

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация коробки передач автомобиля Lada Niva Travel

Студент

В.Г. Шканин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Темой данного дипломного проекта выбрана «Модернизация коробки передач автомобиля Lada Niva Travel». Здесь будет рассмотрена 5-ти ступенчатая коробка передач классической компоновки, которая в новой модели ВАЗовского вездехода изменениям не подвергалась. Для понимания и оценки представленной конструкции будет проведено и представлено техническое и экономическое обоснование проектной работы, а также прочностной расчет деталей узла.

Для большего понимания темы дипломного проекта и представленной модифицированной конструкции узла, произведен тяговый расчет автомобиля, который включает в себя, такие данные как внешняя скоростная характеристика, тяговый баланс, мощностной баланс, динамический фактор, путь и время разгона и также топливная экономия.

Для ознакомления с финансовой частью дипломного проекта, представлен экономический раздел, в котором проведен анализ и оценка конструкторских показателей надежности и долговечности, сделан расчет на общественную значимость проектной работы и рассчитана заводская стоимость проектируемого узла.

Сборочный процесс конструкции рассматриваемого в дипломном проекте узла представлен в технологическом разделе дипломного проекта, который также включает в себя мероприятия по производственной безопасной работе.

Для соответствия требованиям по безопасности жизнедеятельности и экологичности при сборке на рабочем месте, проведен анализ рабочей зоны и представлены необходимые предпринимаемые меры для безопасного рабочего процесса сборки.

## **Annotation**

The topic of this graduation project is "Modernization of the transmission of the Lada Niva Travel car". Here we will consider a 5-speed transmission of the classic layout, which has not been changed in the new model of the VAZ all-terrain vehicle. To understand and evaluate the presented design, a technical and economic justification of the design work will be carried out and presented, as well as a strength calculation of the assembly parts.

For a better understanding of the topic of the diploma project and the presented modified design of the node, a traction calculation of the car was made, which includes such data as external speed characteristics, traction balance, power balance, dynamic factor, acceleration path and time, and also fuel economy.

To get acquainted with the financial part of the diploma project, an economic section is presented, in which the analysis and evaluation of design indicators of reliability and durability are carried out, a calculation is made for the social significance of the project work and the factory cost of the designed node is calculated.

The assembly process of the design of the node considered in the diploma project is presented in the technological section of the diploma project, which also includes measures for industrial safe operation.

In order to meet the requirements for life safety and environmental friendliness during assembly at the workplace, the analysis of the working area was carried out and the necessary measures taken for a safe assembly workflow were presented.

## Содержание

Введение.....	6
1. Состояние вопроса.....	7
1.1. Назначение и требования предъявляемые к коробкам передач .....	7
1.2. Классификация конструкций коробок передач.....	15
1.3. Выбор и объяснение вносимых улучшений в конфигурацию коробки передач.....	21
1.4. Состав и описание вносимых улучшений в конфигурацию коробки передач.....	22
2. Конструкторская часть.....	23
2.1. Тягово-динамический расчет автомобиля .....	23
2.2. Расчет элементов коробки передач .....	36
3. Безопасность и экологичность объекта .....	52
4. Технологическая часть .....	63
5. Экономическая эффективность проекта.....	77
Заключение.....	94
Список использованных источников .....	95
Приложения А Графики тягового расчета .....	98

## Введение

Для всех отраслей промышленности огромное значение имеет автотранспорт, а именно его очень эффективная работа. Из всех направлений развития мировой экономики автомобилестроение, как отрасль является ведущей. Вся мировая промышленность развивается очень быстро и для этого очень большое значение имеет появление новых технологий и разработок и инноваций, технических решений. Для ускорения развития промышленности автомобилей необходимо уменьшение трудоемкости техобслуживания, а также уменьшение расхода масла и топлива, все это необходимо для дальнейшего развития технического состояния автомобилей и является основным направлением. А также улучшение и повышение безопасности автомобилей и их надежности, уменьшение токсичности газов выхлопных, уменьшение шумности автомобиля, и уменьшение стоимости материалов на производство автомашин. Необходимо также улучшать аэродинамику кузова автомобиля, и его массу это влечет за собой уменьшение расхода топлива. Еще также возможно повсеместно переводить автомобили на газ метан или дизельное топливо, а также устанавливать более современные двигатели.

Чтобы автомобили могли работать в более оптимальных режимах, необходимы электронные технологии, их широкое применение в конструкциях автомобиля это позволит достичь этой цели. Также во всех узлах и в конструктиве трансмиссии необходимы также более совершенные технологии и технические решения. Если использовать современные высокопрочные стали, легированные стали, углепластик, алюминий, и многие другие новые технологичные конструкционные материалы можно уменьшить массу автомобиля, что также улучшит топливную экономичность. Для линий производства, работающих в автоматическом режиме, необходимо изготовление деталей высокого.

## **1 Состояние вопроса**

### **1.1 Назначение и требования предъявляемые к коробкам передач**

Коробка перемены передач позволяет во время движения автомобиля изменять силу тяги на ведущих колёсах при том же числе оборотов двигателя. Механическая коробка передач успешно используется в автомобилях не одно десятилетие. Она и сегодня остается самым популярным видом трансмиссии. Без механической коробки переключения передач невозможен современный автомобиль, необходимая для преобразования вращения получаемого от двигателя автомобиля и передачи его на ведущие колёса. Для того чтобы иметь концептуальное представление о принципах работы механической коробки передач с механизмом заднего хода начнём с понимания того, для чего же вообще автомобилю нужна трансмиссия. Сила вырабатываемая двигателем подаётся через систему трансмиссии на ведущие колёса. Основная функция трансмиссии заключается в управлении скоростью и крутящим моментом в ведущих колёсах при различных условиях движения автомобиля. Например, если нужно ехать в гору, то крутящий момент должен быть больше снижая скорость с помощью коробки передач мы можем увеличить крутящий момент при неизменной мощности двигателя и наоборот, если нет необходимости в большем крутящем моменте мы можем увеличить скорость передачи.[1]

Рассмотрим внутренний механизм трансмиссии (см. рисунок 1). Сама коробка состоит из трёх основных валов: первичного вала, который через систему сцепления соединён с двигателем, вторичного вала жестко соединенного с карданным валом передающим момент либо на заднюю ось либо на переднюю ось либо на раздаточную коробку для полноприводных автомобиля; и промежуточного вала, который служит для передачи вращения от первичного вала к вторичному.

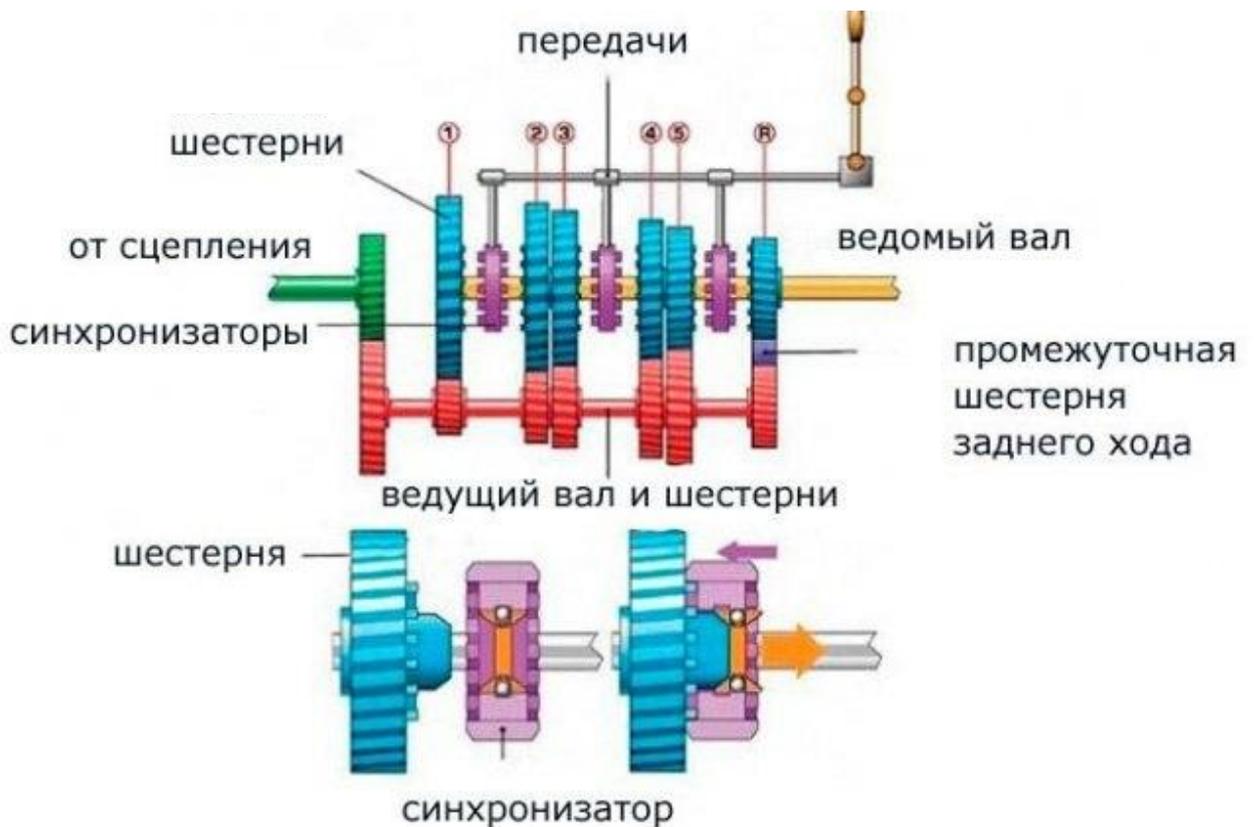


Рисунок 1 – Конструктивная схема пятиступенчатой коробки передач

В коробке перемены передач имеется набор шестерён, разные комбинации шестерён дают возможность выполнять различные задачи. За преобразование скорости вращения в коробке передач отвечают как раз эти наборы шестерен, которые отличаются своими размерами и количеством зубьев, каждый из них отвечает за определённую передачу, количество зубьев на каждой шестерни влияет на передаточное отношение.[2] При равном количестве зубьев зацепления скорость вращения будет одинаковой, но если в качестве ведомой взять шестерни в 2 раза больше, то при полном обороте ведущий она повернет только наполовину, тем самым снижая скорости её полного вращения в два раза. Так получается, что при равномерном вращении поступающим на ведущую шестерню ведомой шестерни вращаются с разной скоростью в то же время из-за увеличения размера шестерни увеличивается и длина рычага воздействующие на ось данной шестерни, что влияет на увеличение крутящего момента, это

повышает толкающую силу автомобиля. Когда шестерни находятся в так называемом нейтральном положении, то двигатель и ведущие колёса автомобиля разобщены, когда включён задний ход, то ведущие колёса вращаются в обратном направлении и автомобиль движется назад.

Работа механической трансмиссии основывается на простом принципе передаточного отношения, основным механизмом передачи это входной и выходной валы соединённые промежуточным валом, трёхскоростной механизм простым перемещением шестерёнок может изменить передаточное отношение такой тип трансмиссии называется коробкой передач с передвижными каретками он позволяет управлять скоростью автомобиля но имеет определённый недостаток процесс отсоединения от одной шестерней и соединения с другой не так-то прост. При включенной первой передаче ведущие колёса вращаются медленно и автомобиль движется вперед, после перестановки рычага в положении второй передачи ведущие колёса начинают вращаться быстрее, при включенной третьей передачи колёса вращаются ещё быстрее, ещё больше скорость вращения колёс при включенной четвёртой передаче, а затем и на пятой передаче. В коробке эта передача является высшей, то есть автомобиль движется с максимальной возможной своей скоростью. Вторичный вал опирается на подшипник качения первичный вал также опирается на подшипник качения, как и передний конец вторичного вала также вращается в подшипнике.[3]

Коробка передач с шестернями постоянного зацепления позволяет решить проблему плавного зацепления шестерен, здесь зубцы шестеренок всегда в постоянном зацеплении. Но есть одна особенность выходные шестерни находятся в жёстком соединении, если жёстко подключить к валу только одну шестерню, то вал будет вращаться со скоростью задаваемой этой шестерней. Таким образом можно получить различные передаточные отношения. Передаточные отношения в блоках шестерён подобраны в зависимости от условий движения автомобиля, при включённом нейтральном положении коробки передач ведомые шестерни вращаются свободно от

выходного вала, выходной вал остаётся неподвижен, для зацепления ведомых шестерён с выходным валом навал неподвижно закрепляется дополнительные шестерни, поверх этих шестерен находятся муфты переключения передач, перемещаясь вдоль шлицов шестерни муфты переключения образуют жёсткое зацепление с зубьями расположенными на ведущей шестерни и начинает вращаться вместе с ней как одно целое, но так как во время движения выходной вал и шестерни обращаются с разной скоростью, между ними устанавливается специальное кольцо синхронизатора, которое за счёт силы трения выравнивает скорость вращения обоих элементов, это позволяет осуществить плавное переключение. Интересно отметить, что в четвёртой передаче входной и выходной валы связаны непосредственно, это прямая передача, которая в настоящее время практически не используется.[4] Именно способность эффективно и гладко замыкать не жестко соединенные шестерню с валом являются собой самую суть механической коробки передач. «Прежде всего шестерни валов имеет синхронизатор с конусом и блокирующим кольцом, шестерня крепится к валу муфты, которая может свободно перемещаться по шестерне также используется в этой системе. Очевидно, что если муфта соединяется с зубцами синхронизатора шестерня и входной вал будут вращаться синхронно и необходимое сцепления будет достигнуто. Однако в процессе замыкания вал-шестерня будут вращаться с разной скоростью поэтому такое замыкание задача не из простых, блокирующее кольцо синхронизатора помогает привести скорости шестерней и вала соответствие. Блокирующее кольцо способно вращаться вместе с шестерней. Но может свободно передвигаться по оси перед перемещением муфты выжимается педаль сцепления, таким образом силовой поток передачи отсутствует, когда перемещаем муфту она прижимает блокирующее кольцо к конусу синхронизатора из-за высокой силы трения между блокирующим кольцом и конусом синхронизатора скорость шестерни станет такой же как его вала, теперь муфта может двигаться дальше и произвести зацепление с шестерней.

Так эффективные плавно шестерня передача замыкается с валом.»[12] Тот же принцип используется для перехода на другие передачи, например, на первую передачу, на третью передачу и на четвёртую передачу и также на пятую передачу с помощью рычага переключения передач. Пятая передача используется для вращения выходного вала со скоростью более высокой чем у входного вала. Рассмотрим как работает передача заднего хода, для заднего хода используется дополнительная промежуточная шестерня, передача заднего хода задействует устройство из трех шестерёнок, одна из них промежуточная шестерня, она задаёт обратное вращение выходному валу, «когда промежуточная шестерня сдвигается для соединения с двумя другими, выходной вал начинает вращаться в обратном направлении, при этом стоит отметить что передача заднего хода не имеет механизма синхронизации, это означает что работа коробки передач должна быть полностью установлена перед включением заднего хода.»[13]

В автомобилях с передними и задними ведущими мостами имеются раздаточные коробки. С помощью раздаточной коробки осуществляется передача на передний мост и на задний. Раздаточная коробка обычно имеет 2 передачи повышающую и пониженную, при включении пониженной передачи увеличивается сила тяги на ведущих колёсах, переключение шестерён раздаточной коробки производится с помощью рычагов и механизмов управления. Когда шестерни находятся в нейтральном положении раздаточная коробка вращение не передает. Если ползун-муфта перемещена в одно положение то включена пониженная передача, когда муфта перемещена в противоположенное положение, то включена повышенная передача раздаточной коробки. Ползун соединен тягами с рычагами управления находящимися в кабине шофёра. Раздаточная коробка автомобиля имеет два рычага управления (ВАЗ-2121) с помощью одного рычага включается повышенная или пониженная передача раздаточной коробки другой рычаг включает блокировку. Имеются раздаточные коробки с одним рычагом управления (ВАЗ-2123 и Niva Travel).

Общепринятые требования, предъявляемые и необходимые для обеспечения к коробкам перемены передач.[5]

Обеспечение экономического режима передвижения автомобиля, которое не будет иметь разрыва с другой обязательной необходимостью обеспечивать динамическое передвижение автомобиля, таковым способом должны быть подобраны передаточные отношения между шестернями и зубчатыми колесами составляющими коробку передач или раздаточную коробку передач. За динамику автомобиля определены понижающие передачи узла трансмиссии.

В настоящее время оценочным параметром динамики разгона любого автомобиля приняты использовать в виде времени разгона в следующих диапазонах это: от 40 до 100 км/ч, от 60 до 100 км/ч, от 80 до 120 км/ч и другие. Но самым распространенным показателем принятым во всем мире всеми автопроизводителями показателем динамических свойств автомобиля, т.е. то как он набирает скорость от 0 до 100 км/ч.[6]

Экономические свойства машины, прежде всего должны формироваться для движения именно для движения за городом, для движения по трассе, за которые определены именно повышающие высшие передачи коробки перемены передач. При этом редко используемые в городских режимах движения, т.е. их влияние этим передач минимально. Для понимания экономичности автомобиля используют три критерия оценки движения авто, это движение в городе, движение за городом и движение смешанное.

При стоящем автомобиле на холостых оборотах работы двигателя есть необходимость на долгое время разобщить трансмиссию и двигатель по времени, этого легко добиться при использовании автомобиле механической коробки передач. Однако для автоматических коробок передач с гидротрансформаторами крутящего момента, требуется специальная система режима управления когда автомобиль стоит на месте с включенным двигателем.

При проектировании коробки передач стоит пристальное внимание уделить управлению коробкой передач ее эргономики управления это очень важные критерии оценки уровня коробки перемены передач. Также важно какое усилием будет прикладываться к рычагу шофёр, какой будет хода рычага, т.е. расположение рычага должно быть удобно достигаемым любому человеку который сядет за руль данного автомобиля. Эти параметры очень сильно могут влиять на утомляемость шофёра, поскольку управлению требует от него механического физического усилия воздействия на приборы управления автомобилем. Поэтому очень важно обеспечить удобное комфортное управление любому шофёру, который будет управлять данным автомобилем.[9]

Ограничительной характеристикой для автомобиля всё больше и больше в последнее время становится шумность автомобиля, которая также регулируется и законодательно, в котором обозначены уровни шума для каждого вида транспорта, и это нельзя не учитывать при проектировании автомобиля. Эти требования еще сильнее диктуются потребителем этого продукта автомобильной промышленности, особенно в последние года, когда конкуренция находится на максимальном уровне, как никогда раньше. Вибрации и шум испускаемый узлами составляющими автомобиль всегда являлись контролируемыми характеристиками автомобиля. Особенно это относится конечно к двигателю и коробке передач, которые являются главными источниками вибраций и шума, из-за своего функционального назначения для функционирования автомобиля.

Приблизительно от 90% до 94% должно составлять коэффициент полезной работы для легковых автомобилей для коробок перемены передач в наше современное время. Полезная эффективность коробок перемены передач могут быть ниже при ошибках производителя при изготовлении деталей и технологичности сборочных операций, а также ошибки конструкции. Для коробок перемены передач конструктивный уровень оценки коэффициента полезной работы является интегральным. Для

эффективной работы коробки передач и автомобиля в целом, очень необходимо обеспечение коэффициента полезного действия на высочайшем уровне. [10]-[14]

Работа без ремонта и без поломки с наивысшим уровнем вероятности должна отработать коробка перемены передач, так же как и другие узлы автомобиля. Приблизительно от 150000 до 300000 км. расчетная эксплуатация всех деталей и узлов автомобиля, т.е. вероятность выхода из строя должна быть минимальной, таков должен быть современный автомобиль. То есть должна быть обеспечена очень высокая степень надежности автомобиля в процессе эксплуатации.

В процессе эксплуатации коробки перемены передач обслуживание, а точнее сказать его цена должна быть направлена на снижение, это обязательное требование в настоящее время. Приблизительно от 30000 до 100000 км пробега в этом диапазоне должна производиться замена масла в коробке перемены передач так же как и в раздаточной коробке передач для полноприводных автомобилей. Только эта одна операция обслуживания коробки передач должна производиться периодически, что является единственным действием по обслуживанию коробок передач для почти всех современных легковых автомобилей. То есть должна быть обеспечена простота обслуживания.

