

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

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

Студент

Аносов Н.С.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Прокопьев М.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Капрова В.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Фесина М.И.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Егоров А.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Яценко Н.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заместитель ректора-
директор института
машиностроения

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте на тему “Переднеприводный автомобиль 2 кл. Модернизация коробки передач” приведен расчет шестиступенчатой коробки передач на базе пятиступенчатой путем добавления шестой передачи и изменения передаточного числа второй передачи на 2,05. Для оценки конструкции представлены: технико-экономическое обоснование проекта, тягово-динамический и прочностной расчеты.

Для анализа и оценки принятых передаточных чисел проведены два тягово-динамических расчета автомобиля: для базового варианта ряда передаточных чисел коробки передач и проектируемого. Сравнение базового варианта передаточных чисел и проектируемого проведено по тяговому и мощностному балансу, динамической характеристике, времени и пути разгона, по топливной экономичности.

Проведен прочностной расчет деталей коробки передач, в первую очередь тех элементов, которые подверглись модернизации: зубчатые колеса, валы и синхронизаторы.

В разделе «Технологическая часть» разработан техпроцесс сборки ведомого вала для одного из рассмотренных в анализе вариантов.

В разделе «Анализ экономической эффективности объекта» приведен расчет затрат на модернизацию коробки передач. Рассчитан безубыточный объем продаж. Не менее важным является расчет показателей эффективности: внедрение в производство модернизированной коробки передач с учетом потребительской выгоды от снижения расхода топлива.

В разделе «Безопасность и экологичность объекта» на базе выполненного комплексного анализа модернизированной коробки передач, выявлены последствия воздействия на окружающую среду. Разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению промышленно-экологической безопасности реализуемого технологического процесса.

ABSTRACT

The title of the diploma project is «Front-wheel Drive Car, 2nd Class. Transmission Upgrade». In this diploma project the calculation of the six-speed gearbox based on a five-speed transmission by adding the sixth gear and changing gear ratio of the second gear to 2,05, respectively is presented. For the evaluation of the structure the feasibility study of the project, traction-dynamic and strength calculations are presented.

For the analysis and evaluation of the received gear ratios, two traction-dynamic calculations of the car have been made: for the basic version of the gearbox and for the projected gear ratios. The comparison of the basic version of the gear ratios and the projected one was carried out according to the traction and power balance, dynamic characteristics, time and acceleration path, fuel efficiency.

The strength calculation of transmission parts, first of all those elements, that had been modernized: gears, shafts and synchronizers was carried out.

In the section "Technological part", a technical process for assembling the driven shaft for one of the versions considered in the analysis was developed.

In the section "The facility cost-effectiveness analysis," the calculation of upgrading the gearbox costs is made. Break-even sales volume is calculated. Equally important is the calculation of performance indicators: the introduction of a modernized gearbox in production, taking into account the consumer benefits of reducing fuel consumption.

In the section "Safety and environmental friendliness of the facility" on the basis of the complex analysis of the modernized gearbox, the consequences of the impact on the environment were revealed.

Organizational-technical measures have been developed to ensure industrial and environmental safety of the technological process being implemented.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Назначение КП	7
1.2 Требования, предъявляемые к КП	7
1.3 Классификация конструкций КП	8
1.4 Обзор и тенденции развития КП	11
1.5 Выбор принимаемого варианта конструкции КП	13
2 Защита интеллектуальной собственности	15
3 Тяговый расчет	16
3.1.1 Утверждение исходных данных	16
3.1.2 Определение внешнескоростной характеристики двигателя	16
3.1.3 Определение передаточных чисел трансмиссии	20
3.1.4 Динамический фактор	23
3.1.5 Расчет ускорения	27
3.1.6 Мощностной баланс	29
3.1.7 Расчет расхода топлива автомобиля	30
3.2 Компоновочная схема КП	32
3.3 Расчёт деталей КП	33
3.3.1 Расчет геометрических параметров шестерен	33
3.3.2 Расчет валов КП	37
3.3.3 Расчет синхронизаторов	43
4 Технологическая часть	49
4.1 Исходные данные	49
4.2 Такт и ритм сборки вторичного вала коробки передач	49

4.3	Перечень сборочных работ	50
4.4	Определение типа производства. Обоснование организационной формы сборки	54
5	Анализ экономической эффективности проекта	55
5.1	Расчет затрат модернизацию проектируемой КП	56
5.2	Расчет точки безубыточности проекта	61
5.3	Расчет коммерческой эффективности проекта	64
5.4	Вывод по разделу	73
6	Безопасность и экологичность технического объекта	74
6.1	Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	74
6.2	Идентификация профессиональных рисков	77
6.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков	78
6.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	79
6.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта	81
6.6	Заключение по разделу	83
	Заключение	84
	Список используемых источников	85
	Приложения	87
А	Графики тягово-динамического расчета для базового варианта	87
Б	Графики тягово-динамического расчета для проектируемого варианта	92
В	Спецификация коробки передач в сборе	97
Г	Спецификация вторичного вала в сборе	99

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт оказывает большое влияние на все отрасли промышленного и сельского хозяйства. Ключевым фактором является инновационная разработка или модернизация конструкции узла или агрегата автомобиля с целью улучшения эксплуатационных свойств.

На начальном этапе конструирования важную роль занимает определение требований, которые позволяют понять условия использования автомобиля, технические параметры и т.п. Но удовлетворить все требования крайне сложно. Поэтому отдается наибольшее значение каким-то определенным параметрам.

Наиболее важными целями в сфере проектирования и инноваций является снижение расхода топлива и масла, уменьшение затрат на техническое обслуживание, сведение до минимума уровня шума и токсичных выбросов, увеличение ресурса.

Суть дипломного проекта заключается в модернизации базовой пятиступенчатой КП путем переоборудования ее в шестиступенчатую, с модернизацией передаточного числа второй на 2,05. Главной задачей всей модернизации КП является реальное снижение расхода топлива автомобиля.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение КП

Назначение коробки передач (КП) заключается в преобразовании и передачи крутящего момента, отключения двигателя от трансмиссии при остановке авто, стоянке или движении по инерции, а также в обеспечении возможности движения задним ходом. КП обеспечивает возможность движения автомобиля на малых скоростях, которые нельзя достичь при помощи ДВС (большие минимальные обороты двигателя), а также расширить тяговое усилие ведущих колес автомобиля.

1.2 Требования, предъявляемые к КП

Как указано в работах [2], [3], [19], [21], КП представляет собой самостоятельный механизм, к конструкции которого помимо стандартных технических требований (простота и надежность конструкции, долговечность, низкая трудоемкость при обслуживании) предъявляются следующие требования:

- тягово-скоростные и экономические качества автомобиля должны достигаться при помощи заданных передаточных числах и определенном количестве передач;
- простота переключения передач;
- должна быть нейтраль для долгого отключения мотора от трансмиссии при преодолении уклонов и движении накатом;
- низкий уровень шума при работе, простотой обслуживания и управления;
- достаточно большой срок службы;
- оптимальный вес и габариты.

1.3 Классификация конструкций КП

КП по технологии изменения передаточных чисел могут быть:

- ступенчатыми (Рисунок 1.1):
- бесступенчатыми;
- комбинированными.

При полной передаче мощности коэффициент полезного действия у ступенчатых КП примерно 0,96...0,98.

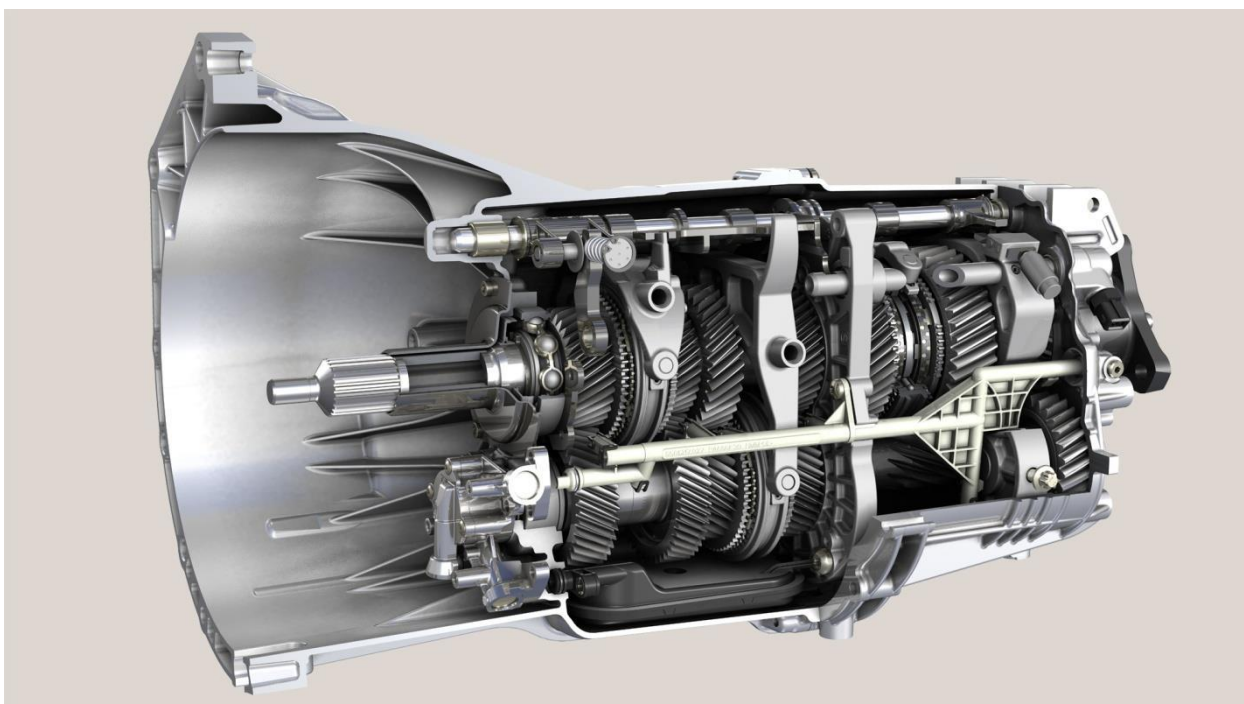


Рисунок 1.1 – Ступенчатая КП

Наиболее популярные – ступенчатые, которые по числу ступеней делятся на:

- четырёхступенчатые;
- пятиступенчатые;
- шестиступенчатые.

В современных МКП число передач растёт, поэтому большинство из них, особенно в АКП, имеют по шесть и более передач.

По размещению осей коробки передач подразделяют на:

- КП с неподвижными осями валов;
- КП с вращающимися осями валов (планетарные).

КП с неподвижными осями валов подразделяют на:

- двухвальные (Рисунок 1.2);
- трёхвальные.

Двухвальные КП конструктивно проще и применяются когда необходимо упрощение конструкции, но исключается возможность иметь прямую передачу и существенно ограничивается передаточное число низшей передачи. Такую схему КП обычно применяют в тех легковых и спортивных автомобилях, у которых двигатель размещен рядом с ведущим мостом.

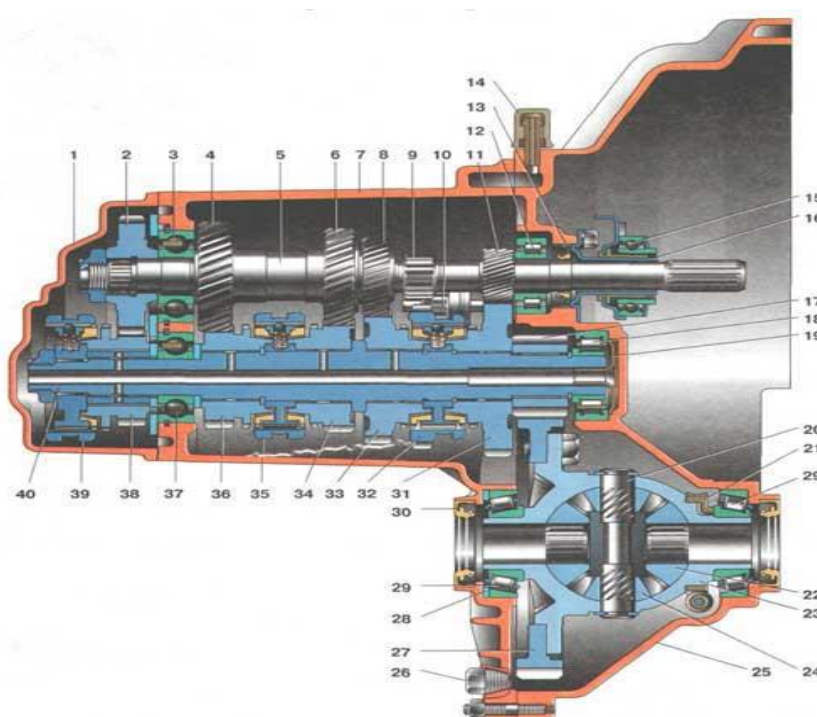


Рисунок 1.2 – Коробка передач двухвальная пятиступенчатая

Трёхвальные КП, которые имеют одинаковое число ступеней, отличаются числом пар зубчатых колес, которые находятся в постоянном зацеплении, а также отличаются построением передачи заднего хода.

Согласно требованиям по обеспечению необходимых динамических и экономических качеств автомобиля определяется диапазон передаточных чисел, число передач и передаточные числа.

Диапазон - это отношение передаточных чисел низшей и высшей передач. Его параметры изменяются исходя из разнообразных дорожных условий, в которых будет задействован автомобиль, и дорожных условий.

В современных коробках передач диапазон составляет:

- 3,0-4,5 для легковых автомобилей;
- 5,0-8,0 для грузовых автомобилей общего назначения и автобусов;
- 10-20 для автомобилей высокой проходимости и тягачей.

Если увеличить число ступеней, то это может привести к улучшению следующих факторов: мощность ДВС, топливная экономичность, средняя скорость движения. Результатом такого изменения является повышенная производительность автомобиля и снижается себестоимость перевозок. Но с другой стороны из-за такого изменения усложняется и утяжеляется конструкция КП, увеличиваются габариты и цена продажи, управление становится более тяжелым.

Если использовать ручной механический привод, то быстро и безошибочно переключать пять передач и более на прямом ходу тяжело. Исходя из этого, при использовании ручного переключения передач принято считать, что максимальный предел передач – пять. Если продолжить увеличивать число передач, то усложняет привод или может привести к установке независимого привода, использование которого возможно только при движении на определенном режиме.

Состав привода управления КП: рычаг выбора передачи, шаровая опора, тяга, шток выбора передачи и механизмы выбора передачи.

Для исключения возможности самопроизвольного выключения передачи в приводе устанавливаются реактивную тягу, где один из концов связывают с силовым агрегатом, а к другому прикрепляют обойму шаровой опоры.

1.4 Обзор и тенденции развития КП

На авто большой и особо большой грузоподъемности обычно увеличивают плотность ряда передаточных чисел на всем диапазоне КП. Если уменьшить интервалы ступеней до оптимальных значений, то это приводит:

- мощность двигателя используется лучшим образом, что повышает тяговые, разгонные и топливно-экономические показатели и, как результат, повышает производительность автомобиля при той же удельной мощности;
- уменьшается работа буксования в сцеплении и синхронизаторах, уменьшаются динамические нагрузки, что, как результат, повышает надежность и долговечность во всех узлах и агрегатах трансмиссии;
- уменьшается время для переключения передачи, что увеличивает разгонные качества авто и, как результат, повышает его производительность.

Если увеличить диапазон передаточных чисел, который определяет предел тяговых и скоростных показателей авто, то можно повысить тяговые качества авто или автопоезда и при этом уменьшить работу буксования сцепления, что положительно сказывается на надежности и долговечности.

Также, если увеличить диапазон передаточных чисел, то это позволяет лучше загружать ДВС, что уменьшает его оборотность, а также одновременно с этим улучшается топливная экономичность, уменьшается выделение шума и повышается долговечность ДВС, так как снижаются обороты ДВС на 1 км пути. Большого эффекта, путем увеличения диапазона в трансмиссии, можно добиться, если работа транспортного средства будет значительна по времени и пути, и будет проходить при частичной нагрузке, при условии хорошего дорожного покрытия.

При использовании плотного ряда передаточных чисел, можно подобрать оптимальные режимы загрузки ДВС и работы в определенной зоне, где находится минимальный расход топлива.

В качестве новых конструкций можно использовать малогабаритные энергоемкие муфтовые синхронизаторы, особенностью которых является:

- возможность увеличения долговечности, одновременно уменьшая осевые размеры, что дает возможность выбора минимальных осевых габаритов;

- если использовать молибденированные конусы трения синхронизатора, можно увеличить срок службы в 5-10 раз в сравнении с другими материалами;

- возможность полной ремонтпригодности для каждой детали синхронизатора (зубчатого венца, муфты, блокирующего кольца), что играет важную роль при эксплуатации. Использование пальчиковых и обоймовых синхронизаторов, которые полностью неремонтпригодные по всем деталям, влечет за собой удорожание стоимости ремонта КП и повышение расхода металла;

- игнорирование крутильных колебаний и динамических нагрузок, в сравнении с обоймовыми или пальчиковыми синхронизаторами, которые менее долговечны при тех же условиях работы;

- если использовать двухконусные муфтовые синхронизаторы, можно повысить несущую способность в несколько раз.

В настоящее время очень большое внимание уделяется применению автоматизированного управления сцеплением и переключением передач. Большинство известных фирм устанавливают в виде штатного или по требованию заказчика автоматизированное электропневматическое управление коробками передач. Целью установки данного управления является применение во многоступенчатых КП. Данное управление обеспечивает:

- облегченное и упрощенное управление;
- уменьшенное время переключения передачи, что улучшает разгонные качества авто;
- улучшенные компоновочные возможности авто;

- повышенная экономичность авто, так как используется автоматический оптимальный выбор момента переключения;
- синхронизаторы имеют значительно повышенный срок службы, так как уменьшаются динамические нагрузки на конусах синхронизаторов.

1.5 Выбор принимаемого варианта конструкции КП

Возможность экономии топлива, с сохранением максимальной скорости, можно достичь путем внедрения в КП шестой передачи. При движении на более низких оборотах двигателя автомобиль на тех же скоростях расходует меньше топлива.

Предлагается добавить к базовой части КП ВАЗ-2190 шестую передачу и изменить передаточное число второй передачи на 2,05. По размещению осей, структурной схеме, принципу взаимодействия и управления КП не изменяется.

Включение всех передач переднего хода обеспечивается при помощи синхронизаторов, которые отвечают за безударное включение шестерни. С целью снижения уровня шума в момент работы шестерни, а также повышенной плавности сцепления и увеличенного срока службы – каждая шестерня переднего хода цилиндрическая косозубая. Размещение шестерен осуществлено по следующей схеме: пара шестерен первой передачи находится самой близкой в ДВС, затем следует пара шестерен второй передачи, затем третьей передачи и так далее с целью рационального размещения механизма переключения, уменьшая при этом размеры его деталей. Также рационально размещается шестерня заднего хода, которая устанавливается на короткой, консольно – закреплённой оси.

В момент работы на выбранной передаче соответствующая шестерня вращается с ведомым валом как одно целое, все остальные шестерни вращаются без нагрузки по скользящей насадке. Чтобы предотвратить заклинивание шестерни с валом, вал выполняют полым. В осевое отверстие вторичного вала масло подается принудительным способом.

В момент работы, из-за действия центробежной силы вала через отверстие масло поступает к посадочному месту шестерни с валом, в результате чего образуется «масляная подушка».

Чтобы очистить масло, в картере КП устанавливают постоянный магнит.

Между передними сидениями устанавливается и соединяется подвижной тягой с КП рукоятка рычага переключения передач, продольное и поперечное перемещение которого, осуществляет управление самой КП. Выбранный тип конструкции механизма обеспечивает возможность избирательного включения передачи (т.е. возможность включения любой передачи и в любой последовательности) с помощью изменения расположения вилок, которые закреплены на скользящих штоках. Для снижения трудоёмкости технического обслуживания в шарнирные соединения привода управления применяют пластмассы, которые не требуют периодической смены смазки в процессе эксплуатации. Данный тип механизма переключения передачи простой по своей конструкции, которому не требуются дефицитные материалы и в сравнении с аналогичными механизмами имеет меньшее количество деталей, и, что немало важно, схема переключения передачи остается стандартной. Для обеспечения небольшого трения, малого износа и необходимой долговечности поверхностей рабочие поверхности валов и шестерен подвергают закалке до высокой твёрдости. Наблюдение и поддержание определённого уровня масла, доливка и смена его в соответствии с картой смазки и проверка крепежа является основным уходом за КП.

2 Защита интеллектуальной собственности

Защита интеллектуальной собственности не предусмотрена.

3. Тяговый расчет

3.1.1 Утверждение исходных данных

Колесная формула – 4х2;

Количество человек – $n = 1$ (чел.);

Длина автомобиля (L_a) = 4260 мм;

Ширина автомобиля (B_a) = 1700 мм;

Высота автомобиля (H_a) = 1500 мм;

Снаряженная масса автомобиля – $M_{сн.} = 1040$ кг;

Выбор параметров шин: 175/65 R 14;

$C_x = 0,38$;

$f_0 = 0,012$;

$\omega_{max} = 624 \text{ с}^{-1}$ (6200 об/мин);

$\eta_{тр} = 0,92$.

При проведении расчета тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля я использовал учебные пособия [4],[5].

3.1.2 Определение внешнескоростной характеристики двигателя

Для расчета использовались материалы работ [1], [12], [24].

Полная масса автомобиля:

$$M_{полн.} = M_{сн.} + M_{чел} * (n) + M_{б}, \quad (3.1)$$

где $M_{сн.}$ – масса автомобиля, снаряженная ;

$M_{чел}$ – масса 1-го человека (75 кг);

$M_{баг}$ – масса багажа на 1-го человека (10 кг);

n – количество пассажиров вместе с водителем;

$M_{полн.} = 1040 + 75 * 5 + 50 = 1465$ кг.

Статический радиус колеса автомобиля:

$$r_{ст} = 0,5 * d_{ВН.} + \lambda_z * H, \quad (3.2)$$

где $d_{ВН.} = 14$ – посадочный диаметр, дюймы (= 0,356 м);

$\lambda_z = 0,86$ – коэффициент вертикальной деформации шины;

$H_{ш.} / B_{ш.} = 65$ – отношение высоты профиля шины к её ширине, %;

$B_{ш.} = 0,185$ – ширина профиля шины, м;

$H_{ш.} = 65 \cdot 0,185 = 0,120$ – высота профиля шины, м.

$$R_{ст} = 0,5 \cdot 0,356 + 0,86 \cdot 0,120 = 0,28 \text{ м}$$

$$R_{ст} \approx R_d \approx R_{ш.} = 0,28 \text{ м},$$

где $R_{ш.}$ – радиус качения шины.

Коэффициент обтекаемости автомобиля:

$$K_{обт.} = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (3.3)$$

где C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления;

$\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях.

$$k = \frac{0,36 \times 1,293}{2} = 0,233$$

Автомобиль. Площадь Миделя:

$$F = 0,8 * B_a * H_a \quad (3.4)$$

$$F = 0,8 * 1,62 * 1,42 = 1,84 \text{ м}^2$$

Коэффициент сопротивления качению при наивысшей скорости:

$$f = f_0 * \left(1 + \frac{v^2}{2000}\right) \quad (3.5)$$

$$f = 0,012 * 1 + \frac{47,2^2}{2000} = 0,029$$

Для расчета внешнескоростной характеристики необходимо в первую очередь определить величину мощности двигателя при наивысшей скорости движения автомобиля, которая рассчитывается по следующей формуле:

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

где ψ_V – коэффициент сопротивления дорожного покрытия на наивысшей скорости.

