1701131	0,05
31	Установить шестерню третьей передачи 16.РБ.01.023-1701131	0,08
32	Достать из контейнера кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164	0,05
33	Установить кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164	0,08
34	Достать из контейнера синхронизатор 3й-4й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701114	0,05
35	Установить синхронизатор 3й-4й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701114 предварительно	0,08
36	Установить синхронизатор 16.РБ.01.023-1701114 с помощью пуансона и молотка	0,15
37	Достать из контейнера кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164	0,05
38	Установить кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164	0,08
39	Достать из контейнера кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117	0,05
40	Одеть на вал вторичный оправку для д. 16.РБ.01.023-1701117	0,08
41	Установить кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117 с помощью оправки и молотка	0,1
42	Достать из контейнера шестерню четвертой передачи 16.РБ.01.023-1701146	0,05
43	Установить шестерню четвертой передачи 16.РБ.01.023-1701146	0,08
44	Достать из контейнера шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701148	0,05
45	Установить шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701148	0,08
	толер	3,2
	Установка подшипника	
1	Установить в оправку пресса внутреннее кольцо подшипника 16.РБ.01.023-1701180	0,1
2	Установить в оправку пресса вал вторичный с операции 15	0,15
3	Установить на вал подшипник вторичного вала задний 16.РБ.01.023-1701033	0,15

4	Запрессовать установленные детали на прессе П6-320	0,18
5	Проверить легкость вращения шестерен на валу, легкость перемещения муфт синхронизаторов по ступицам	0,28
6	Положить собранный узел на стеллаж	0,08
	$t_{опер}$	0,94
	Всего	4,69

$$t_{ум} = t_{он} + t_{он} \cdot \frac{(\alpha + \beta)}{100} = 4,69 + 4,69 \cdot \frac{3 + 5}{100} = 5,07 \text{ мин}$$

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

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

Примем $\alpha = 3\%$; $\beta = 5\%$.

Общее время на операции $\Sigma t_{опер} = 5,07$ мин, для выдерживания такта линии $r = 6,8$ мин/шт сборку достаточно проводить одним слесарем МСР при режиме работы в одну смену..

Технологический процесс сборки в виде сборочной карты представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2.

№ операции	Содержание операции	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тшт, мин	
005	Подготовительная	оправка технологическая	2,69	
	1			Распаковать подшипник 16.РБ.01.023-1701180
	2			Разместить подшипник 16.РБ.01.023-1701180 на спутнике
	3			Распаковать подшипник 16.РБ.01.023-1701033
	4			Разместить подшипник 16.РБ.01.023-1701033 на спутнике
	5	Установить в оправку вал вторичный 16.РБ.01.023-1701105		
010	Сборка вторичного вала	оправка технологическая, пуансон для д. 16.РБ.01.023-1701117, клещи для д. 16.РБ.01.023-1701117, молоток бронзовый, пуансон для д. 16.РБ.01.023-1701110, пуансон для д. 16.РБ.01.023-1701114.	5,38	
	1			Достать из контейнера шестерню первой передачи 16.РБ.01.023-1701112
	2			Установить шестерню первой передачи 16.РБ.01.023-1701112
	3			Достать из контейнера кольцо внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308
	4			Установить внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308
	5			Достать из контейнера конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306
	6			Установить в конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306
	7			Достать из контейнера кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309
	8			Установить кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309
	9			Достать из контейнера синхронизатор 1й-2й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701110
10	Установить синхронизатор 1й-2й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701110			

	предварительно		
11	Установить синхронизатор 16.РБ.01.023-1701110 с помощью пуансона и молотка		
12	Достать из контейнера кольцо внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308		
13	Установить внутренне синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701308		
14	Достать из контейнера конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306		
15	Установить в конус промежуточный синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701306		
16	Достать из контейнера кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309		
17	Установить кольцо внешнее синхронизатора 1-й и 2-й передачи 16.РБ.01.023-1701309		
18	Достать из контейнера кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117		
19	Одеть на вал вторичный оправку для д. 16.РБ.01.023-1701117		
20	Установить кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117 с помощью оправки и молотка		
21	Достать из контейнера шестерню второй передачи 16.РБ.01.023-1701127		
22	Установить шестерню второй передачи 16.РБ.01.023-1701127		
23	Достать из контейнера шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266		
24	Установить шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266		
25	Достать из контейнера кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117		
26	Одеть на вал вторичный оправку для д. 16.РБ.01.023-1701117		
27	Установить кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117 с помощью оправки и молотка		
28	Достать из контейнера шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266		
29	Установить шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701266		
30	Достать из контейнера шестерню третьей передачи 16.РБ.01.023-1701131		

	31	Установить шестерню третьей передачи 16.РБ.01.023-1701131		
	32	Достать из контейнера кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164		
	33	Установить кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164		
	34	Достать из контейнера синхронизатор 3й-4й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701114		
	35	Установить синхронизатор 3й-4й передач в сборе 16.РБ.01.023-1701114 предварительно		
	36	Установить синхронизатор 16.РБ.01.023-1701114 с помощью пуансона и молотка		
	37	Достать из контейнера кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164		
	38	Установить кольцо блокирующее синхронизатора 16.РБ.01.023-1701164		
	39	Достать из контейнера кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117		
	40	Одеть на вал вторичный оправку для д. 16.РБ.01.023-1701117		
	41	Установить кольцо стопорное 16.РБ.01.023-1701117 с помощью оправки и молотка		
	42	Достать из контейнера шестерню четвертой передачи 16.РБ.01.023-1701146		
	43	Установить шестерню четвертой передачи 16.РБ.01.023-1701146		
	44	Достать из контейнера шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701148		
	45	Установить шайбу упорную 16.РБ.01.023-1701148		
		Установка подшипника		
015	1	Установить в оправку пресса внутреннее кольцо подшипника 16.РБ.01.023-1701180	Пресс гидравлический Пб-320 5-ти тонный с двуручным управлением, оправка технологическая.	2,69
	2	Установить в оправку пресса вал вторичный с операции 15		
	3	Установить на вал подшипник вторичного вала задний 16.РБ.01.023-1701033		
	4	Запрессовать установленные детали на прессе Пб-320		
	5	Проверить легкость вращения шестерен на валу, легкость перемещения муфт синхронизаторов по ступицам		

	6	Положить собранный узел на стеллаж		
--	---	------------------------------------	--	--

Выводы: расписано содержание и последовательность операций по сборке вторичного вала коробки передач автомобиля LADA «Priga». На основании полученных данных разработана технологическая карта сборки вторичного вала коробки передач.

5. Технико-экономическая оценка разработанной коробки передач

Введение

В бакалаврской работе разрабатывается коробка передач для спортивной комплектации автомобиля LADA «Priora».

В коробке передач применен новый ряд передаточных чисел, что позволило улучшить тягово-динамические характеристики автомобиля, о чем говорят проведенные в конструкторской части расчеты. Так же в конструкции коробки передач применен двухконусный синхронизатор 1й-2й передач, серийно применяемый на коробках с тросовым приводом управления, что увеличит скорость и улучшит четкость переключения передач. Данные изменения заслуженно позволяют иметь для данной комплектации название «Спорт».

Изменение ряда передаточных чисел для внедрения потребует замену оснастки для операций зубонарезки. Применение двухконусного синхронизатора так же увеличивает стоимость изделия за счет статьи «покупные изделия», т.к. новый синхронизатор будет закупаться у поставщика.

Многоконусный синхронизатор имеет двукратный запас по ресурсу в сравнении с действующим. Статистика показывает, что с применением данного синхронизатора дефекты связанные с синхронизаторами 1й-2й передач уходят за срок гарантийного обслуживания, тем самым планируем снижение указанных выше дефектов минимум на 60%. В связи с этим будет достигнут общественный эффект проекта.

Произведем технико-экономический расчет действующей коробки передач («база») в сравнении с модернизированной («проект»).

Расчет себестоимости базовой коробки передач.

Исходные данные для расчета получены в отделе труда и заработной платы ОАО «АВТОВАЗ» за 2016 год и сведены в таблицу.