Дополнительные преимущества и дополнительные затраты которые могут быть привнесены в эксплуатацию автомобиля и коробки передач должны быть оправданы. Поскольку любое улучшение несет за собой повышение стоимости этих дополнительных опций для шофёра. То есть ее функциональные возможности должны рассматриваться всегда совместно с ее повышенной стоимостью. То есть должна быть обеспечена сравнительно низкая стоимость коробки перемены передач и согласована с ее возможностями по сравнению с конкурентными аналогами. [14]-[19]

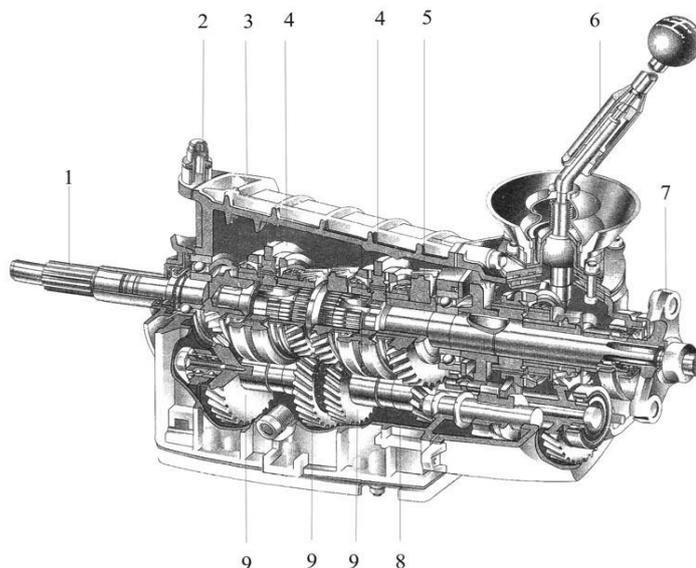
Обеспечение возможного отбора мощности для дополнительных устройств от коробки перемены передач или в обратном направлении, то есть

обеспечение возможного механизма для добавления мощности к автомобилю, например, для таких автомашин у которых используется трансмиссия с гибридным принципом построения конструкции. А также необходимая возможность для буксирования автомобиля или что бы, наоборот, автомобиль мог буксировать какое либо транспортное средство или груз на прицепе. Такие специальные требования иногда предъявляются к коробкам перемены передач автомобиля, кроме всех выше упомянутых. [20]

## 1.2 Классификация конструкций коробок передач

Виды трансмиссии: бывает механическая коробка передач, бывает роботизированная коробка передач, бывает автоматической коробкой передач и бывает вариатор.

Механическая коробка передач, то есть это коробка, которая требует механического, то есть ручного переключения передач. Автомобили с МКПП называют авто на палке, такие автомобили с механической коробкой предпочитают любители быстрой езды, показан на рисунке 2.



1 – Первичный вал; 2 – Сапун; 3 – Корпус; 4 – Синхронизаторы в сборе; 5 – Вторичный вал с шестернями 1-4 передач; 6 – Рычаг переключения передач; 7 – Фланец вторичного вала; 8 – Промежуточный вал; 9 – Шестерни промежуточного вала.

Рисунок 2 – Общее устройство классической МКПП

Какие же плюсы механической коробки передач, это: во первых меньше расход топлива в отличие от автоматической коробки передач, машина с механической коробкой передач она более резвая, то есть разгоняется быстрее, это плюс на обгонах, то есть всегда можно заблаговременно включить нужную передачу и такое вождение на самом деле считается более безопасным, и это конечно при условии, что за рулём сидит не новичок. Такой автомобиль он дешевле в цене, потому что механическая коробка передач она стоит дешевле других коробок передач, она более надёжна, у неё выше ресурс и она дешевле в ремонте. [21]-[24]

Следующий вид это автоматическая коробка передач, показан на рисунке 3. Жители крупных мегаполисов всё больше предпочитают автоматические коробки передач, то есть популярность её растёт. Причина этому это пробки, в которых постоянно приходится выжимать сцепление, переключать передачи и на самом деле это очень напрягает. Итак плюсы автоматической коробки передач: автомат он никогда не заглохнет и не покатиться назад, это особенно актуально для начинающих водителей, автомат он пресекает перегрузки двигателя, то есть, которые могут случиться из-за ошибок водителя, так как всё контролирует электроника.[24]-[28]

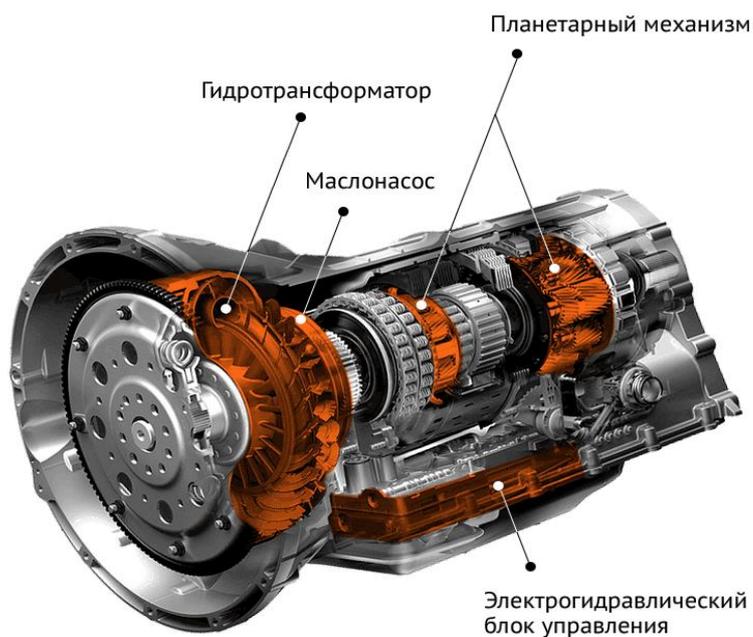


Рисунок 3 – Общая схема автоматической коробки передач

Коробка-автомат она дает возможность использования семь, восемь и девять диапазонов передач, то есть, чем больше на самом деле, тем лучше. При этом электроника будет подбирать оптимальную передачу для любой скорости движения, соответственно двигатель он будет большую часть времени работать на оптимальных для двигателя оборотах, за счёт чего будет лучше разгонная динамика автомобиля и оптимальной экономичность. Минусами автоматической коробки передач таковы: во-первых повышается расход топлива на 10-15 процентов по сравнению с механической коробкой передач, ухудшаются динамические скоростные показатели автомобиля в сравнении с той же механической коробкой передач, но это лишь при условии что за рулём автомобиля с механической коробкой передач будет сидеть не начинающий водитель, часто у автоматов особенно не у новых наблюдаются задержки при переключении передач, то есть механизм может долго думать прежде чем переключиться, автомат он дороже в цене и обслуживании, у него не столь высокая надёжность, проблемы как правило начинаются после пробега 150000 км. Но некоторые современные автоматы они на самом деле долговечные и лишены этого недостатка.[29]

Следующий вид коробки передач это и не механика и не автомат называется она роботизированная коробка передач, показана на рисунке 4. Это почти тот же автомат и почти та же механика с некоторыми нюансами.



Рисунок 4 – Общая схема механической роботизированной 7-ми ступенчатой коробки передач DSG с двойным сцеплением

То есть у неё имеется те же самые режимы что у традиционного автомата, например при остановке на светофоре, если не поставить рычаг в положении нейтраль, будет стоять как будто бы при выжатом сцеплении, то есть это чревато быстрым износом сцепления, в любом случае, если к ней не приспособиться очень хорошо, то у неё будет довольно таки быстро выходить из строя сцепления. Роботизированная коробка передач это в принципе то же самое, что и механика, то есть как будто бы вы рядом с собой посадили робота и, который вместо вас нажимается сцепление и переключает передачи при достижении определённых максимальных оборотов, которые заложены в программу. И поэтому по сути такая коробка она имеет экономичность как в обычной механике, порой даже большую, так как за оборотами двигателя следит электроника соответственно ошибки которые может допускать водитель, периодически перегазовывая или наоборот не докручивая обороты двигателя, такие случаи они исключены. Минус роботизированной коробки в том, что даже на новой коробке передач частенько случаются толчки, довольно-таки ощутимые в переключении передач, тогда на коробке нужно очень хорошо приспосабливаться и уже понимать, когда машина начнет переключать передачу и в этот момент сбрасывать газ, чтобы данные толчки не ощущались. В отличие от автомата данные коробки они дешевле, легче, экономичные. Сейчас существует такие коробки роботизированные в Audi их называют S-Tronic, в Volkswagen их называют DSG, на Porsche называется PDK это такая роботизированная коробка которая имеет два сцепления которые исключают паузы в переключении передач без потери крутящего момента. Такие коробки ставят сегодня многие производители BMW Ford Nissan. Лучше всего конечно показывать себя будет в эксплуатации роботизированная механика, например, шестиступенчатая коробка с двумя сцеплениями, такая как DSG или обучаемые, которые можно подстроить под стиль вождения любого шофёра, можно будет приехать в сервис и там данную коробку очень хорошо смогут настроить.

Следующий вид который хотелось бы затронуть это «Типтроник», показан на рисунке 5, - это когда совмещается в одной коробке как автоматическое переключение передач, так и возможность ручного переключения передач. То есть по сути эта функция сейчас есть во всех выпускаемых автомобилях с автоматической коробкой передач, её называют по-разному steptronic, touchtronic ,swithtronic и так далее. [30]

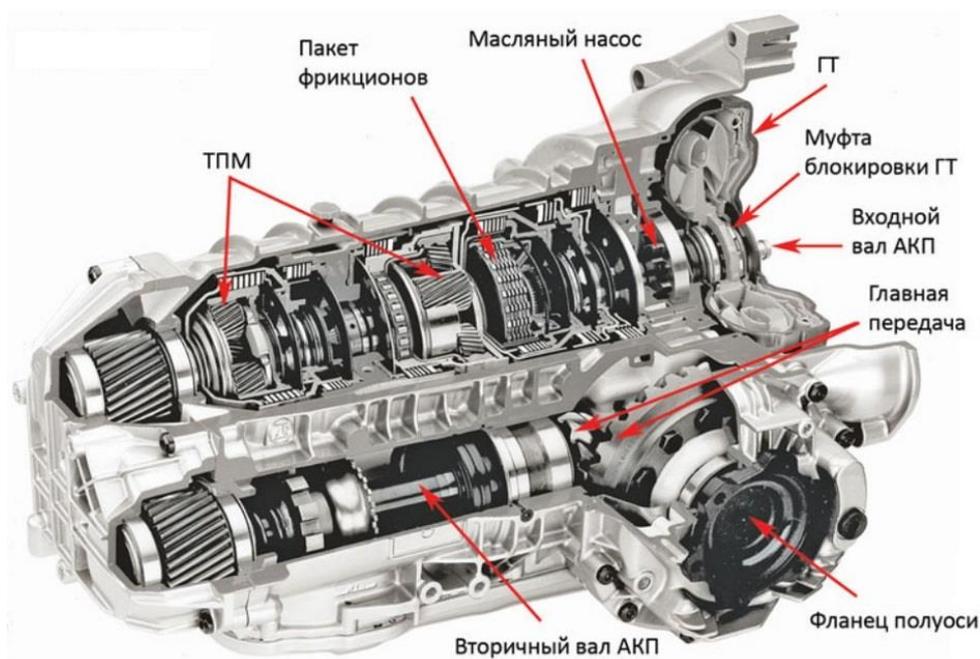


Рисунок 5 – Общая схема АКПП Типтроник Audi A6

Она работает таким образом - это возможность перевести рычаг коробки в необходимое положение и появляется возможность переключать передачи, толкая рычаг вперёд или назад, вперёд это на повышенную передачу назад на пониженную, соответственно вручную переключаются таким образом передачи. По сути он в принципе нужен, как для быстрой езды, так и для более безопасной езды, как уже указано выше, что если шофёр хорошо умеет управлять автомобилем на механической коробке передач, он понимает все плюсы ручного переключения передач, то есть можно заблаговременно включить нужную передачу и не бояться, что например автомобиль на обгоне вдруг неожиданно переключается на

повышенную передачу, тем самым снизиться разгонная динамика и не хватит мощности для обгона. [31]

Следующий тип трансмиссии это вариатор, показан на рисунке 6. Вариатор это трансмиссия которая не имеет ступеней, то есть ни имеет скоростей, бесступенчатая трансмиссия её называют. Такие коробки они всегда поддерживают самое оптимальное количество оборотов в зависимости от стиля езды, если вам нужна мощность, то будут обороты, при которых мотор будет отдавать оптимальную мощность, либо вам нужна экономия топлива, то вариатор будет поддерживать такие обороты, которые нужны ,например, для экономии топлива, в зависимости от того, как шофёр будете жать на педаль газа.

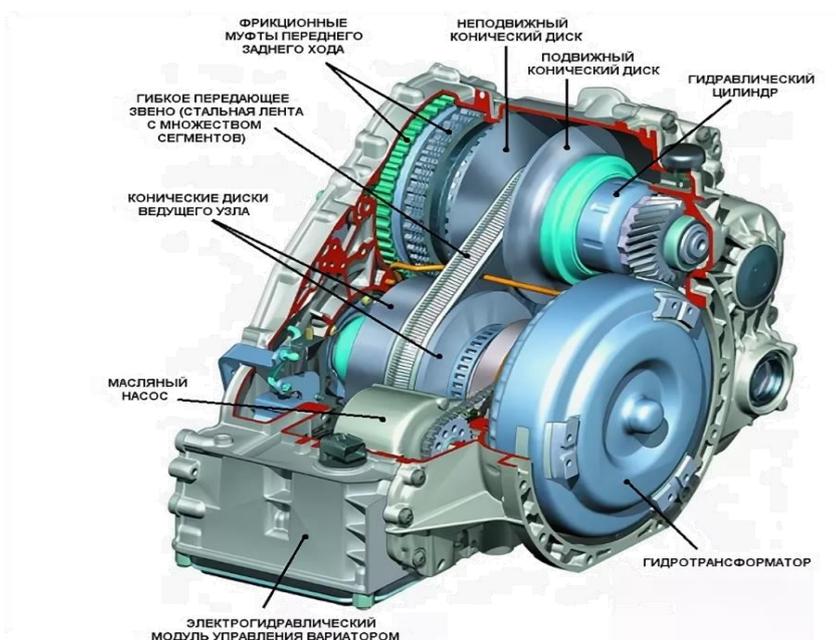


Рисунок 6 – Общая схема Вариатора Mercedes Benz версия MB-722.8

Вариатор он также имеет функцию типтроник, то есть, которая по сути симулирует переключения скоростей, повышая или понижая обороты. Получается это тоже самое как на автоматической коробке передач, также имеется функция, это аналог функции, которая называется kickdown, нажимаю педаль в пол, обороты резко возрастает, обеспечивая максимальную разгонную динамику. Плюсы в коробке вариатор: нет рывков, таких как переключения передач у других коробок, экономичность -

вариатор при плавном разгоне он экономичнее даже механической коробки передач, он выигрывает в динамике всех других коробок. То есть если взять два одинаковых автомобиля, но поставить на них разные коробки передач, то впереди окажется, тот автомобиль, у которого установлен вариатор - это уже общеизвестный факт. Минусы коробки вариатор: они менее долговечны, чем обычный автомат, может потребовать ремонта уже на 100.000 км пробега, также минусы коробки вариатор - это дорогостоящий ремонт, но многие этого не боятся, так как автомобиль с вариатором, он обладает отличными динамическими свойствами и экономичностью. Из выше приведенных видов трансмиссий можно сделать вывод - идеальный механизм, который поддерживает самые оптимальные обороты на протяжении всего времени движения автомобиля – это конечно же вариатор, но как известно есть серьезные недостатки. Сейчас производители отдают предпочтение автоматам, увеличивая у них количество диапазонов передач, тем самым немного приближая их к эффективности вариатора, но выигрывая у него в надёжности и более демократичных ценах на ремонт и обслуживание. Роботы - производители утверждают, что у данных коробок в самом деле перспективное будущее в принципе как уже было упомянуто про коробки DSG, коробки такого типа они уже отвечают довольно-таки высоким требованиям. Механическая коробка перемены передач является самой простой не прихотливой дешевой в эксплуатации и автомобиль с механикой всегда будет иметь более низкую цену по сравнению с другими вышеописанными трансмиссиями. [32] [33]

### **1.3 Выбор и объяснение вносимых улучшений в конфигурацию коробки передач**

Сегодня у всех автомобилей всех марок во всем мире синхронизированы все передачи переднего хода в коробке передач, а у некоторых современных автомобилей синхронизируются вообще все

передачи в коробке перемены передач, включая и заднюю передачу. Чтобы увеличить ресурс и также избежать скрежета передачи, возможно использование некоторого действия, схожий по своему принципу с работой синхронизатора, то есть чтобы на одной передаче с синхронизатором происходило уравнение скоростей вращения валов коробки перемены передач, и благодаря этому добивается эффект синхронизатора.

При соприкосновении зубчатых колес при переключении передачи без синхронизатора, а с использованием скользящей шестерни происходит соударение зубьев зубчатой пары, для того, чтобы избежать этого необходимо выдерживать паузу при переключении передачи, иначе будет слышен хруст зубчатого зацепления. После полной остановки автомобилем, от 10 до 15 секунд, именно такое время нужно выждать, и только после этого разрешается включить передачу, такова рекомендация от производителя автомобилей. Передача заднего хода включается с помощью шестерни скользящей по дополнительному валу коробки передач, так происходит у большинства автомобилей отечественного производителя как например у Lada Niva Travel.

#### **1.4 Состав и описание вносимых улучшений в конфигурацию коробки передач**

В данном дипломном проекте предлагается использовать синхронизатор для включения передачи заднего хода, чтобы достичь главной цели проекта, а именно, это увеличение ресурса передачи и коробки перемены передач в целом, уменьшение износа шестеренок задней передачи, комфортное тихое и плавное переключение автомобиля на задний ход.

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

#### 2.1.1 Исходные данные

«Количество колес ведущих .....	$n_k = 4$
Вес автомобиля, кг .....	$m_o = 1400$
Места в автомобиле .....	5
Высшая скорость а/м, м/с .....	$V_{max} = 40,28$
Наивысшая частота вращения ДВС, рад/с.....	$\omega_{max} = 600$
Низшая частота вращения ДВС, рад/с .....	$\omega_{min} = 95$
Аэродинамическое сопротивление.....	$C_x = 0,34$
Преодолеваемый подъем автомобилем .....	$\alpha_{max} = 0,32$
КПД трансмиссии.....	$\eta_{TP} = 0,93$
Площадь миделя, м <sup>2</sup> .....	$H = 2,34$
Сопротивление качению.....	$f_{ko} = 0,014$
Количество скоростей в КП .....	5
Нагрузка на оси автомобиля, % :	
ось передняя.....	45
ось задняя .....	55
Параметр плотности воздуха, кг/м <sup>3</sup> .....	$\rho = 1,293$
Параметр плотности топлива, кг/л .....	$\rho_t = 0,72$ »[2]

#### 2.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта

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

$$G_A = G_o + G_n + G_b,$$

«где  $G_o$  - собственный вес автомобиля;

$G_n$  - вес пассажиров;

$G_b$  - вес багажа;»[2]

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1400 \cdot 9,807 = 13730 \text{ Н} \quad (1)$$

$$G_{II} = G_{m1} \cdot 5 = m_{m1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678 \text{ Н} \quad (2)$$

$$G_B = G_{B1} \cdot 5 = m_{B1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490 \text{ Н} \quad (3)$$

$$G_A = 13730 + 3678 + 490 = 17898 \text{ Н} \quad (4)$$

$$G_1 = G_A \cdot 45 = 17898 \cdot 45 = 8054 \text{ Н} \quad (5)$$

$$G_2 = G_A \cdot 55 = 17898 \cdot 55 = 9844 \text{ Н} \quad (6)$$

«б) Подбор шин 195/75 R15.»[2]

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

«где  $r_k$  – радиус качения колеса;

$r_{CT}$  – статический радиус колеса;

$B = 195$  – ширина профиля, мм;

$\kappa = 0,75$  – отношение высоты профиля к ширине профиля;

$d = 381$  – посадочный диаметр, мм;

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

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 381 + 0,75 \cdot 0,85 \cdot 195) \cdot 10^{-3} = 0,315 \text{ м} \quad (8)$$

### 2.1.3 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_K \cdot U_{PK}} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (9)$$

«где  $U_K$  - передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость (примем значение передаточное число высшей передачи КП равным 0,800),»[2]

« $U_{PK}$  - передаточное число раздаточной коробки передач (максимальная скорость автомобиля достигается на высшей передачи раздаточной коробки автомобиля, значение которой примем равным 1,2).»[2]

$$U_0 = (0,315 \cdot 600) / (0,800 \cdot 1,2 \cdot 40,28) = 4,885 \quad (10)$$

#### 2.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

$$N_V = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left( G_A \cdot \psi_V \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (11)$$

«где  $\psi_V$  - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.»[2]

$$\psi_V = f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (12)$$

$$\psi_V = 0,014 \cdot (1 + 40,28^2 / 2000) = 0,025$$

$$N_V = (17898 \cdot 0,025 \cdot 40,28 + 0,34 \cdot 1,293 \cdot 2,34 \cdot 40,28^3 / 2) / 0,93 = 68549 \text{ Вт}$$

$$N_{MAX} = \frac{N_V}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (13)$$

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

$$N_{MAX} = 68549 / (1 \cdot 1,05 + 1 \cdot 1,05^2 - 1 \cdot 1,05^3) = 68902 \text{ Вт} \quad (14)$$

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[ C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (15)$$

«где  $C_1 = C_2 = 1$  - коэффициенты характеризующие тип двигателя.»[2]

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (16)$$

Расчетные данные в таблице 1.