Коэффициент сопротивления дорожного покрытия на наивысшей скорости для легковых автомобилей принимают равным коэффициенту сопротивления качению при наивысшей скорости.

$$\psi_V = f = 0,029;$$

$$G_a = M_{полн.} * g \text{ – полный вес автомобиля, Н;}$$

$$\rho = 1,293 \text{ – плотность воздуха при нормальных условиях, кг / м}^3.$$

$$N_V = \frac{1}{0,92} \times (1597 \times 9,81 \times 0,029 \times 47,2 + 0,194 \times 1,84 \times 47,2^3) = \\ = 70417 \text{ Вт} \approx 70,4 \text{ кВт}$$

Далее производится расчет максимальной мощности двигателя по формуле:

$$N_{max.} = \frac{N_V}{A_1 \cdot \lambda + A_2 \cdot \lambda^2 - \lambda^3}, \quad (3.7)$$

где $A_1 = A_2 = 1$ – коэффициенты для карбюраторного двигателя;

$\lambda = \omega_V / \omega_N$ – отношение угловой скорости коленчатого вала при наивысшей скорости к угловой скорости коленчатого вала при наивысшей мощности.

$$\text{Принимаем } \lambda = 1,12$$

$$\text{Тогда, } \omega_N = \frac{\omega_V}{\lambda} = \frac{624}{1,12} = 562 \text{ с}^{-1}$$

$$N_{\max.} = \frac{70417}{0,49*1,11+1,71*1,11^2-1,24*1,11^3} = 72243 \text{ Вт} \approx 72,2 \text{ кВт}$$

Расчет текущего значения мощности двигателя при заданном текущем значении угловой скорости вращения коленчатого вала выполняем по методу профессора С.Р. Лейдермана (расчет и воспроизведение внешней скоростной характеристики по координатам точки N_e).

$$N_e = N_{\max.} \cdot [A_1 \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + A_2 \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N}^2 - (\frac{\omega_e}{\omega_N})^3], \quad (3.8)$$

где ω_e – текущее значение угловой скорости коленчатого вала.

Текущее значение величины крутящего момента рассчитывается по формуле:

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

Минимальную угловую скорость вращения коленчатого вала двигателя примем равной: $\omega_{\min} = 100 \text{ с}^{-1}$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Внешнескоростная характеристика двигателя

Угловая скорость, с^{-1}	83,2	145	208	270	333	395	458	520	582	624
Текущая мощность, кВт	8,71	15,8	24,9	35,7	46,6	57,7	66,8	71,1	72,2	70,1
Текущий крутящий момент, Н·м	94	106	119	131	139	145	145	139	131	119

Внешняя скоростная характеристика приведена на листе приложений. (см. приложение А, Б)

3.1.3 Определяем передаточные числа

Определение передаточного числа главной передачи U_0 рассчитывается для режима наивысшей скорости автомобиля по следующей формуле:

$$U_0 = \frac{R_{ш.}}{U_i} \cdot \frac{\omega_{max}}{V_{max}}, \quad (3.10)$$

где ω_{max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя;

U_i – передаточное число той передачи, на которой достигается наивысшая скорость автомобиля.

$$U_0 = \frac{0,28}{0,94} \times \frac{624}{47,2} = 3,94$$

Минимальное значение передаточного числа первой передачи определяется из следующего неравенства:

$$U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{max} \cdot R_{ш.}}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0}, \quad (3.11)$$

где M_{max} – максимальный эффективный момент двигателя, Н · м;

$\psi_{max} = \alpha_{max} + f_0 = 0,38 + 0,012 = 0,392$ – максимальный коэффициент сопротивления дорожного покрытия.

$$U_1 \geq \frac{14357 \times 0,39 \times 0,28}{145 \times 0,92 \times 3,94} \geq 2,49$$

Максимальное значение передаточного числа первой передачи определяется исходя из недопустимости буксования ведущих колес. Это достигается превышением значения силы сцепления колес с дорожным покрытием над силой тяги автомобиля на первой передаче:

$$U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot R_{ш.}}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0}, \quad (3.12)$$

где $G_{\text{сц.}} = M_{\text{полн.}} \cdot G = 9 \cdot 1465 = 13185 \text{ Н}$ – сцепной вес автомобиля;

$\phi = 0,8$ – коэффициент сцепления автомобиля с дорожным покрытием.

$$U_1 \leq \frac{13185 \times 0,8 \times 0,28}{145 \times 0,92 \times 3,94} \leq 4,66$$

Для дальнейшего анализа проведем два расчета: базовый вариант и проектируемый, в котором $U_{II} = 2,05$ и $U_{VI} = 0,69$.

Выбираем передаточное число из рассчитанного диапазона $U_1 = 3,64$ и рассчитываем передаточные числа для промежуточных передач и передачи заднего хода:

Базовый вариант:

$$U_{II} = \sqrt[4]{(U_1 \times U_{IV})^3} = \sqrt[4]{(3,64 \times 0,94)^3} = 1,95 \quad (3.14)$$

$$U_{III} = \sqrt[4]{(U_1 \times U_{VI})^2} = \sqrt[4]{(3,64 \times 0,69)^2} = 1,36 \quad (3.15)$$

$$U_{IV} = \sqrt[4]{(U_1 \times U_{VI})} = \sqrt[4]{3,64 \times 0,69} = 0,94 \quad (3.16)$$

$$U_V = 0,78$$

$$U_{3x} = 1,3 \cdot U_1 = 1,3 \cdot 3,64 = 4,73 \quad (3.17)$$

Проектируемый вариант:

$$U_{II} = 2,05; U_{III} = 1,36; U_{IV} = 0,94; U_V = 0,78; U_{VI} = 0,69; U_{3x} = 4,73$$

В соответствии с рассчитанными параметрами передаточных чисел определим значения скорости автомобиля для каждой передачи с учетом текущего заданного значения угловой скорости вращения коленчатого вала.

$$V = \frac{R_{\text{ш.}} \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_i} \quad (3.18)$$

Результаты сведем в таблицы 3.2 и 3.3

Таблица 3.2 – Скорость автомобиля на конкретной передаче для базового варианта

Число оборотов двигателя, об /мин	$V_{авт}, м/с$				
	1	2	3	4	5
800	1,57	2,92	4,18	6,05	7,29
1400	2,74	5,10	7,32	10,5	12,8
2000	3,92	7,29	10,5	15,1	18,2
2600	5,09	9,48	13,6	19,7	23,7
3200	6,26	11,7	16,7	24,2	29,2
3800	7,44	13,8	19,9	28,7	34,6
4400	8,61	16,0	23,0	33,3	40,1
5000	9,79	18,2	26,1	37,8	45,6
5600	11,0	20,4	29,3	42,3	51,0
6200	12,1	22,6	32,4	47,2	56,5

Таблица 3.3 - Скорость автомобиля на конкретной передаче для проектируемого варианта

Число оборотов двигателя, об /мин	$V_{авт}, м/с$					
	1	2	3	4	5	6
800	1,57	2,76	4,18	6,05	7,29	8,24
1400	2,74	4,82	7,32	10,5	12,8	14,4
2000	3,92	6,89	10,5	15,1	18,2	20,1
2600	5,09	8,96	13,6	19,7	23,7	26,8
3200	6,26	11,1	16,7	24,2	29,2	33,0
3800	7,44	13,0	19,9	28,7	34,6	39,1
4400	8,61	15,1	23,0	33,3	40,1	45,3
5000	9,79	17,2	26,1	37,8	45,6	51,5
5600	11,0	19,3	29,3	42,3	51,0	57,7
6200	12,1	21,4	32,4	47,2	56,5	63,9

3.1.4 Анализ тяговой динамики

Сила тяги на ведущих колесах автомобиля:

$$P_{\text{тяги}} = \frac{U_k \times U_0 \times M_e \times \eta_{\text{тр}}}{r_k} \quad (3.19)$$

Сопротивление сил воздуха:

$$P_{\text{воздух}} = \frac{1}{2} \times C_x \times \rho \times F \times V^2 \quad (3.20)$$

Сопротивление качению автомобиля:

$$P_{\text{кач.}} = G_a \times \psi, \quad (3.21)$$

Суммарная сила сопротивления:

$$P_{\text{суммарн.}} = P_B + P_D \quad (3.22)$$

Результаты расчетов сведем в таблицы 3.4 и 3.6 для базового варианта; 3.5 и 3.7 для проектируемого.

Таблица 3.4 – Тяговый баланс для базового варианта

Число оборотов двигателя, об/мин	Динамика тяги ведущих колес, Н					Силы сопротивления при движении на пятой передаче, Н		
	I	II	III	IV	V	$P_{\text{воздух}}$	$P_{\text{кач.}}$	$P_{\text{суммарн.}}$
800	4779	2588	1805	1147	935	23,4	170	193
1400	5466	2961	2065	1327	1084	54,8	200	255
2000	6015	3158	2272	1470	1203	99,4	239	338
2600	6426	3480	2427	1577	1292	157	296	453
3200	6702	3630	2532	1650	1352	228	364	592
3800	6841	3705	2584	1686	1382	312	426	738
4400	6841	3705	2584	1686	1382	409	517	926
5000	6702	3630	2532	1650	1352	607	519	1126
5600	6430	3483	2429	1579	1293	643	706	1349
6200	6020	3260	2274	1471	1204	780	792	1572

По таблице строим тяговый баланс для базового варианта (см. приложение А)

Таблица 3.5 – Тяговый баланс для проектируемого варианта

Число оборотов двигателя, об/мин	Динамика тяги ведущих колес, Н						Силы сопротивления при движении на шестой передаче, Н		
	I	II	III	IV	V	VI	$P_{\text{воздух}}$	$P_{\text{кач.}}$	$P_{\text{суммарн.}}$
800	4779	2695	1805	1147	935	842	33,2	160	193
1400	5466	3013	2065	1327	1084	978	77,8	177	255
2000	6015	3570	2272	1470	1203	1086	142	186	338
2600	6426	3677	2427	1577	1292	1167	214	239	453
3200	6702	3889	2532	1650	1352	1221	288	304	592
3800	6841	4048	2584	1686	1382	1249	365	373	738
4400	6841	4048	2584	1686	1382	1249	482	444	926
5000	6702	3889	2532	1650	1352	1191	608	518	1126
5600	6430	3677	2429	1579	1293	1117	744	605	1349
6200	6020	3570	2274	1471	1204	1036	897	675	1572

По таблице строим динамику тяги для проектируемого варианта (см. приложение Б)

Таблица 3.6 – Сопротивление сил воздуха при соответствующей скорости автомобиля для базового варианта

I		II		III		IV		V	
V ₁ , м/с	P _{воздух}	V ₂ , м/с	P _{воздух}	V ₃ , м/с	P _{воздух}	V ₄ , м/с	P _{воздух}	V ₅ , м/с	P _{воздух}
1,57	1,10	2,92	3,75	4,18	7,71	6,05	16,1	7,29	23,4
2,74	2,58	5,10	8,78	7,32	18,0	10,5	37,7	12,8	54,8
3,92	4,67	7,29	15,9	10,5	32,7	15,1	68,4	18,2	99,4
5,09	7,38	9,48	25,1	13,6	51,7	19,7	108	23,7	157
6,26	10,7	11,7	36,5	16,7	75,0	24,2	157	29,2	228
7,44	14,6	13,8	49,9	19,9	102	28,7	215	34,6	312
8,61	19,2	16,0	65,5	23,0	134	33,3	281	40,1	409
9,79	24,4	18,2	83,2	26,1	171	37,8	357	45,6	519
11,0	30,2	20,4	102	29,3	211	42,3	443	51,0	643
12,1	36,6	22,6	124	32,4	256	47,2	537	56,5	780

Таблица 3.7 – Сопротивление сил воздуха при соответствующей скорости автомобиля для проектируемого варианта

I		II		III		IV		V		VI	
V ₁ , м/с	P _{воздух}	V ₂ , м/с	P _{воздух}	V ₃ , м/с	P _{воздух}	V ₄ , м/с	P _{воздух}	V ₅ , м/с	P _{воздух}	V ₆ , м/с	P _{воздух}
1,57	1,10	2,77	3,73	4,18	7,71	6,05	16,1	7,29	23,4	8,24	33,2
2,74	2,58	4,85	8,74	7,32	18,0	10,5	37,7	12,8	54,8	14,4	77,8
3,92	4,67	6,93	15,4	10,5	32,7	15,1	68,4	18,2	99,4	20,1	142
5,09	7,38	9,01	24,5	13,6	51,7	19,7	108	23,7	157	26,8	214
6,26	10,7	11,1	35,8	16,7	75,0	24,2	157	29,2	228	33,0	288
7,44	14,6	13,2	49,0	19,9	102	28,7	215	34,6	312	39,1	365
8,61	19,2	15,2	64,5	23,0	134	33,3	281	40,1	409	45,3	482
9,79	24,4	17,3	82,1	26,1	171	37,8	357	45,6	519	51,5	608
11,0	30,2	19,4	101	29,3	211	42,3	443	51,0	643	57,7	744
12,1	36,6	21,5	123	32,4	256	47,2	537	56,5	780	63,9	897

Динамический фактор:

$$D_{\phi} = \frac{P_{\text{тяги}} - P_{\text{воздух}}}{G_a} \quad (3.23)$$

Результаты расчетов динамического фактора и коэффициентов сопротивления качению сведены в таблицы 3.8 и 3.9 для базового и проектируемого варианта соответственно.

Таблица 3.8 – Динамический фактор для базового варианта

Число оборотов двигателя, об/мин	Фактор динамики					Коэффициент сопротивления				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
800	0,385	0,201	0,129	0,079	0,065	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
1400	0,412	0,217	0,142	0,089	0,072	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011
2000	0,430	0,228	0,152	0,096	0,077	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011
2600	0,439	0,234	0,157	0,101	0,079	0,010	0,010	0,011	0,012	0,012
3200	0,439	0,235	0,159	0,102	0,078	0,010	0,011	0,011	0,012	0,013
3800	0,430	0,231	0,158	0,097	0,075	0,010	0,011	0,011	0,013	0,014
4400	0,413	0,222	0,153	0,086	0,069	0,010	0,011	0,012	0,014	0,016
5000	0,387	0,208	0,144	0,071	0,054	0,010	0,011	0,012	0,015	0,017
5600	0,351	0,190	0,131	0,044	0,033	0,010	0,011	0,013	0,016	0,019
6200	0,307	0,166	0,115	0,012	-0,003	0,011	0,012	0,014	0,018	0,021

Таблица 3.9 – Динамический фактор проектируемого варианта

Число оборотов двигателя, об/мин	Фактор динамики						Коэффициент сопротивления					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
800	0,385	0,209	0,129	0,079	0,065	0,059	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
1400	0,412	0,229	0,142	0,089	0,072	0,062	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011	0,011
2000	0,430	0,244	0,152	0,096	0,077	0,066	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011	0,012
2600	0,439	0,254	0,157	0,101	0,079	0,067	0,010	0,010	0,011	0,012	0,012	0,013
3200	0,439	0,258	0,159	0,102	0,078	0,066	0,010	0,011	0,011	0,012	0,013	0,014
3800	0,430	0,253	0,158	0,097	0,075	0,060	0,010	0,011	0,011	0,013	0,014	0,012
4400	0,413	0,242	0,153	0,086	0,069	0,051	0,010	0,011	0,012	0,014	0,016	0,017
5000	0,387	0,224	0,144	0,071	0,054	0,037	0,010	0,011	0,012	0,015	0,017	0,018
5600	0,351	0,203	0,131	0,044	0,033	0,019	0,010	0,011	0,013	0,016	0,019	0,020
6200	0,307	0,178	0,115	0,012	-0,003	-0,005	0,011	0,012	0,014	0,018	0,021	0,022

По таблицам строим фактор динамики для базового и проектируемого варианта (см. приложение А, Б)

3.1.5 Расчет ускорения

Ускорение находят:

$$J = \frac{D_{\phi} - f \times g}{\delta_{вр}} \quad (3.24)$$

$$\delta_{вращ.} = 1 + \frac{I_{момент} \times \eta_{тр} \times U_{транс.} + I_{сумм.} \times g}{G_a \times r_k^2}, \quad (3.25)$$

где $I_{момент}$ – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$I_{сумм.}$ – суммарный момент инерции ведущих колес;

$U_{транс.}$ – передаточное число трансмиссии.

$$U_{транс.} = U_0 * U_k \quad (3.26)$$

Если точное значение $I_{момент}$ и $I_{сумм.}$ неизвестно то, $\delta_{вращ.}$ определяют по формуле:

$$\delta_{вращ.} = 1 + (\delta_{кол.} + \delta_{двиг.} * U_{короб.}^2), \quad (3.27)$$

где $U_{короб.}$ – передаточное число коробки передач на данной передаче;

$\delta_{кол.}$ – коэффициент учета вращающихся масс колес;

$\delta_{двиг.}$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя.

$$\delta_{кол.} = \delta_{двиг.} = 0,03 - 0,05 \quad (3.28)$$

Результаты расчетов на каждой передаче:

$$\delta_{вращ.1} = 1,63; \delta_{вращ.2} = 1,24; 1,26; \delta_{вращ.3} = 1,17; \delta_{вращ.4} = 1,13; \delta_{вращ.5} = 1,08;$$

$$\delta_{вращ.6} = 1,05.$$

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицы 3.10 и 3.11 для базового и проектируемого варианта соответственно.

Таблица 3.10 – Ускорение для базового варианта

Число оборотов двигателя, об/мин	Ускорение, м/с ²					Обратное ускорение, с ² /м				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
800	2,33	1,50	1,00	0,62	0,49	0,58	0,67	1,00	1,61	2,01
1400	2,51	1,62	1,11	0,67	0,49	0,50	0,70	0,95	1,40	1,77
2000	2,61	1,71	1,20	0,67	0,48	0,46	0,63	0,87	1,29	1,66
2600	2,67	1,76	1,25	0,64	0,46	0,43	0,59	0,81	1,24	1,63
3200	2,67	1,77	1,24	0,59	0,44	0,41	0,57	0,79	1,23	1,68
3800	2,62	1,74	1,19	0,52	0,40	0,40	0,56	0,78	1,26	1,80
4400	2,52	1,67	1,08	0,44	0,34	0,40	0,56	0,79	1,34	2,06
5000	2,37	1,56	0,94	0,33	0,26	0,41	0,58	0,83	1,49	2,57
5600	2,17	1,42	0,77	0,21	0,15	0,43	0,61	0,89	1,75	3,76
6200	1,91	1,23	0,57	0,04	0,03	0,46	0,66	1,00	2,26	8,60

Таблица 3.11 – Ускорение для проектируемого варианта

Число оборотов двигателя, об/мин	Ускорение, м/с ²						Обратное ускорение, с ² /м					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
800	2,33	1,55	1,00	0,62	0,49	0,35	0,58	0,68	1,10	1,61	2,01	3,50
1400	2,51	1,70	1,11	0,67	0,49	0,35	0,50	0,63	0,95	1,40	1,77	2,94
2000	2,61	1,82	1,20	0,67	0,48	0,34	0,46	0,59	0,87	1,29	1,66	2,63
2600	2,67	1,89	1,25	0,64	0,46	0,32	0,43	0,57	0,81	1,24	1,63	2,53
3200	2,67	1,92	1,24	0,59	0,44	0,30	0,41	0,56	0,79	1,23	1,68	2,73
3800	2,62	1,88	1,19	0,52	0,40	0,26	0,40	0,57	0,78	1,26	1,80	3,12
4400	2,52	1,80	1,08	0,44	0,34	0,19	0,40	0,59	0,79	1,34	2,06	5,02
5000	2,37	1,66	0,94	0,33	0,26	0,13	0,41	0,62	0,83	1,49	2,57	11,3
5600	2,17	1,49	0,77	0,21	0,15	0,07	0,43	0,67	0,89	1,75	3,76	20,4
6200	1,91	1,29	0,57	0,04	0,03	0,02	0,46	0,74	1,00	2,26	8,60	38,4

По таблицам строим ускорения и обратные ускорения для базового и проектируемого варианта (см. приложение А,Б)

Время, затрачиваемое на разгон автомобиля:

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j}\right)^2 * (V_2 - V_1) \quad (3.29)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 3.7

Таблица 3.7 – Время, затрачиваемое на разгон автомобиля

Скорость, м/с	0	1,76	6,41	11,0	20,4	29,2	31,6	42,4	46,7	48,9
Обратное ускорение, с ² /м	0	0,34	0,32	0,45	0,65	0,99	1,14	2,43	4,25	5,20
Время, с	0	0,60	2,13	3,92	9,06	16,3	18,8	38,1	52,5	68,7
Путь, м	0	27,7	81,7	167	321	520	631	1071	1583	1771

С помощью данной таблицы строим графики времени разгона автомобиля и путь разгона автомобиля для базового и проектируемого варианта соответственно (см. приложение А, Б)

3.1.6 Мощностной баланс

$$N_{\text{тяг.}} = N_e - N_{\text{агр.}} = N_{\text{кач.}} + N_{\text{воздух}} + N_{\text{инерц.}}, \quad (3.30)$$

где $N_{\text{тяг.}} = N_e * N_{\text{агр.}}$ – тяговая мощность, или мощность, подаваемая к ведущим колесам;

$N_{\text{агр.}}$ – потери в трансмиссии;

$N_{\text{кач.}} = P_{\text{кач.}} * V$ – потери на силы сопротивления качения;

$N_{\text{воздух}} = P_{\text{воздух}} * V$ – потери на силы сопротивления воздуха;

$N_{\text{инерц.}} = P_{\text{инерц.}} * V$ – потери на силы инерции;

$N_{\text{дор.}} = P_{\text{кач.}} * V = N_{\text{кач.}} + N_{\text{воздух}}$ – потери на силы сопротивления дороги.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Мощностной баланс

Скорость, м/с	9,65	13,9	18,1	22,3	26,7	30,9	35,3	39,9	44,4	48,9
Момент, Н	18,1	26,8	36,1	45,3	54,1	62,0	68,4	73,0	75,3	74,7
Nкач.	16,6	24,7	33,2	41,7	49,8	57,0	62,9	67,2	69,2	68,7
Nвоздух	0,68	1,66	3,30	5,77	9,24	13,87	19,8	27,3	36,4	47,4
Nдор.	2,07	2,95	3,98	5,18	6,60	8,28	10,2	12,5	15,2	18,2
Nвоздух+Nдор	2,75	4,61	7,28	10,9	15,8	22,1	30,0	39,8	52,6	69,3
(Nвоздух+Nдор)/Nкач.	0,17	0,19	0,22	0,26	0,32	0,39	0,48	0,59	0,75	0,96

По таблице строим мощностной баланс базового и проектируемого варианта (см. приложение А, Б)

3.1.7 Расчет расхода топлива автомобиля

Формула для расчета расхода топлива:

$$q_n = \frac{k_{\text{эффект.}} \times k_{\text{изм.}} \times P_{\text{кач.}} + P_{\text{воздух}} \times g_{\text{рп}} \times 1,1}{36000 \times \rho_{\text{топ.}} \times \eta_{\text{тр}}}, \quad (3.31)$$

где $k_{\text{эффект.}}$ – эффективность расхода топлива в зависимости от ω_e ;

$k_{\text{изм.}}$ – изменения эффективности расхода топлива в зависимости от N двигателя;

$g_{\text{рп}} = 280 \text{ г/кВт*ч}$ –удел. эффект-ый расход топлива;

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

Рассчитываем расход топлива отдельно для пятой и шестой передачи и сводим результаты в таблицы 3.10 и 3.11.

Таблица 3.9 – Расход топлива на пятой передаче

V	5	10	15	20	25	30	35
k_n	1,35	1,30	1,20	1,12	1,00	0,98	0,80
$k_{\text{ск}}$	1,10	0,95	0,88	0,80	0,79	0,80	0,90
ω_e/ω_N	0,36	0,46	0,55	0,64	0,74	0,83	0,92
q_n	3,20	3,51	4,03	4,93	6,12	7,65	9,33

Таблица 3.10 – Расход топлива на шестой передаче

V	5	10	15	20	25	30	35
$k_{и}$	1,35	1,30	1,20	1,12	1,00	0,98	0,80
$k_{ск}$	1,10	0,95	0,88	0,80	0,79	0,80	0,90
ω_e/ω_N	0,36	0,46	0,55	0,64	0,74	0,83	0,92
q_n	3,15	3,40	3,85	4,68	5,78	7,17	8,76

По таблицам строим топливно-экономическую характеристику автомобиля при движении на пятой и шестой передаче (см. приложение А, Б)

3.2 Компоновочная схема

Проектируемым вариантом является шестиступенчатая КП подвергшаяся модернизации следующего вида: механическое переключение, шесть передач, количество валов – два, параллельное неподвижное расположение осей валов.

На первичном вале размещены шестерни, которые находятся в постоянном зацеплении с шестернями вторичного.

Все шестерни кроме заднего хода – цилиндрические, косозубые, с эвольвентным зацеплением. Изменение передаточных чисел повлияло на геометрические характеристики шестерен.

Спереди подшипники на валах – роликовые, а промежуточные – шариковые. КП выполнена в виде единого агрегата с межколесным дифференциалом и ГП. Дифференциал – конический, двухсателлитный. В ГП используется зубчатая пара в виде цилиндра с косым расположением зубьев. Привод КП имеет рычаг переключения с шаровой опорой, который соединяется при помощи тяги, штоком с механизмом выбора и переключения передач. Задняя крышка картера КП выполнена из алюминиевого сплава и с внешней стороны добавлены «ребра» для увеличения жесткости.