№ п/п		Обозначение	Ед. изм.	Значение
A	1	2	3	4
1	Годовая программа выпуска изделия	Vгод.	шт.	20000
2	Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС	Ес.в.	%	30
3	Коэффициент общезаводских расходов.	Еобзав.	%	215
4	Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов.	Еком.	%	5
5	Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.	Еобор.	%	194
6	Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов.	Ктзр.	%	1,45
7	Коэффициент цеховых расходов.	Ецех	%	183
8	Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	Еинс.	%	3
9	Коэффициент рентабельности и плановых накоплений.	Крент.	%	30
10	Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	Квып.	%	12
11	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	Кпрем.	%	23
12	Коэффициент возвратных отходов.	Квот	%	1
13	Коэффициент дисконтирования	Е	%	10
14	Часовая тарифная ставка слесаря МСР 3–го разряда	Срi	руб	58.09
	Часовая тарифная ставка слесаря МСР 4–го разряда			62.04
	Часовая тарифная ставка слесаря МСР 5–го разряда			68.86

5.1 Расчет себестоимости проектируемого узла

1. Расчет статьи затрат “Сырье и материалы”

Расчетная формула:

$$M = Ц_m \cdot Q_m (1 + K_{тзр}/100 - K_{вот}/100),$$

Где Ц_м - оптовая цена материала i-го вида, руб.,

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

K_{тзр} – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %

Квот – коэффициент возвратных отходов, %.

Расчет сводим в таблицу.

№ п/п	Наименование материалов	Проектируемы узел			Базовый узел		
		Норма расхода	Средняя цена за ед. изд., руб.	Сумма, руб.	Норма расхода	Средняя цена за ед. изд., руб.	Сумма, руб.
1.	Литье черного металла, кг	<i>11.5</i>	<i>131.67р.</i>	1,514.21р.	<i>11.7</i>	<i>131.67р.</i>	1,540.54р.
2.	Горячекатаный прокат, кг	<i>1.7</i>	<i>124.15р.</i>	211.05р.	<i>1.7</i>	<i>124.15р.</i>	211.05р.
3.	Листовой прокат, кг	<i>0.44</i>	<i>119.55р.</i>	52.60р.	<i>0.44</i>	<i>119.55р.</i>	52.60р.
4.	Литье цветного металла, кг	<i>11.95</i>	<i>193.91р.</i>	2,317.20р.	<i>11.95</i>	<i>193.91р.</i>	2,317.20р.
5.	Прокат цветного металла (труба), кг	<i>0.32</i>	<i>251.64р.</i>	80.52р.	<i>0.4</i>	<i>251.64р.</i>	100.65р.
6.	Литье пластмассы, кг	<i>0.65</i>	<i>64.16р.</i>	41.71р.	<i>0.65</i>	<i>64.16р.</i>	41.71р.
7.	Лесоматериалы, м3	<i>0</i>	<i>0.00р.</i>	0.00р.	<i>0</i>	<i>0.00р.</i>	0.00р.
8.	СОЖ, л	<i>0</i>	<i>36.58р.</i>	0.00р.	<i>0</i>	<i>36.58р.</i>	0.00р.
9.	Лакокрасочные материалы, л	<i>0</i>	<i>91.33р.</i>	0.00р.	<i>0</i>	<i>91.33р.</i>	0.00р.
10.	Текстильные материалы, м	<i>0</i>	<i>81.51р.</i>	0.00р.	<i>0</i>	<i>81.51р.</i>	0.00р.
11.	Прочие материалы, руб.	<i>10</i>	<i>22.99р.</i>	229.90р.	<i>10</i>	<i>22.99р.</i>	229.90р.
ИТОГО:			4,447.18р.		4,493.65р.		
Транспортно-заготовительные расходы K _{тер} , %		<i>2.45%</i>	108.96р.		110.09р.		
Возвратные отходы Квот, %		<i>1.0%</i>	44.47р.		44.94р.		
ВСЕГО:			4,511.67р.		4,558.81р.		

2. Расчет статьи затрат “Покупные изделия и полуфабрикаты”

Используемая формула:

$$P_{и} = C_{и} \cdot n_{и} (1 + K_{тзр} / 100),$$

Где - C_и – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида, руб.

n_и – количество покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида, шт.

Расчет сводим в таблицу.

Расчет затрат на покупные изделия
Для базового узла

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
1.	Подшипники, шт.	6	137.50р.	825.00р.
2.	Сальники, шт	3	89.00р.	267.00р.
3.	Резиновые изделия, шт.	4	33.00р.	132.00р.
4.	Масло трансмиссионное, л.	3.1	130.00р.	403.00р.
5.	Болтокрепеж, нормали, шт	73	2.10р.	153.30р.
6.	Детали привода управления	8	58.00р.	464.00р.
7.	Прочие готовые изделия, руб.	5	17.00р.	85.00р.
ИТОГО:				2,329.30р.
Транспортно-заготовительные расходы Ктер, %			1.45%	33.77р.
ВСЕГО:				2,363.07р.

Для проектируемого узла

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
1	Подшипники, шт.	6	137.50р.	825.00р.
2	Двухконусный синхронизатор в сборе	1	290.00р.	290.00р.
3	Сальники, шт	3	89.00р.	267.00р.
4	Резиновые изделия, шт.	4	33.00р.	132.00р.
5	Масло трансмиссионное, л.	3.1	130.00р.	403.00р.
6	Болтокрепеж, нормали, шт	73	2.10р.	153.30р.
7	Детали привода управления	8	58.00р.	464.00р.
8	Прочие готовые изделия, руб.	5	17.00р.	85.00р.
ИТОГО:				2,619.30р.
Транспортно-заготовительные расходы Ктер, %			1.45%	37.98р.
ВСЕГО:				2,657.28р.

Расчет статьи затрат “Основная заработная плата производственных рабочих”

$$Z_o = Z_t(1 + K_{\text{прем}}/100), \text{ руб.} \quad (5.1.)$$

Где – Z_t – тарифная заработная плата, руб., которая рассчитывается по формуле:

$$Z_t = C_p \cdot i \cdot T_i, \text{ руб.} \quad (5.2)$$

где - $C_p \cdot i$ – часовая тарифная ставка, руб.,

T_i – трудоемкость выполнения операции, час.

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

Расчет выполняем дифференцированно по видам работ в табличной форме.

№ п/п	Виды операций	Разряд работы	Проектируемый узел			Базовый узел		
			Трудоемкость, час	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
1.	Литейные	5	1.25	68.86р.	86.07р.	1.25	68.86р.	86.07р.
2.	Обрабатывающие	5	3.1	68.86р.	213.45р.	3.3	68.86р.	227.22р.
3.	Штамповочные	4	0.45	62.04р.	27.92р.	0.45	62.04р.	27.92р.
4.	Сварочные	4	0.2	62.04р.	12.41р.	0.2	62.04р.	12.41р.
5.	Сборочные	3	0.55	58.09р.	31.95р.	0.55	58.09р.	31.95р.
ИТОГО:					371.80р.			385.57р.
Премияльные доплаты		23%			85.51р.			88.68р.
Основная з/п					457.31р.			474.25р.

3. Расчет статьи затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

(5.3)

$$Z_{\text{доп.}} = Z_o \cdot K_{\text{вып}}$$

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

$$Z_{\text{доп.}} = 474,25 \times 0,12 = 56,91 \text{ руб.}$$

4. Расчет статьи затрат «Отчисления в страховые взносы»

(5.4)

$$C_{\text{с.в.}} = (Z_o + Z_{\text{доп.}}) \cdot E_{\text{с.в.}} / 100,$$

где $E_{\text{с.в.}}$ – коэффициент отчислений в страховые взносы

$$C_{\text{с.в.}} = (474,25 + 56,91) \times 0,30 = 159,35 \text{ руб.}$$

5. Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»

(5.5)

$$C_{\text{сод.обор.}} = Z_o \cdot E_{\text{обор.}} / 100$$

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

$$C_{\text{сод.обор.}} = 474,25 \times 1,94 = 920,05 \text{ руб.}$$

6. Расчет статьи затрат «Цеховые расходы»

$$C_{\text{ЦЕХ}} = Z_O \cdot E_{\text{ЦЕХ}} / 100 \quad (5.6)$$

где $E_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов, %;

$$C_{\text{цех}} = 474,25 \times 1,83 = 867,88 \text{ руб.}$$

7. Расчет статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку»

$$C_{\text{ИНСТР}} = Z_O \cdot E_{\text{ИНСТР}} / 100 \quad (5.7)$$

где $E_{\text{ИНСТР}}$ – коэффициент расходов на инструмент и оснастку, %;

$$C_{\text{инстр}} = 474,25 \times 0,03 = 14,23 \text{ руб.}$$

8. Расчет цеховой себестоимости

$$C_{\text{ЦЕХ С/С}} = M + \Pi + Z_O + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{СС С.В.}} + C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} \quad (5.8)$$

$$C_{\text{цех.с/с}} = 4,558.81 + 2,363.07 + 474.25 + 56.91 + 159.35 + 920.05 + 867.88 + 14.23 = 9414,55 \text{ руб.}$$