Таблица 1 - Внешняя скоростная характеристика

Обор. двс, об/мин	Угл. скорость, рад/с	Мощн. двс, кВт	М двс, Н*м
907	95	13,0	137,3
1300	136	19,4	142,5
1650	173	25,2	146,0
2000	209	31,1	148,6
2350	246	36,9	150,1
2700	283	42,6	150,7
3050	319	48,0	150,3
3400	356	53,0	148,9
3750	393	57,5	146,5
4100	429	61,4	143,1
4450	466	64,6	138,7
4800	503	67,0	133,3
5150	539	68,5	127,0
5500	576	68,9	119,6
5730	600	68,5	114,2

« $n_e$  - обороты двигателя, об/мин;»[2]

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi}. \quad (17)$$

### 2.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач

$$1) U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{ГП}}; \quad (18)$$

«где  $\psi_{MAX}$  - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля с учётом вылечены преодолеваемого подъёма

$$\psi_{MAX} = f_{V_{max}} + \alpha_{MAX} = \psi_V + \alpha_{MAX}; \quad (19)$$

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

$$\psi_{MAX} = 0,025 + 0,32 = 0,345 \quad (20)$$

$$U_1 \geq 17898 \cdot 0,345 \cdot 0,315 / (150,7 \cdot 0,93 \cdot 4,885 \cdot 2,1) = 1,353$$

$$2) U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{ГП}}, \quad (21)$$

«где  $G_{сц}$  - сцепной вес автомобиля ( $G_{сц} = G_1 \cdot m_1 = 8054 \cdot 0,9 = 7249$  Н,  $m_1$  - коэффициент перераспределения нагрузки на передние колёса),  $\varphi$  - коэффициент сцепления ( $\varphi = 0,8$ ).»[2]

$$U_1 \leq 7249 \cdot 0,8 \cdot 0,315 / (150,7 \cdot 0,93 \cdot 4,885 \cdot 2,1) = 3,135 \quad (22)$$

«Примем значение первой передачи равным:  $U_1 = 3,100$ .»[2]

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (3,100 / 0,800)^{1/4} = 1,403 \quad (23)$$

$$U_2 = U_1 / q = 3,100 / 1,403 = 2,209; \quad (24)$$

$$U_3 = U_2 / q = 2,209 / 1,403 = 1,575; \quad (25)$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,575 / 1,403 = 1,122; \quad (26)$$

$$U_5 = 0,800.$$

### 2.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах

$$V_A = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_k}{U_{КП} \cdot U_0} \quad (27)$$

Расчетные данные в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 2 - Скорость автомобиля на различных передачах

Обор. двс, об/мин	Скор. на 1 пер, м/с	Скор. на 2 пер, м/с	Скор. на 3 пер, м/с	Скор. на 4 пер, м/с	Скор. на 5 пер, м/с
907	1,6	2,3	3,2	4,5	6,4
1300	2,4	3,3	4,6	6,5	9,1
1650	3,0	4,2	5,9	8,3	11,6
2000	3,6	5,1	7,1	10,0	14,1
2350	4,3	6,0	8,4	11,8	16,5
2700	4,9	6,9	9,6	13,5	19,0
3050	5,5	7,8	10,9	15,3	21,4
3400	6,2	8,7	12,1	17,0	23,9
3750	6,8	9,5	13,4	18,8	26,4
4100	7,4	10,4	14,6	20,5	28,8
4450	8,1	11,3	15,9	22,3	31,3
4800	8,7	12,2	17,1	24,1	33,7
5150	9,3	13,1	18,4	25,8	36,2
5500	10,0	14,0	19,6	27,6	38,7
5730	10,4	14,6	20,5	28,7	40,3

### 2.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{к.п.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (28)$$

Таблица 3 - Тяговый баланс

Обор. дв- ля, об/мин	F тяги на 1 пер, Н	F тяги на 2 пер, Н	F тяги на 3 пер, Н	F тяги на 4 пер, Н	F тяги на 5 пер, Н
907	7370	5253	3744	2669	1902
1300	7648	5451	3885	2769	1974
1650	7839	5587	3982	2838	2023
2000	7976	5685	4052	2888	2058
2350	8060	5745	4095	2918	2080
2700	8091	5767	4110	2930	2088
3050	8069	5751	4099	2922	2082
3400	7993	5697	4061	2894	2063
3750	7864	5605	3995	2847	2030
4100	7682	5476	3903	2782	1983
4450	7447	5308	3783	2696	1922
4800	7158	5102	3636	2592	1847
5150	6816	4858	3463	2468	1759
5500	6421	4577	3262	2325	1657
5730	6133	4371	3116	2221	1583

### 2.1.8 Силы сопротивления движению

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_x \cdot \frac{V_A^2}{2}. \quad (29)$$

$$F_f = G_A \cdot f_K; \quad (30)$$

$$f_K = f_0 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_A^2). \quad (31)$$

Расчетные данные в таблице 4.

Таблица 4 - Силы сопротивления движению

Скор-ть, м/с	F сопр. возд, Н	F сопр. кач-ю, Н	$\Sigma$ F сопр. движ-ю, Н
0	0	251	251
5	17	254	271
10	70	263	333
15	157	279	435
20	278	301	579
25	435	329	764
30	626	363	990
35	852	404	1257
40	1113	451	1564
45	1409	504	1913
50	1740	564	2304
55	2105	630	2735
60	2505	702	3207
65	2940	780	3720

### 2.1.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A}, \quad (32)$$

$$D_\varphi = \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_A}, \quad (33)$$

Расчетные данные в таблицах 5 - 8.

Таблица 5 - Динамический фактор на передачах

Обор. двс, об/мин	Дин-й фактор на 1пер	Дин-й фактор на 2пер	Дин-й фактор на 3пер	Дин-й фактор на 4пер	Дин-й фактор на 5пер
907	0,412	0,293	0,209	0,148	0,105
1300	0,427	0,304	0,216	0,153	0,107
1650	0,438	0,311	0,221	0,156	0,108
2000	0,445	0,317	0,224	0,157	0,107
2350	0,450	0,320	0,226	0,158	0,106
2700	0,451	0,320	0,226	0,157	0,103
3050	0,450	0,319	0,224	0,154	0,098
3400	0,445	0,315	0,221	0,150	0,093
3750	0,438	0,310	0,216	0,145	0,086
4100	0,427	0,302	0,210	0,139	0,078
4450	0,414	0,292	0,202	0,131	0,069
4800	0,397	0,279	0,192	0,122	0,059
5150	0,377	0,265	0,180	0,112	0,047
5500	0,355	0,248	0,167	0,100	0,034
5730	0,338	0,236	0,158	0,092	0,025

### 2.1.10 Ускорения автомобиля

$$j = \frac{(D - \Psi) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (34)$$

«где  $\delta_{BP}$  - коэффициент учета вращающихся масс,

$\Psi$  - коэффициент суммарного сопротивления дороги.

$$\Psi = f + i \quad (35)$$

$i$  – величина преодолеваемого подъёма ( $i = 0$ ).

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{КП}^2), \quad (36)$$

где:  $\delta_1$  - коэффициент учёта вращающихся масс колёс;  $\delta_2$  - коэффициент учёта вращающихся масс двигателя:  $\delta_1 = \delta_2 = 0,015$ .»[2]

Таблица 6 - Коэффициент учета вращающихся масс

	$U1$	$U2$	$U3$	$U4$	$U5$
$\delta$	1,159	1,088	1,052	1,034	1,025

Таблица 7 - Ускорение автомобиля на передачах

Обор двс, об/мин	Ускор. на 1 пер, м/с <sup>2</sup>	Ускор. на 2 пер, м/с <sup>2</sup>	Ускор. на 3 пер, м/с <sup>2</sup>	Ускор. на 4 пер, м/с <sup>2</sup>	Ускор. на 5 пер, м/с <sup>2</sup>
907	3,37	2,52	1,82	1,27	0,87
1300	3,50	2,61	1,88	1,32	0,88
1650	3,58	2,68	1,93	1,34	0,89
2000	3,65	2,73	1,96	1,35	0,88
2350	3,69	2,75	1,97	1,35	0,86
2700	3,70	2,76	1,97	1,34	0,82
3050	3,68	2,75	1,95	1,31	0,78
3400	3,65	2,71	1,92	1,27	0,72
3750	3,58	2,66	1,87	1,22	0,65
4100	3,49	2,59	1,81	1,16	0,56
4450	3,38	2,49	1,73	1,08	0,46
4800	3,24	2,38	1,64	0,99	0,35
5150	3,07	2,25	1,53	0,89	0,23
5500	2,88	2,10	1,40	0,77	0,10
5730	2,74	1,99	1,31	0,69	0,00

### 2.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

Таблица 8 - Величины обратные ускорениям автомобиля

Обор двс, об/мин	Обр.ускор. на 1пер, с <sup>2</sup> /м	Обр.ускор. на 2пер, с <sup>2</sup> /м	Обр.ускор. на 3пер, с <sup>2</sup> /м	Обр.ускор. на 4пер, с <sup>2</sup> /м	Обр.ускор. на 5пер, с <sup>2</sup> /м
907	0,30	0,40	0,55	0,79	1,16
1300	0,29	0,38	0,53	0,76	1,13
1650	0,28	0,37	0,52	0,75	1,13
2000	0,27	0,37	0,51	0,74	1,14
2350	0,27	0,36	0,51	0,74	1,16
2700	0,27	0,36	0,51	0,75	1,21
3050	0,27	0,36	0,51	0,76	1,29
3400	0,27	0,37	0,52	0,78	1,39
3750	0,28	0,38	0,53	0,82	1,55
4100	0,29	0,39	0,55	0,86	1,78
4450	0,30	0,40	0,58	0,93	2,15
4800	0,31	0,42	0,61	1,01	2,83
5150	0,33	0,44	0,65	1,13	4,33
5500	0,35	0,48	0,71	1,30	10,45
5730	0,37	0,50	0,76	1,46	-

### 2.1.12 Время и путь разгона

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (37)$$

$$\left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (38)$$

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

$$\Delta t = \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (39)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k. \quad (40)$$

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

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

Расчетные данные в таблице 9.

Таблица 9 - Время разгона автомобиля

Диап. скор, м/с	Площ, мм <sup>2</sup>	Вр. t, с
0-5	154	0,8
0-10	462	2,3
0-15	908	4,5
0-20	1536	7,7
0-25	2386	11,9
0-30	3533	17,7
0-35	5070	25,4
0-40	7090	35,4

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \quad (41)$$

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

Путь разгона от скорости  $V_0$

до скорости  $V_1$ :  $S_1 = \Delta S_1$ ,

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

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

«Результаты расчёта заносятся в таблицу 10:»[2]

Таблица 10 - Путь разгона автомобиля

Диап. скор, м/с	Площ, мм <sup>2</sup>	ПутьS, м
0-5	38	2
0-10	269	13
0-15	827	41
0-20	1926	96
0-25	3838	192
0-30	6993	350
0-35	11989	599
0-40	19563	978

### 2.1.13 Мощностной баланс

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (42)$$

« $N_f$  - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

$N_B$  - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

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

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

Таблица 11 - Мощностной баланс

Обор дв	Мощн.
907	12,1
1300	18,0
1650	23,5
2000	28,9
2350	34,4
2700	39,6
3050	44,6
3400	49,3
3750	53,5
4100	57,1
4450	60,1
4800	62,3
5150	63,7
5500	64,1
5730	63,8

Таблица 12 - Мощность сопротивления движению

Скор., м/с	Мощн. сопр. возд.	Мощн. сопр. кач-я	Сумм. мощн. сопр.
0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	1,3	1,4
10	0,7	2,6	3,3
15	2,3	4,2	6,5
20	5,6	6,0	11,6
25	10,9	8,2	19,1
30	18,8	10,9	29,7
35	29,8	14,1	44,0
40	44,5	18,0	62,6
45	63,4	22,7	86,1
50	87,0	28,2	115,2

### 2.1.14 Топливо-экономическая характеристика

$$Q_s = \frac{1.1 \cdot g_{e \min} K_H \cdot K_E (N_f + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (43)$$

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

$$K_I = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523 \quad (44)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227 \quad (45)$$

$$I = \frac{N_f + N_B}{N_T}; \quad (46)$$

$$E = \frac{W_e}{W_{eN}} \quad (47)$$

«Результаты расчётов сводят в таблицу 13 и представляют в виде графика.»[2]

Таблица 13 - Путевой расход топлива на высшей передаче

N <sub>nn</sub>	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Обор. дв-ля, об/мин	Скорость, м/с	Знач.И	Знач.Е	Знач.К <sub>и</sub>	Знач.К <sub>Е</sub>	Знач.Q <sub>s</sub>
I	907	6,4	0,149	0,166	1,291	1,166	5,7
II	1300	9,1	0,162	0,238	1,274	1,128	6,1
III	1650	11,6	0,178	0,302	1,251	1,098	6,6
IV	2000	14,1	0,201	0,367	1,223	1,072	7,2
V	2350	16,5	0,228	0,431	1,189	1,051	7,8
VI	2700	19,0	0,262	0,495	1,150	1,034	8,6
VII	3050	21,4	0,302	0,559	1,107	1,022	9,4
VIII	3400	23,9	0,349	0,623	1,060	1,014	10,2
IX	3750	26,4	0,405	0,687	1,012	1,010	11,1
X	4100	28,8	0,471	0,751	0,965	1,010	12,0
XI	4450	31,3	0,549	0,816	0,922	1,015	13,1
XII	4800	33,7	0,642	0,880	0,888	1,025	14,3
XIII	5150	36,2	0,754	0,944	0,875	1,038	16,0

## 2.2 Расчет элементов коробки передач

### 2.2.1 Расчет синхронизатора

«Проверочный расчет проводится с учетом уменьшения скорости автомобиля за время. Влиянием масляной ванны и сил в подшипниках и зубчатых пренебрегаем. При проверочном расчете определяется синхронизации и удельная сила за одно включение.»[2]

Время синхронизации.»[5]

$$t_c = \frac{J_{\Sigma} \cdot U^2 \cdot \Delta\omega_{нач}}{M_{\mu} - J_{\Sigma} \cdot U^2 \cdot \varepsilon_c}$$

«где  $t_c$  - время синхронизации, сек;

$M_{\mu}$  - момент трения синхронизатора, Н.м;

$J_{\Sigma}$  - суммарный приведенный момент инерции, кгм<sup>2</sup>;

$U$  - передаточное число;

$\Delta\omega_{нач}$  - начальная разность угловых скоростей, рад/с;

$\varepsilon_c$  - угловое замедление вала, на котором расположен синхронизатор, рад/с<sup>2</sup>;»[5]

$$J_{\Sigma} := 0.15 \qquad \Delta\omega_{нач} := 40\text{C}$$

$$U := 1.4 \qquad \varepsilon_c := 900$$

«Момент трения синхронизатора.»[5]

$$M_{\mu} = \frac{r_{\mu} \cdot \mu \cdot Q}{\arcsin(\gamma)}$$

«где:  $r_{\mu}$  - средний радиус поверхности синхронизатора, мм;

$\mu$  - коэффициент трения;

$\gamma$  - половина угла конуса, град;

$Q$  - сила на передвигной муфте, Н;»[5]

$$r_{\mu} := 22 \quad \mu := 0.06 \quad \gamma := 7$$

«Осевая сила.»[5]

$$Q = P_p \cdot U_{p.m} \cdot \eta$$

«где:  $P_p$  - нормативное усилие на рукоятке рычага , Н;

$U_{p.m}$  - передаточное число;

$\eta$  - КПД привода переключения;»[5]

$$P_p := 60 \quad U_{p.m} := 8 \quad \eta := 0.9$$

$$Q = P_p \cdot U_{p.m} \cdot \eta \quad Q = 432 \quad \text{Н}$$

$$M_{\mu} = \frac{r_{\mu} \cdot \mu \cdot Q}{\arcsin(\gamma)} \quad M_{\mu} = 867.96$$

$$t_c = \frac{J_{\Sigma} \cdot U^2 \cdot \Delta\omega_{нач}}{M_{\mu} - J_{\Sigma} \cdot U^2 \cdot \varepsilon_c} \quad t_c = 0.19 \quad \text{«Для легковых автомобилей время 0,15...0,3 с.»[5]}$$

## 2.2.2 Расчет зубчатой передачи синхронизатора

«Исходные данные для расчета на прочность передачи:

$z_1 = 20$	- число зубьев шестерни.
$z_2 = 39$	- число зубьев колеса.
$m = 2$	- нормальный модуль, м.
$b_1 = 13,55$	- ширина венца шестерни, мм.
$b_2 = 13$	- ширина венца колеса, мм.
$x_1 = 0$	- коэффициент смещения шестерни.
$x_2 = -0.075$	- коэффициент смещения колеса.
$\beta = 0$	- угол наклона, град.
$R_a = 2.0$	- шероховатость поверхности, мкм.
$T_j = 900$	- постоянная нагрузка, Нм.
$n = 6000$	- частота вращения ведущего зубчатого колеса, 1/мин.
$f_{KE} = 0$	- отклонение положения контактных линий вследствие упругой деформации в подшипниках, мкм
25ХГМ - марка стали шестерни.	
40Х - марка стали колеса.	
$h_{t1} = 1$	- толщина упроченного слоя.
$h_{t2} = 1$	- толщина упроченного слоя.
$H_{o1} = 58$	HRC - твердость зуба.
$H_{o2} = 50$	HRC - твердость поверхности колеса.
$H_{k1} = 500$	HV - твердость сердцевины зуба шестерни.
$H_{k2} = 500$	HV - твердость сердцевины зуба колеса.
$\sigma_{\tau 1} = 1400$	- предел текучести материала шестерни, МПа.
$\sigma_{\tau 2} = 1200$	- предел текучести материала колеса, МПа.
$L_h = 1100$	- требуемая долговечность.»[5]

«Определение геометрических и кинематических параметров.

Делительный угол профиля в торцовом сечении  $\alpha_t$ »[5]

$$\alpha := \frac{\pi}{180} \cdot 20, \quad (48)$$

$$\beta := \frac{\pi}{180} \cdot 16.4, \quad (49)$$

$$\alpha_t := \operatorname{atan}\left(\frac{\tan(\alpha)}{\cos(\beta)}\right) \quad (50)$$

$$\alpha_t = 20.78\text{deg}$$

«Угол зацепления  $\alpha_{t\omega}$ »[5]

$$\alpha_{t\omega} := \frac{2 \cdot (x_1 + x_2) \cdot \tan(\alpha)}{z_1 + z_2} + \alpha_t \quad (51)$$

$$\alpha_{t\omega} = 20.78\text{deg}[5]$$

«Межосевое расстояние  $a_\omega$ »[5]

$$a_\omega := \frac{(z_1 + z_2) \cdot m}{2 \cdot \cos(\beta)} \cdot \frac{\cos(\alpha_t)}{\cos(\alpha_{t\omega})} \quad (52)$$

$$a_\omega = 57.33$$

«Делительные диаметры  $d$ , мм.»[5]

$$d_1 := \frac{m \cdot z_1}{\cos(\beta)} \quad (53)$$

$$d_1 = 57.33$$

$$d_2 := \frac{m \cdot z_2}{\cos(\beta)} \quad (54)$$

$$d_2 = 57.33$$

«Диаметры вершин  $d_a$ , мм.»[5]

$$d_{a1} := d_1 + 2 \cdot m \cdot (1 + x_1) \quad (55)$$

$$d_{a1} = 62.33$$

$$d_{a2} := d2 + 2 \cdot m \cdot (1 + x2) \quad (56)$$

$$d_{a2} = 62.33$$

«Основные диаметры  $d_b$ , мм.»[5]

$$d_{b1} := d1 \cdot \cos(\alpha_t) \quad (57)$$

$$d_{b1} = 53.6$$

$$d_{b2} := d2 \cdot \cos(\alpha_t) \quad (58)$$

$$d_{b2} = 53.6$$

«Углы профиля зуба в точках на окружностях вершин  $\alpha_a$ .»[5]

$$\alpha_{a1} := \arccos\left(\frac{d_{b1}}{d_{a1}}\right) \quad (59)$$

$$\alpha_{a1} = 30.69 \text{deg}$$

$$\alpha_{a2} := \arccos\left(\frac{d_{b2}}{d_{a2}}\right) \quad (60)$$

$$\alpha_{a2} = 30.69 \text{deg}$$

«Составляющие Коэффициента торцового перекрытия  $\epsilon_a$ .»[5]

$$\epsilon_{a1} := \frac{z1 \cdot (\tan(\alpha_{a1}) - \tan(\alpha_{t\omega}))}{2 \cdot \pi} \quad (61)$$

$$\epsilon_{a1} = 0.75$$

$$\epsilon_{a2} := \frac{z2 \cdot (\tan(\alpha_{a2}) - \tan(\alpha_{t\omega}))}{2 \cdot \pi} \quad (62)$$

$$\epsilon_{a2} = 0.75$$

«Коэффициент торцового перекрытия  $\epsilon_\alpha$ .»[5]

$$\epsilon_\alpha := \epsilon_{a1} + \epsilon_{a2} \quad (63)$$

$$\epsilon_\alpha = 1.5$$

«Осевой шаг  $p_x$ .»[5]

$$p_x := \frac{\pi \cdot m}{\sin(\beta)} \quad (64)$$

$$p_x = 27.82$$

«Коэффициент осевого перекрытия  $\varepsilon_\beta$ .»[5]

$$\varepsilon_\beta := \frac{b_2}{p_x} \quad (65)$$

$$\varepsilon_\beta = 0.5$$

«Суммарный Коэффициент перекрытия  $\varepsilon_\gamma$ .»[5]

$$\varepsilon_\gamma := \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta \quad (66)$$

$$\varepsilon_\gamma = 2$$

«Основной угол наклона  $\beta_b$ .»[5]

$$\beta_b := \arcsin(\sin(\beta) \cdot \cos(\alpha)) \quad (67)$$

$$\beta_b = 15.39 \text{deg}$$

«Эквивалентные числа зубьев  $z_v$ .»[5]

$$z_{v1} := \frac{z_1}{(\cos(\beta))^3} \quad (68)$$

$$z_{v1} = 24.92$$

$$z_{v2} := \frac{z_2}{(\cos(\beta))^3} \quad (69)$$

$$z_{v2} = 24.92$$

«Окружная скорость  $v$ .»[5]

$$v := \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60000} \quad (70)$$

$$v = 6$$

«Коэффициент, учитывающий механические свойства сопряженных

зубчатых колес,  $Z_E$ »[5]

$$v_1 := 0.3$$

$$E := 2.1 \cdot 10^5$$

МПа

$$v_2 := v_1$$

$$E_1 := E$$

$$E_2 := E_1$$

$$Z_E := \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot \left[ \frac{1 - (v_1)^2}{E_1} + \frac{1 - (v_2)^2}{E_2} \right]}} \quad (71)$$

$$Z_E = 191.65 \quad \text{»[5]}$$

«Коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев в полюсе зацепления,  $Z_H$ »[5]

$$Z_H := \frac{1}{\cos(\alpha_t)} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \cos(\beta_b)}{\tan(\alpha_{t\omega})}} \quad (72)$$

$$Z_H = 2.41$$

«Коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий,  $Z_\varepsilon$ »[5]

Для

$$\varepsilon_\beta \geq 1$$

$$Z_\varepsilon := \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} \quad (73)$$

$$Z_\varepsilon = 0.82$$

«Окружная сила на делительном цилиндре  $F_{Ht}$ , Н.»[5]

$$F_{Ht} := \frac{2000 \cdot T_j}{d_1} \quad (74)$$

$$F_{Ht} = 2441.89$$

«Коэффициент, учитывающий внешнюю динамическую нагрузку,  $K_A$   
Поскольку нагрузка постоянная и в ней учтены внешние нагрузки:»[5]

$$K_A := 1$$

«Проверка на резонансную зону. При выполнении условия:  $\frac{v \cdot z1}{1000} < 1.4$  для

косозубых передач.