3.3 Расчёт деталей КП

Для расчетов использовались материалы документов [18], [20], [23], [25].

3.3.1 Расчет шестерен

Межосевое расстояние:

$$a_{ось} = k_a *^3 \bar{T} = (8,30 \dots 9,70)^3 \bar{100} = 66,3 \dots 77,5 \text{мм}, \quad (3.32)$$

где T - максимальный крутящий момент на выходе вторичного вала – на шестой передаче.

$$T = M_{\text{emax}} * U_6 = 145 * 0,69 = 100 \text{ Н*м}, \quad (3.33)$$

где M_{emax} – максимальный эффективный момент двигателя;

$$k_a = 8,30 \dots 9,70.$$

Расстояние между осями принимаем 68мм.

Значения модуля принимаем $m_{\text{пер}} = 1,75$

Ширина ведущей шестерни 16-18 мм;

Ширина ведомой шестерни 15 – 16мм;

Угол наклона рассчитывается:

$$\varepsilon_p = B_{\text{раб}} \sin \beta_{\text{зуб}} / (\pi m_{\text{шест.}}), \quad (3.34)$$

где $\beta_{\text{зуб}}$ – угол наклона зубьев, град;

$m_{\text{шест.}}$ – нормальный модуль;

$B_{\text{раб}}$ – рабочая ширина шестерен, мм;

$$\beta_{\text{зуб}} = 20^\circ \dots 28^\circ$$

Исходя из формулы:

$$a_w = 0,5m(z_1 + z_2) \cos\alpha / \cos\alpha_w, \quad (3.35)$$

Если увеличивать угол $\beta_{\text{зуб.}}$, то сумма $z_1 + z_2$ уменьшается, что недопустимо при выборе передаточных чисел. Для расчета используем исходные данные, приведенные в таблице 3.12

Таблица 3.11 Исходные данные

Число зубьев ведущей шестерни	z_1	37
Число зубьев ведомой шестерни	z_2	29
Угол наклона	$\beta_{\text{зуб.}}$	21°
Модуль нормальный	$m_{\text{шест.}}$	1,75
Коэффициент высоты головки	$h_{\text{выс.}}$	1
Угол профиля	$\alpha_{\text{проф.}}$	15°
Коэффициент радиального зазора	$c_{\text{радиал.}}$	0,65
Межосевое расстояние	$a_{\text{ось}}$	68

Угол профиля в торцевом сечении по формуле:

$$a_t = \arctg(\text{tga} / \cos\beta) \quad (3.36)$$

Угол зацепления в торцевом сечении по формуле:

$$a_{\text{tw}} = \frac{2x \sum \text{tga}}{z_1 + z_2} + a_t \quad (3.37)$$

Делительный диаметр рассчитываем по формуле:

$$d = \frac{Zm}{\cos\beta} \quad (3.38)$$

Начальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{oi} = \frac{m_n * Z_i}{\cos \beta} \quad (3.39)$$

Коэффициент воспринимаемого сцепления рассчитываем по формуле:

$$y_{\text{воспр.}} = \frac{aw - a}{m} \quad (3.40)$$

Коэффициент управительного смещения рассчитываем по формуле:

$$y_{\text{управ.}} = x_{\Sigma} - y_{\text{воспр.}} \quad (3.41)$$

Диаметры вершин зубьев рассчитываем по формуле:

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

Диаметры впадин рассчитываем по формуле:

$$d_f = m(Z - 2,5) = d - 2h_f \quad (3.43)$$

Толщину зуба нормальную, делительную рассчитываем по формуле:

$$S_n = \left(\frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha \right) m \quad (3.44)$$

Основной диаметр шестерни рассчитываем по формуле:

$$d_{\text{шест.}} = d \cos \alpha \quad (3.45)$$

Рассчитанные параметры сводим в таблицы 3.12 и 3.13

Ведущая шестерня:

Таблица 3.12 – Рассчитанные параметры ведущей шестерни

Номер передачи	-	6
Число зубьев ведущей шестерни	$Z_{\text{ведущ.}}$	37
Угол наклона	$\beta_{\text{зуб.}}$	21
Направление зуба	-	правое
Угол профиля	$\alpha_{\text{проф.}}$	15
Коэффициент высоты головки	$h_{\text{выс.}}$	1
Коэффициент радиального зазора	$c_{\text{радиал.}}$	0,65
Коэффициент смещения	$x_{\text{смещен.}}$	0,13
Модуль	$m_{\text{шест.}}$	1,75
Диаметр ролика	$D_{\text{рол.}}$	3,58
Основной угол наклона	$\beta_{\text{основ.}}$	29°52'13'
Делительный диаметр	$d_{\text{дел.}}$	76,4
Основной диаметр	$d_{\text{основ.}}$	74,0
Диаметр впадин	$d_{\text{впад.}}$	73,0
Диаметр вершин	$d_{\text{верш.}}$	84,2
Боковой зазор	$R_{\text{боков.}}$	0,10
Межосевое расстояние	$a_{\text{ось}}$	68±0,02
Число зубьев сопряженного зубчатого колеса	-	29

Ведомая шестерня:

Таблица 3.13 – Рассчитанные параметры ведомой шестерни

Модуль	$m_{\text{шест.}}$	1,75
Число зубьев ведомой шестерни	$Z_{\text{ведом.}}$	29
Угол наклона	$\beta_{\text{зуб.}}$	21
Коэффициент высоты головки	$h_{\text{выс.}}$	1
Коэффициент радиального зазора	$c_{\text{радиал.}}$	0,65
Коэффициент смещения	$x_{\text{смещен.}}$	0,24
Направление зуба	-	правое
Угол профиля	$\alpha_{\text{проф.}}$	18

Продолжение таблицы 3.13

Размер по роликам	$\mu_{\text{рол.}}$	57,9
Диаметр ролика	$D_{\text{рол.}}$	3,58
Основной угол наклона	$\beta_{\text{основ.}}$	29°50'13"
Делительный диаметр	$d_{\text{дел.}}$	62,4
Основной диаметр	$d_{\text{основ.}}$	56,7
Диаметр впадин	$d_{\text{впад.}}$	54,4
Диаметр вершин	$d_{\text{верш.}}$	65,5
Боковой зазор	$R_{\text{боков.}}$	0,1
Межосевое расстояние	$a_{\text{ось}}$	68±0,02
Число зубьев сопряженного зубчатого колеса	-	37
Ширина зубчатого венца	B_2	15

3.3.2 Расчет валов КП

Валы КП на прочность испытывают при одновременном воздействии, как на изгиб, так и на кручение, при этом должно выполняться следующее условие: $\sigma_{\text{рез}} \leq 400$ МПа.

$$\sigma_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{рез}}}{W_{\text{изг}}} = \frac{32 * M_{\text{рез}}}{\pi * d_{\text{в}}^3}, \quad (3.46)$$

где $M_{\text{рез}}$ - результирующий момент;

$d_{\text{в}}$ - диаметр вала.

$$M_{\text{рез}} = \sqrt{M_{\Gamma}^2 + M_{\text{В}}^2 + T_{\text{КР}}^2}, \quad (3.47)$$

где M_{Γ} – момент в горизонтальной плоскости;

$M_{\text{В}}$ – момент в вертикальной плоскости;

$T_{\text{КР}}$ – крутящий момент.

Исходные данные:

Максимальный крутящий момент двигателя $T_{\text{кр макс.}} = 145 \text{ Нм}$;

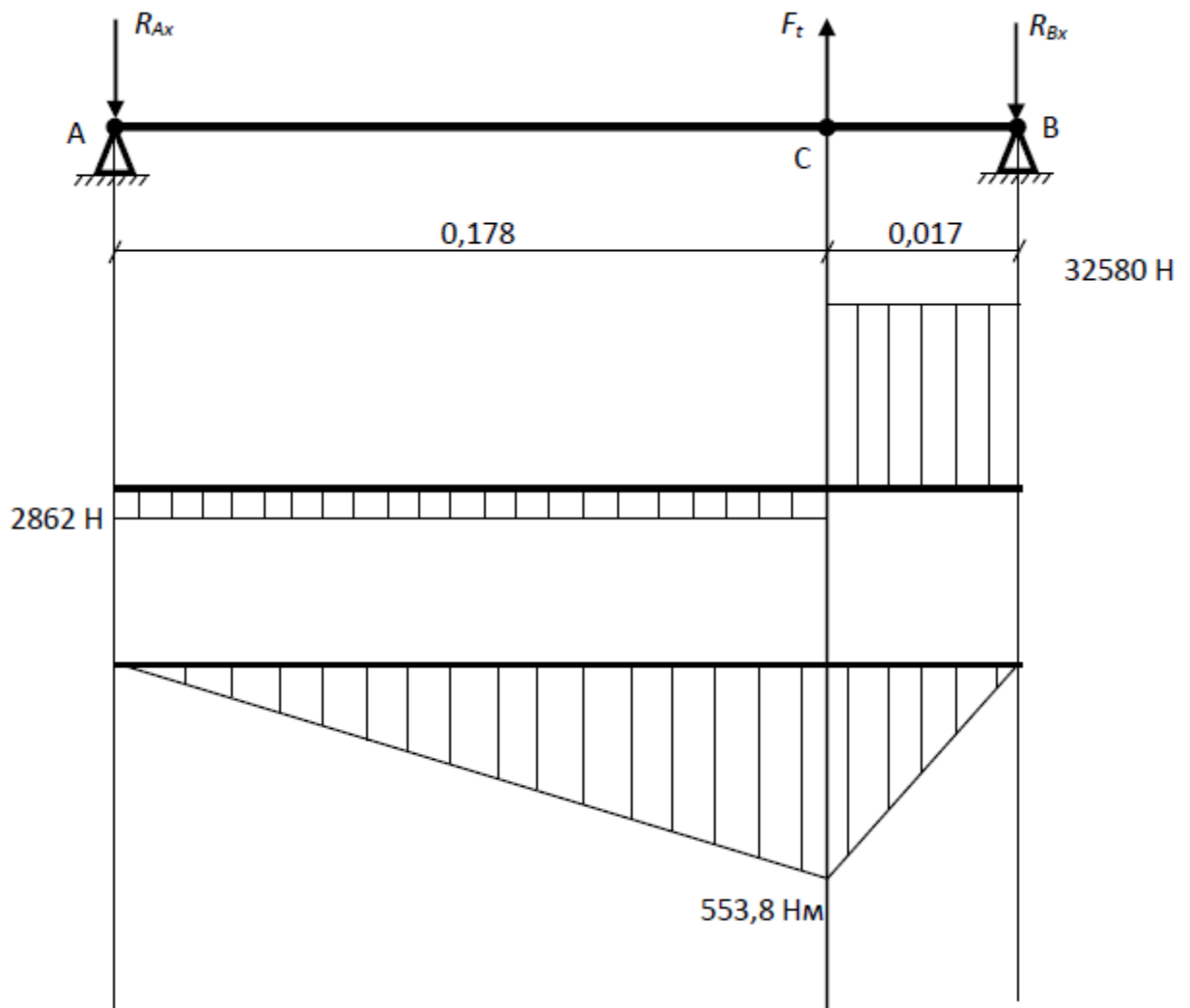
Передаточное число первой передачи $u_{\text{перв.}} = 3,64$;

Наклонные углы зуба $\beta_{\text{зуб.}} = 21^\circ$; $\alpha_{\text{проф.}} = 15^\circ$;

$$\text{Окружная сила: } F_t = \frac{2 \cdot T_{\text{кр макс.}} \cdot u}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 145 \cdot 3,64}{0,02876} = 35691 \text{ Н} \quad (3.48)$$

$$\text{Радиальная сила: } F_r = \frac{2 \cdot T_{\text{кр макс.}} \cdot u \cdot \text{tg} \alpha}{d_\omega \cdot \cos \beta} = \frac{2 \cdot 145 \cdot 3,64 \cdot \text{tg} 15^\circ}{0,02876 \cdot \cos 21^\circ} = 14453 \text{ Н} \quad (3.49)$$

$$\text{Осевая сила: } F_a = \frac{2 \cdot T_{\text{кр макс.}} \cdot u \cdot \text{tg} \beta}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 145 \cdot 3,64 \cdot \text{tg} 21^\circ}{0,02876} = 17408 \text{ Н} \quad (3.50)$$



Реакции в опорах:

$$\sum M_A = R_{Bx} * 0,195 - F_t * 0,178 = 0; \quad (3.51)$$

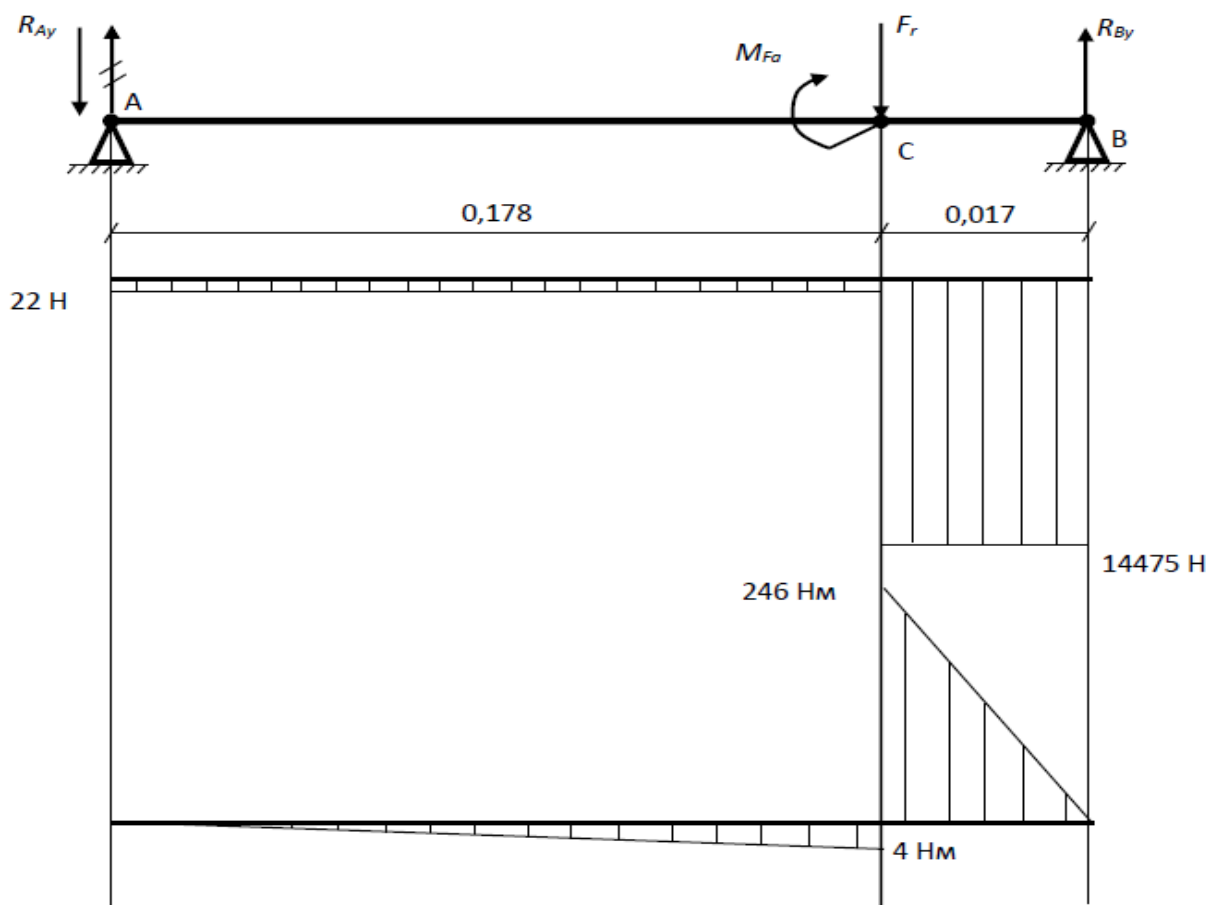
$$R_{Bx} = \frac{F_t * 0,178}{0,195} = \frac{32831 * 0,178}{0,195} = 32580 \text{ Н.} \quad (3.52)$$

$$\sum F_x = R_{Ax} - F_t + R_{Bx} = 0; \quad (3.53)$$

$$R_{Ax} = F_t - R_{Bx} = 35691 - 32580 = 3111 \text{ Н.} \quad (3.54)$$

Определение, действующих моментов:

$$M_C^{\text{top}} = R_{Ax} * 0,178 = 3111 * 0,178 = 553,8 \text{ Нм.} \quad (3.55)$$



$$M_{Fa} = \frac{F_a * d_\omega}{2} = \frac{16013 * 0,02876}{2} = 250 \text{ Нм.} \quad (3.56)$$

Реакции в опорах:

$$\sum M_A = R_{By} * 0,195 - F_r * 0,178 - M_{Fa} = 0 \quad (3.57)$$

$$R_{By} = \frac{F_r * 0,178 + M_{Fa}}{0,195} = \frac{14453 * 0,178 + 250}{0,195} = 14475 \text{ Н.} \quad (3.58)$$

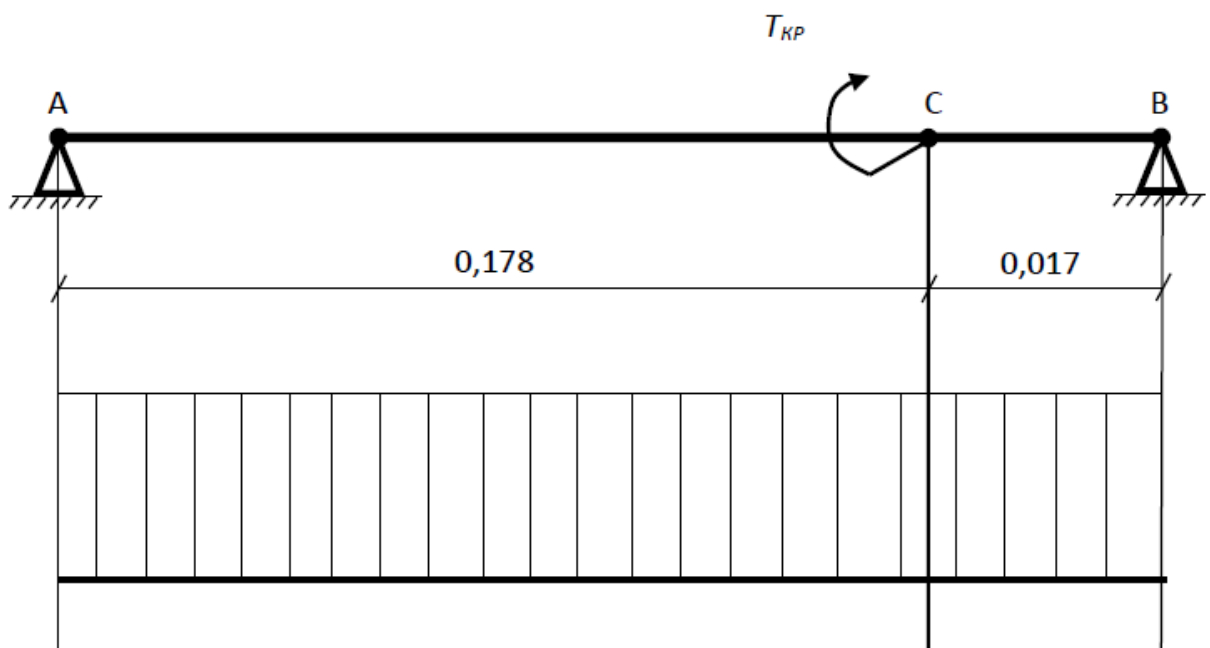
$$\sum M_B = R_{Ay} * 0,195 - F_r * 0,017 + M_{Fa} = 0 \quad (3.59)$$

$$R_{Ay} = \frac{F_r * 0,017 - M_{Fa}}{0,195} = \frac{14453 * 0,017 - 250}{0,195} = -22 \text{ Н.} \quad (3.60)$$

Определение, действующих моментов:

$$M_{C \rightarrow}^{BEPT} = R_{Ay} * 0,178 = 22 * 0,178 = 4 \text{ Нм.} \quad (3.61)$$

$$M_{C \leftarrow}^{BEPT} = R_{By} * 0,017 = 14475 * 0,017 = 246 \text{ Нм.} \quad (3.62)$$



$$T_{\text{круч.}} = \frac{F_t * d_{\omega}}{2} = \frac{32831 * 0,02876}{2} = 513,2 \text{ Нм.} \quad (3.63)$$

Результирующий момент:

Результирующий момент в наиболее нагруженном сечении вала (точка С) равен 0,03 м.

$$M_{\text{рез}} = \sqrt{M_{\Gamma}^2 + M_{\text{В}}^2 + T_{\text{КР}}^2} \quad (3.64)$$

$$M_{\text{рез}} = \sqrt{553,8^2 + 246^2 + 513,2^2} = 794,1 \text{ Нм.}$$

Результирующее напряжение:

$$\sigma_{\text{рез}} = \frac{32 * M_{\text{рез}}}{\pi * d_{\text{В}}^3} = \frac{32 * 731,7}{\pi * 0,03^3} = 300 \text{ МПа.} \quad (3.65)$$

Так как результирующее напряжение меньше допустимого (400 МПа), следовательно, то это говорит о том, что проектируемый вал имеет большую жесткость, что увеличивает долговечность шестерен.

Исходные данные для расчёта шестерен на ведомом валу:

Максимальный крутящий момент двигателя: $T_{\text{Е}} = 145 \text{ Нм} = 145000 \text{ Нмм}$;

Передаточное число первой передачи: $u_{\text{перв.}} = 3,64$;

Шлицевая длина на валу: $b_{\text{вал.}} = 13 \text{ мм}$;

Шлицевая длина на ступице синхронизатора: $b_{\text{синхр.}} = 16 \text{ мм}$;

Рабочая шлицевая ширина: $l_{\text{шлиц.}} = 13 \text{ мм}$;

Модуль: $m_{\text{шест.}} = 1,75$;

Число зубьев: $z_{\text{шест.}} = 37$.

Расчет шлиц на смятие:

$$\sigma_{CM} = \frac{T_E * u}{y * F * l * r_{CP}} \leq [\sigma_{CM}], \quad (3.66)$$

где y – неравномерное распределение усилий, 0,8;

F – площадь всех боковых поверхностей зубьев с одной стороны на 1 мм длины шлицевого соединения, мм²;

$[\sigma_{CM}]$ – допустимое напряжение смятия, $[\sigma_{CM}] = 137$ Н/мм².

Для эвольвентных шлиц:

$$F_{эвол.} = 0,8 * m_{шест.} * z \quad (3.67)$$

$$F_{эвол.} = 0,8 * 1,75 * 37 = 75,2 \text{ мм}^2.$$

Радиус закругления:

$$r_{CP} = 0,5 * d = 0,5 * m * z \quad (3.68)$$

$$r_{CP} = 0,5 * d = 0,5 * 1,75 * 37 = 47 \text{ мм.}$$

$$\sigma_{CM} = \frac{145000 * 3,64}{0,8 * 75,2 * 13 * 47} = 17,32 \text{ Н/мм}^2. \sigma_{CM} \leq [\sigma_{CM}]$$

Условие прочности шлицевого соединения выполнено.

3.3.3 Расчет синхронизаторов

Исходные данные:

Момент инерции ведомого диска сцепления : $J_{ВДС}=0,00343$ кг·м;

Обороты двигателя при $N_{e_{max}}$: $n_N=6200$ мин⁻¹;

Передаточные числа КП: $U_{перв.}=3,64$; $U_{втор.}=2,05$; $U_{трет.}=1,35$; $U_{четв.}=0,94$;
 $U_{пят.}=0,78$; $U_{шест.}=0,69$.

Моменты инерции деталей, постоянно вращающихся с первичным валом:

$$J_{перв.вала} = S(J_i) \quad (3.69)$$

$$J_{перв.вала} = 1,826 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Аналогично производится расчет моментов инерции:

$$\text{Шестерня 1 передачи вторичного вала: } J_1 = 1,356 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\text{Шестерня 2 передачи вторичного вала: } J_2 = 7,619 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\text{Шестерня 3 передачи вторичного вала: } J_3 = 5,355 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\text{Шестерня 4 передачи вторичного вала: } J_4 = 3,433 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\text{Шестерня 5 передачи вторичного вала: } J_5 = 2,537 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\text{Шестерня 6 передачи вторичного вала: } J_6 = 2,411 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Суммарный момент инерции деталей рассчитывается по формуле:

$$J_{ин.} = J_{ВДС} + J_{ПВ} + J_1 \cdot (1/i_1)^2 + J_2 \cdot (1/i_2)^2 + J_3 \cdot (1/i_3)^2 + J_4 \cdot (1/i_4)^2 + J_5 \cdot (1/i_5)^2 + (1/i_6)^2 \quad (3.78)$$

$$J_{ин.} = 0,00655 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Синхронизатор каждой передачи рассчитывается в двух режимах: при разгоне автомобиля (переключение на высшую передачу), и при торможении двигателем (переключение на низшую). Включение первой передачи, когда автомобиль стоит, не рассчитывается, так как считается малонагруженным режимом, в сравнении с другими режимами переключения передач.