9. Расчет статьи затрат «Общезаводские расходы»

$$C_{\text{ОБ. ЗАВОД}} = Z_O \cdot E_{\text{ОБ. ЗАВОД}} / 100 \quad (5.9)$$

где $E_{\text{ОБ. ЗАВОД}}$ – коэффициент общезаводских расходов, %;

$$\text{Соб.завод} = 474,25 \times 2,15 = 1019,64 \text{ руб.}$$

10. Расчет общезаводской себестоимости

$$C_{\text{ОБ. ЗАВОД С/С}} = C_{\text{ОБ. ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ С/С}} \quad (5.10)$$

$$\text{Соб.завод.с/с} = 9414,55 + 1019,64 = 10434,19 \text{ руб.}$$

11. Расчет статьи «Коммерческие расходы»

$$C_{\text{СКОМ.}} = \text{Соб.завод с/с} \cdot E_{\text{КОМ}} / 100$$

Где $E_{\text{КОМ}}$ – коэффициент коммерческих расходов, %

$$C_{\text{СКОМ}} = 10434,19 \times 0,05 = 521,71 \text{ руб.}$$

12. Расчет полной себестоимости

$$C_{\text{ПОЛ}} = \text{Соб.завод с/с} + C_{\text{СКОМ}}$$

$$C_{\text{пол}} = 10434,19 + 521,71 = 10955,90 \text{ руб.}$$

13. Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия

$$Ц_{отп.б.} = C_{пол.б.} \cdot (1 + K_{рент} / 100) \quad (5.11)$$

где $K_{рент}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %;

$$Ц_{отп.п.} = Ц_{отп.б.} \quad (5.12)$$

$$Ц_{отп.б.} = 10955,90 \times (1 + 0,30) = 14242,67 \text{ руб.} = Ц_{отп.п.}$$

Затраты на производство базового и проектируемого изделия сведены в таблицу.

**Сравнительная
калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия**

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Затрат на единицу изделия (база)	Затрат на единицу изделия (проект)
А	1	2	3	4
1	Стоимость основных материалов	М	4558.81	4511.67
2	Стоимость комплектующих изделий	Пи	2363.07	2657.28
3	Основная заработная плата производственных рабочих	Зо	474.25	457.31
4	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	Здоп.	56.91	54.88
5	Отчисления в единый социальный налог	Ссоц.н	159.35	174.14
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	Ссод.обор.	920.05	887.18
7	Цеховые расходы	Сцех.	867.88	836.88
8	Расходы на инструмент и оснастку	Синстр.	14.2275	13.72
9	Цеховая себестоимость	Сцех.с/с	9414.55	9593.06
10	Общезаводские расходы	Соб.завод.	1019.64	983.22
11	Общезаводская себестоимость	Соб.завод.с/с	10434.19	10576.28
12	Коммерческие расходы	Ском.	521.71	528.81
13	Полная себестоимость	Спол.	10955.9	11105.09
14	Отпускная цена	Цотп.	14242.67	14242.67

5.2 Расчет точки безубыточности проекта

В качестве исходных данных для определения порога прибыли (точка безубыточности) используем таблицу со сравнительной калькуляцией.

Для расчета безубыточного объема продаж необходимо вычислить следующие показатели:

14. Переменные затраты

– на единицу изделия (для базы и для проекта)

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.б.н.}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{с.в.}} \quad (5.13)$$

$$Z_{\text{перем.уд.б}} = 4558.81 + 2363.07 + 474.25 + 56.91 + 159.35 = 7612.39 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перем.уд.н}} = 4511.67 + 2657.28 + 457.31 + 54.88 + 174.14 = 7855.28 \text{ руб.}$$

– на годовую программу выпуска изделия

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (5.14)$$

$$Z_{\text{перем.б}} = 7612.39 \times 20000 = 152247800 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перем.н}} = 7855.28 \times 20000 = 157105600 \text{ руб.}$$

15. Постоянные затраты

– на единицу изделия (для базы и для проекта)

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.б.н.}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot (100 - N_A) / 100 + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} + A_{\text{М.УД}} \quad (5.15)$$

где $A_{\text{М.УД}}$ – амортизационные отчисления, руб.;

$$A_{\text{М.УД}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot N_A / 100$$

здесь N_A – доля амортизационных отчислений, %.

$$N_A = 13\%$$

$$A_{\text{М.УД.б}} = (920,05 + 14,23) \times 0,13 = 121,46 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{М.УД.н}} = (887,18 + 1,72) \times 0,13 = 117,12 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пост.удб}} = (920,05 + 14,23) \times (100 - 13) / 100 + 867.88 + 1019.64 + 521.71 + 121,46 = 3343.51 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пост.удн}} = (887,18 + 1,72) \times (100 - 13) / 100 + 836.88 + 983.22 + 528.81 + 117,12 = 3249.81 \text{ руб.}$$

– на годовую программу выпуска изделия

$$Z_{\text{ПОСТ.б.н}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (5.16)$$

$$Z_{\text{пост.б}} = 3343.51 \times 20000 = 66870200 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пост.н}} = 3249.81 \times 20000 = 64996200 \text{ руб.}$$

16. Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия

$$C_{\text{пол.г.н.}} = C_{\text{пол.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.17)$$

$$C_{\text{пол.н}} = 11105,09 \times 20000 = 222101800 \text{ руб.}$$

17. Расчет выручки от реализации изделия

$$\text{Выручка.н.} = C_{\text{отп.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.18)$$

$$\text{Выручка.н} = 14242,67 \times 20000 = 284853400 \text{ руб.}$$

18. Расчет маржинального дохода

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.н.}} \quad (5.19)$$

$$D_{\text{марж}} = 284853400 - 157105600 = 127747800 \text{ руб.}$$

19. Расчет критического объема продаж (рассчитываем только для проекта)

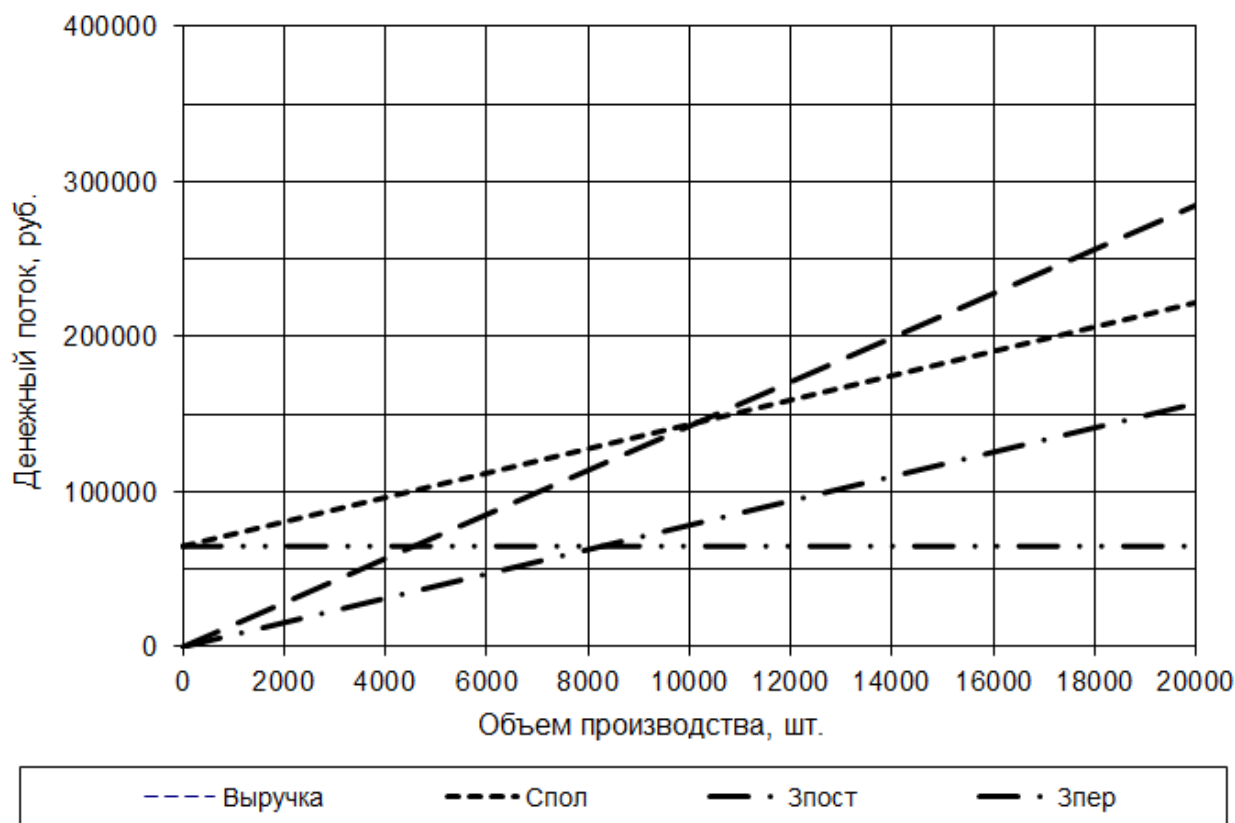
$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.н.}}}{C_{\text{отп.н.}} - Z_{\text{перем.уд.н.}}} \quad (5.20)$$

$$A_{\text{крит}} = 64996200 / (14242,67 - 7855,28) = 10176 \text{ шт.}$$

Округляем до 10 500 шт.