Резонансная зона далеко и определение Коэффициента  $K_{Hv}$  можно проводить по формуле:»[5]

$$K_{Hv} := \frac{v \cdot z1}{1000} \quad (75)$$

$$K_{Hv} = 0.13$$

«Коэффициент, учитывающий влияние вида зубчатой передачи и модификации профиля головок зубьев,  $\delta_H$ .

При твердости  $H1 < 350 HV$  и  $H2 < 350 HV$  для косых зубьев:

$$\delta_H := 0.004$$

Коэффициент, учитывающий влияние разности шагов зацепления зубьев шестерни и колеса,  $g_0$ .

Для 7-ой степени точности передачи по нормам плавности и при модуле»[5]  $m = 2: \quad g_0 := 47$

«Удельная окружная динамическая сила  $\omega_{Hv}$ .»[5]

$$u := 6.1$$

$$\omega_{Hv} := \delta_H \cdot g_0 \cdot v \cdot \sqrt{\frac{a_\omega}{u}} \quad (76)$$

$$\omega_{Hv} = 3.46$$

«Динамическая добавка  $V_H$ .»[5]

$$v_H := \frac{\omega_{Hv} \cdot b_2 \cdot d_1}{2000 \cdot T_j \cdot K_A} \quad (77)$$

$$v_H = 0.02$$

«Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении,  $K_{Hv}$ .»[5]

$$K_{Hv} := 1 + v_H \quad (78)$$

$$K_{Hv} = 1.02$$

«Допуск на погрешность направления зуба  $F_\beta$ , мкм.

По ГОСТ 1643-81 для 7-й степени точности по нормам контактов при ширине зубчатого венца  $b_2 = 24$  мм:  $F_\beta := 9$

Отклонение положения контактных линий вследствие погрешностей изготовления  $f_{kZ}$ , мкм.»[5]

$$f_{kZ} := 0.5 \cdot F_\beta \quad (79)$$

$$f_{kZ} = 4.5 \quad \text{»}[5]$$

«Фактическое отклонение положения контактных линий в начальный период работы передачи  $f_{0kY}$ , мкм.»[5]

$$f_{kE} := 0$$

$$f_{0kY} := f_{kE} + f_{kZ} \quad (80)$$

$$f_{0kY} = 4.5$$

«Удельная нормальная жесткость пары зубьев  $C_1$ , мкм.»[5]

при  $x_1=0$  и  $x_2=0$ :  $C_1 := 17.4$

Удельная нормальная жесткость на рисунке 7.

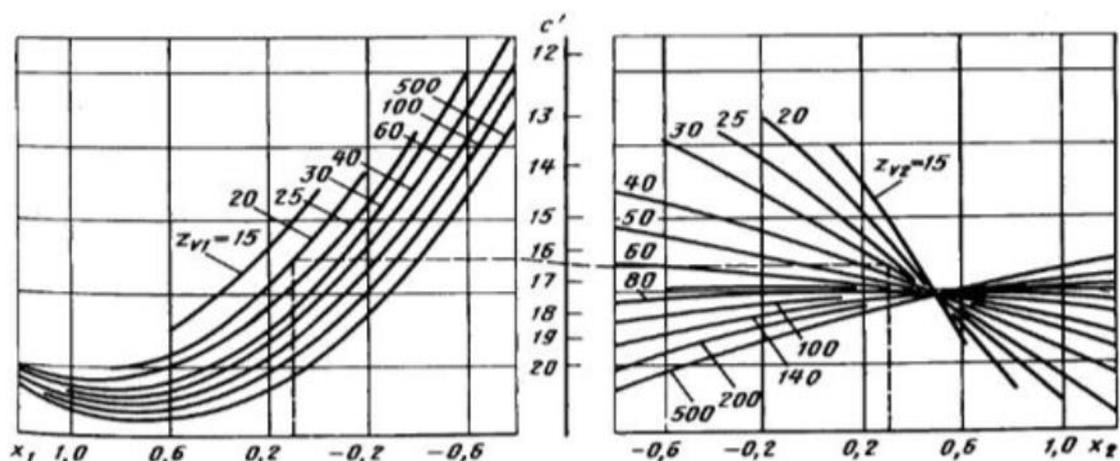


Рисунок 7 - Удельная нормальная жесткость пары зубьев  $C1$ , мкм.

«Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий в начальный период работы передачи,  $K_{0H\beta}$ .»[5]

$$K_k := 0.14$$

$$K_{0H\beta} := 1 + \frac{0.4 \cdot b_2 \cdot f_{0kY} \cdot C1 \cdot \cos(\alpha_t)}{F_{Ht} \cdot K_A \cdot K_{Hv} \cdot Z_\epsilon} \cdot K_k \cdot \left(\frac{b_2}{d_2}\right) \quad (81)$$

$$K_{0H\beta} = 1.01$$

«Коэффициент, учитывающий приработку зубьев,  $K_{H\omega}$ .»[5]

$$H_{Hv} := 300$$

$$K_{H\omega} := 1 - \frac{20}{(0.01 \cdot H_{Hv} + 2)^2 \cdot (v + 4)^{0.25}} \quad (82) \gg [5]$$

$$K_{H\omega} = 0.55$$

«Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий,  $K_{H\beta}$ .»[5]

$$K_{H\beta} := 1 + (K_{0H\beta} - 1) \cdot K_{H\omega} \quad (83)$$

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

«Средняя удельная торцовая жесткость зубьев пары зубчатых колес

$C_\gamma$ , Н/(мм.мкм).»[5]

$$C_\gamma := C1 \cdot (0.5 \cdot \varepsilon_\alpha + 0.25) \quad (84)$$

$$C_\gamma = 17.39$$

«Предельные отклонения шага зацепления  $f_{pb}$ , мкм.

По ГОСТ 1643-81 для 7-ой степени точности по нормам плавности при модуле  $m = 2$ мм и соответствующих делительных диаметрах.»[5]

$$d1 = 57.33 \text{ мм}$$

$$d2 = 57.33 \text{ мм}$$

$$f_{pb1} := 15$$

$$f_{pb2} := 15$$

«Предел контактной выносливости  $\sigma_{Hlim2}$ , МПа.»[5]

$$H_{HRC3} := 50$$

$$\sigma_{Hlim2} := 17 \cdot H_{HRC3} + 200 \quad (85)$$

$$\sigma_{Hlim2} = 1050$$

«Уменьшение погрешности шага зацепления в результате приработки,

$\gamma_{\alpha, \text{мкм}}$ .»[5]

$$\gamma_{\alpha1} := 0.075 \cdot f_{pb1} \quad (86)$$

$$\gamma_{\alpha1} = 1.13$$

$$\gamma_{\alpha2} := \frac{160}{\sigma_{Hlim2}} \cdot f_{pb2} \quad (87) \text{»[5]}$$

$$\gamma_{\alpha2} = 2.29$$

$$\gamma_\alpha := \frac{\gamma_{\alpha1} + \gamma_{\alpha2}}{2} \quad (88)$$

$$\gamma_\alpha = 1.71$$

«Коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями,

$K_{H\alpha}$ .

Для косозубых передач при  $\varepsilon_\gamma > 2$ »[5]

$$f_{pb\varepsilon} := \sqrt{(f_{pb1})^2 + (f_{pb2})^2} \quad (89)$$

«Коэффициент, учитывающий статическое распределение активных поверхностей зубьев; для передач с твердостью поверхностей зубьев хотя бы одного зубчатого колеса при  $H < 350$ :  $a_\alpha := 0.2$ »[5]

$$K_{H\alpha} := 0.9 + 0.4 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot (\varepsilon_\gamma - 1)}}{\varepsilon_\gamma} \cdot \frac{C_\gamma \cdot b_2 \cdot (a_\alpha \cdot f_{pb\varepsilon} - \gamma_\alpha)}{F_{Ht} \cdot K_A \cdot K_{Hv} \cdot K_{H\beta}} \quad (90)$$

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

«должно выполняться условие:»[5]

$$1 \leq K_{H\alpha} \leq \frac{\varepsilon_\gamma}{\varepsilon_\alpha \cdot (Z_\varepsilon)^2} \quad (91)$$

$$\frac{\varepsilon_\gamma}{\varepsilon_\alpha \cdot (Z_\varepsilon)^2} = 2$$

«Коэффициент нагрузки  $K_H$ .»[5]

$$K_H := K_A \cdot K_{Hv} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \quad (92)$$

$$K_H = 1.02$$

«Контактное напряжение  $\sigma_{H0}$  при  $K_H = 1$ , МПа.»[5]

$$\sigma_{H0} := Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_{Ht}}{b_2 \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u}} \quad (93)»[5]$$

$$\sigma_{H0} = 710.26$$

«Расчетное контактное напряжение  $\sigma_H$ , МПа.»[5]

$$\sigma_H := \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_H} \quad (94)$$

$$\sigma_H = 718.24$$

«Пределы контактной выносливости  $\sigma_{Hlim}$ , МПа.

Для шестерни с твердостью 58 HRC.»[5]

$$H_{HRC} := 58$$

$$\sigma_{Hlim1} := 23 \cdot H_{HRC} \quad (95)$$

$$\sigma_{Hlim1} = 1334$$

«Для зубчатого колеса с твердостью 50 HRC.»[5]

$$H_{HRC} := 50$$

$$\sigma_{Hlim2} := 17 \cdot H_{HRC} + 200 \quad (96)$$

$$\sigma_{Hlim2} = 1050$$

«Коэффициенты запаса прочности  $S_H$ .

Для шестерни и для зубчатого колеса с поверхностным упрочнением зубьев принимаем:»[5]

$$S_{H1} := 1.2$$

$$S_{H2} := 1.2$$

«Базовые числа циклов напряжений, соответствующие пределу выносливости,  $N_{Hlim}$ .»[5]

$$H_{HB} := 470$$

$$N_{Hlim} := 30 \cdot (H_{HB})^{2.4} \quad (97)$$

$$N_{Hlim} = 7.77 \times 10^7$$

$$N_{Hlim} \leq 120 \cdot 10^6 \text{ »}[5]$$

$$\text{«} N_{Hlim1} := 77.7 \cdot 10^6$$

$$H_{HB} := 400$$

$$N_{Hlim2} := 30 \cdot (H_{HB})^{2.4} \quad (98)$$

$$N_{Hlim2} = 5.27 \times 10^7$$

$$N_{Hlim} \leq 120 \cdot 10^6$$

$$N_{Hlim2} := 52.7 \cdot 10^6$$

«Суммарное число циклов напряжений  $N_K$ .»[5]

$$N_{K1} := 60 \cdot n \cdot L_h \quad (99)$$

$$N_{K1} = 1.32 \times 10^8$$

$$N_{K2} := N_{K1} \cdot \frac{z_1}{z_2} \quad (100)$$

$$N_{K2} = 1.32 \times 10^8$$

«Коэффициент долговечности  $Z_N$ .»[5]

При  $N_K > N_{Hlim}$

$$Z_{N1} := \sqrt[20]{\frac{N_{Hlim1}}{N_{K1}}} \quad (101)$$

$$Z_{N1} = 0.97$$

$$Z_{N2} := \sqrt[20]{\frac{N_{Hlim2}}{N_{K2}}} \quad (102)$$

$$Z_{N2} = 0.96$$

«Коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев,  $Z_R$ .»[5]

Для  $R_a$  от 2,5 до 1,25 мкм

$$Z_R := 0.95 \text{ »}[5]$$

«Коэффициент, учитывающий окружную скорость  $Z_v$ .»[5]

При  $H < 350$  HV

$$Z_v := 0.85 \cdot v^{0.1} \quad (103)$$

$$Z_v = 1.02$$

$$Z_{v1} := 1.08$$

$$Z_{v2} := 1.08$$

«Коэффициент, учитывающий влияние смазки  $Z_L$ .»[5]

$$Z_L := 1$$

«Коэффициент, учитывающий размер зубчатого колеса,  $Z_X$ .»[5]

$$Z_X := \sqrt{1.07 - 10^{-4} \cdot d_2} \quad (104)$$

$$Z_X = 1.03$$

«При  $d < 700$  мм принимаем  $Z_X = 1$ .»[5]

Поскольку  $d_1 < 700$  и  $d_2 < 700$

$$Z_{X1} := 1$$

$$Z_{X2} := 1$$

«Допускаемые контактные напряжения зубчатых колес  $\sigma_{HP1}, \sigma_{HP2}$ , МПа»[5].

$$\sigma_{HP1} := \frac{\sigma_{Hlim1} \cdot Z_{N1}}{S_{H1}} \cdot Z_R \cdot Z_{v1} \cdot Z_L \cdot Z_{X1} \quad (105)$$

$$\sigma_{HP1} = 1110.74$$

$$\sigma_{HP2} := \frac{\sigma_{Hlim2} \cdot Z_{N2}}{S_{H2}} \cdot Z_R \cdot Z_{v2} \cdot Z_L \cdot Z_{X2} \quad (106)$$

$$\sigma_{HP2} = 857.47$$

«Допускаемое контактное напряжение передачи  $\sigma_{HP}$ , МПа.»[5]

$$\sigma_{HPmin} := 857.47$$

«При выполнении условия:»[5]

$$\sigma_{HP} < 1.25 \cdot \sigma_{HPmin} \quad (107)$$

$$\sigma_{HP} := 0.45 \cdot (\sigma_{HP1} + \sigma_{HP2}) \quad (108)$$

$$\sigma_{HP} = 885.7$$

$$1.25 \cdot \sigma_{HPmin} = 1071.84 \quad (109)$$

«В качестве  $\sigma_{HP}$  принимаем меньшее из этих двух значений, т.е.:»[5]

$$\sigma_{HP} = 885.7$$

«Сопоставление расчетного и допускаемого напряжений.»[5]

$$\sigma_H = 718.24 < \sigma_{HP} = 885.7$$

«Следовательно, обеспечена усталостная выносливость по контакту.»[5]

### 3 Безопасность и экологичность объекта

#### 3.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых технологических операций

Участок сборки коробки передач представлен на рисунке 8.

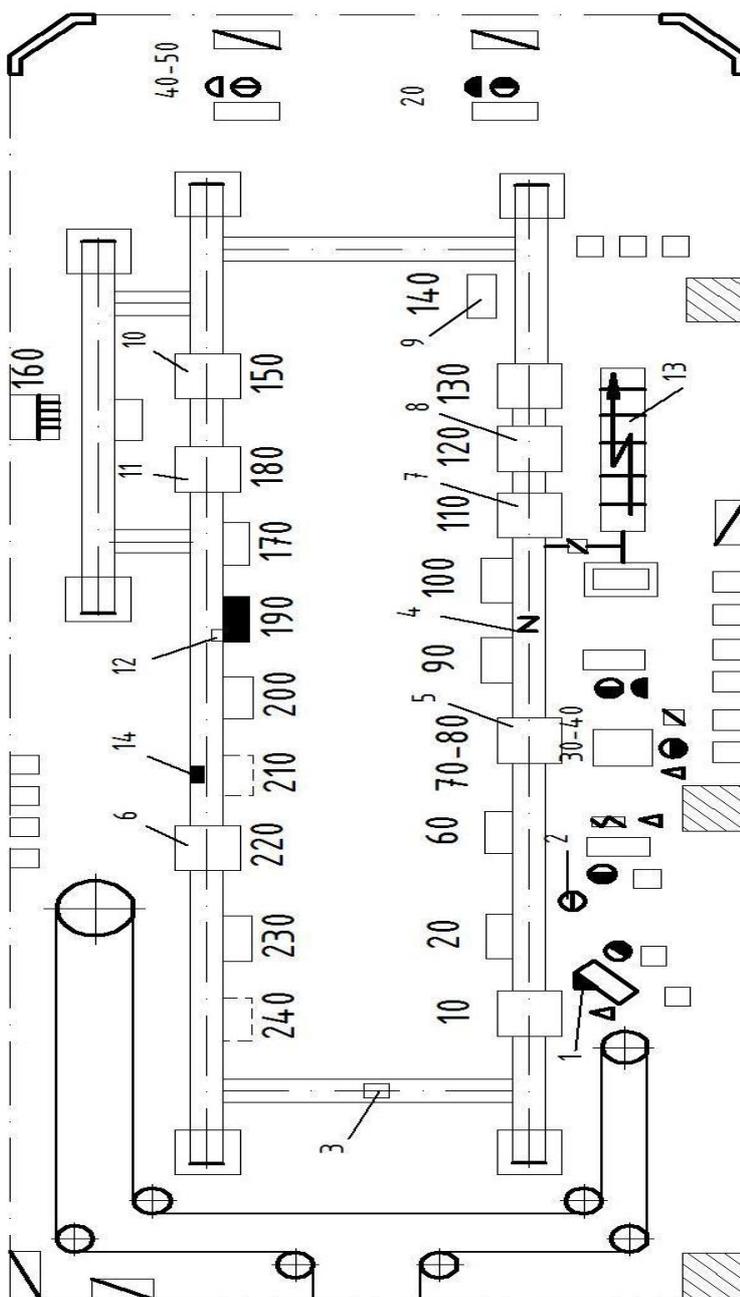


Рисунок 8 - Эскиз рабочего места

## Условные обозначения

	- Горизонтально замкнутый конвейер.
	- Стеллаж.
	- Рабочий стол сборщика.
	- Контейнер для деталей.
	- Рабочее место.
	- Подвод сжатого воздуха.
	- Местное освещение.
	- Бампер.
	- Колонны.
	- Границы участка.

### Описание технологического оборудования.

- 1 – устройство для смазки подшипников.
- 2 – устройство для смазки шестерен.
- 3 – приспособление спутник для фиксации картера.
- 4 – пневмогайковерт.
- 5 – пресс для запрессовки шестерен.
- 6 – автоматический гайковерт.
- 7 – автомат для смазки и установки шайб.
- 8 – пресс для запрессовки пыльников.
- 9 – стенд для регулировки осевого зазора.
- 10 – стенд испытательный.
- 11 – устройство для смазки внутренних поверхностей чехлов.
- 12 – устройство для смазки наружных поверхностей картера.
- 13 – электрический шкаф.
- 14 – приспособление для маркировки.