Скорость скольжения на поверхности трения:

$$V_{\text{скольж.}} = d_{\text{средн.}} \cdot D_{\text{угл.}} / i_{\text{перед.}} \leq [v], \quad (3.70)$$

где $d_{\text{средн.}}$ – средний диаметр конуса трения;

Разность числа оборотов первичного вала и шестерни включаемой передачи:

$$D_{\text{перед.}} = n_{\text{ведущ.}} - n_{\text{ведом.}}, \quad (3.80)$$

где $n_{\text{ведущ.}}$ – количество оборотов ведущего вала; $n_{\text{ведом.}}$ – приведенное количество оборотов ведущего вала (через включаемую передачу):

- переключение на \uparrow :

$$n_{\text{ведом.}} = n_{\text{ведущ.}} \cdot i_{\text{перед.+1}} / i_{\text{перед.}} \quad (3.71)$$

- переключение на \downarrow :

$$n_{\text{ведом.}} = n_{\text{ведущ.}} \cdot i_{\text{перед.}} / i_{\text{перед.+1}}, \quad (3.72)$$

где $i_{\text{перед.}}$ – передаточное число выключаемой передачи;

$i_{\text{перед.+1}}$ – передаточное число включаемой передачи;

$D_{\text{угл.}}$ – разность угловых скоростей, приведенная к первичному валу.

$$D_{\text{угл.}} = \frac{\pi * D_{\text{перед.}}}{30} \quad (3.73)$$

Итоги вычислений приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Основные параметры синхронизаторов

Обозначение параметра	1	2	3	4	5	6
Переключение на ↑						
$d_{\text{средн.}}$	-	50,854	50,854	50,854	50,854	50,854
$n_{\text{ведущ.}}$	-	6200	6200	6200	6200	6200
$n_{\text{ведом.}}$	-	3003	3897	3884	4664	5485
$D_{\text{перед.}}$	-	2597	1703	1716	936	715
$D_{\text{угл.}}$	-	272	178	180	98	74
$V_{\text{скольж.}}$	-	3,55	3,34	4,86	3,18	2,94
Переключение на ↓						
$d_{\text{средн.}}$	50,854	50,854	50,854	50,854	50,854	-
$n_{\text{ведущ.}}$	4000	6200	6200	6200	6200	-
$n_{\text{ведом.}}$	2145	3897	3884	4664	5485	-
$D_{\text{перед.}}$	1855	1703	1716	936	715	-
$D_{\text{угл.}}$	194	178	180	98	74	-
$V_{\text{скольж.}}$	1,36	2,32	3,37	2,65	3,32	-

Момент синхронизации:

- переключение на ↑:

$$T_{\text{синхр.}} = J_{\text{ин.}} \cdot D_{\text{угл.}} \cdot i_{\text{перед.}} / t_{\text{синхр.}} - M_{\text{пот.}} \cdot i_{\text{перед.}} \quad (3.74)$$

- переключение на ↓:

$$T_{\text{синхр.}} = J_{\text{ин.}} \cdot D_{\text{угл.}} \cdot i_{\text{перед.}} / t_{\text{синхр.}} + M_{\text{пот.}} \cdot i_{\text{перед.}} \quad (3.75)$$

где $t_{\text{синхр.}}$ – время синхронизации. Обычно применяется:

$t_{\text{синхр.}} = 0,4\text{с}$ – для первой передачи;

$t_{\text{синхр.}} = 0,25\text{с}$ – для средних передач;

$t_{\text{синхр.}} = 0,15 \dots 0,20\text{с}$ – для высших передач;

$M_{\text{пот.}}$ – суммарный момент потерь в КП;

$i_{\text{перед.}}$ – передаточное число включаемой передачи.

Осевая сила прижатия блокирующего кольца к конусу шестерни:

$$F_{\text{приж.}} = 2000 \cdot T_{\text{синхр.}} \cdot \sin \alpha / (K_{\text{тр.}} \cdot d_{\text{средн.}}), \quad (3.76)$$

где α – угол конуса синхронизатора, $\alpha = 6^\circ 30'$;

$K_{\text{тр.}}$ – коэффициент трения на конусе синхронизатора, $K_{\text{тр.}} = 0,1$.

Осевая сила прижатия блокирующего кольца к конусу синхронизатора:

$$p_{\text{синхр.}} = F_{\text{приж.}} / (S_{\text{трени.}} \cdot \sin \alpha) \leq [p_{R_{\text{синхр.}}}], \quad (3.77)$$

где $S_{\text{трени.}}$ – рабочая площадь трения на конусе синхронизатора.

$$S_{\text{трени.}} = p_{\text{синхр.}} \cdot d_{\text{средн.}} \cdot l_{\text{к.}}, \quad (3.78)$$

где $l_{\text{к.}}$ – длина образующей конуса.

$$S_{\text{трени.}} = p_{\text{синхр.}} \cdot 50,854 \cdot 9,195 = 1469 \text{мм}^2$$

$$[p_{R_{\text{синхр.}}}] = 3 \text{ Н/мм}^2$$

Работа трения:

- переключение на ↑:

$$Q_{\text{трени.}} = (J_{\text{ин.}} \cdot D_{\text{угл.}}^2 - M_{\text{пот.}} \cdot D_{\text{угл.}} \cdot t_{\text{синхр.}}) / 2 \quad (3.79)$$

- переключение на ↓:

$$Q_{\text{трени.}} = (J_{\text{ин.}} \cdot D_{\text{угл.}}^2 + M_{\text{пот.}} \cdot D_{\text{угл.}} \cdot t_{\text{синхр.}}) / 2 \quad (3.80)$$

Удельная работа трения:

$$q_{\text{трени.}} = Q_{\text{трени.}} / S_{\text{трени.}} \leq [q_{A_{\text{трени.}}}], \quad (3.81)$$

где $[q_{\text{Атр.}}] = 0,09 \text{ Дж/мм}^2$.

Удельная мощность трения:

$$q_{\text{А тр.}}^* = q_{\text{Атр.}} / t_{\text{синхр.}} \leq [q_{\text{А тр.}}^*], \quad (3.82)$$

где $[q_{\text{А тр.}}^*] = 0,35 \text{ Вт/мм}^2$.

Итоги вычислений приведены в таблице 3.16

Таблица 3.16 – Нагрузочные параметры синхронизаторов

Обозначение параметра	1	2	3	4	5	6
Переключение на ↑						
$t_{\text{синхр.}}$	-	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
$T_{\text{синхр.}}$	-	10,21	3,72	2,62	0,99	1,11
$F_{\text{приж.}}$	-	454,4	165,7	116,5	44,0	47,9
$p_{\text{синхр.}}$	-	2,73	1,00	0,70	0,26	0,30
$Q_{\text{тр.}}$	-	177,9	61,1	62,5	12,4	10,5
$q_{\text{тр.}}$	-	0,121	0,042	0,043	0,008	0,007
$q_{\text{А тр.}}^*$	-	0,484	0,166	0,170	0,042	0,035
Переключение на ↓						
$t_{\text{синхр.}}$	0,40	0,25	0,25	0,25	0,20	-
$T_{\text{синхр.}}$	19,02	13,15	9,20	4,34	2,45	-
$F_{\text{приж.}}$	846,6	585,3	409,7	193,1	105,7	-
$p_{\text{синхр.}}$	5,09	3,52	2,46	1,16	0,66	-
$Q_{\text{тр.}}$	203,2	150,3	152,4	56,5	25,3	-
$q_{\text{тр.}}$	0,138	0,102	0,104	0,038	0,017	-
$q_{\text{А тр.}}^*$	0,350	0,410	0,410	0,150	0,085	-

Синхронизатор шестой передачи соответствует нормам показателей осевой силы прижатия блокирующего кольца к конусу шестерни, удельной работы трения и удельной мощности трения.

4 Технологическая часть

4.1 Исходные данные

Ведомый вал является основой, на которую устанавливают подвижные муфты синхронизаторов или шестерен, которые в определенном положении входят в зацепление с соответствующими шестернями ведущего вала. У всех шестерен различный диаметр, вследствие чего обеспечивается изменение величины передаваемого крутящего момента.

4.2 Такт и ритм сборки вторичного вала коробки передач

Для разработки технологического процесса сборки использовалось учебное пособие [8], [9], [10].

Такт сборки:

$$T_{\text{сбор.}} = \frac{F_{\text{врем.}}}{N_{\text{штук.}}}, \quad (4.1)$$

где $F_{\text{врем.}}$ – фонд времени, ч;

$N_{\text{штук.}}$ – программа выпуска изделий за промежуток времени, шт.

Исходные данные:

$N_{\text{штук.}}$ – 50000 штук в год;

$F_{\text{врем.}}$ – 4140 ч;

Длительность выпуска – 5 лет, предприятие работает в две смены.

Действительный годовой фонд:

$$F_{\text{действ.}} = F_{\text{врем.}} * K_{\text{потер.}}, \quad (4.2)$$

где K_n – потери времени на ремонт.

$$F_{\text{действ.}} = 4140 * 0,97 = 4015,8 \approx 4016$$

Такты сборки $F_{\text{врем.}}$ и $F_{\text{действ.}}$ равны:

$$T_{\text{врем.}} = \frac{F_{\text{врем.}} * 60}{N_{\text{штук.}}} \text{ и } T_{\text{действ.}} = \frac{F_{\text{действ.}} * 60}{N_{\text{штук.}}} \quad (4.3)$$

$$T_{\text{врем.}} = \frac{4140 * 60}{50000} = 4,78 \text{ и } T_{\text{действ.}} = \frac{4016 * 60}{50000} = 4,63$$

Ритм сборки $R_{\text{сборк.}}$ – число изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, собираемых в единицу времени.

Номинальный ритм сборки $R_{\text{н}}$ и действительный ритмы сборки $R_{\text{д}}$ можно определить по формулам:

$$R_{\text{номин.}} = 1 / T_{\text{сбор.}} \text{ и } R_{\text{действ.}} = 1 / T_{\text{действ.}} \quad (4.4)$$

$$R_{\text{номин.}} = 1 / 4,78 = 0,21 \text{ и } R_{\text{действ.}} = 1 / 4,63 = 0,22$$

4.3 Перечень сборочных работ

Перечень работ выполнен в виде таблицы, в которой отражены названия выполняемых действий в определенном порядке согласно технологической схеме сборки. Сборка производится в специальном технологическом помещении. Оно оснащено передвижным ленточным конвейером, гидравлическим прессом с двуручным управлением, балансировочной машиной и машиной контроля характеристик готового изделия. Результаты нормирования работ сводим в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Нормирование работ

Основные и вспомогательные переходы	Время, мин.
1. Узловая сборка синхронизаторов	
Взять ступицу и осмотреть её со всех сторон	0,07
Взять муфту и осмотреть её со всех сторон	0,07
Установить муфту на ступицу	0,04
Взять сухарь и фиксатор (шарик) и осмотреть их со всех сторон	0,21
Установить в отверстие сухаря - шарик	0,15
Положить на верстак сухарь и шарик	0,12
Взять пружину фиксатора и осмотреть её со всех сторон	0,21
Установить пружину фиксатора в отверстие паза ступицы	0,18
Установить в паз ступицы, при помощи отвертки, сухарь с шариком, предварительно сжав пружину	0,15
Отложить синхронизатор 1-ой и 2-ой передачи в сборе	0,03
Взять ступицу и осмотреть её со всех сторон	0,07
Взять муфту и осмотреть её со всех сторон	0,07
Установить муфту на ступицу	0,04
Взять сухарь и фиксатор (шарик) и осмотреть их со всех сторон	0,21
Установить в отверстие сухаря - шарик	0,15
Положить на верстак сухарь и шарик	0,12
Взять пружину фиксатора и осмотреть её со всех сторон	0,21
Установить пружину фиксатора в отверстие паза ступицы	0,18
Установить в паз ступицы, при помощи отвертки, сухарь с шариком, предварительно сжав пружину	0,15
Отложить синхронизатор 3-ей и 4-ой передачи в сборе	0,03
Взять ступицу и осмотреть её со всех сторон	0,07
Взять муфту и осмотреть её со всех сторон	0,07
Установить муфту на ступицу	0,04

Продолжение таблицы 4.1

Взять сухарь и фиксатор (шарик) и осмотреть их со всех сторон	0,21
Установить в отверстие сухаря - шарик	0,15
Положить на верстак сухарь и шарик	0,12
Взять пружину фиксатора и осмотреть её со всех сторон	0,21
Установить пружину фиксатора в отверстие паза ступицы	0,18
Установить в паз ступицы, при помощи отвертки, сухарь с шариком, предварительно сжав пружину	0,15
Отложить синхронизатор 5-ой и 6-ой передачи в сборе	0,03
Итого:	3,69
2. Узловая сборка ведомого вала	
Взять ведомый вал и осмотреть его со всех сторон	0,09
Зажать ведомый вал в тисках с винтовым зажимом	0,09
Взять шестерню 2-ой передачи и осмотреть ее со всех сторон	0,09
Установить шестерню 2-ой передачи на вал	0,09
Взять блокирующее кольцо синхронизатора 2-ой передачи и осмотреть его со всех сторон	0,09
Установить блокирующее кольцо синхронизатора 2-ой передачи на вал	0,08
Взять синхронизатор 1-ой и 2-ой передачи в сборе и осмотреть его со всех сторон	0,09
Установить синхронизатор 1-ой и 2-ой в сборе передачи на вал	0,11
Взять стопорное кольцо ступицы синхронизатора осмотреть его со всех сторон	0,09
Установить стопорное кольцо ступицы синхронизатора	0,07
Взять шестерню 1-ой передачи и осмотреть ее со всех сторон	0,09
Установить шестерню 1-ой передачи на вал	0,09
Взять ведущую шестерню главной передачи и осмотреть её со всех сторон	0,09
Установить ведущую шестерню главной передачи	0,09

Продолжение таблицы 4.1

Взять стопорное кольцо	0,09
Установить стопорное кольцо	0,07
Запрессовать роликовый цилиндрический подшипник на вторичный вал до упора	0,09
Разжать тиски взять ведомый вал и повернуть вал на 180° по вертикальной оси	0,07
Зажать ведомый вал в тисках с винтовым зажимом	0,09
Взять шестерню 3-ой передачи и осмотреть ее со всех сторон	0,09
Установить шестерню 3-ей передачи на вал	0,09
Взять синхронизатор 3-ей и 4-ой передачи в сборе	0,09
Установить синхронизатор 3-ей и 4-ой передачи в сборе на вал	0,11
Взять стопорное кольцо ступицы синхронизатора и осмотреть его со всех сторон	0,09
Установить стопорное кольцо ступицы синхронизатора	0,07
Взять шестерню 4-ой передачи и осмотреть ее со всех сторон	0,09
Установить шестерню 4-ой передачи на вал	0,09
Взять упорную шайбу и осмотреть ее со всех сторон	0,09
Установить упорную шайбу на вал	0,09
Взять шариковый подшипник и осмотреть его со всех сторон	0,09
Запрессовать шариковый подшипник на вторичный вал до упора	0,07
Взять упорную шайбу и осмотреть ее со всех сторон	0,09
Установить упорную шайбу на вал	0,09
Взять шестерню 5-ой передачи и осмотреть ее со всех сторон	0,09
Установить шестерню 5-ой передачи на вал	0,09
Взять синхронизатор 5-ой и 6-ой передачи в сборе и осмотреть его со всех сторон	0,09
Установить синхронизатор 5-ой и 6-ой передачи в сборе на вал	0,09

Продолжение таблицы 4.1

Взять стопорное кольцо ступицы синхронизатора и осмотреть его со всех сторон	0,11
Установить стопорное кольцо ступицы синхронизатора	0,09
Взять шестерню 6-ой передачи и осмотреть ее со всех сторон	0,07
Установить шестерню 6-ой передачи на вал	0,09
Взять шариковый подшипник и осмотреть его со всех сторон	0,09
Запрессовать шариковый подшипник на вторичный вал до упора	0,09
Взять упорную шайбу и осмотреть её со всех сторон	0,09
Установить упорную шайбу на вал	0,07
Взять болт и осмотреть её со всех сторон	0,26
Взять гайковерт и завернуть болт в отверстие вала	0,06
Итого:	4,35
Всего:	8,04

4.4 Определение типа производства. Обоснование организационной формы сборки

Тип производства определяется в зависимости от годового выпуска изделий и ориентировочной определенной суммарной трудоёмкости сборки. Для среднесерийного, крупносерийного и массового производств следует определить такт выпуска изделий. В зависимости от Тип производства, программа выпуска изделий, их конструкция, размеры и масса влияют на организационную форму сборки. В данном производстве – поточная непрерывная (массовое производство). Для такого производства характерны большие объемы выпуска собираемых изделий.

5 Анализ экономической эффективности проекта

Введение

Современные вызовы, с которыми сталкивается промышленность в России, вынуждают производителей принимать комплекс мер, направленных на сокращение возможных издержек и оптимизацию производства. В связи с этим повышение эксплуатационных качеств узлов и агрегатов автомобиля, целесообразно проводить без повышения финансовых затрат на изготовление и обеспечить применяемость узла (унифицировать) для большинства ряда современных автомобилей LADA.

Проектируемая КП является решением, которое позволит устанавливать данную КП на весь ряд автомобилей, сходящих с конвейера завода. В связи с этим исчезнет необходимость в приобретении у поставщиков другой КП, что сэкономит временные затраты на оформление поставок и материальные затраты на транспортировку КП до завода.

Кроме того, новая КП обладает неоспоримыми преимуществами перед современными заводскими аналогами:

- Снижение расхода топлива, которое достигается путем внедрения пятой и шестой передачи, которые рассчитаны для меньшего потребления топлива при движении на высокой скорости автомобиля.

5.1 Расчет затрат на модернизацию проектируемой КП

Исходные данные для расчета себестоимости проектируемой КП приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Исходные данные

Наименование показателей	Обозн.	Ед. изм.	Норма
Коэффициент страховых взносов	К _{СВ}	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	К _{ОБЗ}	%	150
Коэффициент коммерческих расходов	К _{ВЦ}	%	5
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	К _{ОБ}	%	194
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	К _{ТР}	%	0,245
Коэффициент цеховых расходов	К _Ц	%	183
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	К _{ПД}	%	20
Коэффициент возвратных отходов	К _{ВОТ}	%	1,5
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	К _И	%	8
Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	К _{ВЫП}	%	
Часовая тарифная ставка для i - го разряда	С _р		85,2
3		руб.	94,7
4		руб.	110,5
Годовая программа выпуска	N _{год.}	шт.	50000
Коэффициент капиталообразующих инвестиций	К _{инвест.}	%	1,1
Амортизационная норма	Н _А	%	14,3
Значение рентабельности	У _р	%	30

Статья «Сырье и материалы» не рассчитывается.

Формула для расчета материальных затрат на комплектующие изделия:

$$П_{издел.} = Ц_i * n_i * (1 + \frac{К_{ТЗР}}{100}), \quad (5.1)$$

где - Ц_i - оптовая цена комплектующих изделий, руб.;

Таблица 5.2 – Покупные изделия для модернизации

Название изделия	Количество, шт.	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Датчик скорости движения авто	1	700	700
Болт закрепления датчика скорости	1	20	20
Синхронизатор в сборе	1	1640	1640
Шестерня ведущего вала	1	2800	2800
Шестерня ведомого вала	1	2000	2000
Итого:		7460	
Транспортно-заготовительные расходы		2,45%	
Всего:		7642,77	

$$П_u = 7642,77 \text{ руб.}$$

Материальные средства для обеспечения рабочих заработной платой:

$$З_o = З_m * (1 + \frac{К_{ПД}}{100}), \quad (5.2)$$

где $З_m$ - тарифная з/п, руб., которая рассчитывается по формуле:

$$З_m = C_{pi} * T_i, \quad (5.3)$$

где C_{pi} - часовая ставка по тарифу, руб.;

T_i - трудоемкость выполнения операции, час.;

$К_{ПД}$ - коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве.

Таблица 5.3 – Выполняемые операции

Тип операции	Рабочий разряд	Трудоемкость, н/ч	Тарифная ставка, руб.	Зарплата по тарифу, руб.
Сборочная	4	1,43	94,7	135,75
Прессовочная	5	0,20	110,5	22,62
Сборочная	4	0,81	94,7	76,36
Прессовочная	5	0,37	110,5	40,72
Сборочная	4	0,57	94,7	54,30
Прессовочная	5	0,46	110,5	51,30
Итого:	381,05			
Доплаты за проработанное время	20,5			
Всего:	401,55			

Дополнительная зарплата находится по формуле:

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

где $K_{вып.}$ - коэффициент отчислений на дополнительную зарплату.

$$Z_{доп.} = 401,55 * 8\% = 32,12 \text{ руб.}$$

Расчет статьи отчисление в страховые взносы:

$$P_{соц.н.} = (Z_o + Z_{доп.}) * K_{ф.}, \quad (5.5)$$

где $K_{соц.н.}$ - коэффициент отчислений в страховые взносы.

$$P_{соц.н.} = (401,55 + 32,12) * 30\% = 130,10 \text{ руб.}$$

Расчет средств на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$P_{оборуд.} = Z_o * K_{об.}, \quad (5.6)$$

где K_{OB} - коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %.

$$P_{оборуд.} = 401,55 * 194\% = 779 \text{ руб.}$$

Расчет статьи цеховые расходы:

$$P_{цех.} = Z_o * K_{ц}, \quad (5.7)$$

где $K_{ц}$ - коэффициент цеховых расходов, %.

$$P_{цех.} = 401,55 * 183\% = 734,83 \text{ руб.}$$

Расчет статьи цеховая себестоимость:

$$C_{цех.} = \Pi_{и} + Z_o + Z_{доп} + P_{соц.н.} + C_{сод.об.} + P_{цех.} \quad (5.8)$$

$$C_{цех.} = 7642,77 + 401,55 + 32,12 + 130,10 + 779 + 734,83 = 9720,37 \text{ руб.}$$

Расчет статьи расходы на инструмент:

$$C_{инстр.} = Z_o * E_{инстр.} \quad (5.9)$$

$$C_{инстр.} = 401,55 * 0,03 = 12,05 \text{ руб.}$$

Расчет статьи общезаводские расходы:

$$P_{об.завод.} = Z_o * K_{OBЗ} \quad (5.10)$$

$$P_{об.завод.} = 401,55 * 150\% = 602,32 \text{ руб.}$$

Расчет статьи производственная себестоимость:

$$C_{пр} = C_{цех} + P_{об.завод.} \quad (5.11)$$

$$C_{np} = 9720,37 + 602,32 = 10322,69 \text{ руб.}$$

Расчет статьи внепроизводственные расходы:

$$P_{внепр.} = C_{np.} * K_{ВЦ} \quad (5.12)$$

$$P_{внепр.} = 10322,69 * 5\% = 516,13 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость находится по следующей формуле:

$$C_{полно.} = C_{np.} + P_{внепр.} \quad (5.13)$$

$$C_{полно.} = 10322,69 + 516,13 = 10838,82 \text{ руб.}$$

Расчет статьи плановая прибыль:

$$П_n = C_{пол.} * У_p \quad (5.14)$$

$$П_n = 10838,82 * 30\% = 3251,65 \text{ руб.}$$

Расчет статьи расчетная цена:

$$Ц_{расч.n} = C_{пол.б} + П_n \quad (5.15)$$

$$Ц_{расч.n} = 10190,29 + 3251,65 = 13441,94 \text{ руб.}$$

$$Ц_{расч.n} = Ц_{расч.б} = 13441,94 \text{ руб.}$$

Сравнительная калькуляция себестоимости базовой и проектируемой коробки передач сведены в таблицу 5.4

Таблица 5.4 – Сравнение материальных затрат на себестоимость базового и проектируемого сцепления

Показатели затрат	Обозначение	На единицу изделия базового варианта, руб.	На единицу изделия проектного варианта, руб.
Комплекующие изделия	Π_u	7025,12	7642,77
Заработная плата основная	Z_o	401,55	401,55
Заработная плата дополнительная	$Z_{доп.}$	32,12	32,12
Отчисления в страховые взносы	$P_{с.в.}$	130,10	130,10
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$P_{оборуд.}$	779	779
Цеховые расходы	$P_{цех.}$	734,83	734,83
Расходы на инструмент и оснастку	$P_{инстр.}$	12,05	12,05
Цеховая себестоимость	$C_{цех.}$	9102,72	9720,37
Общезаводские расходы	$P_{об.завод.}$	602,32	602,32
Производственная себестоимость	$C_{пр.}$	9705,04	10322,69
Внепроизводственные расходы	$P_{внепр.}$	485,25	516,13
Полная себестоимость	$C_{полно.}$	10190,29	10838,82
Плановая прибыль	Π_n	3057,09	3251,65
Расчетная цена	$C_{расч.}$	13441,94	13441,94

5.2 Расчет точки безубыточности проекта

$$C_{опт} * V_{год} = Z_{пост} + Z_{пер.уд.} * V_{год}, \quad (5.16)$$

где $C_{опт}$ – оптовая цена изделия, руб.;

$Z_{пост}$ - постоянные затраты на производство, руб.;

$Z_{пер.уд.}$ - переменные удельные затраты на производство, руб.