По полученным данным строим график безубыточности производства.

Определение точки безубыточности графическим методом



5.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

20. Ежегодный объем продаж

Предполагаемый период производства нового изделия *5 лет*. Ежегодное увеличение объема производства:

$$\Delta = \frac{V_{год} - A_{кр}}{n - 1}, \text{ шт.} \quad (5.21)$$

где n — количество лет производства нового изделия с учетом предпроизводственной подготовки, $n = 6 \text{ лет}$.

Тогда:

$$\Delta = (20000 - 10500) / (6 - 1) = 1900$$

Объем продаж изделия в первый год производства составит:

$$V_{ппр01} = A_{кр} + \Delta, \text{ шт.} \quad (5.22)$$

$$V_{ппр01} = 10500 + 1900 = 12400 \text{ шт.}$$

Объем продаж изделия в последующие годы определяется как

$$V_{\text{прод}}_i = V_{\text{прод}}_{i-1} + \Delta, \text{ шт.} \quad (5.23)$$

Таким образом:

$$V_{\text{прод}2} = 12400 + 1900 = 14300 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод}3} = 14300 + 1900 = 16200 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод}4} = 16200 + 1900 = 18100 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод}5} = 18100 + 1900 = 20000 \text{ шт.}$$

21. Выручка по годам

$$V_{\text{выр}}_i = C_{\text{отп}} \cdot V_{\text{прод}}_i, \text{ руб.} \quad (5.24)$$

$$V_{\text{выр}1} = 14242,67 \times 12400 = 176609108 \text{ руб.}$$

$$V_{\text{выр}2} = 14242,67 \times 14300 = 203670181 \text{ руб.}$$

$$V_{\text{выр}3} = 14242,67 \times 16200 = 230731254 \text{ руб.}$$

$$V_{\text{выр}4} = 14242,67 \times 18100 = 257792327 \text{ руб.}$$

$$V_{\text{выр}5} = 14242,67 \times 20000 = 284853400 \text{ руб.}$$

22. Переменные затраты по годам

$$Z_{\text{пер}}_i = Z_{\text{пер.уд.}} \cdot V_{\text{прод}}_i, \text{ руб.} \quad (5.25)$$

$$Z_{\text{пер}1.б} = 7612,39 \times 12400 = 94393636 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}2.б} = 7612,39 \times 14300 = 108857177 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}3.б} = 7612,39 \times 16200 = 123320718 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}4.б} = 7612,39 \times 18100 = 137784259 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}5.б} = 7612,39 \times 20000 = 152247800 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}1.н} = 7855,28 \times 12400 = 97405472 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}2.н} = 7855,28 \times 14300 = 112330504 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}3.н} = 7855,28 \times 16200 = 127255536 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}4.н} = 7855,28 \times 18100 = 142180568 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пер}5.н} = 7855,28 \times 20000 = 157105600 \text{ руб.}$$

23. Амортизация

Расчетная формула:

$$A_m = A_{m.уд} \times V_{год}$$

$$A_m = 117,12 \times 20000 = 2\,342\,400 \text{ руб.}$$

24. Полная себестоимость по годам

$$C_{полн_i} = Z_{пер_i} + Z_{пост.}, \text{ руб.} \quad (5.26)$$

$$C_{полн1.б} = 94393636 + 66870200 = 161263836 \text{ руб.}$$

$$C_{полн2.б} = 108857177 + 66870200 = 175727377 \text{ руб.}$$

$$C_{полн3.б} = 123320718 + 66870200 = 190190918 \text{ руб.}$$

$$C_{полн4.б} = 137784259 + 66870200 = 204654459 \text{ руб.}$$

$$C_{полн5.б} = 152247800 + 66870200 = 219118000 \text{ руб.}$$

$$C_{полн1.н} = 97405472 + 64996200 = 162401672 \text{ руб.}$$

$$C_{полн2.н} = 112330504 + 64996200 = 177326704 \text{ руб.}$$

$$C_{полн3.н} = 127255536 + 64996200 = 192251736 \text{ руб.}$$

$$C_{полн4.н} = 142180568 + 64996200 = 207176768 \text{ руб.}$$

$$C_{полн5.н} = 157105600 + 64996200 = 222101800 \text{ руб.}$$

25. Суммарная полная себестоимость за период производства

$$\sum C_{полн} = \sum_{i=1}^5 C_{полн_i} \quad (5.39)$$

$$\begin{aligned} \Sigma C_{полн.б} &= 161263836 + 175727377 + 190190918 + 204654459 + 219118000 = \\ &= 950954590 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma C_{полн.н} &= 162401672 + 177326704 + 192251736 + 207176768 + 222101800 = \\ &= 961258680 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Как видим, изготовление модернизированной коробки передач дороже, чем производство базовой, поэтому ЧД_і находим с учетом общественного эффекта.

26. Налогооблагаемая прибыль по годам

$$\text{Пр.обл}_i = \text{Выручка}_i - \text{Сполн}_i, \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.1.б} = 176609108 - 161263836 = 15345272 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.2.б} = 203670181 - 175727377 = 27942804 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.3.б} = 230731254 - 190190918 = 40540336 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.4.б} = 257792327 - 204654459 = 53137868 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.5.б} = 284853400 - 219118000 = 65735400 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.1.н} = 176609108 - 162401672 = 14207436 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.2.н} = 203670181 - 177326704 = 26343477 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.3.н} = 230731254 - 192251736 = 38479518 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.4.н} = 257792327 - 207176768 = 50615559 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.5.н} = 284853400 - 222101800 = 62751600 \text{ руб.}$$

27. Налог на прибыль

$$\text{Нпр}_i = \text{Пр.обл}_i \cdot 0,20, \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр1.б} = 15345272 \times 0,20 = 3069054,40 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр2.б} = 27942804 \times 0,20 = 5588560,80 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр3.б} = 40540336 \times 0,20 = 8108067,20 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр4.б} = 53137868 \times 0,20 = 10627573,60 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр5.б} = 65735400 \times 0,20 = 13147080 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр1.н} = 14207436 \times 0,20 = 2841487,20 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр2.н} = 26343477 \times 0,20 = 5268695,40 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр3.н} = 38479518 \times 0,20 = 7695903,60 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр4.н} = 50615559 \times 0,20 = 10123111,80 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр5.н} = 62751600 \times 0,20 = 12550320 \text{ руб.}$$

28. Прибыль чистая по годам

$$Пр.ч_i = Пр.обл_i - Нпр_i, \text{ руб.}$$

$$Пр.ч1.б = 15345272 - 3069054,40 = 12276217,60 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч2.б = 27942804 - 5588560,80 = 22354243,20 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч3.б = 40540336 - 8108067,20 = 32432268,80 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч4.б = 53137868 - 10627573,60 = 42510294,40 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч5.б = 65735400 - 13147080 = 52588320 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч1.н = 14207436 - 2841487,20 = 11365948,80 \text{ руб.}$$