### 3.2 Выявление опасных и вредных производственных факторов

«Вредных для производственных элементов-компонентов, окружающей среды и трудового процесса, а также их влияние на работу в определенных условиях (интенсивность, продолжительность и др.) Может привести к профессиональным заболеваниям, временным или постоянным, менее эффективным, увеличить частоту физических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.»[7] Опасные и вредные производственные факторы представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Опасные и вредные факторы

Небезопасные также вредоносные производственные условия (ОВПФ)	Спецоборудование, адаптация, механизмы	Влияние на тело человека
1	2	3
1. Физические		
а) движущие машины и механизмы	Электропогрузчики, поточная линия	Запыленность воздуха, общая вибрация, шум, повышенное движение воздуха нарушение целостности организма
б) «подвижные части производственного оборудования»[7]	Транспорт поточной линии, вращающиеся части инструмента	Шум, общая вибрация, повреждения частей тела
в) передвигающиеся изделия	Детали и сборочные единицы в приспособлении	Повреждение частей тела
г) Повышенная запыленность и загрязненность воздуха	Электропогрузчики	Воздействие на органы дыхания, утомляемость
д) «повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, ультразвуковых колебаний»[7]	Электроинструмент, электропогрузчики	«Шумовое воздействие на органы слуха, внутренние расстройства организма, влияние на сердечно-сосудистую систему, повышенная утомляемость»[7]
е) Повышенное	Электрические сети,	Поражение

Продолжение таблицы 14

1	2	3
напряжение электросети	электроустановки, технологическое оборудование с электроприводом	электротоком
ж) «Отсутствие или недостаток естественного освещения, недостаточная освещенность рабочей зоны»[7]	«Производственные помещения, осветительное оборудование»[7]	Влияние на органы зрения, повышенная утомляемость, нарушение целостности организма, усталость
з) «Острые кромки, заусенцы, шероховатость поверхности заготовок, инструмента, оборудования»[7]	«Заготовки, детали и сборочные единицы, инструмент, контейнеры»[7]	Повреждение частей тела, нарушение целостности организма
<b>2. Химические</b>		
Раздражающие вещества	Смазка, пыль	Раздражение кожи, воздействие на органы дыхания
<b>3. Психофизиологические</b>		
а) физические перегрузки		Статические и динамические перегрузки, утомление, нагрузка на ноги
б) нервно-психические		«Общение в коллективе, утомление, усталость, эмоциональное напряжение»[7]

### 3.3 Мероприятия по разработке безопасных условий труда на производственном участке

#### «1. Организационные мероприятия

В целях охраны труда рабочие и служащие должны быть уведомлены о том, что безопасность, промышленная гигиена,

Пожарные и другие правила охраны труда.»[7]

«Существует несколько типов инструкций:

– Все новые абитуриенты, предприятия, а также бывшие в употреблении студенты и студентки, прибывшие на практику, должны были пройти начальное образование. Его проводил инженер по охране труда.

– Начальная учебная работа проводится на всех вновь поступивших предприятиях, при переводе из одной секции в другую, прикомандированных и т.д.

– Повторное обучение проводится не менее чем через полгода. Целью данной инструкции является восстановление в памяти правил работы по охране труда, а также анализ конкретных нарушений практики работы магазина или предприятия.

– При изменении технического процесса, изменении правил охраны труда, введении нового оборудования, за нарушение работниками требований охраны труда, которое может привести или привело к травме, несчастному случаю, взрыву или пожару; при перерывах в работе-работы, требующая дополнительных требований охраны труда не более 30 календарных дней, при других работах– 60 календарных дней.

Выбор специалиста важен для гарантирования безопасности труда, целью которого является выявление лиц, непригодных по своим физическим и антропометрическим данным для участия в том или ином процессе.

На рабочих и служащих, в свою очередь, также возлагаются следующие обязанности: соблюдение инструкций по охране труда, установленных требований

Управление машинами и механизмами и использование средств индивидуальной защиты.

Рабочий день будет проходить с 7: 00 в 15-45, с перерывом на обед с 11: 00 до 11: 45.

График рабочей недели: 5 рабочих дней в неделю, суббота и воскресенье-выходные дни.»[7]

«Чтобы обеспечить хорошую производительность и поддерживать здоровье профессиональных пользователей, необходимо установить контрольный перерыв во время рабочей смены. Сотрудникам участка, учитывая их трудовую категорию и уровень тяжести, контрольные перерывы должны устанавливаться через два часа после начала рабочей смены и 1,5-2,0 часа обеденного перерыва через 15 минут или каждые 10 минут после каждого часа работы.»[7]

«Во время контрольных перерывов меньше нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устраняется влияние гиподинамии и гипокинезии, предотвращается развитие постнатального утомления, необходимо осуществлять физическую нагрузку минут полного воздействия или физических перерывов. Для этого необходимо оборудовать специальное помещение для психологической разгрузки.

#### Мероприятия проекта

– Применение строительной техники должно соответствовать требованиям действующих нормативных правовых актов и настоящих Правил и обеспечивать последовательность функционирования технического процесса.

– Использование строительной техники, сырья, заготовок, деталей, агрегатов, готовой продукции, отходов производства и упаковки в производственных помещениях и на рабочем месте не должно представлять опасности для персонала.

– Расстояние между узлами оборудования, а также между устройством и стенами производственных зданий, сооружений и помещений должно соответствовать требованиям действующего качества технического проектирования, строительных норм и правил.

– Размещение цехов и перестройка существующей технологии работы оборудования должны быть отражены в техническом плане.

Техническое планирование проекта и вновь построенных цехов, секций и категорий должно быть утверждено местными органами государственного санитарно-пожарного надзора.»[7]

«5. При размещении строительной техники, организации транспортировочного прохода, распределении агрегатов, узлов, деталей и материалов работы следует учитывать. Ширина прохода устанавливается в зависимости от размера транспортируемого материала и транспортные средства и принимаются в соответствии с действующим нормативным правовым актом.»[7]

«6. Ширина основных проходов работ должна определяться с учетом габаритов ремонтного агрегата и обрабатываемых изделий.

7. Работы, подъездные пути, проходы и оборудование должны быть свободны и загромождены материалами, агрегатами, деталями, строительными отходами и контейнерами, которые затем собираются погрузчиками и вывозятся обычной посудой.

8. Работа должна обеспечивать удобство труда, свободу передвижения, минимальную физическую нагрузку и безопасные высокоэффективные условия труда.

9. Инструменты, приспособления и узлы должны быть рядом с работой: что левая рука слева, то правая рука справа; на этом основании размещают и принадлежности (ящики для инструментов, стеллажи и т. д.).

10. Материалы, детали, узлы, изделия труда должны быть уложены в стеллажи таким образом, чтобы обеспечить их устойчивость и легкость захвата для вас при использовании тренажеров.

11. Изготавливаться для замков должна была жесткая и прочная конструкция, отрегулированная по высоте работы с помощью подставок для них или опор для ног. Чтобы обезопасить людей в непосредственной близости от возможных травм от летящих кусков обрабатываемого материала, необходимо было иметь защитные экраны высотой не менее 750 мм и ячейку размером не более 3 рыб.

12. Установить его крупным планом со стен можно только в том случае, если в нем размещены радиатор, трубопроводы и другое оборудование.

#### Технические средства

Эффективным методом обеспечения чистоты и приемлемых параметров в рабочей зоне является вентиляция воздуха, которая включает в себя удаление загрязненного и находящегося в отапливаемом помещении приточного воздуха, а именно свежего воздуха. По способу движения воздуха воздух делится на естественный (вентиляция, аэрация), механический и комбинированный.»[7]

«При необходимости управления микроклиматом участка обеспечивается искусственный (механический) регулярный обмен воздуха, а там, где организован естественный обмен воздуха (ветер).

Для защиты человека от теплового излучения при наличии устройства или участка рабочих органов, излучающих тепло интенсивности, превышающей норму, используется тепло экрана.

Необходимо убедиться в освещенности, участок оборудован комбинированной световой системой, в которой достаточное естественное освещение обеспечивается искусственным освещением. Участок также имеет рабочее световое оформление, общее выполнение производственного процесса, прохождение людей и движения транспорта и является обязательным во всех помещениях.

Безопасное передвижение рабочих на объекте-последний оборудован бамперными устройствами.

Производство, процесс демпфирование вибрации используется для борьбы с вибрацией. Этот процесс основан на низком уровне вибрации защищаемого объекта путем преобразования энергии механических колебаний этой колебательной системы в тепловую энергию. Увеличение потерь энергии в системе осуществляется с использованием в качестве конструкционного материала высокого внутреннего трения: резины,

пластмассы, дерева, нейлона, сплавов с добавками никеля, меди, магния; нанесением слоя упруго-вязкого материала с высокими потерями внутреннего трения на вибрирующую поверхность. Также используется метод виброгашения - он осуществляется при установке оборудования на фундамент. Для борьбы с шумом на строительной площадке используйте средства индивидуальной защиты (наушники и беруши).

Средства индивидуальной защиты - рекомендуется использовать хлопчатобумажную спецодежду, вязаные перчатки, наушники (или беруши), специальную обувь.

Инструкция слесаря МСР

Общие положения»[7]

«1. Лица прошедшие следующие испытания позволяют работать самостоятельно на оборудовании:

- Начальное образование;
- Уведомление о пожарной безопасности;
- Начальное обучение на рабочем месте;
- Курсы по электробезопасности и работе по проверке

совместимости ее содержания.

2. Рабочие должны иметь:

- Повышение квалификации по технике безопасности труда не реже одного раза в три месяца;

- Древнее Примечание: при изменении технического процесса или правил охраны труда, замене или модернизации производственного оборудования, приборов и инструментов, изменении правил и профсоюзов, нарушении инструкций по охране труда, перерывах в работе более 60 календарных дней;

- диспансерное медицинское обследование-ежегодно.

3. Рабочие должны быть:

- Соблюдать установленные на предприятии правила внутреннего трудового распорядка;
- Соблюдать требования настоящей инструкции, инструкции по мерам пожарной безопасности, инструкции по электробезопасности;
- Которые отвечают требованиям, предъявляемым к эксплуатации оборудования;
- Намерены использовать и беречь выданные средства индивидуальной защиты.

#### 4. Рабочие должны быть:

- Уметь оказывать первую помощь (доврачебную) пострадавшему в результате несчастного случая;
  - Знать расположение объектов первой медицинской помощи, первичного противопожарного оборудования, главных и аварийных выходов, путей эвакуации в случае аварии или пожара;»[7]
- «- Показывайте только назначенную работу и не передавайте ее другим без разрешения мастера или начальника цеха;»[7]
- «- Во время работы внимание, отсутствие внимания или внимания других людей, не позволяйте людям, связанным с работой, входить в работу;
- держите рабочее место в чистоте и порядке.

5. Работники должны знать и соблюдать правила личной гигиены. Ешьте, курите, а остальное просто отведенные места и зоны. Воду пьют только в специально разработанных установках.»[7]

### **3.4 Безопасность объекта при аварийных и чрезвычайных ситуациях**

«Чрезвычайное положение, в результате возникновения которого возникает угроза жизни, здоровью, имуществу населения, экономике и окружающей среде. Во-первых, разработаны технические и организационные меры, снижающие возможность реализации опасного потенциала современных технических систем.

Для этого в технических системах установлены щиты-средства взрывозащиты и пожаротушения.

Она содержит следующие разделы:

- Общая информация об объекте;
- Анализ рисков промышленного оборудования;
- Обеспечение готовности промышленных объектов, реагирование на чрезвычайные ситуации;
- Общественная информация.»[7]

Вывод

В результате работы над разделом было выявлено следующее:

- выявлены опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе сборки.
- разработаны мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов
- проведено описание действий в случае возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций на промышленном объекте.

При соблюдении выполнения разработанных мероприятий данный участок может считаться безопасным для человека и окружающей среды.

## **4 Технологическая часть**

### **4.1 Составление перечня сборочных работ**

«В этой части дипломного проекта будет рассмотрен технологический процесс сборки разрабатываемого узла.

Общие требования к технологичности конструкции изделия:

- возможность узловой сборки, т.к. наличие в конструкции сборочных единиц, допускающих независимую сборку;
- возможность одновременного и независимого присоединения узлов к базовому элементу изделия;
- возможность механизации сборочных работ;
- инструментальная доступность;
- контропригодность;
- применение несложных сборочных приспособлений;
- использование методов обеспечения точности.

Конструкция удовлетворяет такие требования, как:

- возможность узловой сборки,
- инструментальная доступность,
- контролирует годность,
- применение несложных сборочных приспособлений.»[5]

### **4.2 Разработка технологической схемы сборки**

«Технологический процесс сборки - процесс, содержащий действия по установке и образованию соединений составных частей изделия (ГОСТ 23887-79).

Сборочная операция - технологическая операция установки и образования соединений составных частей заготовки или изделия.»[5]

«Технологический переход - законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического

оснащения при постоянных технологических режимах и установке. При технологическом процессе сборки выделяют следующие виды работ:»[5]

«подготовительные (расконсервация, мойка, сортировка и др.); 2) слесарно-при-гоночные; 3) собственно сборочные (соединение деталей в сборочные единицы и изделия свинчиванием, запрессовкой, клепкой, сваркой, пайкой и т.п.); 4) регулировочные; 5) контрольные и 6) демонтажные (частичная разборка изделия с целью подготовки его к упаковке и транспортированию).

Последовательность сборки зависит от конструкции собираемого изделия и степени дифференциации сборочных работ. Наиболее полное и наглядное представление о сборочных свойствах изделия, о его технологичности и возможностях организации процесса сборки дают схемы сборки изделия и установки при сборке. При этом изделие делят на группы, подгруппы и детали. Сборочная единица, непосредственно входящая в состав изделия, называется группой. Сборочная единица, входящие в изделие в составе группы, называется подгруппой. Если сборочная единица непосредственно входит в состав группы, то она называется подгруппой первого порядка. Сборочная единица, входящая непосредственно в подгруппу первого порядка, называется подгруппой второго порядка и т.п. Составные части изделия на схеме обозначают прямоугольником, разделенным на три части: 1) в верхней части вписывают наименование составной части; 2) в нижней левой части - номер составной части; 3) в нижней правой части - число составных частей.

Графическое изображение в виде условных обозначений последовательности сборки изделия или его составных частей называют схемой сборки изделия.»[5]

«При проектировании сборочных операций определяют последовательность и возможность совмещения во времени технологических переходов, выбирают 'оборудование, приспособления и инструмент, составляют схемы наладки оборудования, устанавливают

режимы работы, определяют нормы времени на технологические операции и соответствующие разряды сборщиков.»[5]

«Сборочные операции строят по принципу дифференциации и концентрации. Дифференциация операций позволяет параллельно выполнять узловую и общую сборку и применять высокопроизводительное сборочное оборудование. Это сокращает длительность цикла сборки и, следовательно, повышает производительность труда. Дифференциацию операций используют при поточной сборке, концентрацию - во всех остальных случаях. При концентрации операций технологические переходы выполняют последовательно, параллельно или параллельно-последовательно.

Последовательность сборочных операций определяют на основе схем сборки изделий и установки при сборке, соблюдая следующие требования:

- предшествующие операции не должны затруднять выполнение последующих;
- для поточной сборки разбивка процесса на операции должна осуществляться с учетом такта сборки;
- после операций, содержащих регулирование или пригонку, а также после операций, при выполнении которых может появиться брак, необходимо предусмотреть контрольные операции.

По виду перемещения собираемого изделия различают стационарную и подвижную сборку, а по организации производства сборка делится на поточную и групповую. Поточная сборка осуществляется в условиях поточной организации производства; групповая - в условиях групповой организации производства. В автомобильной промышленности узловая и общая сборка осуществляется поточным методом с перемещением собираемого объекта (сборка на конвейере). Собираемый объект при поточной сборке передается от одного сборочного места к другому при помощи транспортирующих устройств, которые предназначены только для межоперационного перемещения объекта. В некоторых случаях при узловой

сборке передача объекта от одного сборочного места к другому осуществляется посредством рольганга.»[5]

«Поточную сборку характеризует действительный темп сборки, который определяет период времени равномерного выпуска собранных изделий.

По механизации и автоматизации процесса сборки делится на ручную, механизированную, автоматизированную и автоматическую.

Механизация сборочных работ (использование пневматических, гидровинтовых и электрических гайковертов, самораскрывающихся головок для механизированного завинчивания шпилек, электрических и пневматических сверлильных и шлифовальных машин и др.) сокращает основное и вспомогательное время сборки. Удельный вес пригоночных работ, которые являются нежелательными, можно уменьшить, применяя метод взаимозаменяемости, который позволяет использовать высокопроизводительные способы поточной сборки и сократить цикл сборки. Под качеством технологического процесса сборки понимают совокупность свойств технологического процесса, обуславливающих его пригодность обеспечить требуемое качество изделий и выполнение программы выпуска без превышения установленных затрат.

Абсолютными показателями технологического процесса сборки являются себестоимость и трудоемкость выполнения процесса сборки машины. Эффективным средством уменьшения трудоемкости сборочных процессов является их механизация и автоматизация.

Значительное снижение трудоемкости сборки достигается применением в автоматизированных сборочных линиях различных транспортирующих устройств: бункеров, магазинов, разделителей потоков и др.»[5]

### 4.3 Составление перечня сборочных работ

«Перечень выполняется в виде таблицы, содержащей наименования сборочных работ в последовательности, диктуемой технологической схемой общей и узловой сборки, и данные по нормированию всех необходимых видов работ»[5]. «Эти работы весьма разнообразны и их можно определять только при учете и анализе конкретных условий сборки: полнота и точность механической обработки деталей, поданных на сборку; принятые методы достижения точности замыкающих звеньев; принятые технологические способы выполнения соединений и др. По целевому назначению работы можно разделить на:»[5]

- а) механическая обработка, выполняемая в сборочном цехе;
- б) распаковка, расконсервирование,
- в) изготовление отдельных простых деталей;
- г) выполнение соединений деталей и узлов;
- д) работы, обусловленные методами пригонки и регулировки;
- е) работы по проверке правильности выполнения соединений деталей и узлов в процессе сборки,
- ж) дополнительные работы, не относящиеся к вышеперечисленным.»[5]

Перечень сборочных работ приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень сборочных работ

№ опер	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время топ, мин.
1	2	3
<b>1.Общая сборка коробки передач.</b>		
1	Взять картер коробки передач в сборе	0,02
2	Осмотреть картер коробки передач в сборе со всех сторон	0,01
3	Установить картер коробки передач в сборе в приспособление.	0,07
4	Взять вал вторичный коробки передач в сборе	0,02
5	Осмотреть вал вторичный коробки передач в сборе со всех сторон	0,01
6	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
7	Установить вал вторичный коробки передач в сборе в картер коробки передач в сборе	0,15
8	Взять подшипник промежуточный вторичного вала	0,02
9	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
10	Установить подшипник промежуточный вторичного вала в картер коробки передач	0,1
11	Взять кольцо упорное	0,02
12	Установить кольцо упорное	0,07
13	Взять подшипник игольчатый	0,02
14	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
15	Установить подшипник игольчатый	0,1
16	Взять вал первичный коробки передач в сборе	0,02
17	Осмотреть вал первичный коробки передач в сборе со всех сторон	0,01
18	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
19	Установить вал первичный коробки передач в сборе в картер	0,15
20	коробки передач в сборе	
21	Взять ось шестерен заднего хода	0,02
22	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
23	Установить ось шестерен заднего хода в картер коробки передач в сборе	0,15
24	Взять шайбу 12 пружинную коническую	0,02
25	Установить шайбу 12 пружинную коническую	0,02
26	Взять гайку М12х1,25	0,02
27	Наживить гайку М12х1,25	0,05
28	Завернуть гайку М12х1,25 с моментом 78 Н.м	0,05
29	Взять пластину стопорную	0,02
30	Установить пластину стопорную	0,07
31	Взять шайбу 8 стопорную	0,02
32	Установить шайбу 8 стопорную	0,04
33	Взять винт М8х25	0,02
34	Наживить винт М8х25	
35	Завернуть винт М8х25 моментом 80 Н.м	0,02

Продолжение таблицы 15

1	2	3
36	Взять вилку 1 и 2 передачи	0,05
37	Осмотреть вилку 1 и 2 передачи со всех сторон	0,02
38	Установить вилку 1 и 2 передачи в картер коробки передач в сборе	0,01
39	Взять шток 1 и 2 передачи	0,02
40	Осмотреть шток 1 и 2 передачи	0,01
41	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
42	Установить шток 1 и 2 передачи в картер коробки передач в сборе	0,15
43	Взять вилку 3 и 4 передачи	0,02
44	Осмотреть вилку 3 и 4 передачи со всех сторон	0,01
45	Установить вилку 3 и 4 передачи в картер коробки передач в сборе	0,15
46	Взять шток 3 и 4 передачи	0,02
47	Осмотреть шток 3 и 4 передачи	0,01
48	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
49	Установить шток 3 и 4 передачи в картер коробки передач в сборе	0,15
50	Взять прокладку крышки	0,02
51	Установить прокладку крышки	0,12
52	Взять крышку в сборе	0,02
53	Установить крышку в сборе	0,12
54	Взять шайбу 6 стопорную	0,02
55	Установить шайбу 6 стопорную	0,07
56	Взять винт М6х12	0,02
57	Наживить винт М6х12	0,02
58	Завернуть винт М6х12 моментом 25 Н.м	0,05
59	Взять вал промежуточный коробки передач в сборе	0,02
60	Осмотреть вал промежуточный коробки передач в сборе со всех сторон	0,01 0,03
61	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	
62	Установить вал промежуточный коробки передач в сборе в картер	0,15
63	коробки передач в сборе	0,02
64	Взять подшипник передний промежуточного вала	
65	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
66	Установить подшипник передний промежуточного вала в картер	0,1
67	коробки передач в сборе	0,02
68	Взять кольцо установочное	
69	Установить кольцо установочное	0,03
70	Взять шайбу зажимную	0,02
71	Установить шайбу зажимную	0,03
72	Взять шайбу 12 пружинную	0,02
73	Взять болт М12х1,25х30	0,02
74	Наживить болт и шайбу	0,03
75	Завернуть болт М12х1,25х30 моментом 27 Н.м	0,07
76	Взять подшипник задний промежуточного вала	0,02
77	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,03
78	Установить подшипник задний промежуточного вала в картер	0,1