Подсчет переменных издержек:

Для единицы изделия:

$$Z_{пер.уд.} = \Pi_u + Z_o + Z_{дон} + P_{соц.н.} \quad (5.17)$$

$$Z_{пер.уд.} (б) = 7025,12 + 401,55 + 32,12 + 130,10 = 7588,89 \text{ руб.}$$

$$Z_{пер.уд.} (п) = 7642,77 + 401,55 + 32,12 + 130,10 = 8206,54 \text{ руб.}$$

1) На годовую программу выпуска:

$$Z_{пер.н.} = Z_{пер.уд.} * V_{годов.} \quad (5.18)$$

$$Z_{пер.н.} (б) = 7588,89 * 50000 = 379444500 \text{ руб.}$$

$$Z_{пер.н.} (п) = 8206,54 * 50000 = 410327000 \text{ руб.}$$

Определение постоянных затрат:

1) На единицу изделия:

$$Z_{пост.уд.} = P_{сод.об.} * 0,87 + P_{цех.} + P_{об.завод.} + P_{внепр.} + A_{уд.}, \quad (5.19)$$

где $A_{уд.}$ - вычеты на амортизацию, руб.

$$A_{уд.} = (P_{оборуд.} + P_{инстр.}) * H_A, \quad (5.20)$$

H_A – доля амортизационных отчислений, 14,3%.

$$A_{уд.} = (779+12,05)*0,143 = 113,12 \text{ руб.}$$

Для базового варианта:

$$Z_{пост.уд.} = 779 * 0,87 + 734,83 + 602,32 + 485,25 + 25,61 = 2525,74 \text{ руб.}$$

Для проектируемого варианта:

$$Z_{пост.уд.} = 779 * 0,87 + 734,83 + 602,32 + 516,13 + 25,61 = 2556,62 \text{ руб.}$$

Для годовой программы производства:

$$Z_{\text{пост}} = Z_{\text{пост.уд.}} * V_{\text{годов.}} \quad (5.21)$$

Для базового варианта:

$$Z_{\text{пост}} = 2525,74 * 50000 = 126287500 \text{ руб.}$$

Для проектируемого варианта:

$$Z_{\text{пост}} = 2556,62 * 50000 = 127831000 \text{ руб.}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия:

$$C_{\text{полн.г.п.}} = C_{\text{полн.}} * V_{\text{год}} \quad (5.22)$$

$$C_{\text{полн.г.п.}} = 10838,82 * 50000 = 541941000 \text{ руб.}$$

Получаемая выручка от продажи изделия:

$$B = C_{\text{расч.}} * V_{\text{год}} \quad (5.23)$$

$$B = 13441,94 * 50000 = 672097000 \text{ руб.}$$

Расчет критического объема продаж (только для проекта):

$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.п.}}}{C_{\text{расч.}} - Z_{\text{перем.уд.п.}}} \quad (5.24)$$

$$A_{\text{крит}} = \frac{127831000}{13441,94 - 8206,54} = 24416,7 \text{ шт.} \quad \text{Принимаем } A_{\text{крит}} = 24420 \text{ шт.}$$

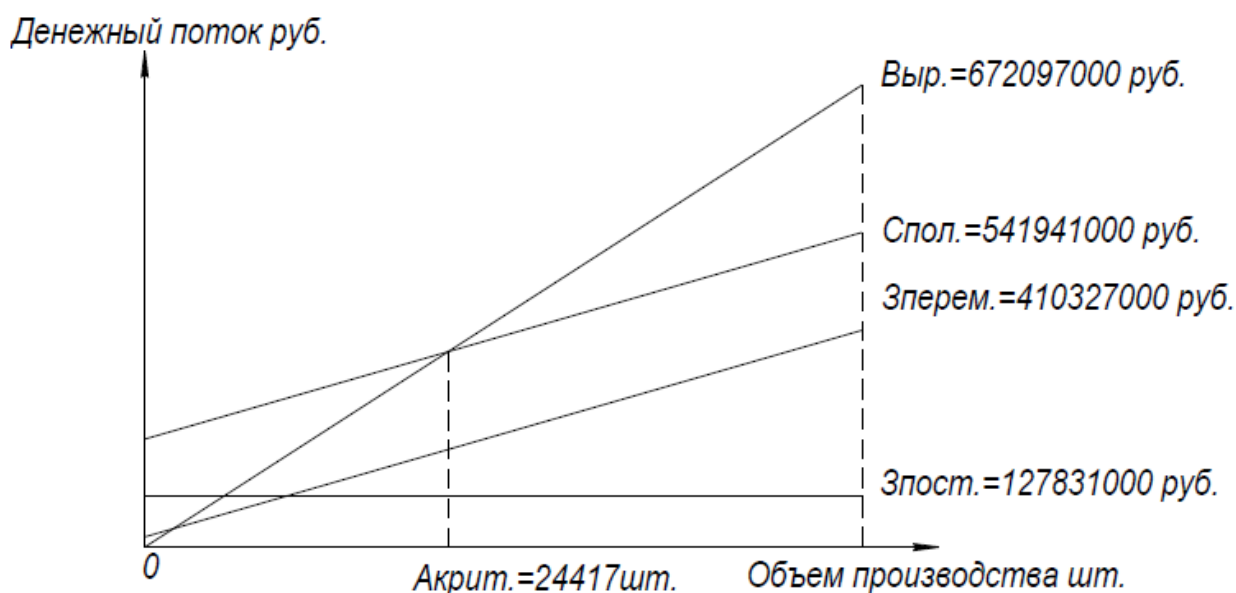


Рисунок 5.1 – Определение точки безубыточности

Увеличение объема производства модернизированной КП будет происходить каждый год на определенную величину, которая определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{V_{max} - A_{крит.}}{n-1}, \quad (5.25)$$

где $V_{max} = N$ - максимальный объем продукции, шт.;

$A_{крит.}$ - критический объем продаж, шт.;

n – количество лет, ($n = 6$).

$$\Delta = \frac{50000 - 24420}{6-1} = 5116 \text{ шт.}$$

5.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

Выручка по годам:

$$V_i = C_{онм.} \cdot N_{n,i}, \quad (5.26)$$

где $N_{n,i}$ – количество изделий, проданных в i -ом году.

$$V_{n.i} = A_{\text{крит.}} + \Delta \quad (5.27)$$

$$N_{n.1} = 24420 + 5116 = 29536 \text{ шт.}$$

$$N_{n.2} = 24420 + 6395 = 30815 \text{ шт.}$$

$$N_{n.3} = 24420 + 8527 = 32947 \text{ шт.}$$

$$N_{n.4} = 24420 + 12790 = 37210 \text{ шт.}$$

$$N_{n.5} = 24420 + 25580 = 50000 \text{ шт.}$$

$$B_{n.1} = 13441,94 * 29536 = 396994255,96 \text{ руб.}$$

$$B_{n.2} = 13441,94 * 30815 = 414186497,22 \text{ руб.}$$

$$B_{n.3} = 13441,94 * 32947 = 442844713,30 \text{ руб.}$$

$$B_{n.4} = 13441,94 * 37210 = 500161145,46 \text{ руб.}$$

$$B_{n.5} = 13441,94 * 50000 = 672097000,00 \text{ руб.}$$

Считаем переменные затраты для базового и проектного варианта

$$З_{\text{перемен.}i} = З_{\text{пер.уд.}} \cdot V_{\text{прод.}i} \quad (5.28)$$

$$З_{\text{перемен.}1б} = 7588,89 * 29534 = 224130277,26 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}2б} = 7588,89 * 30813 = 233836467,57 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}3б} = 7588,89 * 32945 = 250015981,05 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}4б} = 7588,89 * 37209 = 282375008,01 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}5б} = 7588,89 * 50000 = 379444500,00 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}1п} = 8206,54 * 29534 = 242371952,36 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}2п} = 8206,54 * 30813 = 252868117,02 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}3п} = 8206,54 * 32945 = 270364460,30 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}4п} = 8206,54 * 37209 = 305357146,86 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{перемен.}5п} = 8206,54 * 50000 = 410327000,00 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления для годовой программы выпуска:

$$A_{полн.} = A_{уд.} \cdot V_{год} \quad (5.29)$$

$$A_{полн.} = 113,12 \cdot 50000 = 5656000,00 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость по годам:

$$C_{п.i} = Z_{перемен.i} + Z_{пост.} \quad (5.30)$$

$$C_{n.1б} = 224130277,26 + 126287500 = 350417777,26 \text{ руб.}$$

$$C_{n.2б} = 233836467,57 + 126287500 = 360123967,57 \text{ руб.}$$

$$C_{n.3б} = 250015981,05 + 126287500 = 376303481,05 \text{ руб.}$$

$$C_{n.4б} = 282375008,01 + 126287500 = 408662508,01 \text{ руб.}$$

$$C_{n.5б} = 379444500,00 + 126287500 = 505732000,00 \text{ руб.}$$

$$C_{n.1н} = 242371952,36 + 127831000 = 370202952,36 \text{ руб.}$$

$$C_{n.2н} = 252868117,02 + 127831000 = 380699117,02 \text{ руб.}$$

$$C_{n.3н} = 270364460,30 + 127831000 = 398195460,30 \text{ руб.}$$

$$C_{n.4н} = 305357146,86 + 127831000 = 433188146,86 \text{ руб.}$$

$$C_{n.5н} = 410327000,00 + 127831000 = 538158000,00 \text{ руб.}$$

Ежегодная прибыль, облагаемая налогом:

$$П_{нал.i} = B_i - C_{n.i} \quad (5.31)$$

$$П_{нал.1б} = 396994255,96 - 350417777,26 = 46576478,70 \text{ руб.}$$

$$П_{нал.2б} = 414186497,22 - 360123967,57 = 54062529,65 \text{ руб.}$$

$$П_{нал.3б} = 442844713,30 - 376303481,05 = 66541232,25 \text{ руб.}$$

$$П_{нал.4б} = 500161145,46 - 408662508,01 = 91498637,45 \text{ руб.}$$

$$П_{нал.5б} = 672097000,00 - 505732000,00 = 166365000,00 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{нал.1н}} &= 396994255,96 - 370202952,36 = 26791303,60 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{нал.2н}} &= 414186497,22 - 380699117,02 = 33487380,20 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{нал.3н}} &= 442844713,30 - 398195460,30 = 44649253,00 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{нал.4н}} &= 500161145,46 - 433188146,86 = 66972998,60 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{нал.5н}} &= 672097000,00 - 538158000,00 = 133939000,00 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Налоговые вычеты от ежегодной прибыли – 20 %

$$H_{\text{нал.}i} = \Pi_{\text{р.обл.}i} \cdot 0,2 \quad (5.32)$$

$$\begin{aligned} H_{\text{нал.1б}} &= 46576478,70 * 0,2 = 9315295,74 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.2б}} &= 54062529,65 * 0,2 = 10812505,93 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.3б}} &= 66541232,25 * 0,2 = 13308246,45 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.4б}} &= 91498637,45 * 0,2 = 18299727,49 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.5б}} &= 166365000,00 * 0,2 = 33273000,00 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.1н}} &= 26791303,60 * 0,2 = 5358260,72 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.2н}} &= 33487380,20 * 0,2 = 6697476,04 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.3н}} &= 44649253,00 * 0,2 = 8929850,60 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.4н}} &= 66972998,60 * 0,2 = 13394599,72 \text{ руб.} \\ H_{\text{нал.5н}} &= 133939000,00 * 0,2 = 26787800,00 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Чистая ежегодная прибыль от производства:

$$\Pi_{\text{чист.}i} = \Pi_{\text{р.обл.}i} - H_{\text{пр.}i} \quad (5.33)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{чист.1б}} &= 46576478,70 - 9315295,74 = 37261182,96 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{чист.2б}} &= 54062529,65 - 10812505,93 = 43250023,72 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{чист.3б}} &= 66541232,25 - 13308246,45 = 53232985,80 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{чист.4б}} &= 91498637,45 - 18299727,49 = 73198909,96 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{чист.5б}} &= 166365000,00 - 33273000,00 = 133092000 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$П_{\text{чист.1б}} = 26791303,60 - 5358260,72 = 21433042,88 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{чист.2б}} = 33487380,20 - 6697476,04 = 26789904,16 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{чист.3б}} = 44649253,00 - 8929850,60 = 35719402,40 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{чист.4б}} = 66972998,60 - 13394599,72 = 53578398,88 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{чист.5б}} = 133939000,00 - 26787800,00 = 107151200,00 \text{ руб.}$$

Расчет экономии от снижения расхода топлива.

Годовая экономия от снижения расхода топлива при равной мощности базового и модернизированного автомобиля равна:

$$Э_{\text{общ.}} = Гэ.т.и = (C_{\text{б.}} - C_n) \cdot V_i = (0,001 \cdot Zг \cdot (g_{\text{б.}} - g_n) \cdot Ц_{\text{топл.}} \cdot K_{\text{топл.}}) \cdot V_i, \quad (5.34)$$

где $C_{\text{б.}}$, C_n – расход топлива на базовый и проектируемый автомобиль соответственно, руб;

$Zг$ – годовой пробег автомобиля, 20000 км;

$g_{\text{б.}}$, g_n – путевой расход топлива автомобиля базового и проектируемого варианта, л/100 км, при 35 м/с (126 км/ч);

$Ц_{\text{топл.}}$ – цена топлива за 1 л, АИ-95 = 39 руб;

$K_{\text{топл.}}$ – коэффициент повышения расхода топлива в зимний период,

$K_m = 1,04$.

$$Гэ.т.1 = (0,001 * 30000 * (9,33 - 8,76) * 39 * 1,04) * 29534 = 20484073,58 \text{ руб.}$$

$$Гэ.т.2 = (0,001 * 30000 * (9,33 - 8,76) * 39 * 1,04) * 30813 = 21371157,29 \text{ руб.}$$

$$Гэ.т.3 = (0,001 * 30000 * (9,33 - 8,76) * 39 * 1,04) * 32945 = 22849861,32 \text{ руб.}$$

$$Гэ.т.4 = (0,001 * 30000 * (9,33 - 8,76) * 39 * 1,04) * 37209 = 25807269,38 \text{ руб.}$$

$$Гэ.т.5 = (0,001 * 30000 * (9,33 - 8,76) * 39 * 1,04) * 50000 = 34678800,00 \text{ руб.}$$

Текущий чистый доход (накопление сальдо):

$$НС_i = П_{\text{чист.и.п}} - П_{\text{чист.и.б}} + A_{\text{полн.}} + П_{\text{ожид.и}} \quad (5.35)$$

$$HC_1 = 21433042,88 - 37261182,96 + 5656000,00 + 20484073,58 = 10311933,50 \text{ руб.}$$

$$HC_2 = 26789904,16 - 43250023,72 + 5656000,00 + 21371157,29 = 10567037,73 \text{ руб.}$$

$$HC_3 = 35719402,40 - 53232985,80 + 5656000,00 + 22849861,32 = 10992277,92 \text{ руб.}$$

$$HC_4 = 53578398,88 - 73198909,96 + 5656000,00 + 25807269,38 = 11842758,30 \text{ руб.}$$

$$HC_5 = 107151200,00 - 133092000,00 + 5656000,00 + 34678800,00 = 14394000,00 \text{ руб.}$$

Дисконтирование денежного потока:

$$\alpha_i = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (5.36)$$

где E - норматив дисконтирования;

$$E = 10 \%;$$

t – год приведения затрат и результатов, (расчетный год);

$$\alpha_1 = 0,909; \alpha_2 = 0,826; \alpha_3 = 0,751; \alpha_4 = 0,683; \alpha_5 = 0,621.$$

Текущий чистый дисконтированный доход:

$$ЧДД_i = ЧД_i \cdot \alpha_i \quad (5.37)$$

$$ЧДД_1 = 10311933,50 * 0,909 = 9373547,55 \text{ руб.}$$

$$ЧДД_2 = 10567037,73 * 0,826 = 8728373,16 \text{ руб.}$$

$$ЧДД_3 = 10992277,92 * 0,751 = 8255200,72 \text{ руб.}$$

$$ЧДД_4 = 11842758,30 * 0,683 = 8088603,92 \text{ руб.}$$

$$ЧДД_5 = 14394000,00 * 0,621 = 8938674,00 \text{ руб.}$$

Суммарный ЧДД:

$$\Sigma ЧДД = \Sigma ЧДД_i \quad (5.38)$$

$$\Sigma \text{ЧДД} = 9373547,55 + 8728373,16 + 8255200,72 + 8088603,92 + 8938674,00 = 43384399,35 \text{ руб.}$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях:

$$I_o = K_{инв} * \Sigma C_{пол.ин}, \quad (5.39)$$

где $K_{инв} = 1,2 \%$.

$$I_o = 0,012 * 1636101476,54 = 19633217,72 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \Sigma \text{ЧДД} - I_o \quad (5.40)$$

$$\text{ЧДД} = 43384399,35 - 19633217,72 = 23751181,63 \text{ руб.}$$

Индекс доходности:

$$I_D = \frac{\text{ЧДД}}{I_o} \quad (5.41)$$

$$I_D = \frac{23751181,63}{19633217,72} = 1,21$$

Срок окупаемости с учетом дисконтирования:

$$T_{окуп.} = \frac{I_o}{\text{ЧДД}} \quad (5.42)$$

$$T_{окуп.} = \frac{19633217,72}{23751181,63} = 0,83$$

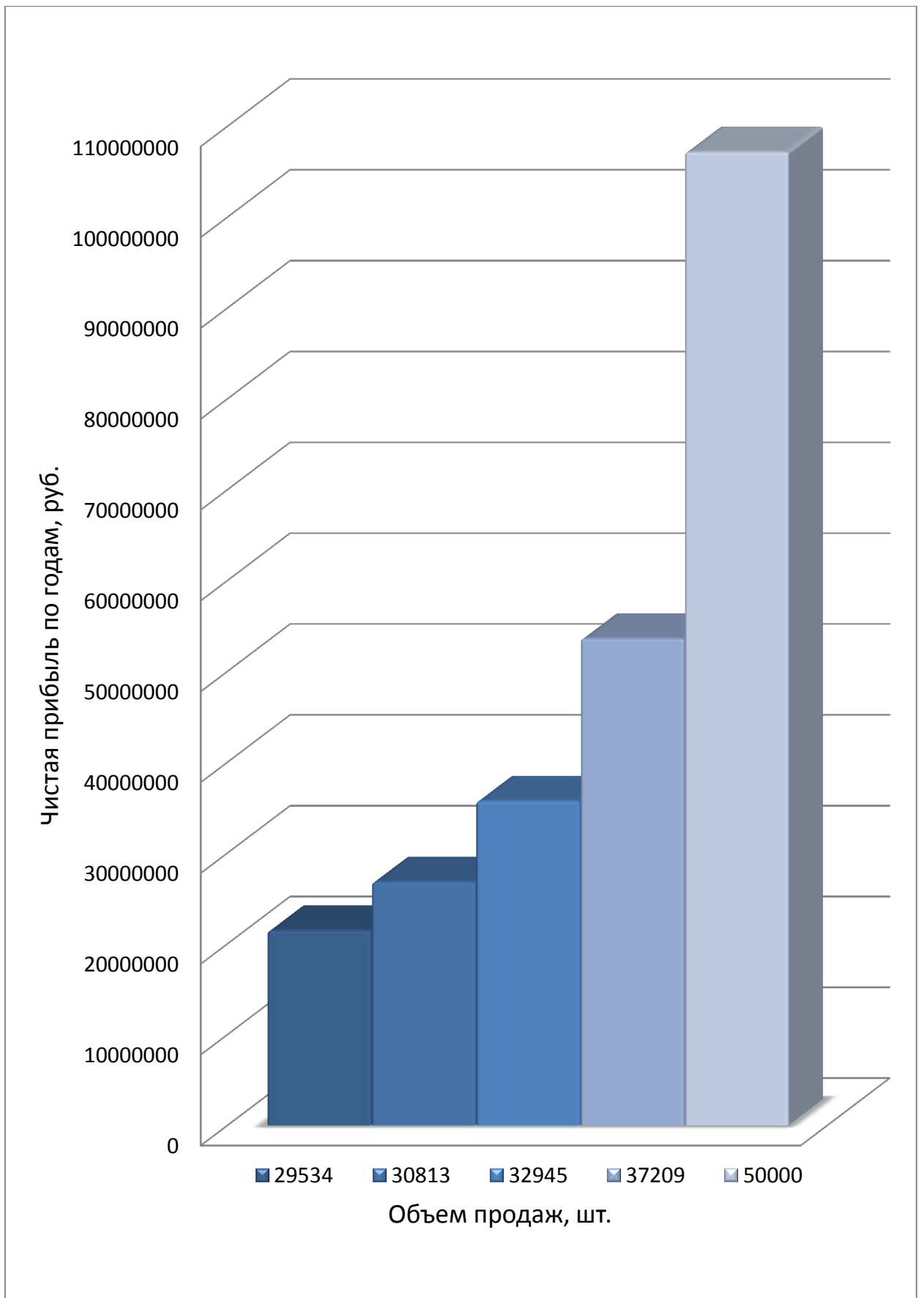


Рисунок 5.2 – График соотношения между объемом производства и прибылью

Показатели коммерческой эффективности проектируемой КП сводятся в таблицу 5.5

Таблица 5.5 - Показатели коммерческой эффективности

Показатели	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Реализованный объем, шт.		29536	30815	32947	37210	50000
Расчетная цена за единицу изделия, руб.		13441,94				
Выручка, тыс. руб.		396994	414186	442844	500161	672097
Переменные затраты (б), тыс. руб.		224130	233836	250015	282375	379444
Переменные затраты (п), тыс. руб.		242371	252868	270364	305357	410327
Амортизация, руб.		5656000				
Постоянные затраты (б), руб.		126287500				
Постоянные затраты (п), руб.		127831000				
Полная себестоимость (б), тыс.руб.		350417	360123	376303	408662	505732
Полная себестоимость (п), тыс.руб.		370202	380699	398195	433188	538158
Налогооблагаемая прибыль (п), тыс. руб.		26791	33487	44649	66972	133939
Общественная эффективность, тыс. руб.		20484	21371	22849	25807	34678
Чистый поток реальных денег, тыс. руб.		10311	10567	10992	11842	14394
Коэффициент дисконтирования.		0,909	0,826	0,753	0,683	0,621
Чистый дисконтированный поток реальных денег, тыс.руб.		9373	8728	8255	8088	8938
Капиталообразующие инвестиции, тыс. руб.	19633					
Индекс доходности.		1,21				
Срок окупаемости проекта, год.		0,83				
Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.		23751				

5.4 Вывод по разделу

Основываясь на полученных расчетах материальных затрат на производство и реализацию КП делаем следующие выводы:

1) Затраты на производство разрабатываемой коробки передач превышают затраты на производство базовой коробки передач, но за счет экономии топлива проект несет в себе положительный эффект.

2) Чистый дисконтный доход положителен, что означает, что проект будет приносить прибыль в течение заданного периода, не смотря на инфляцию и другие изменения рынка.

3) Индекс доходности положителен и больше единицы, что также характеризует положительный эффект проекта.

4) Срок окупаемости не превышает единицу, что говорит о минимальных рисках проекта.