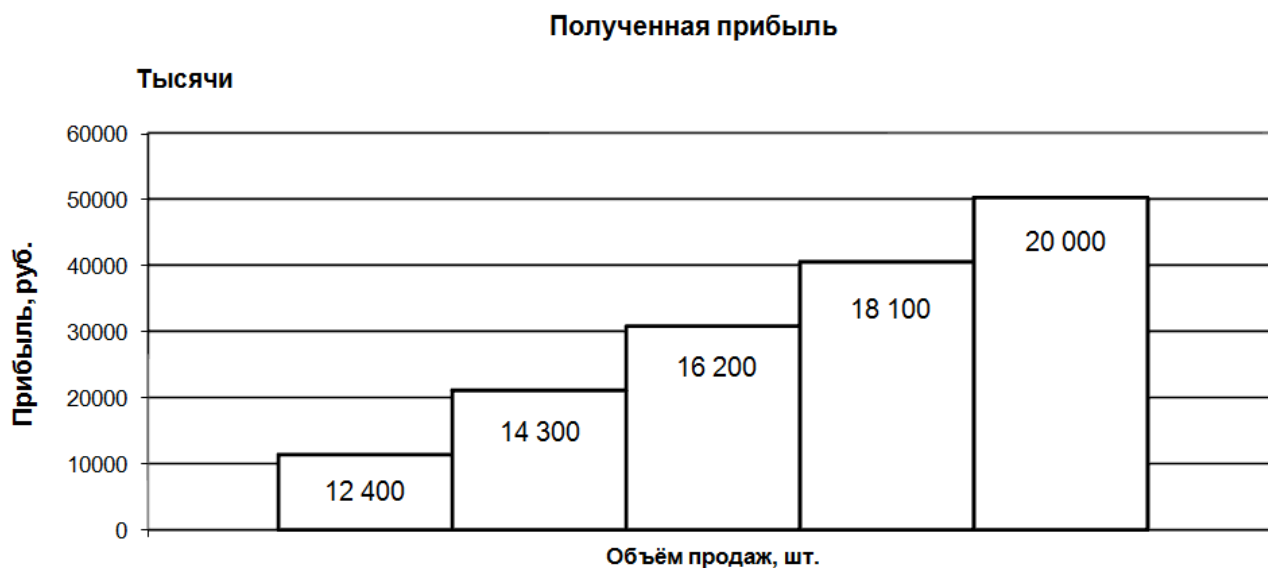
$$Пр.ч2.н = 26343477 - 5268695,40 = 21074781,60 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч3.н = 38479518 - 7695903,60 = 30783614,40 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч4.н = 50615559 - 10123111,80 = 40492447,20 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч5.н = 62751600 - 12550320 = 50201280 \text{ руб.}$$

Диаграмма роста прибыли имеет следующий вид:



29. Текущий чистый доход (накопленное сальдо)

$$ЧД_i = Пр.ч_i.н. - Пр.ч_i.б. + A_M + Эоби. \quad (5.40)$$

где *Эобщ.* – общественнозначимая экономия. Так как долговечности коробок передач базовой и проектируемой одинаковы, то общественнозначимая экономия определяется прибылью от повышения надежности проектируемой коробки передач: $Эобщ. = Пр.ож.н.$

$$Пр.ож.н. = (Нрем.баз \times Зрем.пр. - Нрем.пр \times Зрем.пр) + (Тпрост.баз - Тпрост.пр) \times Пчас.пр \times Цотп.б.,$$

где - *Нрем.баз* и *Нрем.пр* - количество отказов за год соответственно по базовому и проектируемому вариантам.

Согласно данным службы качества ОАО «АВТОВАЗ» за 2015 год в гарантийный период эксплуатации по действующей коробке автомобиля «Приора» дефектов, связанных с износом синхронизаторов, зафиксировано порядка 250-ти штук. Согласно расчетам, произведенным в «Главе 2» рассчитываем на снижение дефектов по синхронизаторам у новой коробки передач на 40%. В связи с чем примем $Нрем.баз = 250 шт.$, $Нрем.пр = 100 шт.$

Зрем.баз и *Зрем.пр.* - затраты на устранение одного отказа по базовому и проектируемому вариантам; $Зрем.баз = 1560 руб.$, $Зрем.пр = 1560 руб.$

Тпрост.баз и *Тпрост.пр* - количество часов простоя техники в ремонтах за год соответственно по старому и новому вариантам; $Тпрост.баз = 30 час.$, $Тпрост.пр = 12 час.$

Пчас.пр - часовая производительность техники по новому варианту (и по старому), $Пчас = 22,3 шт.$

В результате расчетов получаем $Пр.ож.н. = 5\,951\,007,74 руб.$

Тогда:

$$ЧД1 = 11365948,80 - 12276217,60 + 2342400 + 5951007,74 = 7383138,94 руб.$$

$$ЧД2 = 21074781,60 - 22354243,20 + 2342400 + 5951007,74 = 7013946,14 руб.$$

$$ЧД3 = 30783614,40 - 32432268,80 + 2342400 + 5951007,74 = 6644753,34 руб.$$

$$ЧД4 = 40492447,20 - 42510294,40 + 2342400 + 5951007,74 = 6275560,54 руб.$$

$$ЧД5 = 50201280 - 52588320 + 2342400 + 2342400 + 5951007,74 = 5906367,74 руб.$$

30. Текущий чистый поток денег

$$ЧПД_i = ЧД_i \cdot \alpha_i, \text{ руб.},$$

где α_i – коэффициент дисконтирования i -го года выпуска нового изделия.

Норма дисконта: $E = 10 \%$. Соответствующие значения коэффициента дисконтирования таковы:

$$\alpha_1 = 0,909;$$

$$\alpha_2 = 0,826;$$

$$\alpha_3 = 0,751;$$

$$\alpha_4 = 0,683;$$

$$\alpha_5 = 0,621.$$

В результате получаем следующие значения текущего чистого потока денег:

$$ЧПД_1 = 7383138,94 \times 0,909 = 6711273,29 \text{ руб.}$$

$$ЧПД_2 = 7013946,14 \times 0,826 = 5793519,51 \text{ руб.}$$

$$ЧПД_3 = 6644753,34 \times 0,751 = 4990209,76 \text{ руб.}$$

$$ЧПД_4 = 6275560,54 \times 0,683 = 4286207,85 \text{ руб.}$$

$$ЧПД_5 = 5906367,74 \times 0,621 = 34807082,04 \text{ руб.}$$

31. Суммарный ЧПД

$$\sum ЧПД = \sum_{i=1}^5 ЧПД_i, \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} \Sigma ЧПД &= 6711273,29 + 5793519,51 + 4990209,76 + 4286207,85 + 3667854,37 = \\ &= 25449064,77 \text{ руб.} \end{aligned}$$

32. Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях

Расчетная формула:

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum Сполн., \text{ руб.},$$

где $K_{инв}$ – коэффициент капиталобразующих инвестиций. Его величина составляет $K_{инв} = 1,2 \%$.

Тогда:

$$J_0 = 0,012 \times 961258680 = 11\,535\,104,16 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход

$$\text{ЧДД} = \sum \text{ЧПД} - J_0, \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД} = 25449064,77 - 11\,535\,104,16 = 13\,913\,960,61 \text{ руб.}$$

Индекс доходности

Определяется по формуле:

$$JD = \frac{\text{ЧДД}}{J_0}$$

$$JD = 13\,913\,960,61 / 11\,535\,104,16 = 1,21$$

Срок окупаемости проекта

$$\text{Токуп.} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}}, \text{ год.}$$

$$\text{Токуп} = 11\,535\,104,16 / 13\,913\,960,61 = 0,83 \text{ года}$$

Все полученные экономические показатели сводим в таблицу.

Показатели экономической эффективности

№п/п	Наименование показателей	Условное обозначение	Единицы измерения	Г О Д Ы					
				0	1	2	3	4	5
А	1		2	3	4	5	6	7	8
1	Объем продаж	Упрод	шт.	0	12 400	14 300	16 200	18 100	20 000
2	Отпускная цена за единицу продукции	Цотп.	руб.		14 242,67				
3	Выручка от продаж	Выручка	руб.		176609108	203670181	230731254	257792327	284853400
4	Переменные затраты	Зпер.б	руб.		94393636	108857177	123320718	137784259	152247800
		Зпер.н	руб.		97405472	112330504	127255536	142180568	157105600
5	Амортизация	Ам.н	руб.		2 342 400				
6	Постоянные затраты	Зпост.б	руб.		66870200				
		Зпост.н	руб.		64996200				
7	Полная себестоимость	Сполн.б	руб.		161263836	175727377	190190918	204654459	219118000
		Сполн.н	руб.		162401672	177326704	192251736	207176768	222101800
8	Суммарная полная себестоимость за период производства	ΣСполн.н	руб.		961258680				
9	Налогооблагаемая прибыль	Пр.обл.б	руб.		15345272	27942804	40540336	53137868	65735400
		Пр.обл.н	руб.		14207436	26343477	38479518	50615559	62751600
10	Налог на прибыль	Нпр.б	руб.		3069054,40	5588560,80	8108067,20	10627573,60	13147080,00
		Нпр.н	руб.		2841487,20	5268695,40	7695903,60	10123111,80	12550320,00
11	Прибыль чистая	Пр.ч.б	руб.		12276217,60	22354243,20	32432268,80	42510294,40	52588320,00