Продолжение таблицы 15

1	2	3
79	коробки передач в сборе	0,02
80		
81	Взять шестерню заднего хода	0,03
82	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,12
83	Установить шестерню заднего хода за ось заднего хода	0,02
84	Взять кольцо стопорное шестерни заднего хода	0,07
85	Установить кольцо стопорное шестерни заднего хода	0,11
86	Проверить калибром качество монтажа кольца стопорного.	0,02
87	Взять шестерню заднего хода промежуточную	0,03
88	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,12
89	Установить шестерню заднего хода промежуточную	0,02
	Взять вилку со втулкой в сборе	0,15
90	Установить вилку со втулкой в сборе в картер коробки передач в	0,02
91	сборе	
92	Взять блок шестерен в сборе	0,03
	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,15
93	Установить блок шестерен в сборе в картер коробки передач в	0,02
94	сборе	
95	Взять шток 5 передачи и заднего хода	0,12
96	Установить шток 5 передачи и заднего хода	0,02
97	Взять шестерню привода спидометра	0,03
	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,15
98	Установить шестерню привода спидометра в картер коробки	0,02
99	передач в сборе	
100	Взять прокладку	0,03
101	Установить прокладку	0,02
102	Взять крышку заднюю коробки передач в сборе	0,01
103	Осмотреть крышку заднюю коробки передач в сборе со всех сторон	0,07
104	Установить крышку заднюю коробки передач в сборе	0,02
105	Взять шайбу 8 пружинную	0,02
106	Взять гайку М8	0,03
107	Установить шайбу 8 пружинную и наживить гайку М8	0,05
108	Завернуть гайку М8 моментом 25 Н.м	0,02
109	Взять подшипник вторичного вала задний	0,03
110	Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом	0,1
111	Установить подшипник вторичного вала задний в картер коробки	0,02
112	передач в сборе	
113	Взять сальник	0,03
114	Смазать перед установкой поверхности Литол-24	0,06
115	Установить сальник	0,02
116	Взять уплотнитель	0,04
117	Установить уплотнитель	0,02
118	Взять кольцо центрирующее муфты	0,04
119	Установить кольцо центрирующее муфты	0,02

Продолжение таблицы 15

1	2	3
120	Взять гайку	0,07
121	Наживить гайку и завернуть моментом 80 Н.м	0,02
122	Взять кольцо стопорное	0,07
123	Установить кольцо стопорное	0,07
124	Проверить калибром качество монтажа кольца стопорного.	0,02
125	Взять прокладку	0,03
126	Установить прокладку	0,02
127	Взять выключатель фонарей заднего хода в сборе	0,15
128	Установить выключатель фонарей заднего хода в сборе в картер	0,02
129	коробки передач в сборе	
130	Взять прокладку	0,03
131	Установить прокладку	0,02
132	Взять привод спидометра в сборе	0,15
133	Установить привод спидометра в сборе в картер коробки передач в	0,02
134	сборе	
135	Взять прокладку картера	0,03
136	Установить прокладку картера	0,02
137	Взять картер сцепления в сборе	0,08
138	Установить картер сцепления в сборе	0,02
139	Взять шайбу 10 пружинную	0,02
140	Взять гайку М10х1,25	0,04
141	Установить шайбу 10 пружинную	0,08
142	Наживить гайку М10х1,25 и завернуть моментом 50 Нм	0,02
143	Взять крышку нижнюю в сборе	0,09
144	Установить крышку нижнюю в сборе	0,02
145	Взять шайбу 6 пружинную	0,02
146	Взять гайку М6	0,02
	Установить шайбу 6 пружинную	0,05
	Наживить гайку М6 и завернуть моментом 23 Н.м	0,02
Итого:		6,62

#### 4.4 Определение трудоемкости сборки

«Общее оперативное время на все виды работ»[12]

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on} = 6.62 \text{ мин} \quad (110)$$

«Суммарная трудоемкость сборки изделия»[12]

$$t_{шт}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right) = 6.62 + 6.62 \cdot 0.06 = 7.02 \text{ мин}$$

« $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах

$\alpha = 2-3\%$ , принимаем  $\alpha = 2\%$

$\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах

$\beta = 4-6\%$ , принимаем  $\beta = 4\%$ »[12]

#### 4.5 Выбор организационной формы сборки

«В нашем случае предполагается массовое производство

Такт выпуска изделий»[12]

$$T_{в} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{68000} = 3.54 \text{ мин} \quad (111)$$

« $N$ -годовой объем выпуска = 68000 шт в год

$F_{д}$ - действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования.

Для оборудованных стендов и двух смен принимаем

$F_{д}=4015$  ч»[12]

Маршрутная технология представлена в таблице 16.

## 4.6 Составление маршрутной технологии и проектирование сборочных операций

Таблица 16 – Маршрутная технология

№ и название операции		Содержание операций, технологических переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, мин., общее
1	2	3	4	5
005	<p>Установка вторичного вала коробки передач в сборе</p> <p>Установка подшипника в вторичного вала коробки передач</p> <p>Установка вилок 1,2 и 3,4 передач вместе со штоками</p> <p>Установка шестерни заднего хода</p>	<p>Установить картер коробки передач в сборе в приспособление.</p> <p>Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом</p> <p>Установить вал вторичный коробки передач в сборе в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить подшипник промежуточный вторичного вала в картер коробки передач</p> <p>Установить кольцо упорное</p> <p>Установить подшипник игольчатый</p> <p>Взять вал первичный коробки передач в сборе</p> <p>Установить вал первичный коробки передач в сборе в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить ось шестерен заднего хода в картер коробки передач в сборе</p> <p>Взять гайку M12x1,25, наживить гайку M12x1,25</p> <p>Завернуть гайку M12x1,25 с моментом 78 Н.м</p> <p>Установить пластину стопорную</p> <p>Установить шайбу 8 стопорную, наживить винт M8x25 и завернуть винт M8x25 моментом 80 Н.м</p> <p>Установить вилку 1 и 2 передачи в картер коробки передач в сборе и шток 1 и 2 передачи в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить вилку 3 и 4</p>	<p>Стакан, втулка технологическая, зажим, пуансон, ёмкость для масла, кисть, стол слесарный</p> <p>калибр для кольца стопорного, гайковерт</p>	3,52

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
		<p>передачи в картер коробки передач в сборе и шток 3 и 4 передачи в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить прокладку крышки, установить крышку в сборе</p> <p>Установить шайбу 6 стопорную и завернуть винт М6х12 моментом 25 Н.м</p> <p>Установить вал промежуточный коробки передач в сборе в картер коробки передач в сборе</p> <p>Запрессовать подшипник передний промежуточного вала в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить кольцо установочное</p> <p>Установить шайбу зажимную</p> <p>Наживить болт и шайбу</p> <p>Завернуть болт М12х1,25х30 моментом 27 Н.м</p> <p>Запрессовать подшипник задний промежуточного вала в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить шестерню заднего хода за ось заднего хода</p> <p>Установить кольцо стопорное шестерни заднего хода</p> <p>Проверить калибром качество монтажа кольца стопорного.</p> <p>Проверить качество выполненной работы и передать на следующую операцию.</p>		

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
010	<p>Установка шестерни заднего хода</p> <p>Установка вилки заднего хода и 5 передачи, вместе со штоком</p> <p>Установка подшипника вторичного вала</p> <p>Установка картера сцепления</p> <p>Установка крышки коробки передач</p> <p>Запрессовка сальника</p>	<p>Смазать все сопрягаемые поверхности машинным маслом</p> <p>Установить шестерню заднего хода промежуточную</p> <p>Установить вилку со втулкой в сборе в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить блок шестерен в сборе в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить шток 5 передачи и заднего хода</p> <p>Установить шестерню привода спидометра в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить прокладку</p> <p>Установить крышку заднюю коробки передач в сборе</p> <p>Наживить шайбу 8 пружинную и гайку М8</p> <p>Завернуть гайку М8 моментом 25 Н.м</p> <p>Запрессовать подшипник вторичного вала задний в картер коробки передач в сборе</p> <p>Смазать перед установкой поверхности Литол-24</p> <p>Установить сальник, уплотнитель, кольцо центрирующее муфты</p> <p>Наживить гайку и завернуть моментом 80 Н.м</p> <p>Установить кольцо стопорное</p> <p>Проверить калибром качество монтажа кольца стопорного.</p> <p>Установить прокладку</p> <p>Установить выключатель фонарей заднего хода в сборе в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить прокладку</p> <p>Установить привод спидометра в сборе в картер коробки передач в сборе</p> <p>Установить прокладку картера и картер сцепления в сборе</p> <p>Установить шайбу 10</p>	<p>Пуансон, оправка конусная, ёмкость для масла, кисть, перчатки, стол слесарный, калибр для кольца стопорного, гайковерт</p>	3,49

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
		<p>пружинную, наживить гайку М10х1,25 и завернуть моментом 50 Нм                      Установить крышку нижнюю в сборе                      Установить шайбу 6 пружинную, наживить гайку М6 и завернуть моментом 23 Н.м                      Проверить качество выполненной работы, передать на следующую операцию.</p>		

## 5 Экономическая эффективность проекта

Еще длительное время будут оставаться доминирующими двигатели внутреннего сгорания с возвратно поступательным движением поршня, вопреки многим прогнозам, как бы этого не хотелось.

Это означает и также в течении длительного времени будут сохранять свое значение механизмы имеющие простые и универсальные конструкции, к которым относятся раздаточные коробки передач и обычные ступенчатые механические коробки передач. Производители настоящего времени оснащены специальными и мощными машинами, а также освоены методы производства доведенные до совершенства, которые разрабатывались в течении долгого времени, многие многие годы.

Для включения передачи заднего хода применен синхронизатор, в место зубчатой скользящей муфты, именно в этом и заключается тема данного дипломного проекта.

При этом время работы деталей трансмиссии, т.е. их долговечность, увеличивается, поскольку происходит безударное зацепление зубчатой передачи, и также уменьшается шум при переключении. Срок службы или ресурс проектируемого узла автомобиля, благодаря модернизации повысился приблизительно на 75%. Исходные данные для расчета в таблице 17. Расчетные данные в таблица 18 – 21.

## 5.1 Расчет себестоимости проектируемой конструкции коробки передач

«Таблица 17 - Базовая калькуляция и исходные данные для расчета

Название оценок	Символьное описание	Доля/колво шт./рубли	Значенье
Выпуск изделий в год	Вг.	Шт.	68000
Страховой взнос в структуры ФОМС, ПФР, ФСС	Есц.	%	30
Расходы общие заводские	Ео.зав.	%	215
Коммерческие расходы	Ек.	%	5
Содержательные и эксплуатационные расходы на оборудование	Еоб.	%	194
Транспортные заготовительные расходы	Кт.зр.	%	1,45
Цеховые расходы	Ецх	%	183
Расходы на оснащение и инструменты	Еинс.	%	3
Рентабельность плана накопительного	Крнт.	%	30
Доплаты и выплаты не связанные с производством	Квп.	%	12
Премии и доплаты связанные с производством	Кпрм.	%	23
Возвратные отходы производства	Квт	%	1
Часовой тариф – 5 разряд	Ср5	руб.	79,87
Часовой тариф – 6 разряд	Ср6	руб.	93,81
Часовой тариф – 7 разряд	Ср7	руб.	97,67
Образующие капитал инвестиции	Ки	%	13,2

Расходы на "Сырье и материалы"

производится по формуле:»[8]

$$M = C_{M_i} \cdot Q_{M_i} \cdot \left( 1 + \frac{K_{m.зр}}{100} - \frac{K_{вт}}{100} \right) \quad (112)$$

«где  $C_m$  - оптовая цена материала  $i$ -го

вида,руб.;  $Q_m$  - норма расхода материала  $i$ -

го вида,кг.,м.;

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

$K_{вт}$  - Коэфф. возвратных отходов,%;»[8]

«Таблица 18 – Расчет затрат на сырье и материалы

Название металла необх.	масса, килогр	Стоим.ед.веса, руб	Необходим кол	Итого цена
Заготовки для литья Ст3	кг	35,4	3,8	134,52
Круг 180-20 ХГНМ ТУ 14-1-1648-76	кг	78,9	2,1	165,69
Круг 40-20- ХГНМ ТУ	кг	53,73	3,2	171,936
Круг 40- 19ХГН ТУ	кг	49,84	2,2	109,648
Круг 50- 19ХГН ТУ	кг	65,8	3,4	223,72
Прочие черные	кг	41,7	2,7	112,59
Итого				918,10
$K_{тз}$		1,45		13,31
$K_{вот}$		1		9,18
Всего				940,60

$$P_u = C_i \cdot n_i \cdot \left( 1 + \frac{K_{m.зр}}{100} \right)$$

«где  $C_i$  - оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов  $i$ -го

вида,руб.;  $n_i$  - количество покупных изделий и полуфабрикатов  $i$ -го

вида,шт.;»[8]

«Таблица 19 – Расчет затрат на покупные изделия

Необход. закуп. детали	Стоим, в руб	Необход. кол. в	Итого цена
Подшипники	306,98	4	1227,92
Кольцо сторное	2,33	6	13,98
Подшипники	274,3	4	1097,20
Болт М12х1,25	3,53	8	28,24
Итого			2367,34
Ктз		1,45	34,33
Всего			2401,67

$$Z_o = Z_T \cdot \left( 1 + \frac{K_{пр.м}}{100} \right) \quad (113)$$

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

$$Z_T = C_{р.і} \cdot T_i$$

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

$T_i$  - трудоёмкость выполнения операции,час.;

$K_{пр.м}$  - Коэфф. премий и доплат, связанных с работой на производстве,%.»[8]

«Таблица 20 – Расчет затрат на выполнение операций

Названия стадий	уров.работн	Кол-во	Цена труда, в	Итого ЗП
Заготовительная	5	1,12	79,89	89,48
Токарная	6	1,20	93,81	112,57
Фрезерная	5	1,40	79,89	111,85
Термообработка	7	1,15	97,67	112,32
Шлифовальная	5	1,10	79,89	87,88
Сборочная	7	1,35	97,67	131,85
Итого				645,95
Премиальные доплаты			23	148,57
Основная з/п				794,52

$$K_{вп} = 0.12$$

$$Здп = Зо \cdot K_{вп} \quad (114)$$

$$Здп = 794.52 \cdot 0.12 = 95.34$$

«где  $K_{вп}$  - Коэфф. доплат не связанных с работой на производстве,%.»[8]

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

$$E_{\text{сц.н}} = 0.3 \quad (115)$$

$$C_{\text{сц.н}} = (З_0 + З_{\text{дп}}) \cdot E_{\text{сц.н}}$$

«где  $E_{\text{сц.н}}$  - Коэфф. отчислений в страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС,%;

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

$$E_{\text{об}} = 1.94 \quad (116)$$

$$C_{\text{с.об}} = З_0 \cdot E_{\text{об}}$$

«где  $E_{\text{об}}$  - Коэфф. расходов на содержание и эксплуатацию оборудования,%;

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

$$E_{\text{цх}} = 1.83 \quad (117)$$

$$C_{\text{цх}} = З_0 \cdot E_{\text{цх}}$$

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

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

$$E_{\text{инс}} = 0.03$$

$$C_{\text{инс}} = З_0 \cdot E_{\text{инс}} \quad (118)$$

«где  $E_{\text{инс}}$  - Коэфф. расходов на инструмент и оснастку,%;

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{\text{цх.с.с.}} = М + \Pi + З_0 + C_{\text{сц.н}} + З_{\text{дп}} + C_{\text{с.об}} + C_{\text{цх}} + C_{\text{инс}} \quad (119)$$

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

$$E_{\text{о.зав}} = 2.15 \quad (120)$$

$$C_{\text{о.зав}} = 30 \cdot E_{\text{о.зав}}$$

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

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{\text{о.зав.с.с.}} = C_{\text{о.зав}} + C_{\text{цх.с.с.}} \quad (121)$$

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

$$E_{\text{к}} = 0.05$$

$$C_{\text{к}} = C_{\text{о.зав.с.с.}} \cdot E_{\text{к}}$$

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

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{\text{п.пр.}} = C_{\text{о.зав.с.с.}} + C_{\text{к}} \quad (122)$$

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

$$K_{\text{рнт}} = 0.3 \quad C_{\text{п.б.}} = 9538.27$$

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

$$C_{\text{от.б.}} = 12399.75$$

«где  $K_{\text{рнт}}$  - Коэфф. рентабельности и плановых накоплений,%»[8]

«Таблица 21 - Сравнительная калькуляция себестоимости базовой и проектируемой конструкции

Названия критериев оценки	Букв.знач	На одну дет.(STD)	На одну дет.(New)
Основные материалы	М	900,22	940,60
Комплекующие изделия	Пи	2305,70	2401,67
Заработная плата	Зо	793,70	794,52
Дополнительная зар.плата	Здп	95,24	95,34
Страховой взнос в ПФР,	Ссц.н.	266,68	266,96
Содержательные и экспл.	Сс.об	1539,78	1541,37
Цеховые расходы	Сцх	1452,47	1453,97
Расходы на оснащение и	Синс	23,81	23,84
Себестоимость по цеху	Сцх.с.с.	7377,61	7518,27
Общие заводские расходы	Соб.зав	1706,46	1708,22
Себестоимость по заводу	Соб.зав.с.с.	9084,06	9226,49
Коммерч. расходы	Ск	454,20	461,32
Себестоимость	Спо	9538,27	9687,81
Цена	Цот	12399,75	12399,75

$$\text{Цот.пр.} = 12399.75$$

Расчет точки безубыточности

(124)

Определение переменных затрат на единицу изделия:»[8]

(125)

$$Зперуд = М + Пи + Зо + Здп + С_{сц.н}$$

$$Зпер = Зперуд \cdot V_{Г}$$

$$V_{Г} = 68000$$

(126)

«Определение постоянных затрат на единицу изделия:

Амортизационные отчисления,руб. :»[8]

$$A_{му} = \frac{(C_{с.об} + C_{инс}) \cdot НА}{100} \quad НА = 13$$

«здесь НА - доля амортизационных отчислений,%»[8]

$$З_{\text{посуд}} = \frac{(C_{\text{с.об}} + C_{\text{инс}}) \cdot (100 - \text{НА})}{100} + C_{\text{цх}} + C_{\text{о.зав}} + C_{\text{к}} + A_{\text{му}} \quad (127)$$

«на годовую программу выпуска:»[8]

$$З_{\text{пос}} = З_{\text{посуд}} \cdot V_{\Gamma} \quad (128)$$

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

$$C_{\text{пол.г.}} = C_{\text{пол.пр.}} \cdot V_{\Gamma} \quad (129)$$

«Расчет выручки от реализации изделия:»[8]

$$\text{Выр} = Ц_{\text{от.пр.}} \cdot V_{\Gamma} \quad (130)$$

«Расчет маржинального дохода:»[8]

$$\text{Дмрж} = \text{Выр} - З_{\text{пер}} \quad (131)$$

«Расчет критического объема продаж:»[8]

$$A_{\text{крт}} = \frac{З_{\text{пос}}}{Ц_{\text{от.пр.}} - З_{\text{перуд}}} \quad (132)$$

$$A_{\text{крт}} = 352832841.41 / (12399.75 - 4499.09) = 44658.66 \sim 44660$$

График точки безубыточности на рисунке 9.

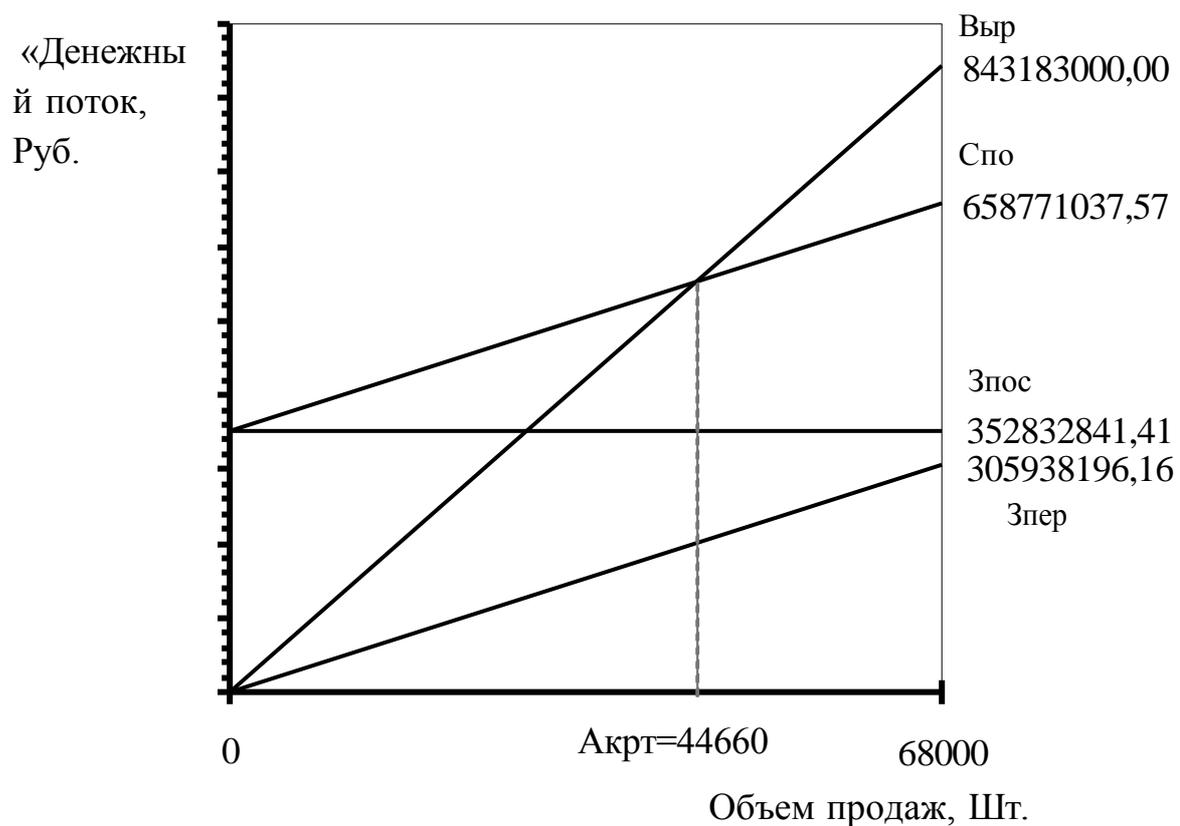


Рисунок 9 – График точки безубыточности»[8]

## «Расчет коммерческой эффективности

Срок эксплуатации нового изделия определяем в 5 лет.