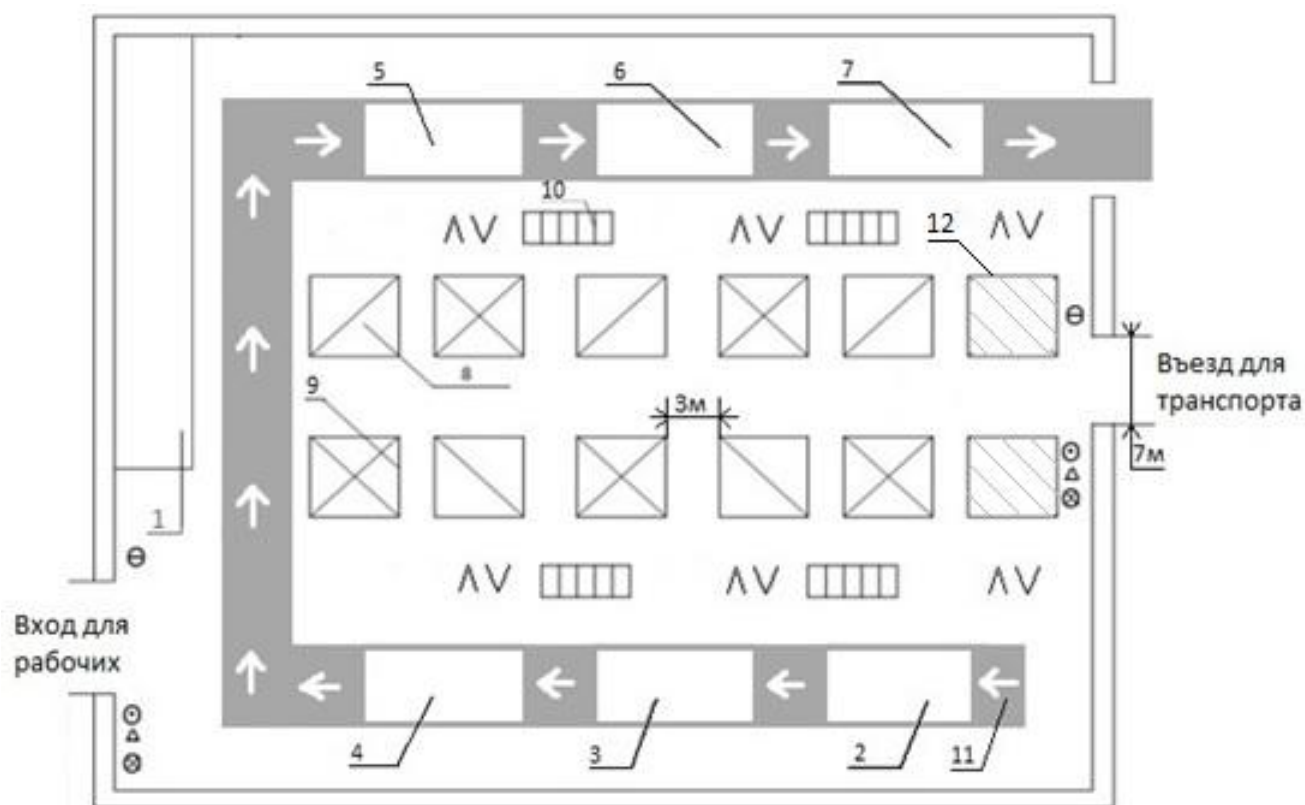
6 Безопасность и экологичность технического объекта

6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

В данном подразделе рассматриваются такие вопросы как:

- оценка расположения рабочих мест сборки сцепления в цехе (расположение вспомогательного оборудования, места подъезда транспорта, место расположения людей при отдыхе);
- описание оборудования, используемое на рабочих местах;
- идентификация возможных рисков, связанных с работой на техническом объекте, мероприятия по их исключению (снижению);
- используемые методы обеспечения пожарной и техногенной безопасности, дополнительные мероприятия, связанные с повышением безопасности на участке;
 - методы обеспечения экологической безопасности объекта.

Сборочный цех расположен в зоне обрабатывающих цехов. Его располагают вблизи заготовительных цехов у главного входа, как цех с большим числом рабочих. Цех сборки оборудован системой вентиляции и отопления: применяется система общеобменной приточновытяжной вентиляции и система воздушного отопления.



1 - Место для отдыха; 2,4,6 - Стенд сборки; 3,5,7 – Гидравлический пресс; 8 - Контейнер с деталями базовой КП; 9 - Контейнер с модернизируемыми деталями КП; 10 - Документации; 11 - Ленточный конвейер; 12 – контейнер для мусора; ⊙ - Огнетушитель ОЖ7; V - Водяные, пенные системы пожаротушения; Λ - Технические средства оповещения и управления эвакуацией; Δ - Пожарный гидрант; ⊗ - Пожарный крюк, топор, лом; ⊖ - Ручной, тепловой пожарный извещатель.

Рисунок 6.1 Эскиз рабочего участка

Виды работ, выполняемые на участке:

- 1) Сборочная (Сборка элементов зубчатых зацеплений и синхронизаторов 1-ой и 2-ой передачи);
- 2) Прессовочная (Запрессовка роликового цилиндрического подшипника);
- 3) Сборочная (Сборка элементов зубчатых зацеплений и синхронизаторов 3-ей и 4-ой передачи);
- 4) Прессовочная (Запрессовка шарикового подшипника);
- 5) Сборочная (Сборка элементов зубчатых зацеплений и синхронизаторов 5-ой и 6-ой передачи);
- 6) Прессовочная (Запрессовка шарикового подшипника).

Список инструментов, используемых при сборке КП:

- 1) Пневматический гайковерт модели FUBAG PW158/312 (производство Германия);
- 2) Молоток модели БМ весом 1000гр (производство Россия);
- 3) Шестигранная головка модели Stanley на 10,13,17,32мм (производство Россия);
- 4) Шлицевая отвертка модели King Tony 5,5x75мм (производство Япония);
- 5) Ударная отвертка модели King Tony 5/16 (производство Япония).

В целях уменьшения запыленности, загазованности и шума контейнеры с базовыми и модернизируемыми деталями поступают при помощи электропогрузчика. Все детали, привозимые в контейнерах, рассортированы отдельно для каждой сборочной операции и упакованы в бумагу. Упаковку из-под деталей утилизируют в контейнер, размещенный возле средств пожаротушения. Путь доставки деталей указан на эскизе рабочего участка (рис. 6.1). Ширина проезда для электропогрузчика составляет 7м., а расстояние между контейнерами – 3м. Согласно ГОСТ 12.3.020-80. ССБТ. «Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности», подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час) составляет до 15 и 10 кг для мужчин и женщин соответственно (оптимальная физическая нагрузка). Масса коробки передач в сборе составляет 32 кг, в связи с этим для перемещения используется ленточный конвейер, от одной операции и далее к следующей. Первоначальным этапом на оснастку ленточного конвейера рабочим устанавливается только картер коробки передач весом 9 кг, что соответствует правилам ОТ, т.к рабочий поднимает предельно допустимый вес детали. Дальнейшее перемещение коробки передач осуществляется прерывным потоком, что определяет требуемое время для сборки на каждой операции. Момент запрессовки подшипников 60...100 кН, момент затяжки гаек

130...150 Н*м. Собранный коробка передач, также по ленточному конвейеру, поступает в следующий отдел сборки.

Таблица 6.1 – Технологический паспорт проектируемой КП

Технологический процесс	Вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование	Материалы, вещества
Сборка шестиступенчатой коробки передач	Сборочная	Слесарь МСР	Стенд сборки	Металл
	Прессовочная	Слесарь МСР	Гидравлический пресс	Металл
	Сборочная	Слесарь МСР	Стенд сборки	Металл
	Прессовочная	Слесарь МСР	Гидравлический пресс	Металл
	Сборочная	Слесарь МСР	Стенд сборки	Металл
	Прессовочная	Слесарь МСР	Гидравлический пресс	Металл

6.2 Выявление профессиональных рисков

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

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков

Вид выполняемых работ	Опасный вредный производственный фактор	Источник опасного вредного производственного фактора
Сборочная	Острые кромки, заусенцы.	Базовые и модернизируемые детали КП.
	Монотонность труда.	Утомление, усталость, нагрузка на ноги.
	Перенапряжение зрительных рецепторов.	Эмоциональное напряжение.
	Повышенный уровень шума, вибраций.	Пневматический гайковерт.
Прессовочная	Движущиеся части применяемого оборудования.	Гидравлический пресс.
	Монотонность труда.	Утомление, усталость, нагрузка на ноги.

6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

- Индивидуальные мероприятия, к которым относятся средства по обеспечению индивидуальной защиты;
- Коллективные, к которым относятся мероприятия по обучению персонала использованию устройств, применение мероприятий по пожаробезопасности, электробезопасности и т. д.

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

Для обеспечения безопасного перемещения работников и перевозки грузов в корпусе применены разделенные входы от въездов для работников и для транспорта. Двери и технологические ворота открываются наружу, чтобы при случаях массовых перемещений работников из производственных помещений двери не были преградой для выхода.

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Фактор	Методы	Средства
Острые кромки, заусенцы.	Блокировочные устройства (механические, электрические, фотоэлектрические, радиационные, гидравлические, пневматические, комбинированные) исключают возможность проникновения человека в опасную зону, либо устраняют опасный фактор на время пребывания человека в этой зоне.	Спецодежда, спецобувь.

Продолжение таблицы 6.3

<p>Движущиеся части применяемого оборудования.</p>	<p>Во избежание механического повреждения от движущихся частей используемого оборудования следует придерживаться следующих правил: 1) Перед началом следует привести в порядок рабочую одежду; 2) Установку деталей на станок и снятие со станка производят при отведённом в исходное положение инструменте; 3) Перед остановкой станка инструмент отводят от обрабатываемой детали.</p>	<p>Спецодежда, спецобувь.</p>
<p>Перенапряжение зрительных рецепторов; Монотонность труда.</p>	<p>Все виды технологического оборудования должны быть удобны для сборки, уборки, транспортировки и управления ими в работе. При выполнении трудоёмких и монотонных работ правильная организация отдыха имеет большое значение для восстановления работоспособности, т.е. должны быть предусмотрены перерывы. Для рабочих устраивают специальные места отдыха, расположенные недалеко от мест работы, снабжённые вентиляцией, питьевой водой и т.п.</p>	
<p>Повышенный уровень шума, вибраций.</p>	<p>Наушники, виброперчатки.</p>	

6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Согласно НПБ 105-95, предусматривается категорирование промышленных и складских помещений, зданий и сооружений по взрывопожарной опасности. Рассматриваемому производственному участку присваивается категория «Д» - пожары, связанные с воспламенением и горением металлов. На объектах категории «Д» возникновение отдельных пожаров будет зависеть от степени огнестойкости зданий, а образование сплошных пожаров – от плотности застройки.

Первичными средствами пожаротушения являются огнетушители, ведра, ящики с песком и т.д. Для данного технологического процесса используем два огнетушителя марки ОЖ-7, который заряжается водой с

добавками поверхностно – активного вещества или растворами сульфанола, сульфоната, пенообразователя или смачивателя.

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

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

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

Таблица 6.5 – Технические средства обеспечения ПБ

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

Таблица 6.6 - Организационные мероприятия по обеспечению ПБ

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сборка шестиступенчатой коробки передач	Назначение должностных лиц, ответственных за пожарную безопасность в цехе.	Должны обеспечивать своевременное выполнение требований пожарной безопасности, создавать и содержать в установленном порядке норм, перечней на которых создается пожарная охрана.
	Установление противопожарного режима.	Должны быть определены и оборудованы места для курения; Допустимое количество одновременно находящейся готовой продукции; Порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара;
	Обучение работников правилам пожарной безопасности.	Инструктаж должен проводиться со всеми работниками.

6.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 6.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта	Структурные составляющие технического объекта	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Шестиступенчатая коробка передач	Корпус, валы, шестерни, дифференциал.	Выбросы CO ₂ , NO _x .	Протекание масла.	

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

Наименование технического объекта	Шестиступенчатая коробка передач
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Разрабатываемая коробка передач проектируется с целью уменьшения расхода топлива путем изменения передаточных чисел пятой и шестой передачи. Уменьшение расхода топлива влечет за собой уменьшение токсичных выбросов в виде CO ₂ и NO _x . Для исключения возможности протечки масла используются более герметичные сальники.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	

6.6 Заключение по разделу

В разделе «Конструкторская часть» был проведен анализ экономии топлива исходя из изменения передаточных чисел коробки передач. В разделе «Анализ экономической эффективности объекта» был произведен расчет показателей эффективности внедрения в производство коробки передач с учетом потребительской выгоды от снижения расхода топлива.

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

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

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенной работы является модернизация коробки передач, используемой в настоящее время на серийных переднеприводных автомобилях 2-го класса выпускаемых ОАО «АвтоВАЗ». Модернизация заключается в изменении пятиступенной коробки передач путем внедрения шестой передачи и изменения передаточных чисел второй, пятой и шестой передачи с целью улучшения топливной экономичности равномерного движения на высоких скоростях. Особенностью данного технического решения является то, что внедрение шестой передачи не приносит значительных конструктивных изменений коробки передач. Выполненная в ходе дипломного проектирования работа по модернизации серийно выпускаемой коробки передач соответствует тенденциям развития конструкции современных легковых автомобилей, оборудованных механическими ступенчатыми коробками передач с ручным управлением. Применение изменённого ряда передаточных отношений коробки передач на серийном автомобиле позволит существенно повысить экономичность при равномерном движении за городом, что приведёт к большой конкурентоспособности автомобиля. Разработанную модернизацию коробки передач предлагается использовать на серийных автомобилях семейства ВАЗ-2190.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тяговый расчет автомобиля [Текст] / Л.А. Черепанов — КАИ, 1977 —39 с.
2. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов— М.: Машиностроение, 2004. -704 с
3. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. ТЗ. / Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров— М.: Автополис-плюс, 2005. -560 с.
4. Волжское объединение по производству легковых автомобилей [Текст] / Руководство по ремонту автомобилей ВАЗ. Тольятти ,1984.
5. Сцепления [Текст] / Малаховский Я.З., Лапин А.А. —М.: Машиздат, 1960. – 69 с.
6. Микнас, В. Автомобильные сцепления, трансмиссии, приводы [Текст] / Микнас, В. - М: ООО «Изд. «За рулем», 2012. – 352 с.
7. Calculation the torque moment of the clutch elastic and safety roller. Part 1. 2012. Volume XI (XXI). P. 36 – 38.
8. Исаев, Е.У. Проектирование автомобиля: учебное пособие / [Текст] / Е.У. Исаев, Н.С. Соломатин, Б.В.Кисуленко,В.М. Карпов[и др.] Тольятти: изд-во ТГУ,2003. – 260 с.:пер.
9. Котлобай А.Я., Котлобай А.А., Юнусов Ю.Ш., Тамело В.Ф. Развитие систем приводов рабочего оборудования инженерной техники. наука и техника. 2015;(5):18-26.
10. Карпиевич Ю.Д., Баханович А.Г., Бондаренко И.И. Бортовой мониторинг технического состояния силовых агрегатов колесных и гусеничных машин. наука и техника. 2016;15(5):427-434.
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.
21. Конструкция автомобилей. Трансмиссия : учебно-методическое пособие для студентов автотранспортных специальностей / О. С. Руктешель [и др.]. - Минск : БНТУ, 2008. - 115 с. : ил.
22. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст] : Уч.- методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –33 с.
23. Чернин И.М. Расчеты деталей машин. Мн., “Высшая школа“, 1978.
24. Скутнев В.М. Автомобили. Основы конструирования и расчета автомобиля [Текст] Часть 3.-Тольятти: ТГУ,2006.- 48с.
25. 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.