		Пр.ч.н	руб.		11365948,8	21074781,6	30783614,4	40492447,2	50201280
12	Отчисления на социальные нужды	Ссоц.н.б	руб.		159,35				
		Ссоц.н.н	руб.		174,14				
13	Текущий чистый доход	ЧДі	руб.		7383138,94	7013946,14	6644753,34	6275560,54	5906367,74
14	Норма дисконта	Е	%		10%				
15	Коэффициент дисконтирования	α			0,9090	0,8260	0,7510	0,6830	0,6210
16	Текущий чистый дисконтированный доход	ЧПДі	руб.		6711273,29	5793519,51	4990209,76	4286207,85	3667854,37
17	Суммарный чистый текущий дисконтированный доход	ΣЧПД	руб.		25449064,77				
18	Коэффициент капиталообразующих инвестиций	<i>Кинв.</i>	1,20%						
19	Капиталообразующие инвестиции	<i>Jo</i>		11 535 104,16					
20	Индекс доходности	JD	руб.		1.21				
21	Срок окупаемости проекта	Токуп	год		0,83				
22	Чистый дисконтированный доход	ЧДД	руб.		13 913 960,61				

5.4 Анализ полученных экономических показателей и выводы

Согласно проведенным расчетам общезаводская себестоимость проектируемой коробки передач составляет 11105,09 руб., что дороже производства базовой коробки передач на 149,19 руб. Однако у проектируемой коробки передач имеется снижение рекламаций по износу синхронизаторов на 60 %, в связи с чем получен общественный эффект.

Точка безубыточности проекта $T_6 = 10175$ штук, следовательно, для получения желаемой прибыли минимальный объем производства проектируемой коробки передач не должен быть ниже данного количества выпускаемых изделий.

Расчитанное значение индекса доходности составляет $JD = 1,21$, таким образом на каждый вложенный в производство рубль отдача составит 1,21 рубля, то есть 21 копеек прибыли.

В результате проведенного расчета также получено положительное значение чистого дисконтированного дохода ЧДД, что свидетельствует об эффективности рассматриваемого проекта.

Срок окупаемости проекта составляет $Токуп. = 0,83$ года. Другими словами, все первоначальные вложения в проект покроеются результатами его осуществления в течение этого периода времени.

Из выполненного расчета показателей экономической эффективности и приведенного анализа коэффициентов следует вывод, что предлагаемый инвестиционный проект – коробка передач для автомобиля LADA «Приора» с оптимизированным «динамичным» рядом передаточных чисел и двухконусным синхронизатором 1-й и 2-ой передач – целесообразен.

6 Безопасность и экологичность участка сборки вторичного вала.

6.1 Описание рабочего места.

В данной работе рассматриваются факторы, влияющие на безопасность и экологичность участка сборки вторичного вала коробки передач автомобиля LADA «Priora».

Сборка вторичного вала коробки передач состоит из трех операций, участок сборки представляет собой часть конвейера, где расположены три основных рабочих места.

6.2 Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте.

	Опасные и вредные производственные факторы	Источники ОВПФ
физические	Движущиеся машины и механизмы.	электропогрузчик, который осуществляет перевозки контейнеров с комплектующими готовой продукцией
	Подвижные части производственного оборудования	пресс гидравлический, для запрессовки подшипников 16.РБ.01.023-1701180 и 16.РБ.01.023-1701033, конвейер, на котором осуществляется сборка узла
	Повышенный уровень шума (кратковременно до 90 дБ)	операции, связанные с работой на прессовом оборудовании
	Недостаток естественного света (менее 300лк)	наблюдается на всем рабочем участке
	Острые кромки, заусенцы, шероховатость	комплектующие и части рассматриваемого узла, которые как передвигаются по конвейеру, так и находятся в контейнерах

Психофизиологические	а) Перенапряжение анализаторов (зрительных и слуховых)	весь рассматриваемый рабочий участок, т.е. конвейер, является источником данных ОВПФ.
	б) Монотонность труда	Однозначная технология сборки вторичного вала
	в) Статические перегрузки	Длительная работа в положении «стоя»

6.3 Воздействие опасных и вредных производственных факторов на рабочих

Движущиеся машины и механизмы. Автопогрузчики, осуществляющие перевозки контейнеров с комплектующими, готовой продукцией, автомобили, перевозящие СОЖ и другие вещества могут быть причиной ДТП.

Подвижные части производственного оборудования. Одним из главных ОВПФ является подвижные части прессового оборудования, которые могут привести к серьезным физическим увечьям. Конвейер, на котором осуществляется сборка узла, в частности подвесы, движущиеся от одного рабочего места до другого, могут задеть оператора и нанести ушибы.

Повышенный уровень шума. При работе на прессовом оборудовании уровень шума достигает 90 дБ (1,6·10 Па). Шум, даже когда он невелик, создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Это часто наблюдается у людей, занятых умственной деятельностью. Слабый шум различно влияет на людей. Причиной этого могут быть: возраст, состояние здоровья, вид труда.

Повышенная шумность, особенно в ночное время, приводит к преждевременной усталости. Шумы высоких уровней могут явиться хорошей почвой для развития стойкой бессонницы, неврозов и атеросклероза.

Под воздействием шума от 85-90 дБ снижается слуховая чувствительность на высоких частотах. Симптомы — головная боль, головокружение, тошнота, чрезмерная раздражительность.

При высоких уровнях шума слуховая чувствительность падает уже через 1-2 года, при средних - обнаруживается гораздо позже, через 5-10 лет, то есть снижение слуха происходит медленно, болезнь развивается постепенно.

Недостаток естественного света – данный фактор может являться причиной быстрой усталости рабочего, опасности ошибочных действий и несчастных случаев, проф. заболеваний (близорукость). В соответствии со СНИП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» данная работа относится к разряду зрительных работ IVa – работа средней точности, установленная наименьшая освещённость должна быть не менее 300лк.

6.4 Мероприятия, направленные на обеспечение безопасности условий труда.

6.4.1 Мероприятия по обеспечению требований по вентиляции

Для обеспечения чистоты воздуха и нормализации параметров микроклимата в производственных помещениях помимо местных отсасывающих устройств, обеспечивающих удаление вредных веществ из рабочей зоны, предусмотрена приточно-вытяжная общеобменная система вентиляции.

6.4.2 Мероприятия по обеспечению требований к освещению

Естественное и искусственное освещение производственных помещений должно соответствовать четвертому разряду зрительной работы, по СНИП 23–05–95 установленная наименьшая освещённость должна быть не менее 300лк. Для местного освещения должны использоваться светильники с непросвечиваемыми отражателями с защитным углом не менее 30°. Кроме того, должны быть предусмотрены меры по снижению отражённой блёсткости.

6.4.3 Мероприятия по защите от производственного шума

Для защиты рабочих от шума на данном сборочном участке можно использовать следующие методы:

- размещение рабочих мест с учетом направленности излучения звуковой энергии (при размещении установок с направленным излучением необходима соответствующая ориентация этих установок по отношению к рабочим и населенным местам, поскольку величина направленности может достигать 10-15 дБ);
- акустическая обработка помещений (мероприятия, снижающие интенсивность отраженного звука от стен, потолка, пола помещения, путем облицовки поверхностей помещения звукопоглощающими материалами (ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минераловатные плиты, пористый поливинилхлорид и др.), и применением штучных (объемных) поглотителей различных конструкций, подвешиваемых к потолку помещения);
- звукоизоляция (уменьшение интенсивности прямого звука путем установки перегородок, кабин, кожухов, экранов, а так же облицовки станков изнутри звукопоглощающим материалом);
- применение средств индивидуальной защиты (противошумные вкладыши);

Предельные величины шума на рабочих местах регламентируются ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

6.4.4 Мероприятия по безопасности производственного оборудования

Данные мероприятия направлены для защиты рабочих при работе на прессовом оборудовании

Безопасность производственного оборудования обеспечивается согласно ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Опасная зона — это пространство, в котором возможно воздействие на работающего опасного и (или) вредного производственного фактора.

Большую угрозу для жизни работающих представляют опасные зоны, где возможны захват и наматывание одежды, волос или конечностей работников. Их образуют ременные, цепные и шестеренные передачи, карданные и другие

вращающиеся валы, детали с различными выступами, головками болтов, шпильками и т. п. Вращающиеся одна навстречу другой детали создают опасность втягивания в механизм работающих.