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

$$V_{\Gamma} = 68000$$

$$A_{\text{крт}} = 44660$$

$$V_{\text{МК}} = V_{\Gamma}$$

$$n = 6$$

$$\Delta = \frac{V_{\text{МК}} - A_{\text{крт}}}{n - 1} \quad (133)$$

$$\Delta = 4668$$

«Для определения чистого дохода необходима рассчитать следующие показатели:

Объем продаж по годам:»[8]

$$Ц_{\text{от}} = Ц_{\text{от.пр.}}$$

$$Ц_{\text{от}} = 12399.75$$

$$V_{\text{пр1}} = A_{\text{крт}} + \Delta \quad (134)$$

$$V_{\text{пр1}} = 44660 + 4668 = 49328$$

«Выручка по годам:»[8]

(135)

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

$$\text{Выр}_1 = 12399.75 \cdot 49328 = 611654868.00$$

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

для базового варианта:»[8]

$$\text{M} = 900.22 \quad \text{Пи} = 2305.70 \quad \text{Зо} = 793.70$$

$$\text{Здп} = 95.24 \quad \text{C}_{\text{сц}} = 266.68$$

$$\text{Зперудб} = \text{M} + \text{Пи} + \text{Зо} + \text{Здп} + \text{C}_{\text{сц}} \quad \text{Зперудб} = 4361.54$$

$$\text{Зперб1} = \text{Зперудб} \cdot \text{Vпр}_1 \quad (136)$$

$$\text{Зперб1} = 4361.54 \cdot 49328 = 215146045.12 \quad (137)$$

«для проектного варианта:»[8]

$$Зперудпр = Зперуд$$

$$Зперудпр = 4499.09$$

$$Зперпр1 = Зперудпр \cdot V_{пр1}$$

$$Зперпр1 = 4499.09 \cdot 49328 = 221931166.77 \quad (138)$$

«Постоянные затраты для базового варианта.»[8]

$$C_{сд.обор.} = 1539.78 \quad C_{цх.} = 1452.47 \quad C_{инс.} = 23.81$$

$$C_{об.зав.} = 1706.46 \quad C_{к.} = 454.20$$

$$Зпосудб = C_{с.об.} + C_{инс.} + C_{цх.} + C_{об.зав.} + C_{к.} \quad (139)$$

$$Зпосудб = 5176.72$$

$$Зпосб = Зпосудб \cdot V_{Г}$$

$$Зпосб = 352016960$$

«Постоянные затраты для проектного варианта.»[8]

$$Зпоспр = Зпос$$

$$Зпоспр = 352832841.41$$

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

$$A_{му} = 203.48$$

$$A_{м.} = A_{му} \cdot V_{Г} \quad A_{м.} = 13836406.9 \quad (140)$$

«Полная себестоимость по годам.

для проектного варианта:»[8]

$$З_{полпр1} = З_{поспр} + З_{перпр1} \quad (141)$$

$$З_{полпр1} = 352832841.41 + 221931166.77 = 574764008.18$$

«для базового варианта:»[8]

$$З_{полб1} = З_{посб} + З_{перб1} \quad (142)$$

$$З_{полб1} = 352016960 + 215146045.12 = 567163005.12$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам

для проектного варианта:»[8]

$$Проб_{пр.1} = Выр_1 - З_{полпр1} \quad (143)$$

$$Проб_{пр.1} = 611654868 - 574764008.18 = 36890859.82$$

«для базового варианта:»[8]

$$Проб_{б.1} = Выр_1 - З_{полб1} \quad (144)$$

$$Проб_{б.1} = 611654868 - 567163005.12 = 44491862.8$$

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

для проектного варианта:»[8]

$$Нп1 = Проб_{пр.1} \cdot 0.20 \quad (145)$$

$$Нп1 = 36890859.82 \cdot 0.20 = 7378171.96$$

«для базового варианта:»[8]

$$Н1 = Проб_{б.1} \cdot 0.20 \quad (146)$$

$$Н1 = 44491862.88 \cdot 0.20 = 8898372.58$$

«Прибыль чистая по годам.

для проектного варианта:»[8]

$$\text{Прч}_{\text{пр.1}} = \text{Проб}_{\text{пр.1}} - \text{Нп1} \quad (147)$$

$$\text{Прч}_{\text{пр.1}} = 36890859.82 - 7378171.96 = 29512687.86$$

для базового варианта:

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = \text{Проб}_{\text{б.1}} - \text{Н1} \quad (148)$$

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = 44491862.88 - 8898372.58 = 35593490.3$$

«Расчет общественного эффекта.

Экономии от повышения долговечности проектируемого узла.»[8]

$$\text{Цот}_{\text{б.}} = 12399.75 \quad \text{Д1} = 100000 \quad \text{Д2} = 130000$$

$$\text{Про.д.} = \text{Цот}_{\text{б.}} \cdot \frac{\text{Д2}}{\text{Д1}} - \text{Цот}_{\text{пр.}} \quad \text{Про.д.} = 3719.93 \quad (149)$$

«где Д1 - долговечность базовой конструкции,(тыс.км.) Д2 - долговечность новой конструкции,(тыс.км.)»[8]

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

$$Ч1 = Прч_{пр.1} - Прч_{б.1} + A_{м.} + (Про.д. \cdot V_{пр1}) \quad (150)$$

$$Ч1 = 29512687.86 - 35593490.3 + 13836406.9 + (3719.93 \cdot 49328) = 191252128.98$$

«Дисконтирование денежного потока.»[8]

$$E_{ст} = 10$$

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{сти})^t} \quad (151)$$

«где  $E_{сти}$  - процентная ставка на капитал;

$t$  - год приведения затрат и результатов;

$$\alpha_1 = 0.909 \quad \alpha_2 = 0.826 \quad \alpha_3 = 0.753 \quad \alpha_4 = 0.863 \quad \alpha_5 = 0.621$$

Далее рассчитывается чистый дисконтированный поток реальных денег по формуле:»[8]

$$ЧП1 = Ч1 \cdot \alpha_1 \quad (152)$$

$$ЧП1 = 191252128.98 \cdot 0.909 = 173848185.24$$

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

$$\Sigma \text{ЧП} = \text{ЧП1} + \text{ЧП2} + \text{ЧП3} + \text{ЧП4} + \text{ЧП5} \quad (153)$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ЧП} &= 173848185.24 + 171893139.16 + 169390376.39 + 208677684.08 + \\ &+ 160625319.64 = 884434704.51 \end{aligned} \quad (154)$$

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

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Спо}_{\text{н.пр.}} &= \text{Зполпр1} + \text{Зполпр2} + \text{Зполпр3} + \text{Зполпр4} + \text{Зполпр5} \\ K_{\text{и.}} &= 0.132 \end{aligned} \quad (155)$$

$$I = K_{\text{и.}} \cdot \Sigma \text{Спо}_{\text{н.пр.}} \quad (156)$$

$$I = 407066565.1$$

«Чистый дисконтированный доход»[8]. (157)

$$\text{ЧД} = \Sigma \text{ЧП} - I_0 \quad \text{ЧД} = 477368139.42 \quad (158)$$

«Индекс доходности.»[8]

$$ID = \frac{\text{ЧД}}{I} \quad ID = 1.17 \quad (159)$$

«Срок окупаемости проекта.»[8]

$$\text{Ток} = \frac{I}{\text{ЧД}} \quad \text{Ток} = 0.85 \quad (160)$$

## Выводы и рекомендации

Во следствии выполнения совокупных конструкторских научных технических событий вырос ресурс коробки передач и также машины в целом примерно в 1,3 раз благодаря наличию синхронной задней, и передачи при позитивном финансовом результате  $ID=1,17$

«При расчете экономических показателей по внедрению проектируемой конструкции коробки передач для проектного автомобиля в массовое производство было определено, что себестоимость проектного варианта выше по отношению к себестоимости базового проекта, но в результате увеличения ресурса проектируемого узла ожидается увеличение продаж, что является положительным экономическим показателем. Для этого произведен расчет на общественную эффективность проекта и была вычислена ожидаемая прибыль от внедрения проекта в производство.»[8]

Чистый дисконтированный доход от внедрения проекта в производство составляет 477368139,42 руб. Срок окупаемости данного проекта равен 0,85 года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его применении в новых конструкциях автомобилей.

## Заключение

В данном дипломном проекте «Модернизация коробки передач автомобиля Lada Niva Travel» рассмотрена 5-ти ступенчатая коробка передач классической компоновки, которая в новой модели ВАЗовского вездехода изменениям не подвергалась.

В проекте предлагается использовать синхронизатор для включения передачи заднего хода, чтобы достичь главной цели проекта, а именно, это увеличение ресурса передачи и коробки перемены передач в целом, уменьшение износа шестеренок задней передачи, комфортное тихое и плавное переключение автомобиля на задний ход.

Для понимания и оценки представленной конструкции было проведено и представлено техническое и экономическое обоснование проектной работы, а также прочностной расчет деталей узла. Для лучшего понимания темы дипломного проекта и представленной модифицированной конструкции узла, произведен тяговый расчет автомобиля, который включает в себя, такие данные как внешняя скоростная характеристика, тяговый баланс, мощностной баланс, динамический фактор, путь и время разгона и также топливная экономия.

В финансовой части дипломного проекта, представлен экономический раздел, в котором проведен анализ и оценка конструкторских показателей надежности и долговечности, сделан расчет на общественную значимость проектной работы и рассчитана заводская стоимость проектируемого узла.

Сборочный процесс конструкции представлен в технологическом разделе дипломного проекта, который также включает в себя мероприятия по производственной безопасной работе.

Для соответствия требованиям по безопасности жизнедеятельности и экологичности при сборке на рабочем месте, проведен анализ рабочей зоны и представлены необходимые предпринимаемые меры для безопасного рабочего процесса сборки.

## Список используемых источников

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

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

Independent Publishing Platform, 2013. - 76 p.

26. Dainius, L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. - 2 p.

27. König, R. Schmieretechnik / R. König. - Springer, 1972. - p.164.

28. Maten, J. Continuously Variable Transmission (CVT) / J. Maten, B Anderson. - SAE Internatioal, 2006. - 400 p.

29. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

30. Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p.

31. Sergio M. Savaresi, Charles Poussot-Vassal, Cristiano Spelta, Olivier Senname, Luc Dugard. Gear box Control Design for Vehicles / 2010.

32. Werner, E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1982. - p. 134.

33. Wittel, H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011. - p. 810.

Графики тягового расчета

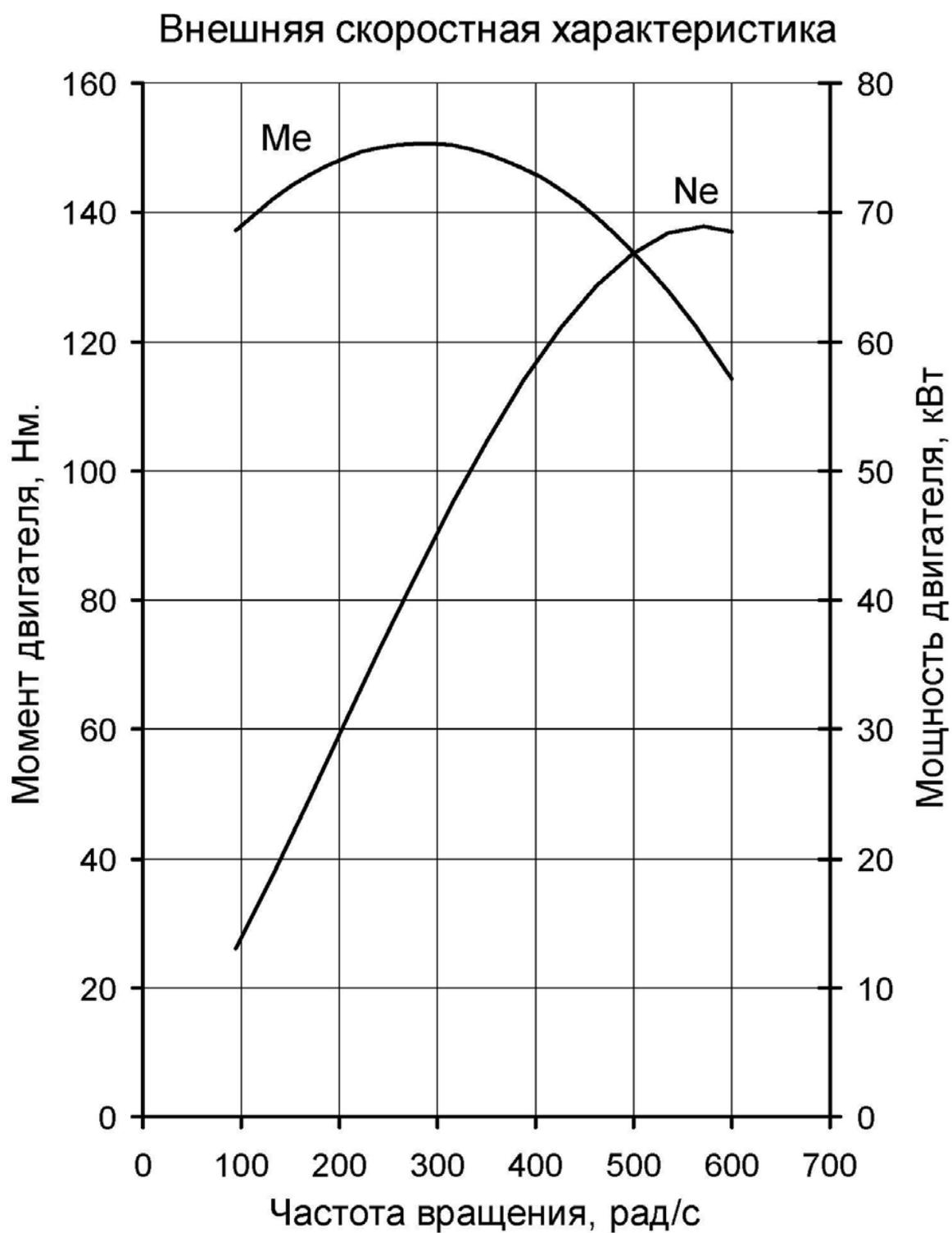


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика»[6]

Продолжение Приложения А

«Баланс мощностей

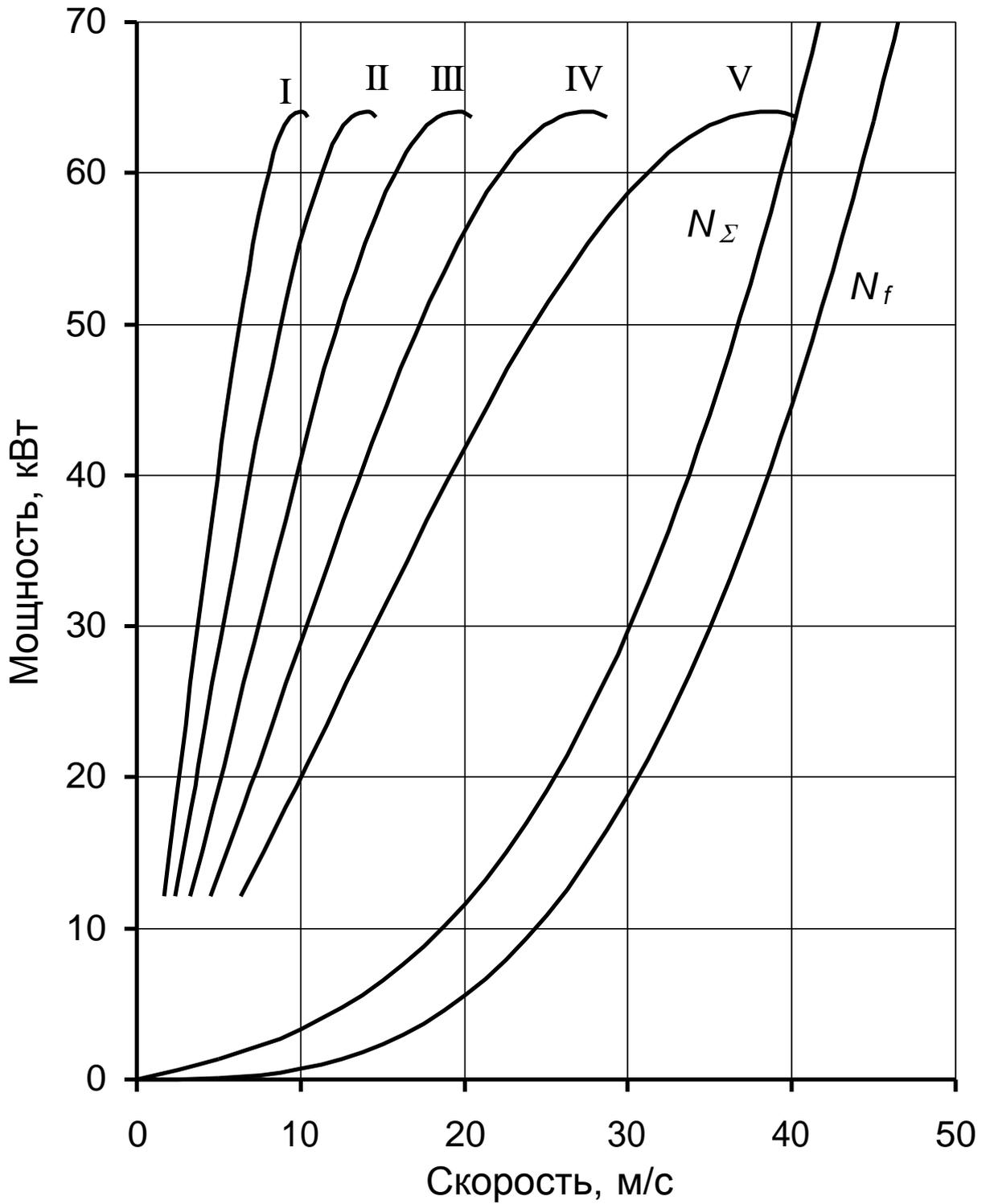


Рисунок А.2 – Баланс мощностей»[6]