Приложение А

Графики тягово-динамического расчета для базового варианта

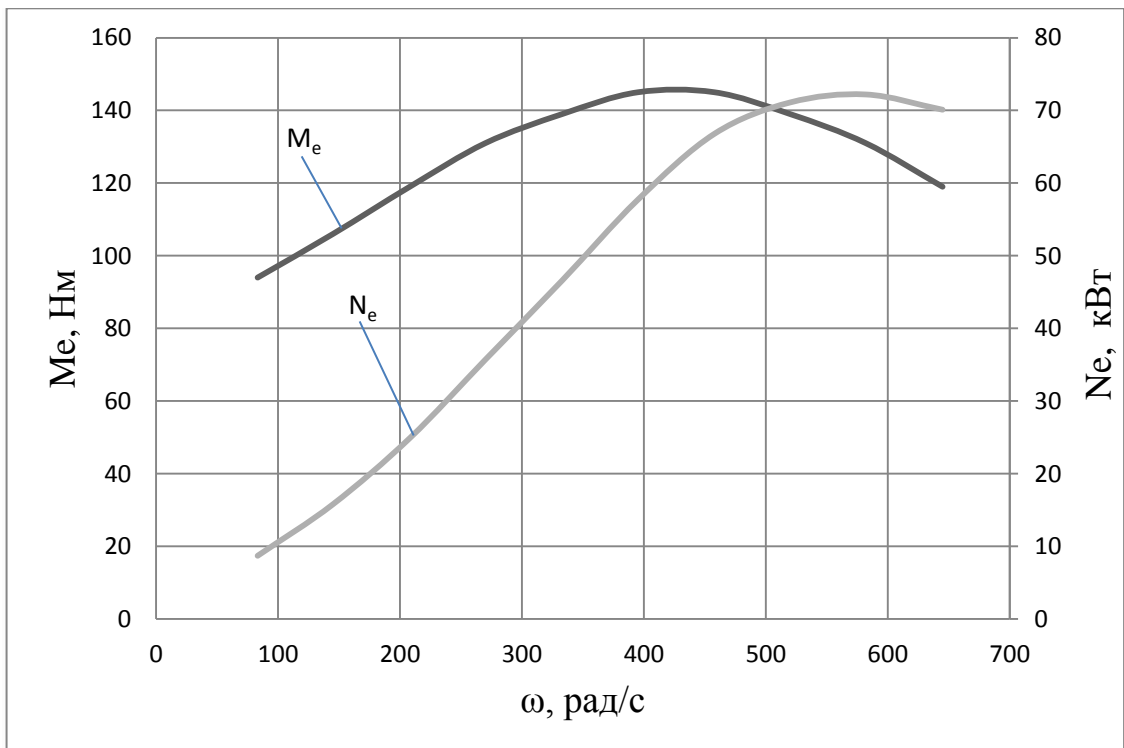


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

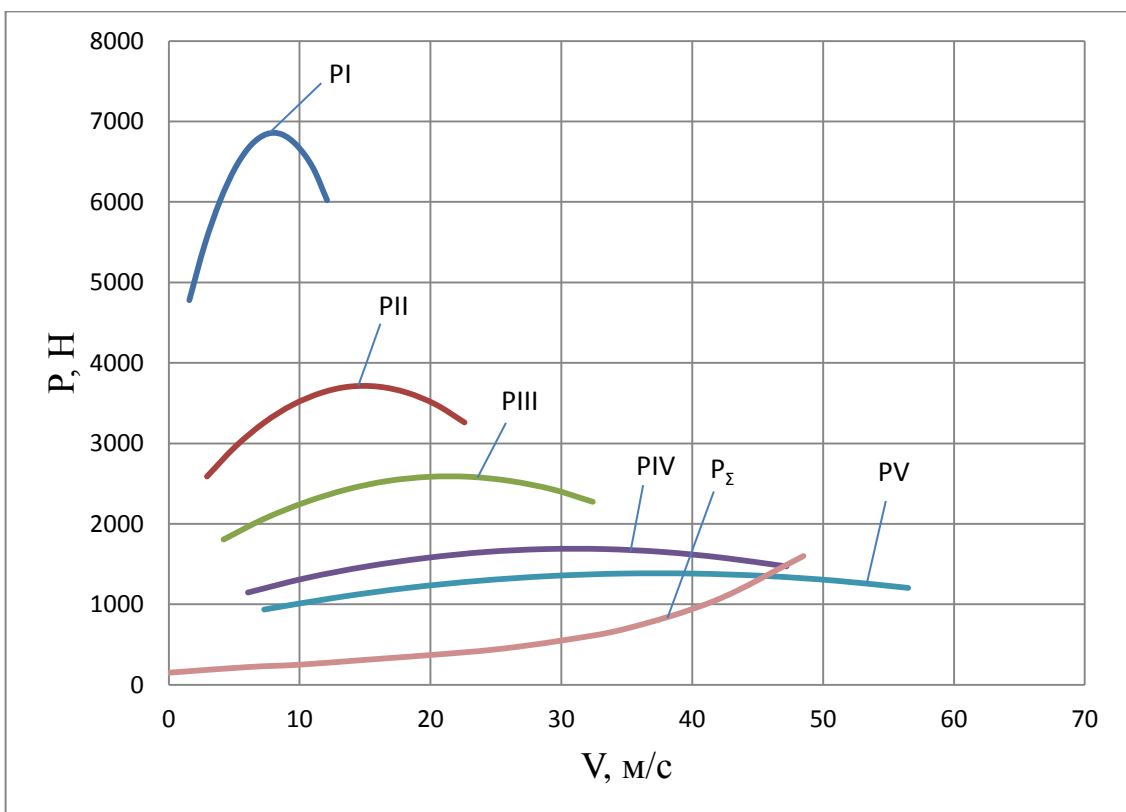


Рисунок А2 – Силовой баланс базового варианта

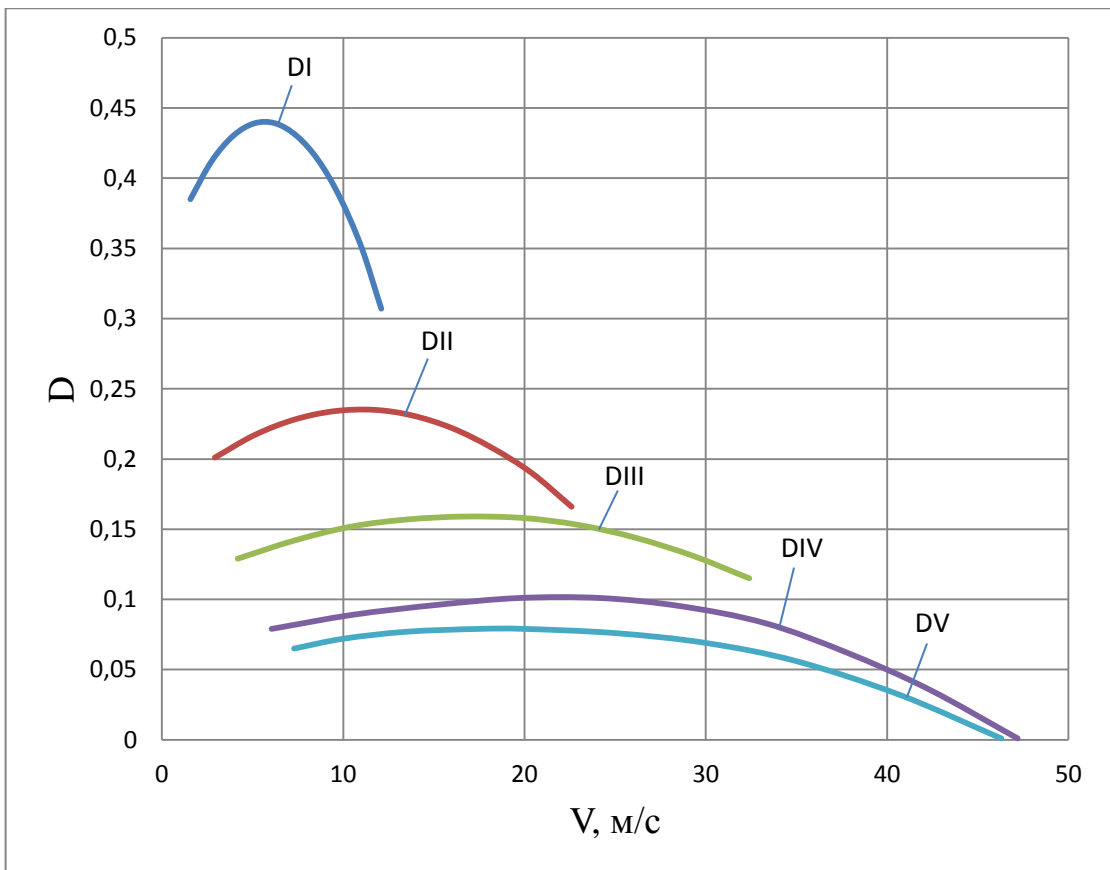


Рисунок А3 – Динамический фактор базового варианта

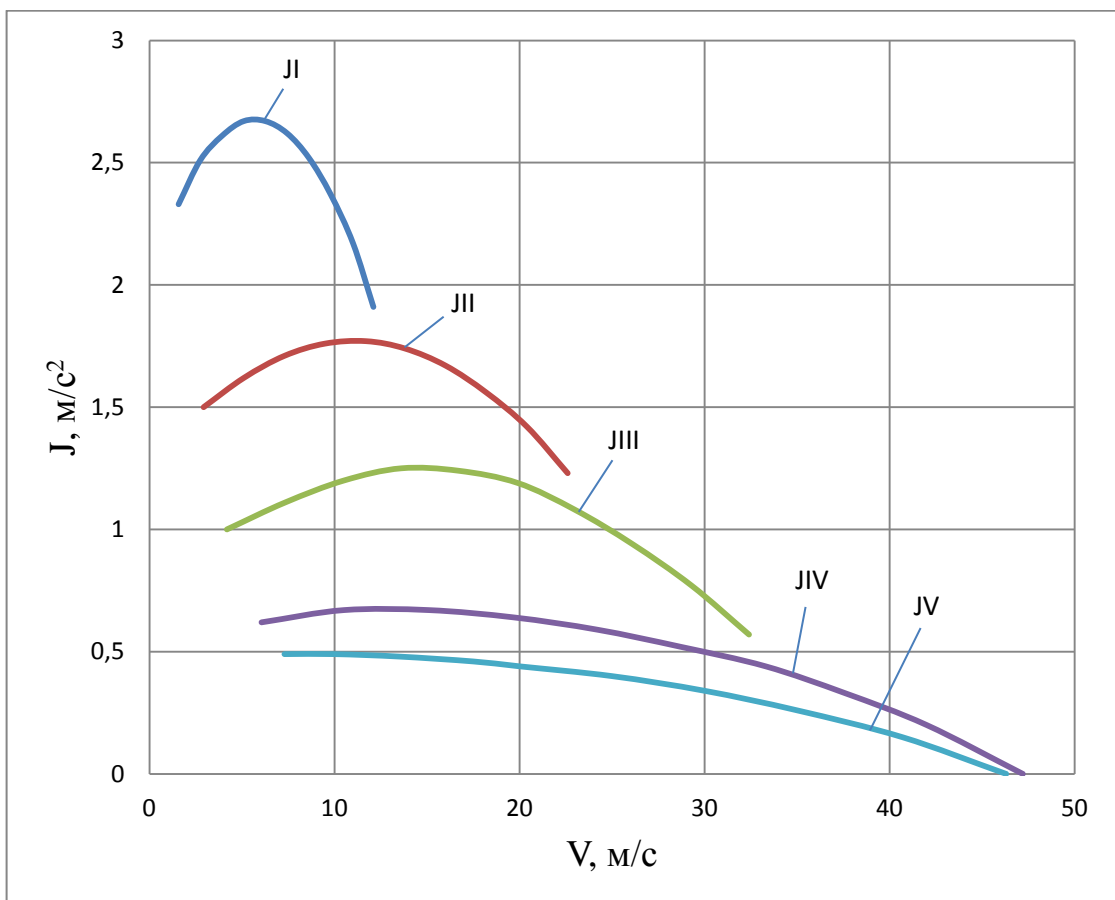


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля базового варианта

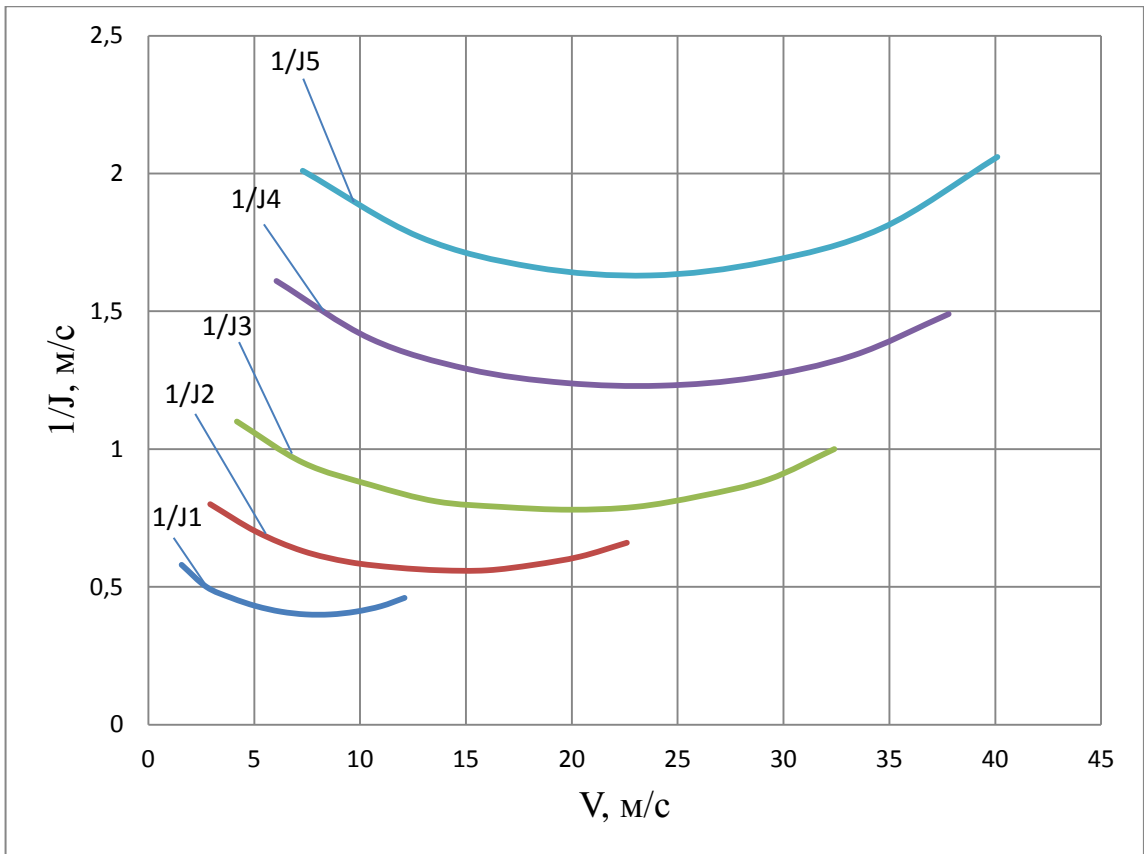


Рисунок А5 – Обратные ускорения базового варианта

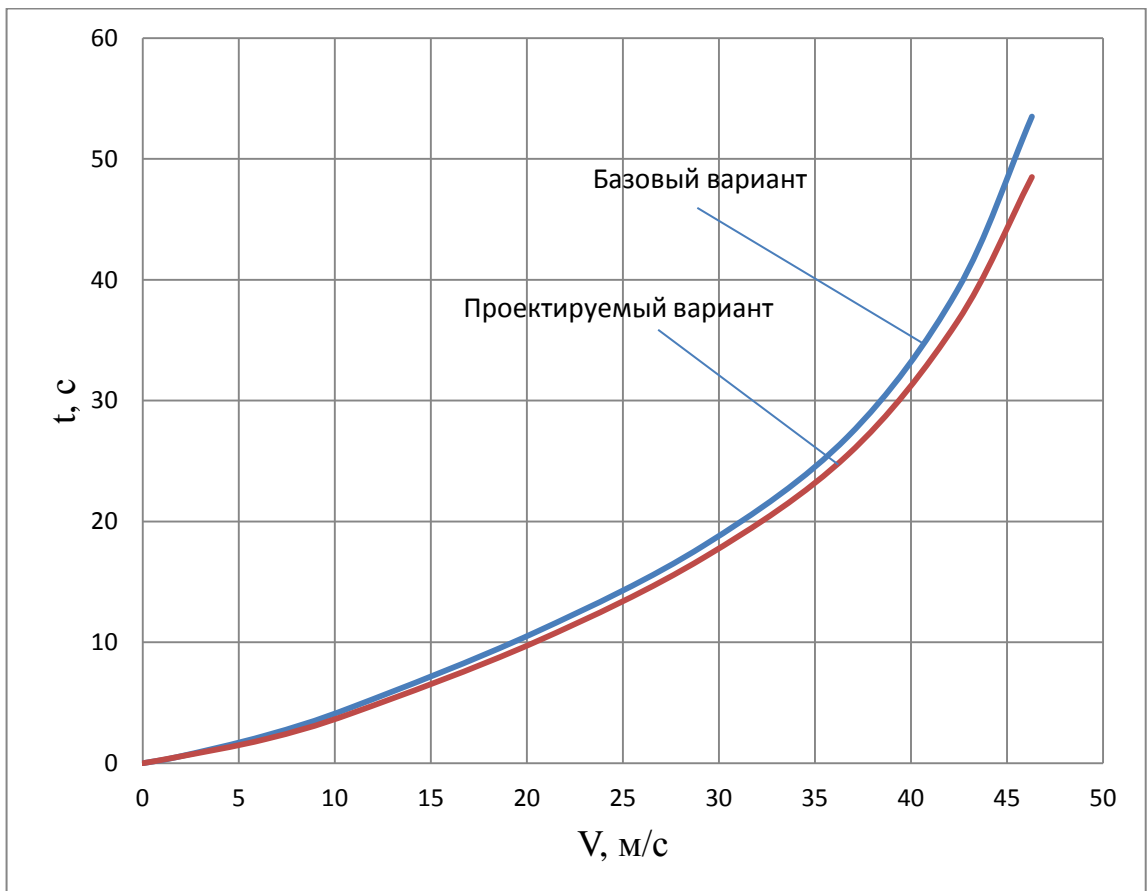


Рисунок А6 – Время разгона автомобиля

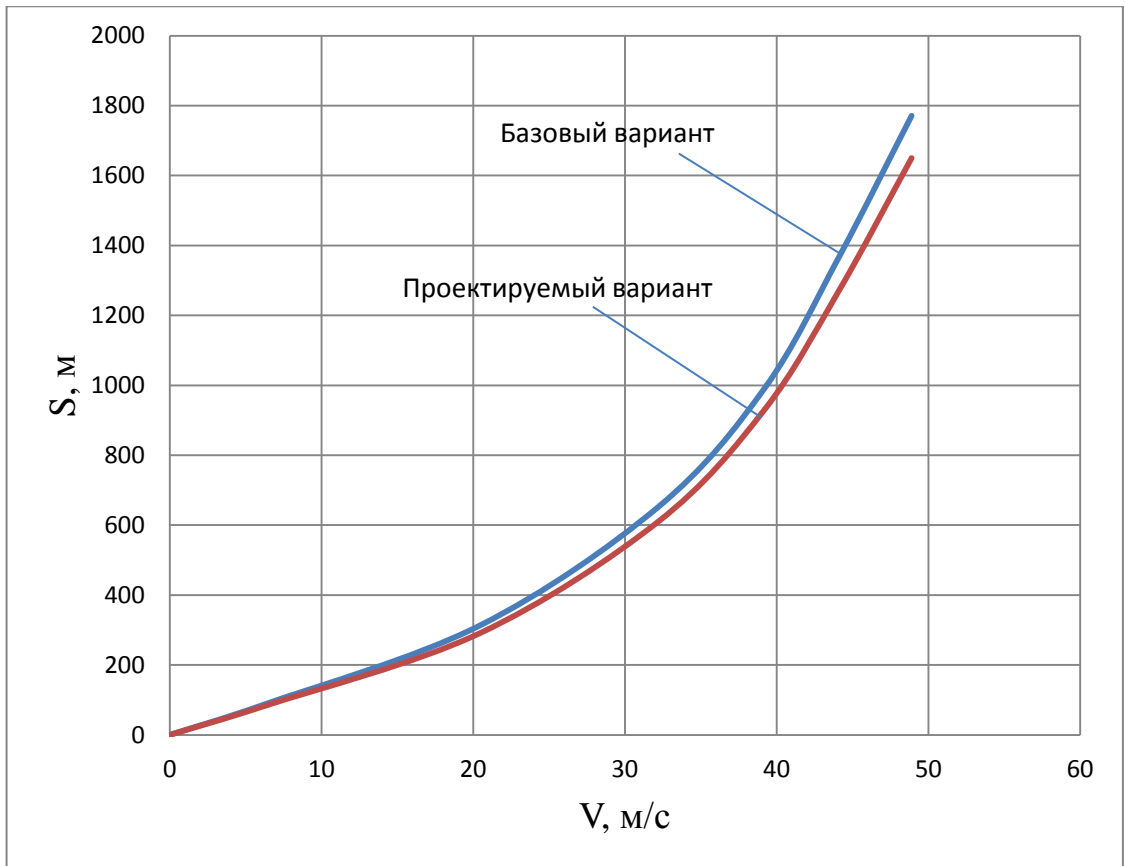


Рисунок А7 – Путь разгона автомобиля

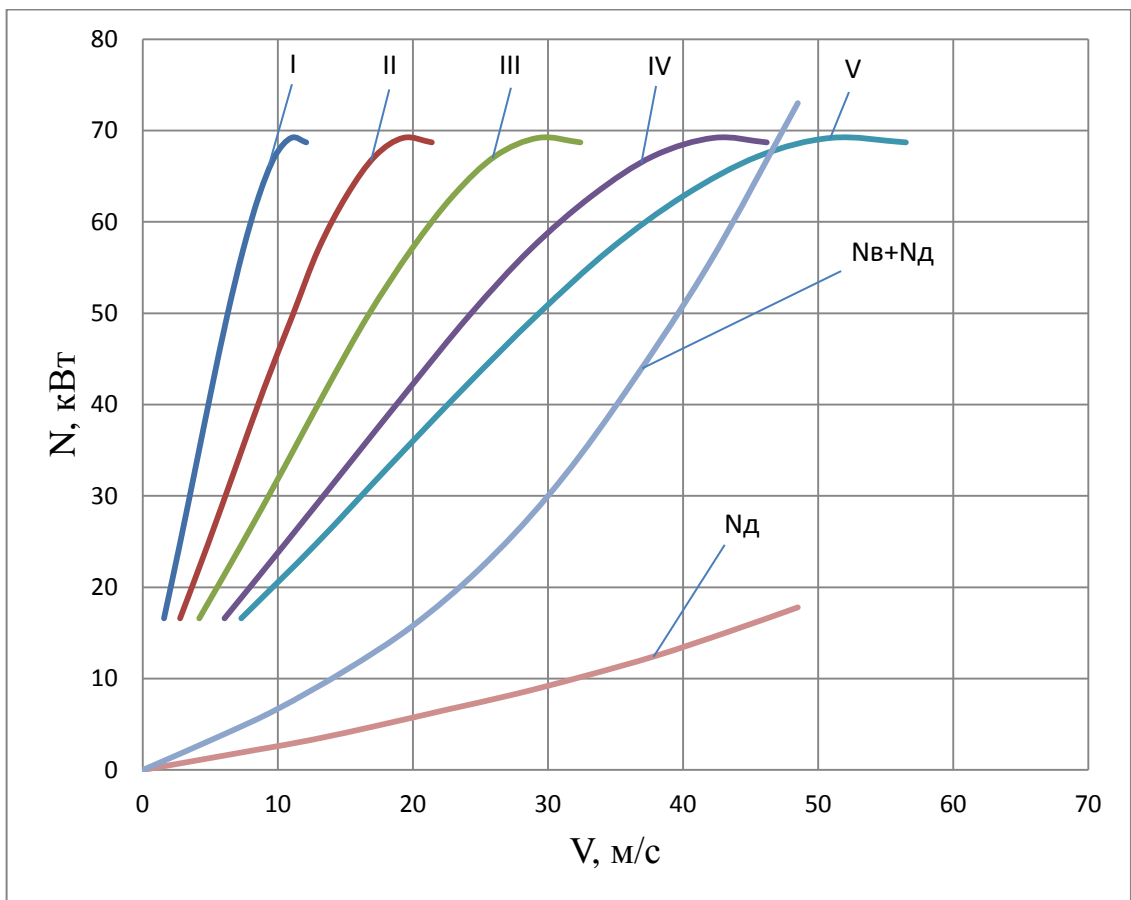


Рисунок А8 – Мощностной баланс базового варианта

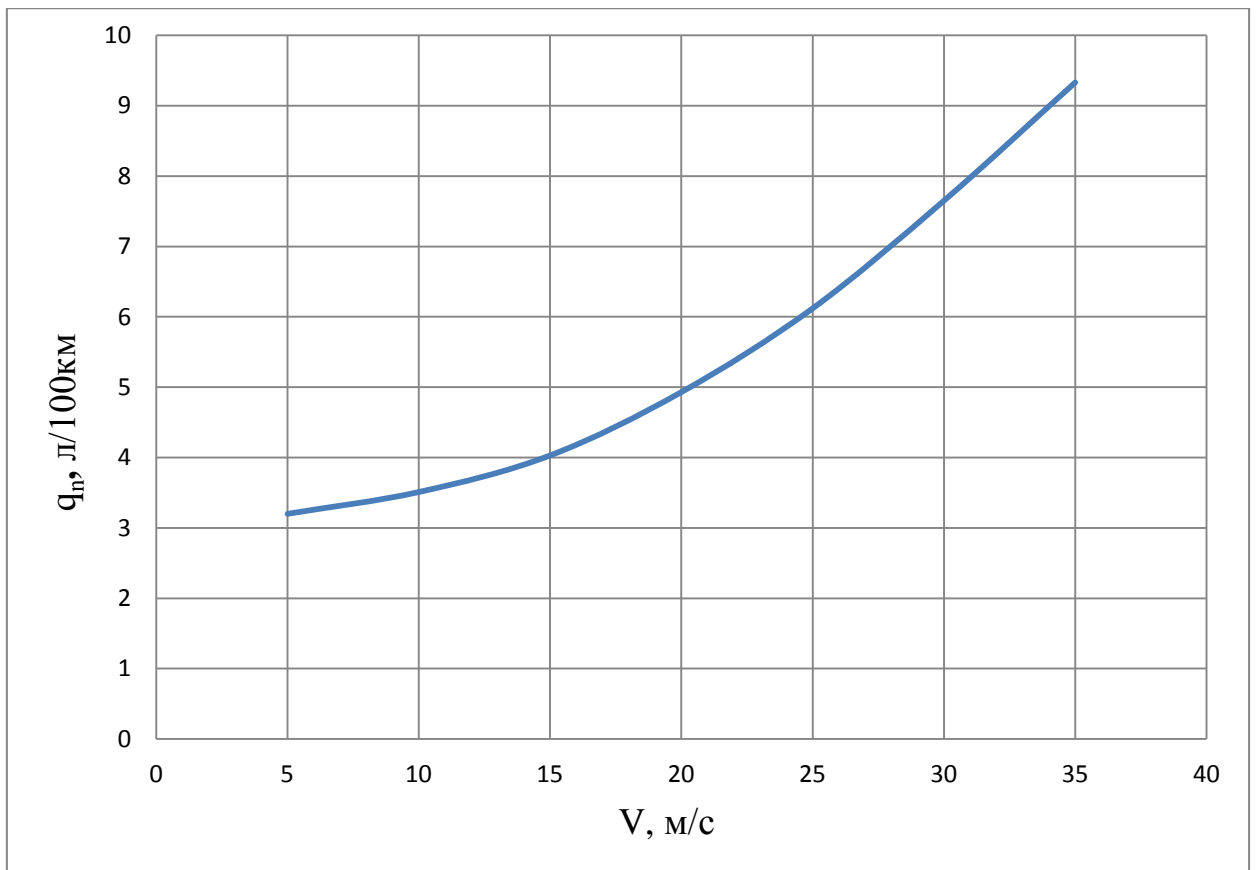


Рисунок А9 – Топливо – экономическая характеристика автомобиля на пятой передаче

Приложение Б

Графики тягово-динамического расчета для проектируемого варианта

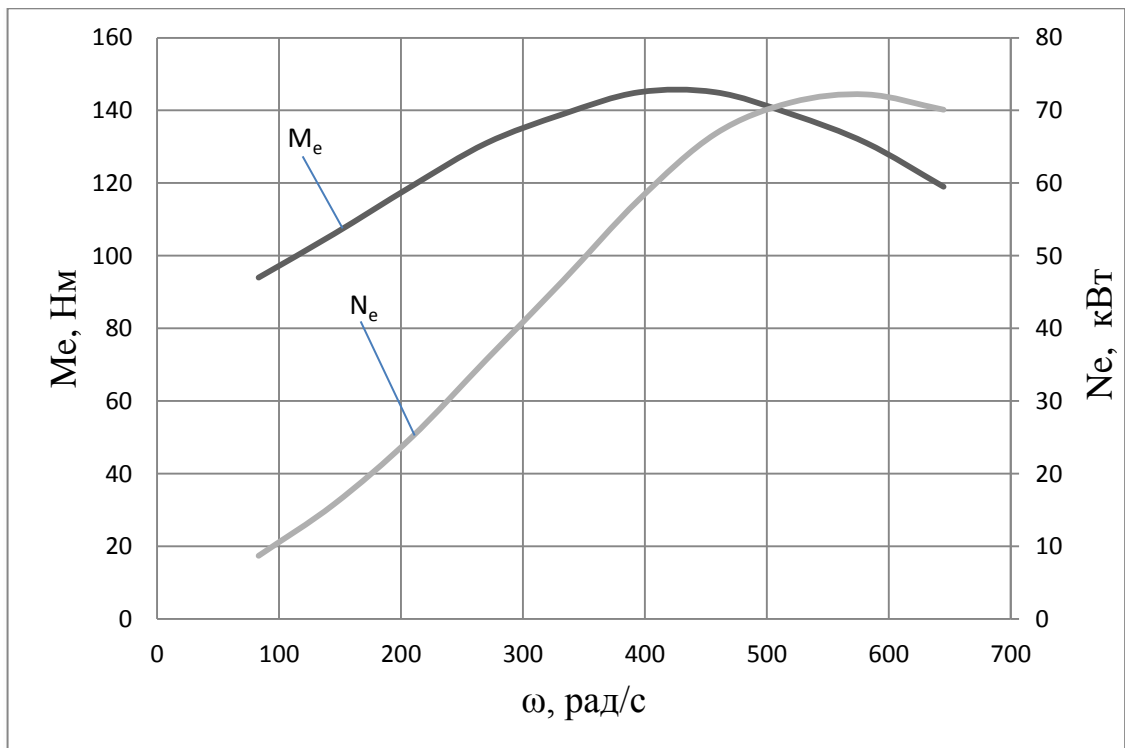


Рисунок Б1 – Внешняя скоростная характеристика

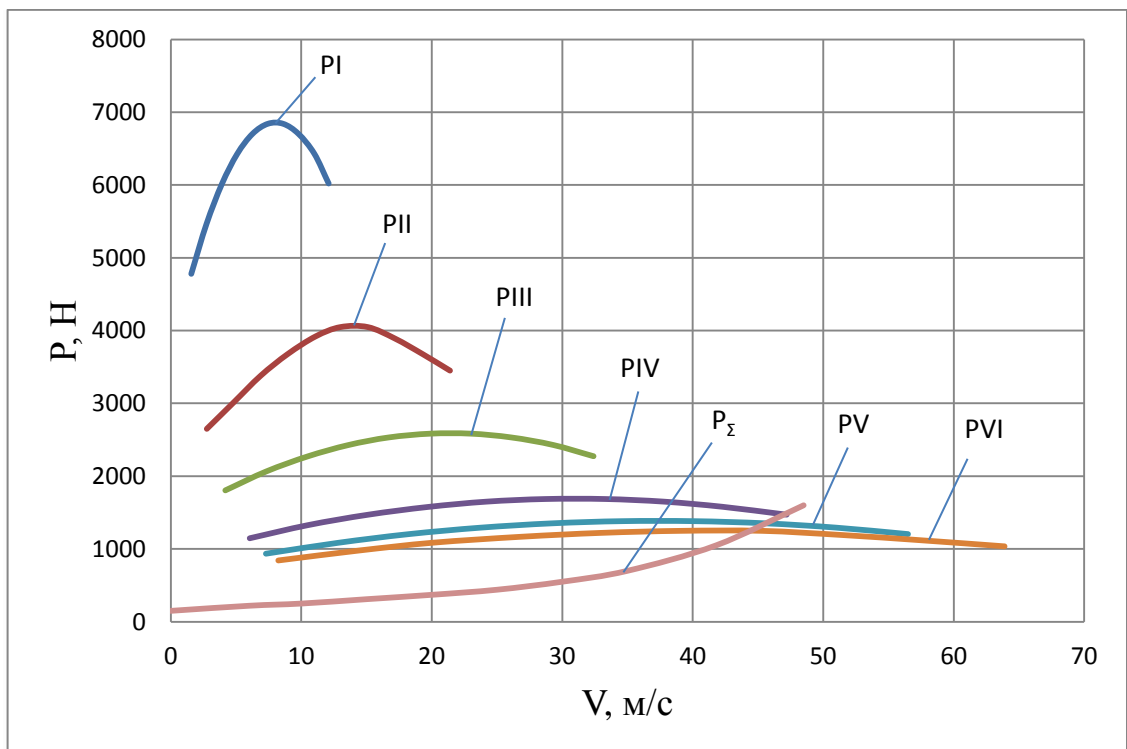


Рисунок Б2 – Силовой баланс проектируемого варианта

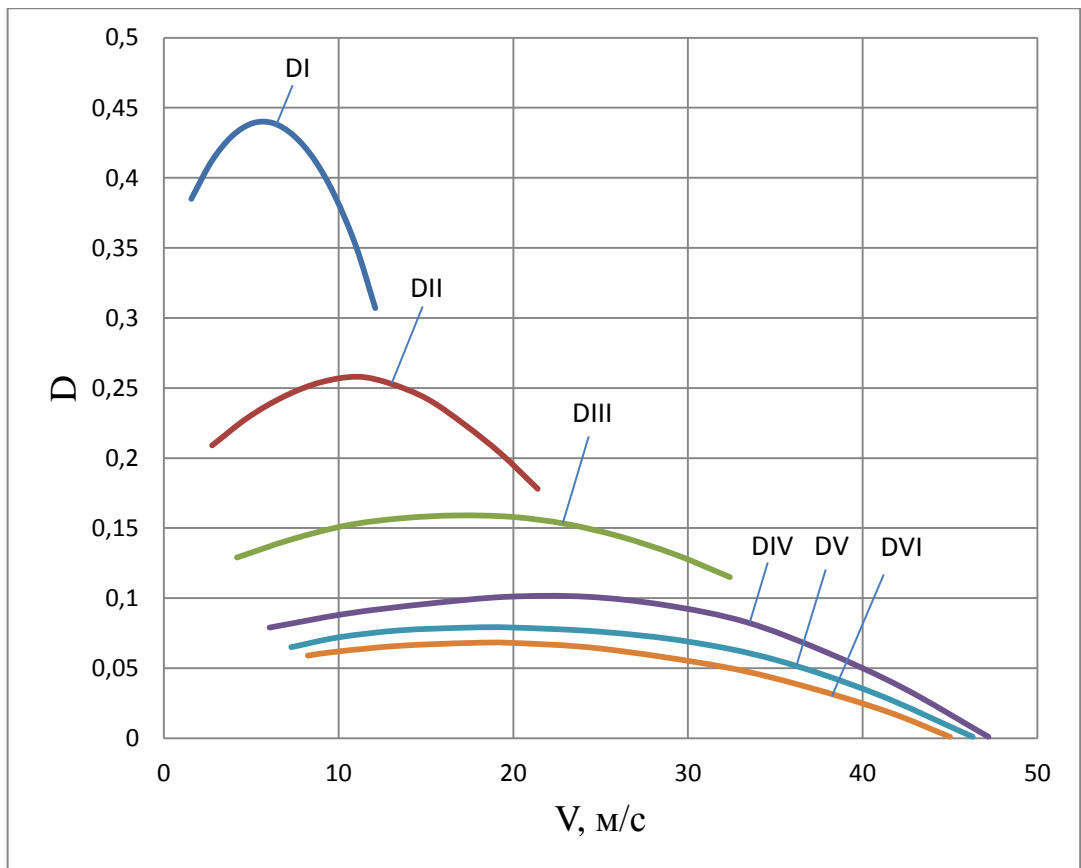


Рисунок Б3 – Динамический фактор проектируемого варианта

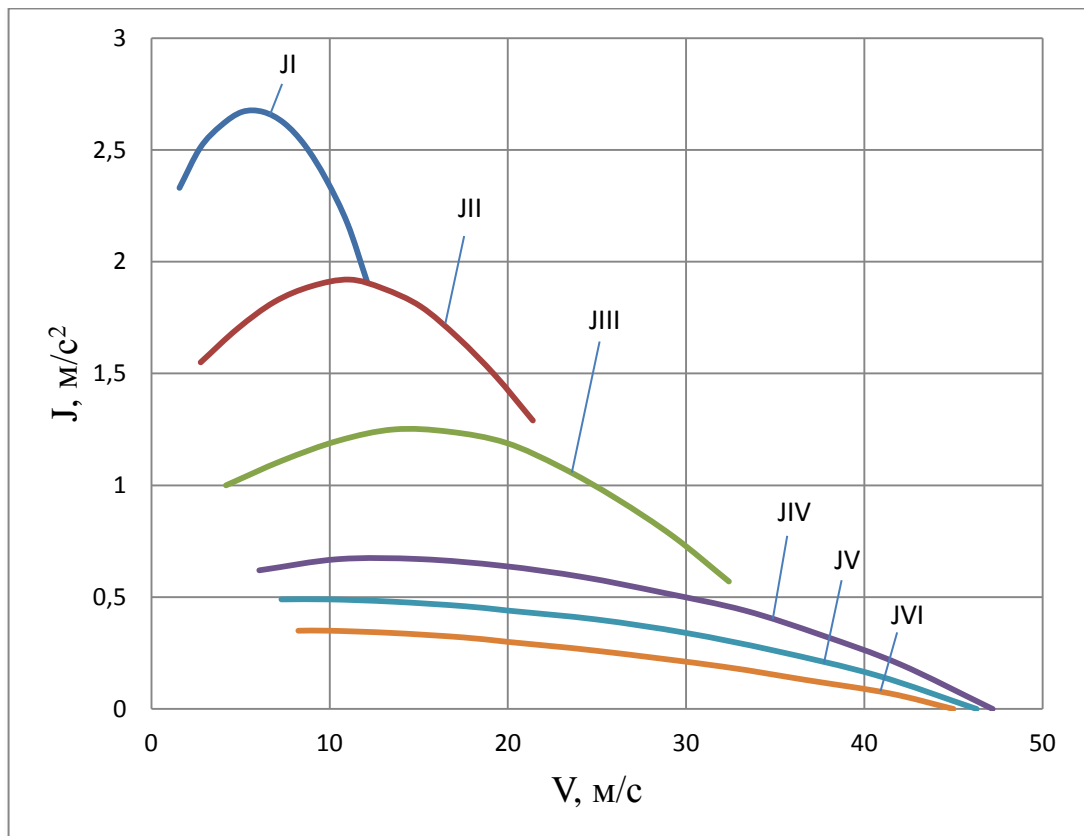


Рисунок Б4 – Ускорения автомобиля проектируемого варианта

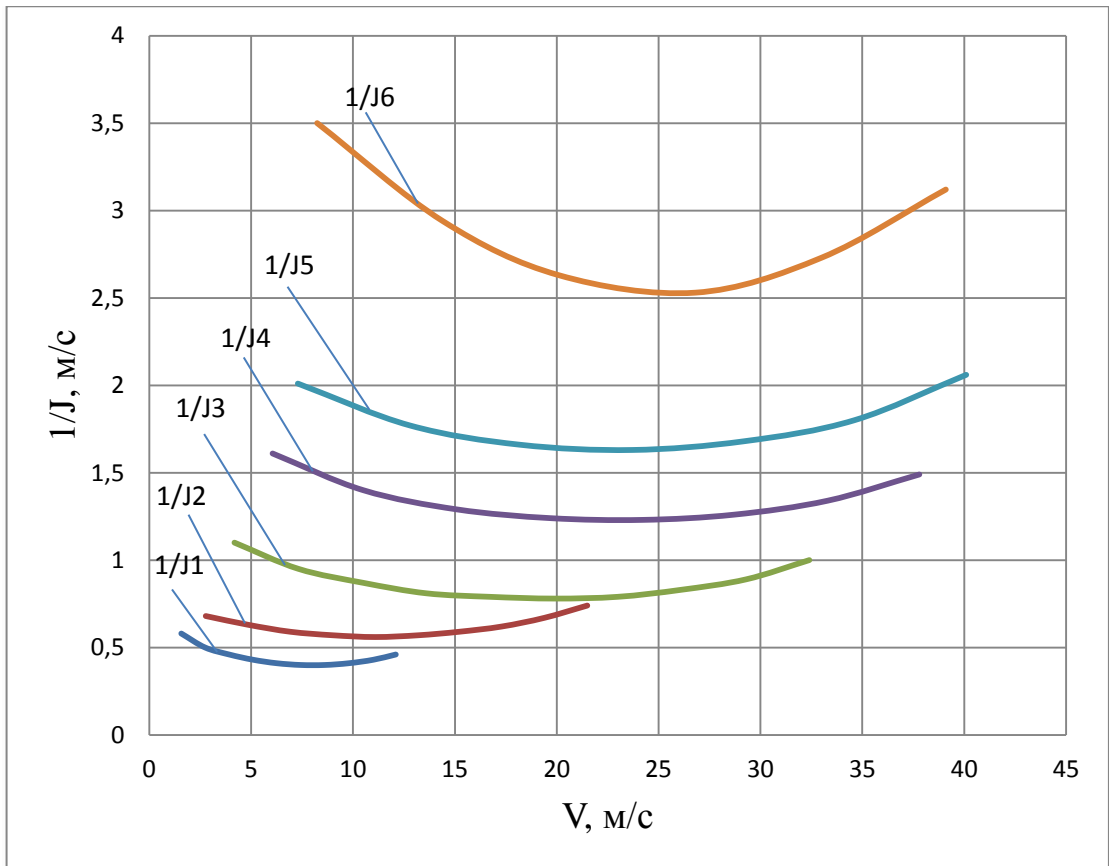


Рисунок Б5 – Обратные ускорения проектируемого варианта

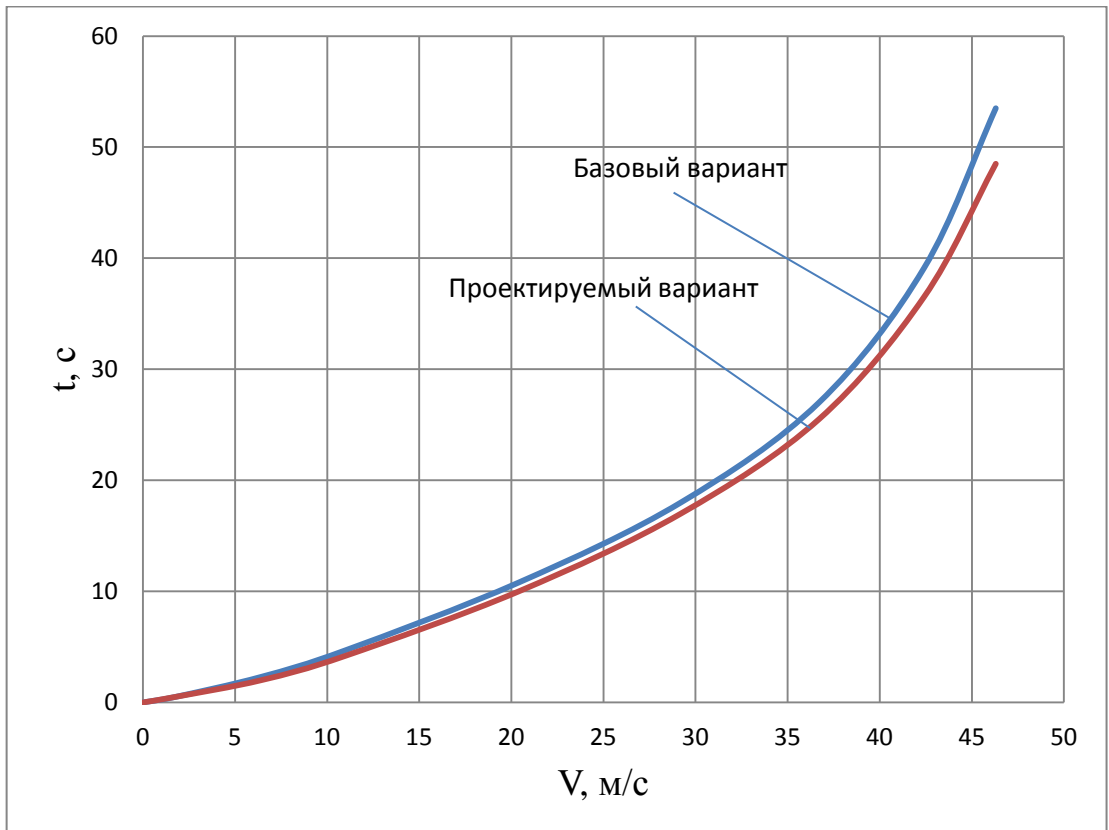


Рисунок Б6 – Время разгона автомобиля

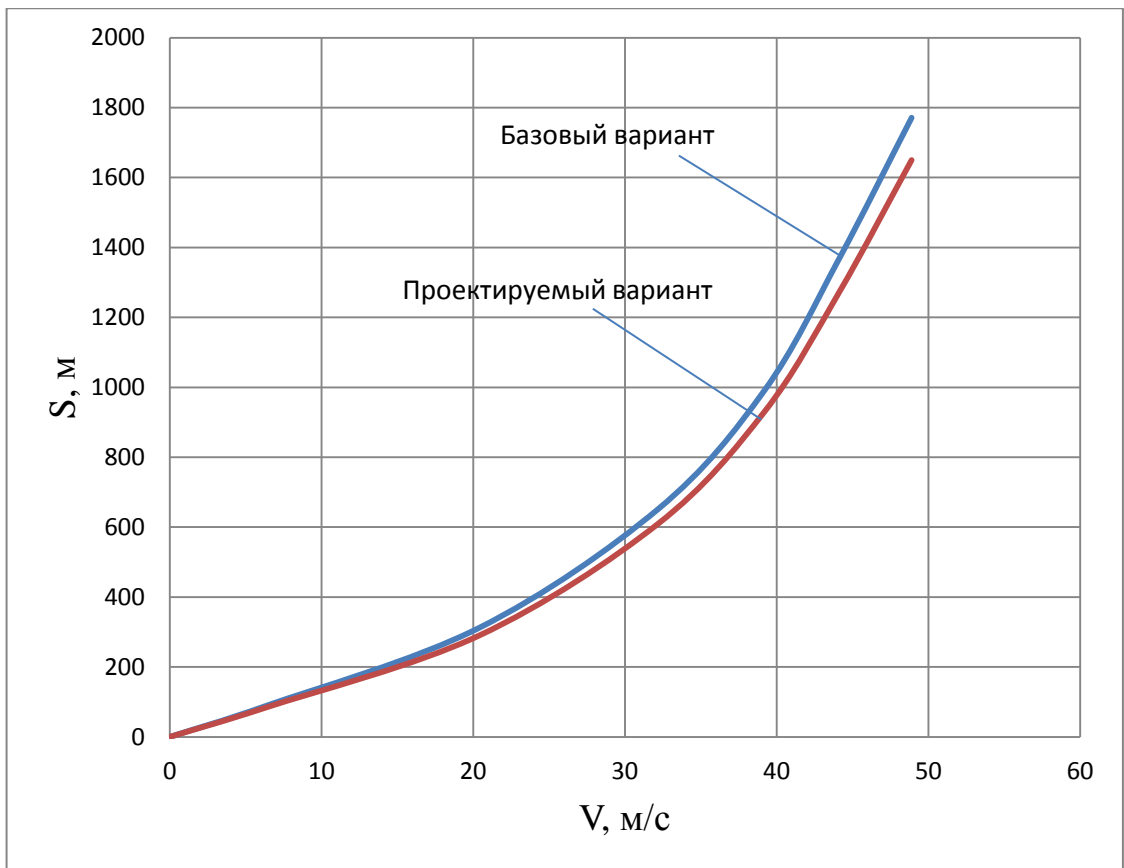


Рисунок Б7 – Путь разгона автомобиля