Не все опасные зоны могут быть полностью защищены. Неогражденными остаются многие рабочие органы машин, например, вращающиеся диски, лапы промышленных роботов, режущие аппараты, пламя газовой горелки и т. д. Работая около таких зон, следует соблюдать повышенную осторожность.

Для предупреждения несчастных случаев применяют различные технические средства обеспечения безопасности: защитные ограждения; предохранительные, тормозные, блокировочные, сигнализирующие устройства; автоматические сцепки, дистанционное управление и др.

Тормозные устройства предназначены для плавной и экстренной остановки движущихся машин и частей оборудования, удержания техники на уклонах, предотвращения самоопускания груза и т. д. К техническому состоянию и эффективности тормозов автомобиля, самоходных сельскохозяйственных машин и прицепов предъявляют очень высокие требования, так как от них во многом зависит безопасность движения.

Блокировочные устройства применяют для выключения механизмов, остановки технологического процесса, снятия напряжения и т. п. при попытке работающего проникнуть в опасную зону, а также для исключения нарушения установленной последовательности действий.

Блокировки могут быть механическими, электрическими, электромеханическими, фотоэлектрическими, радиочастотными, пневматическими, гидравлическими и др.

Сигнализирующие устройства контролируют давление, высоту, расстояние, температуру, влажность, содержание в воздухе вредных веществ, шум, вибрацию, скорость движения, скорость ветра, вылет стрелы крана, частоту оборотов вредные излучения.

В нашем случае для прессового оборудования должны быть применены тормозные устройства, блокирующие устройства, в частности

фотоэлектрические датчики, а также экранирование, т.е применение защитного экрана, только при опускании которого и закрытии опасной зоны возможен запуск прессы

6.4.5 Коллективные средства защиты

Чтобы обезопасить работающих от подвижных частей оборудования и механизмов на рабочем месте продуманы специальные оградительные средства защиты, препятствующие появлению человека в опасной зоне: стационарные (несъемные), подвижные (съемные), и переносные. Ограждения достаточно прочные и хорошо крепятся к фундаменту, что обеспечивает выдерживание нагрузки от отлетающих при обработке частиц и случайных воздействий обслуживающего персонала.

6.4.6 Средства индивидуальной защиты

Рабочие и служащие цехов и участков для защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов должны быть обеспечены спецодеждой, специальной обувью и предохранительными приспособлениями.

Специальная одежда для защиты от механических повреждений устанавливается ГОСТ 12.4.038 – 78.

Средства защиты рук – специальные (брезентовые) рукавицы ГОСТ 12.4.010 – 78, защитные дерматологические средства ГОСТ 12.4.068 – 79.

Средства защиты от шума – противושумные вкладыши (беруши), наушники ГОСТ 12.4.011-89.

6.4.7 Организационные мероприятия.

Каждый вновь поступающий на завод рабочий обязан пройти вводный инструктаж по технике безопасности и получить личную карточку инструктажа. Также раз в год проводится повторный инструктаж и после отпуска продлившегося более 30 рабочих дней – внеплановый инструктаж.

Рабочий день длится с 7-00 до 15-45, обеденным перерывом с 11-00 до 11-45. График рабочей недели: пять рабочих дней в неделю, суббота и воскресенье – выходной.

Работа на сборочном конвейере подразумевает однозначный процесс сборки изделия. Для снижения воздействий монотонного труда предусмотрен график работы, заключающийся в перестановке рабочих с одной операции на другую через одну неделю.

6.4.8 Меры по технике безопасности согласно инструкции по охране труда

Меры по технике безопасности согласно инструкции И 37.101.7005.99 - инструкция по охране труда для слесарей механосборочных работ.

Общие требования безопасности

- 1) Данная инструкция содержит основные требования для слесарей механосборочных работ, работающих на сборке узлов и механизмов.
- 2) Без разрешения мастера запрещается выполнять работу, не входящую в круг обязанностей рабочего.
- 3) При выполнении работ нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и не отвлекать других рабочих.

На территории завода и цеха (во дворе, в здании, на подъездных путях) во избежании травмирования необходимо выполнять следующие правила:

- 1) Не передвигаться бегом. При движении по лестницам вставок, площадкам обслуживания, рампам, переходным мостикам и т.д. держаться за перила, проявлять осторожность и внимательность.
- 2) Не проходить в местах не предназначенных для прохода, не перебегать путь перед движущимся транспортом.
- 3) Курить только в определённых для этого местах.
- 4) Не подходить и не прикасаться к оголённым проводам и токоведущим частям оборудования.
- 5) Строго соблюдать правила пожарной безопасности.
- 6) Если с вами произошёл несчастный случай, прекратите работу, обратитесь в медицинский пункт и одновременно сообщите о случившемся мастеру или бригадиру, а при необходимости обращения в медсанчасть получите от них письменное направление.

Требования безопасности перед началом работы

- 1) Привести в порядок рабочую одежду (костюм х/б, халат, и т.д.) Спецодежда должна соответствовать нормам средств индивидуальной защиты (СИЗ)
- 2) При работе с применением СОЖ (масло, эмульсия и т.п.) обувь должна быть закрытой, руки смазаны защитным кремом или пастой.
- 3) Рабочее место необходимо держать в чистоте.
- 4) Детали, поступившие для сборки на данный участок, необходимо держать в предусмотренных технологическим процессом контейнерах, на стеллажах или другой таре.

Требования безопасности во время работы

- 1) Приступая к выполнению подготовительных операций, проверить сборочные установки. Отрегулировать местное освещение станка так, чтобы рабочая зона была достаточно освещена, но свет не слепил глаза.
- 2) Не допускается:
 - 1) допуск посторонних лиц на своё рабочее место;
 - 2) работа при самопроизвольном включении испытательного оборудования;
 - 3) работа при неисправных сигнальных устройствах;
 - 4) выполнение работ, не предусмотренных технологическим процессом.

При переходе через транспортные линии необходимо пользоваться переходными мостиками.

Обязательно выключить электропитание:

- 1) при уходе от рабочего места на короткое время;
- 2) при временном прекращении работы;
- 3) при перерыве в подаче электроэнергии;
- 4) при обнаружении неисправности оборудования;

5) при уборке, смазке, чистке рабочего места;

Для удаления заземлённых деталей и узлов необходимо:

- 1) отключить оборудование;
- 2) открыть защитное ограждение;
- 3) освободить деталь крючком или рычагом;
- 4) убрать освободившуюся деталь;
- 5) закрыть защитное ограждение и застопорить его.

Если освободить заземлённую деталь освободить не удалось вызвать на помощь наладчика или бригадира.

6.4.9 Обеспечение пожарной безопасности.

По взрывопожарной и пожарной безопасности сборочному цеху присвоена категория Д - производство, где обрабатываются не горючие вещества в холодном состоянии.

Согласно СНиП 21-01-97 (строительные нормы и правила) для помещений площадью до 200м² необходимо наличие двух огнетушителей объемом 5 литров. При возгорании в таких помещениях для тушения огня предпочтительно использовать пенные, водные или порошковые огнетушители вместимостью 5 л (ОВП-5, ОХП-5, ОВ-5 или ОП-5). Помещение должно быть оборудовано датчиками дыма и повышенной температуры. Степень огнестойкости помещения 120 минут.

Эвакуация должна осуществляться по путям эвакуации через эвакуационные выходы. Пути показаны на планах эвакуации, размещенных на стенах помещения. Число эвакуационных выходов из зданий, с каждого этажа не менее двух.

6.5 Инженерные расчёты по охране труда

6.5.1 Расчёт искусственного освещения

7 Выбор типа источника света: так как температура в помещении не падает ниже 10⁰С, а напряжение в сети не падает ниже 90%, то отдаём предпочтение электрическим газоразрядным лампам.

Количество светильников: $N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta \cdot Pl}$, где

E – минимальная нормируемая освещённость, лк;

S – площадь помещения, м²;

k – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников;

z – отношение средней освещённости к минимальной;

Φ – световой поток одной лампы, лм;

η – коэффициент использования светового потока;

Pl – количество ламп в светильнике.