Продолжение Приложения А

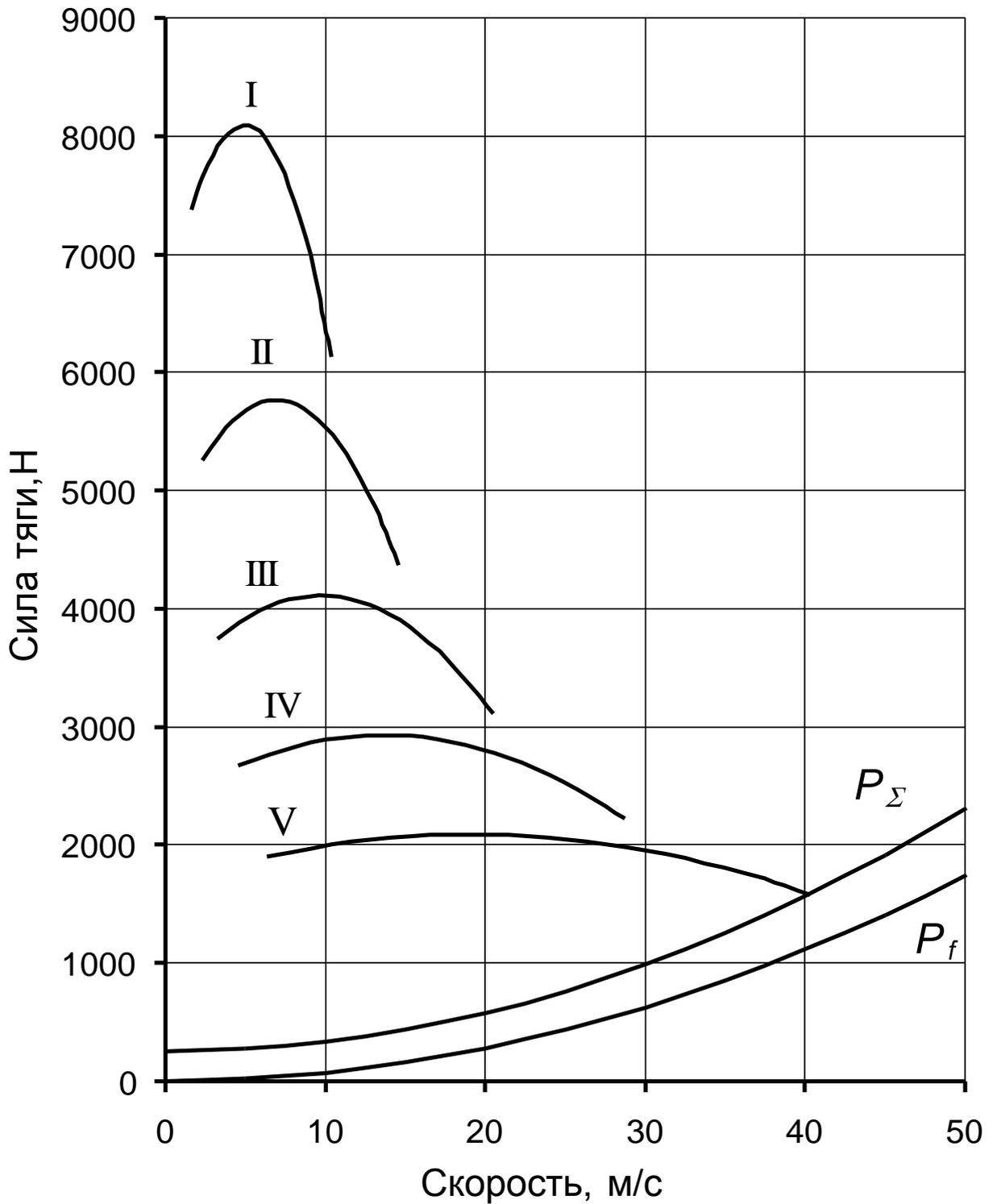
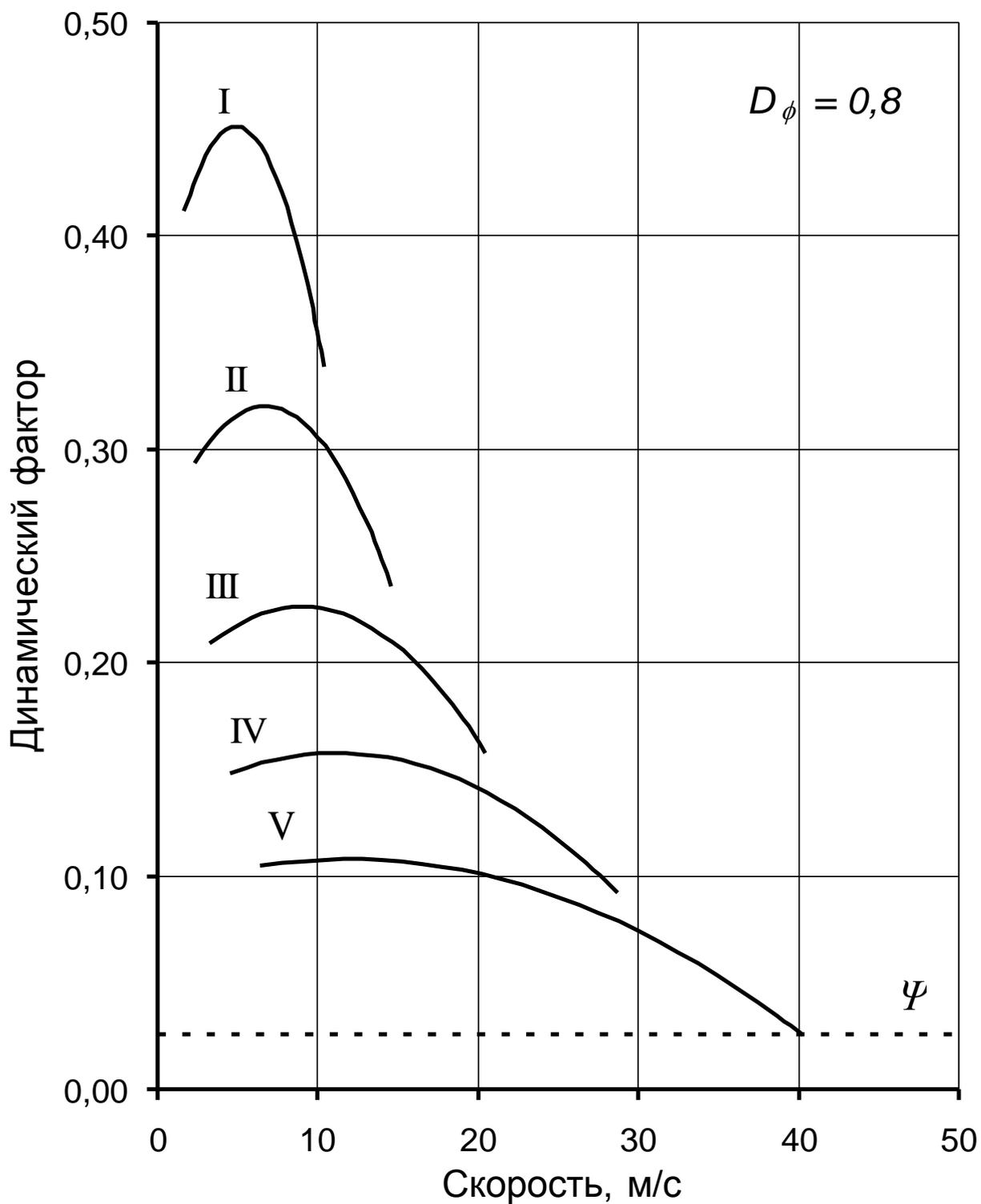


Рисунок А.3 – Тяговый баланс»[6]

Продолжение Приложения А



«Рисунок А.4 – Динамический баланс»[6]

Продолжение Приложения А

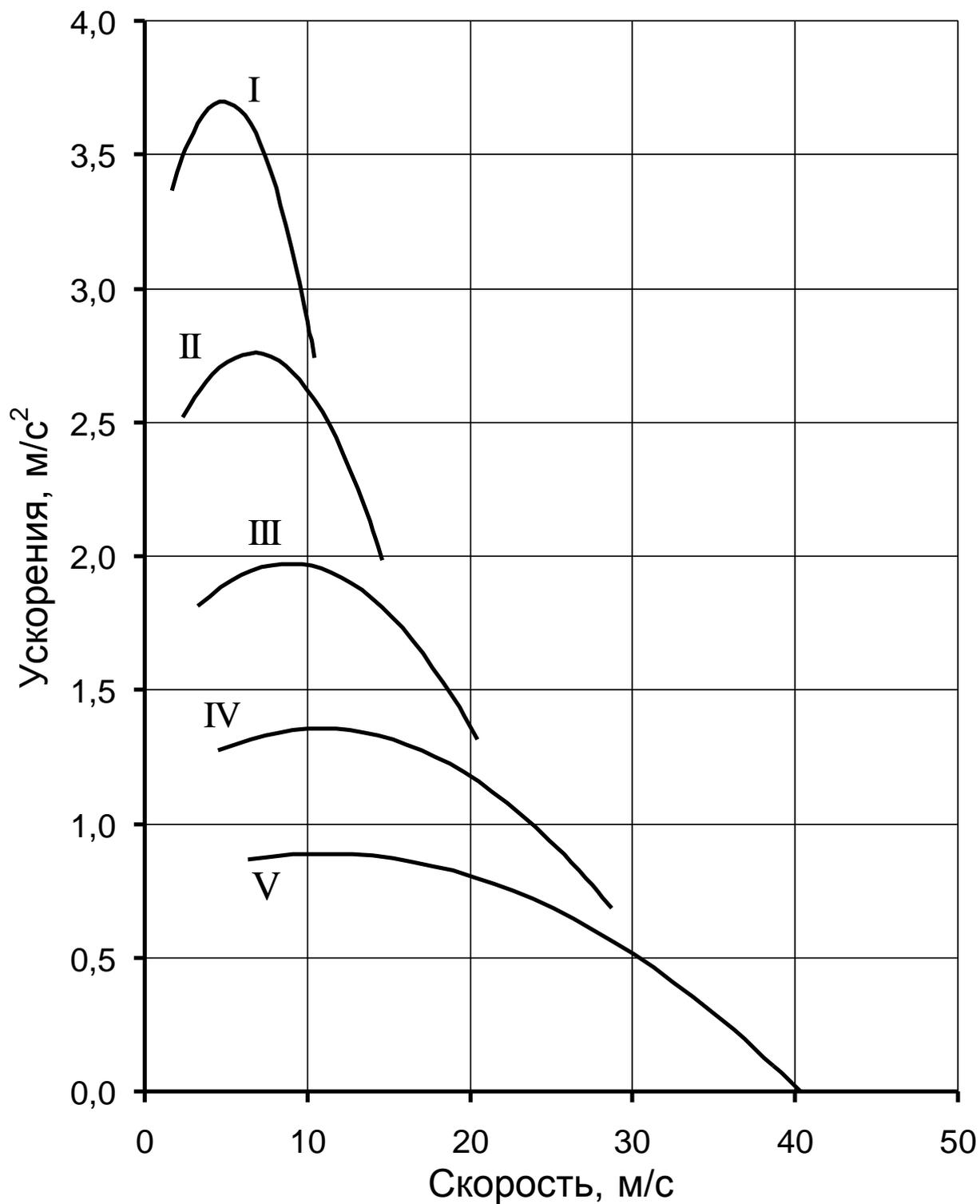


Рисунок А.5 – Ускорения на передачах»[6]

Продолжение Приложения А

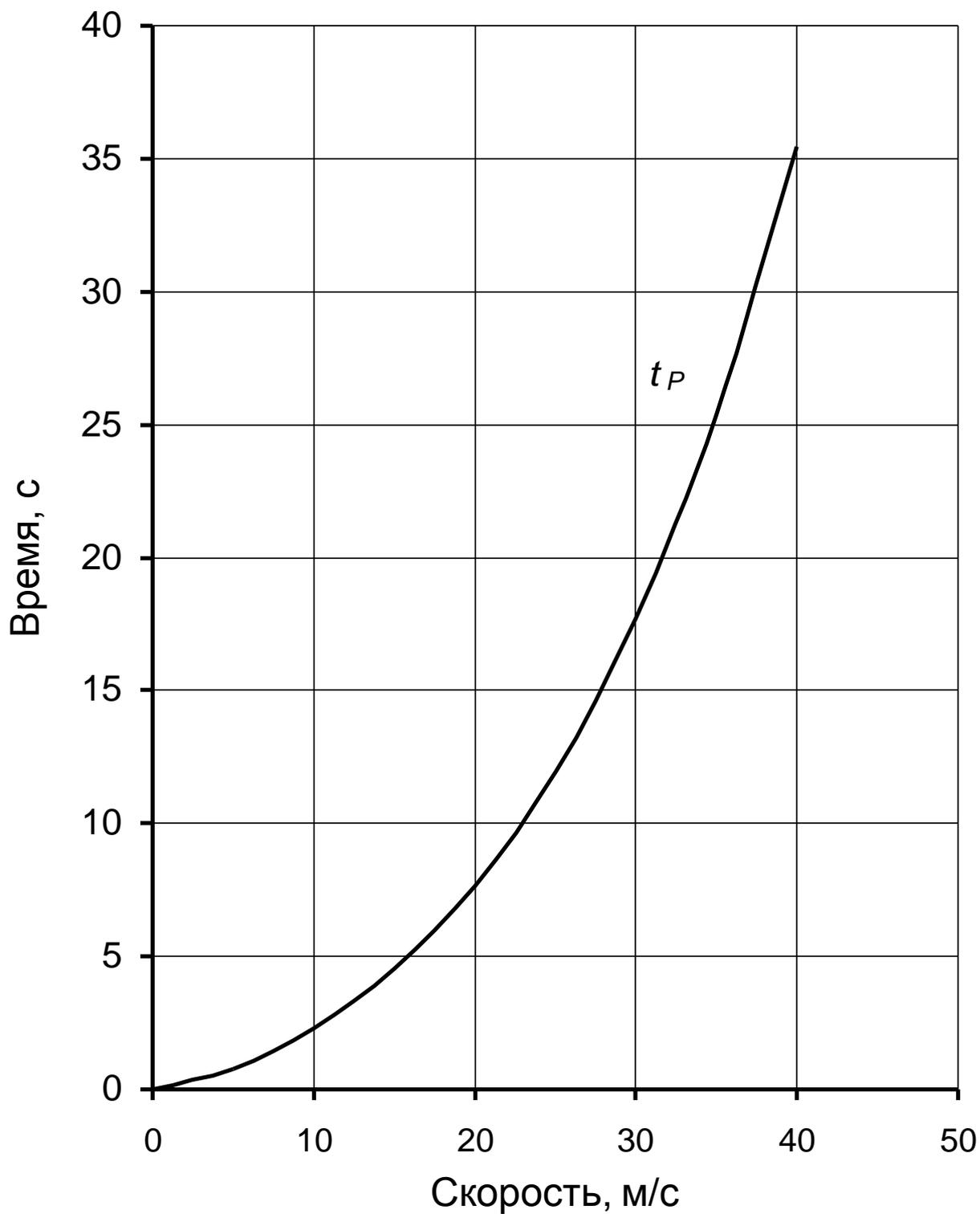


Рисунок А.6 – Время разгона»[6]

Продолжение Приложения А

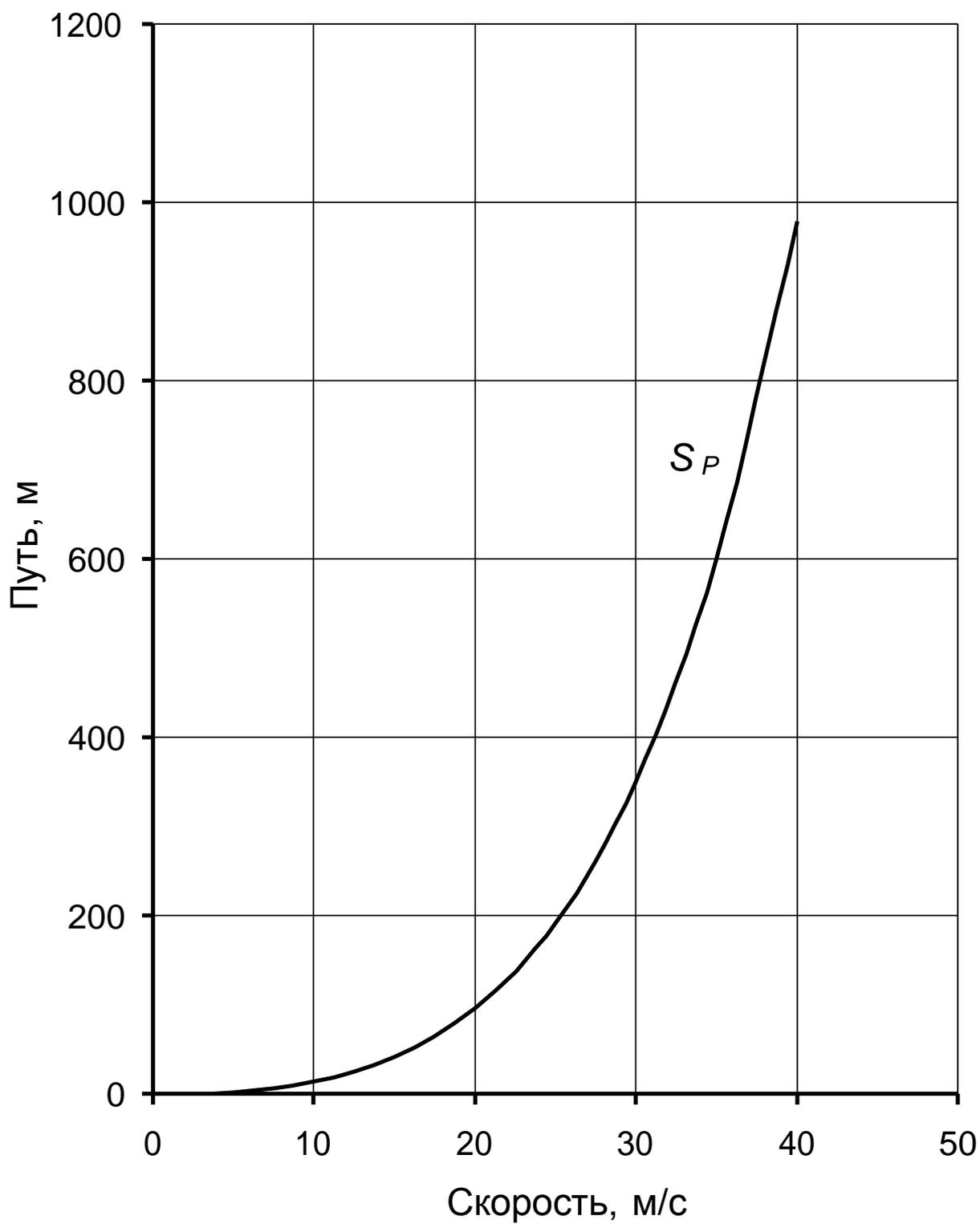


Рисунок А.7 – Путь разгона»[6]

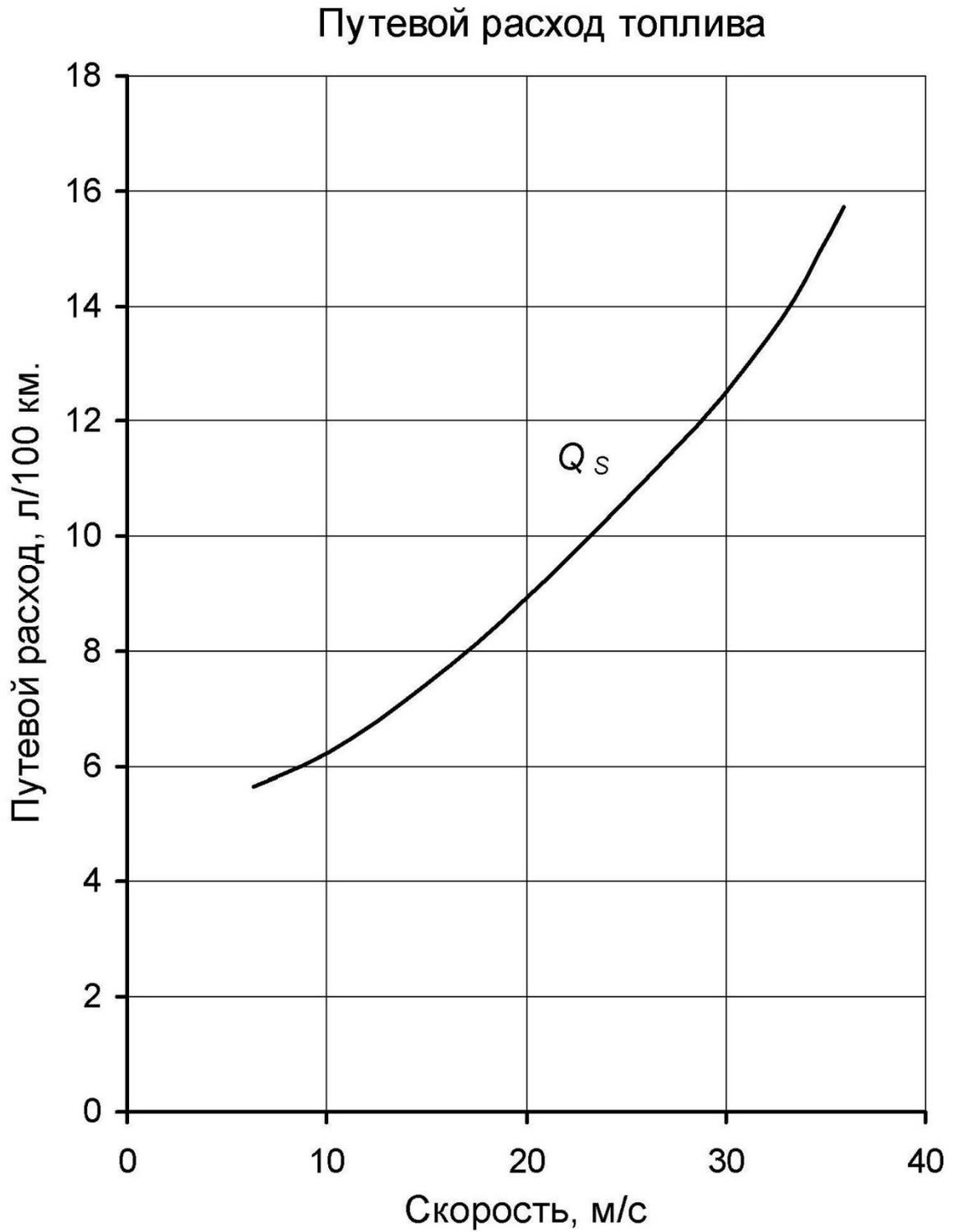


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива»[6]