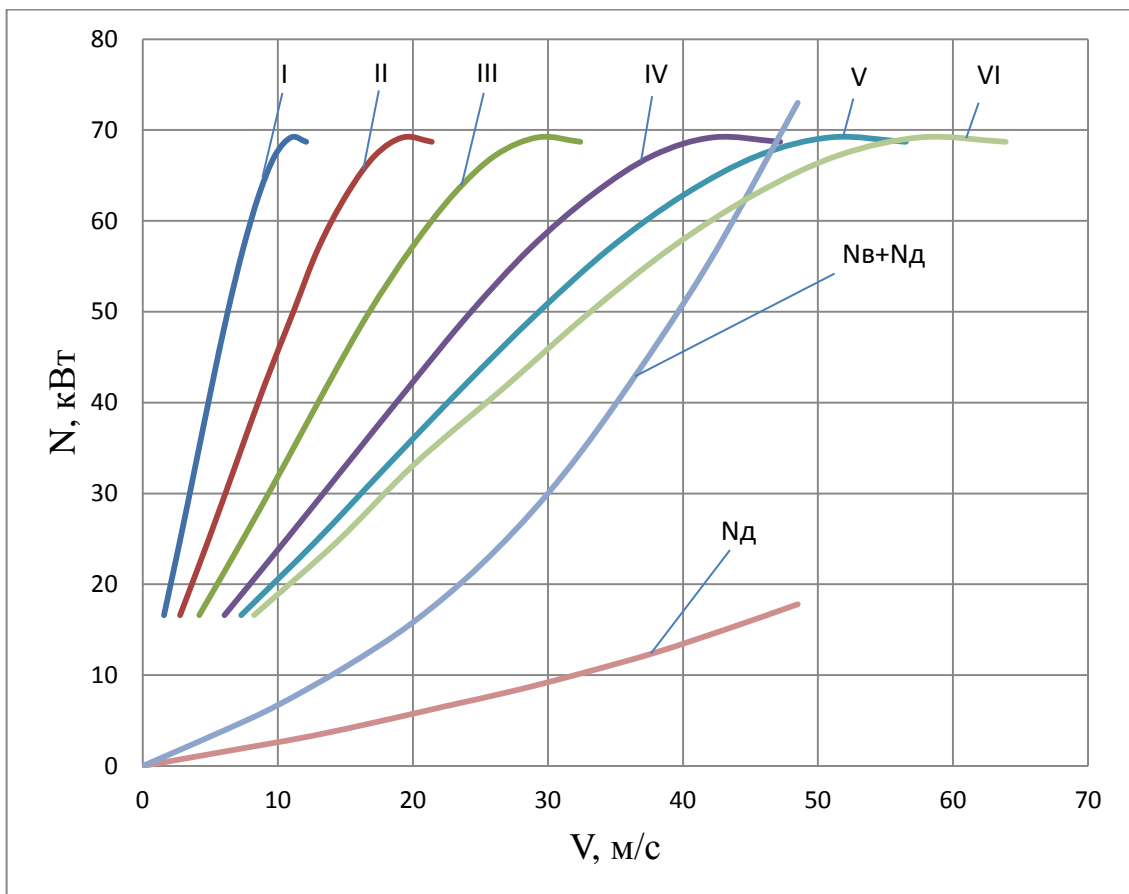


Рисунок Б8 – Мощностной баланс проектируемого варианта

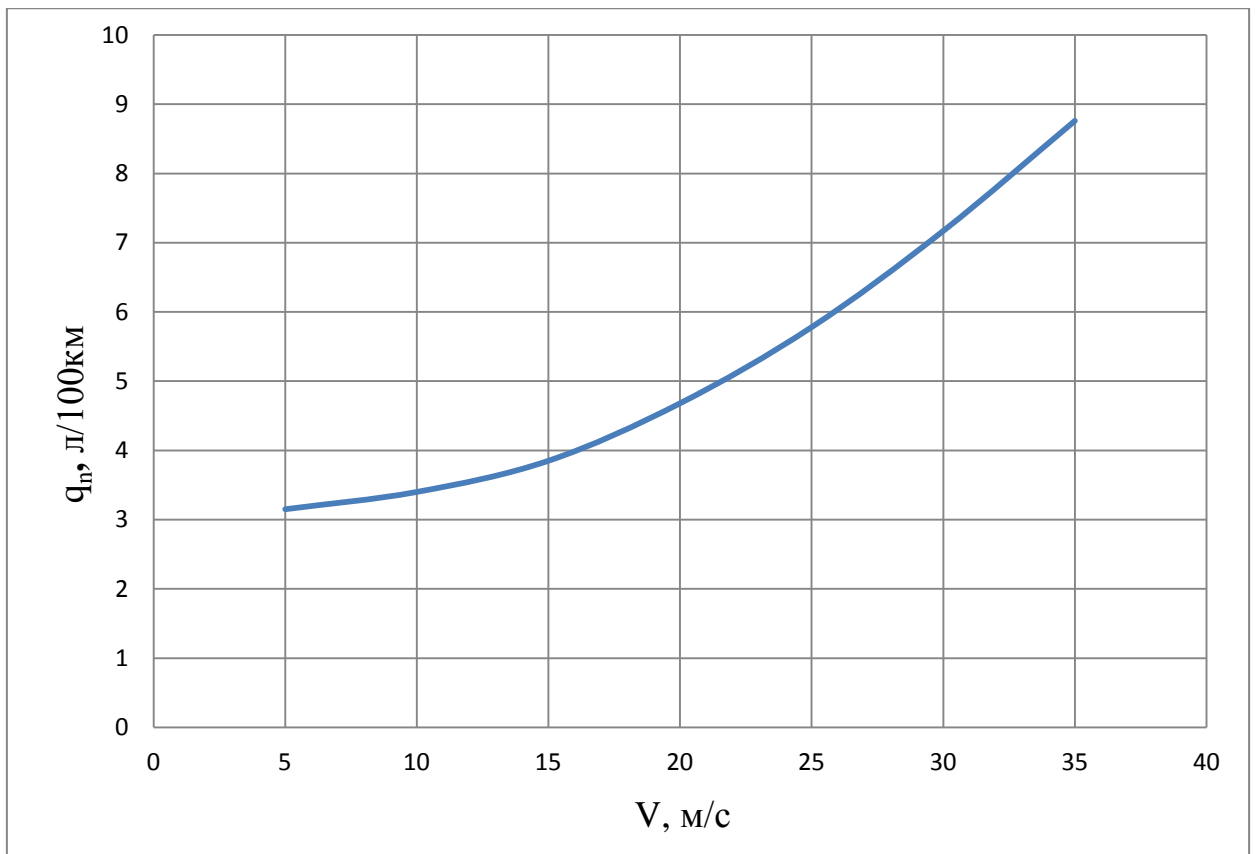


Рисунок Б9 – Топливо – экономическая характеристика автомобиля на шестой передаче

Приложение В

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
							<i>Документация</i>		
						17.ДП.01.213 - 012.СБ	<i>Сборочный чертеж</i>		
							<i>Сборочные единицы</i>		
						1 17.ДП.01.213.61.00.001.СБ	Картер коробки передач в сб.	1	
						2 17.ДП.01.213.61.00.002.СБ	Картер сцепления в сб.	1	
						3 17.ДП.01.213.61.00.003.СБ	Дифференциал в сб.	1	
							<i>Детали</i>		
						4 17.ДП.01.213.61.004	Крышка коробки передач	1	
						5 17.ДП.01.213.61.005	Первичный вал	1	
						6 17.ДП.01.213.61.006	Вторичный вал	1	
						7 17.ДП.01.213.61.007	Зубчатое колесо 1 передачи	1	
						8 17.ДП.01.213.61.008	Зубчатое колесо 2 передачи	1	
						9 17.ДП.01.213.61.009	Зубчатое колесо 3 передачи	1	
						10 17.ДП.01.213.61.010	Зубчатое колесо 4 передачи	1	
						11 17.ДП.01.213.61.011	Зубчатое колесо 5 передачи	1	
						12 17.ДП.01.213.61.012	Зубчатое колесо 6 передачи	1	
						13 17.ДП.01.213.61.013	Шестерня шестой передачи	1	
						14 17.ДП.01.213.61.014	Зубчатая муфта 1-2 передачи	1	
						15 17.ДП.01.213.61.015	Зубчатая муфта 3-4 передачи	1	
						16 17.ДП.01.213.61.016	Зубчатая муфта 5-6 передачи	1	
						17 17.ДП.01.213.61.017	Крышка подшипника	1	
						17.ДП.01.213 - 012.СБ			
						Изм. Лист	№ док.им.	Подп.	Дата
						Разраб. Анасов Н.С.			
						Пров. Прокопьев М.В.			
						Н.контр. Егоров А.Г.			
						Утв. Бодровский А.В.			
						Коробка переключения передач шестиступенчатая в сборе			Лист 1
									Листов 2
									ТГУ АТ-1201
						Копировал			Формат А4