- 8 Минимальная освещённость помещения разряда зрительных работ IVa должна быть не менее $E=300$ лк, при системе общего освещения.
- 9 Коэффициент запаса для светильников: $k=1,5$ – для производственного помещения с небольшим содержанием пыли и оборудованного газоразрядными лампами.
- 10 Коэффициент неравномерности освещения примем: $z=1,3$.
- 11 Тип лампы: газоразрядная люминесцентная ЛХБ-40-4. $\Phi=2600$ лм, мощность 40Вт, продолжительность горения 10000ч.
- 12 Выбираем тип светильника с учётом состава среды в помещении: ВЛЮ – для сухих, нормальных помещений.
- 13 Площадь помещения
 b - ширина помещения, $b=5$ м;
 l - длина помещения, $l=9$ м;
$$S = b \cdot l = 5 \cdot 9 = 45 \text{ м}^2$$
- 14 Коэффициент использования светового потока: $\eta = 35\%$.
- 15 Окончательно рассчитаем необходимое количество светильников с учётом количества ламп в светильнике $Pl=2$.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta \cdot Pl} = \frac{300 \cdot 45 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{2600 \cdot 0,35 \cdot 2} = 14,46 \approx 15$$

- 16 Сделаем проектировочную схему расположения светильников (рис. 4.1)

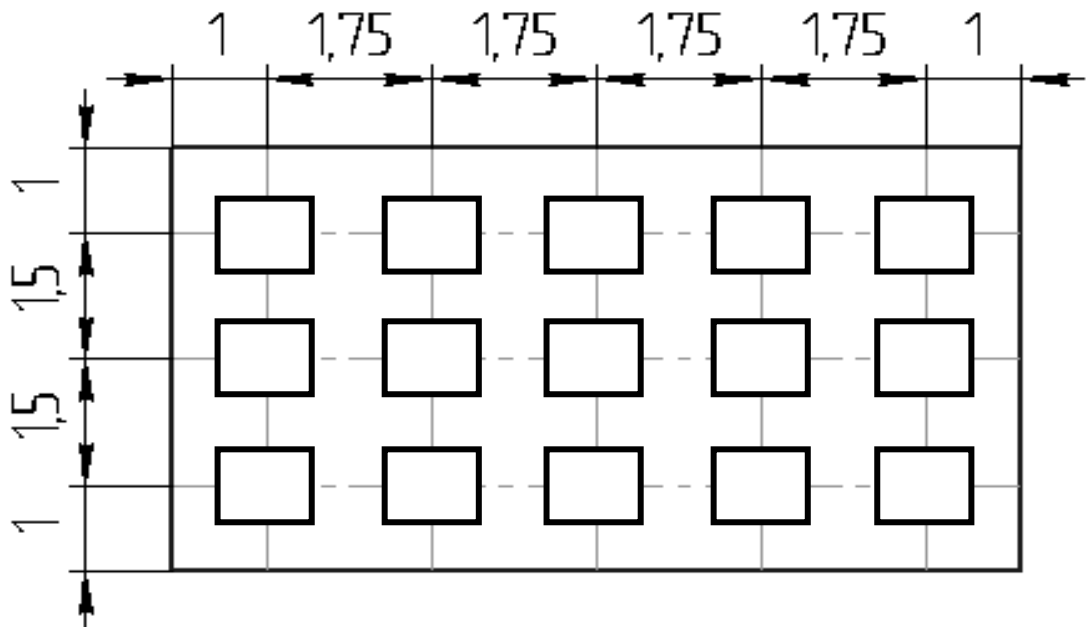


Рис. 4.1. Схема расположения светильников

4.5.2 Расчёт защитного заземления

Расчет заземления проводим по методу коэффициентов использования электродов.

1. Определяем допустимое сопротивление заземляющего устройства R_0 .

Напряжение в сети питания сборочных станков и полуавтоматов $220 В$, то есть имеем дело с установками напряжением до $1000 В$. Используем заземление всех установок. При этих условиях наибольшее допустимое сопротивление заземления $R_0 = 4 Ом$.

2. Определяем расчетное удельное сопротивление грунта ρ , в котором предполагаем разместить электроды заземления.

Грунт – садовая земля. Удельное сопротивление $50 Ом \cdot м$.

3. Предварительная конфигурация заземлителей – по контуру.

4. Выбираем тип и размеры заземлителей.

Вертикальные электроды: тип – стержневой у поверхности грунта.

Размеры – длина $l = 3 м$, диаметр $d = 0,05 м$.

Горизонтальные соединительные электроды: тип – стержневой, протяженный на поверхности земли. Диаметр $d = 0,05$ м. Длина горизонтального электрода при расположении заземлителей по контуру определяется по формуле:

$$l = 1,05 \cdot m \cdot n$$

где l – длина соединительного проводника, м;

m – расстояние между заземлителями, м; $m = 3$ м;

n – количество заземлителей, $n = 4$.

$$l = 1,05 \cdot 3 \cdot 4$$

В результате длина горизонтального электрода $l = 12,6$ м.

5. Определяем сопротивление растеканию тока с одного заземлителя $R1$ по соответствующей формуле:

$$R1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot t}{d}$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

l – длина заземлителя, м;

d – диаметр заземлителя, м;

t – глубина вкапывания середины заземлителя, м, $t = 1,5$ м.

$$R1 = \frac{50}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5}{0,05}$$

После расчета получаем ответ: $R1 = 12,7$ Ом.

6. Определяем необходимое количество параллельно соединенных заземлителей:

$$n = \frac{R1}{R_{\text{Д}}}$$

$$n = \frac{12,7}{4}$$

Получаем $n = 3,17$. Принимаем количество вертикальных заземлителей $n = 4$.

7. Определяем сопротивление растеканию тока горизонтального электрода R_{Γ} по соответствующей формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{d}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{50}{2 \cdot \pi \cdot 12,6} \cdot \ln \frac{2 \cdot 12,6}{0,05}$$

После расчета получаем $R_{\Gamma} = 3,9 \text{ Ом}$.

8. Определяем сопротивление растеканию тока искусственных заземлителей по формуле:

$$R_{И} = \frac{R1 \cdot R_{\Gamma}}{R1 \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot n \cdot \eta_{В}}$$

где η_{Γ} – коэффициент использования горизонтального электрода с учетом вертикальных электродов. Определяем по таблице, $\eta_{\Gamma} = 0,45$.

$\eta_{В}$ – коэффициент использования вертикальных электродов, учитывающий их взаимное экранирование. Определяем по таблице, $\eta_{В} = 0,69$.

Тогда:

$$R_{И} = \frac{12,7 \cdot 3,9}{12,7 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,69 \cdot 3,9} = 3(\text{Ом})$$

Итак, $R_{И} = 3(\text{Ом}) < R_{Д} = 4(\text{Ом})$.

Таким образом, полученное сопротивление искусственных электродов не превышает допустимое сопротивление заземления.

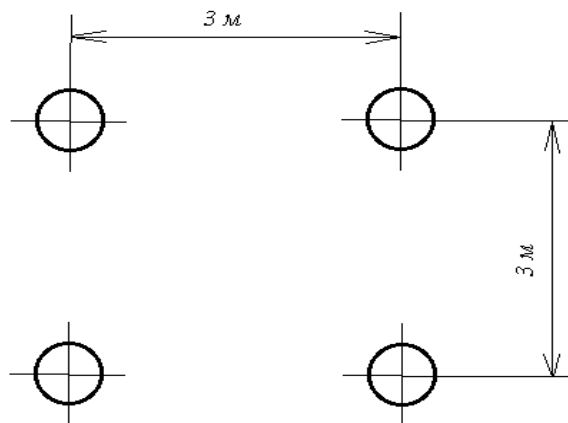


Рис. 4.2. Схема расположения вертикальных заземлителей

Выводы: в результате проведённых мною исследований были выявлены опасные и вредные производственные факторы на участке сборки вторичного вала коробки передач автомобиля LADA «Priga». На основе чего проведен ряд мероприятий для их устранения и обеспечения безопасных условий труда слесарей механосборочных работ, а так же соответствия помещения для сборки всем санитарным нормам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над работой можно сделать следующие выводы:

1. Проведен обзор мировых тенденций развития, конструктивных направлений и требований, предъявляемых к механическим коробкам передач легковых автомобилей.
2. В конструкторской части работы произведен тяговый расчет автомобиля LADA «Приора», проведен анализ передаточных чисел коробок передач автомобилей аналогов и с учетом этого подобран новый, динамичный передаточный ряд. Рассчитаны основные параметры шестерен переднего хода.
3. Разработана технология сборки вторичного вала коробки передач автомобиля LADA «Приора» в массовом производстве.
4. Выявлены опасные и вредные производственные факторы на участке сборки вторичного вала коробки передач, на основании чего разработаны мероприятия для их устранения.
5. Просчитана себестоимость новой коробки передач привода автомобиля LADA «Приора» по статьям затрат и удельный вес каждой статьи, получен экономический эффект от реализации данного проекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ 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.

1.