

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 рулевого механизма автомобиля Лада Гранта

Студент

О.Е.Русинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.Н. Лата

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент И.В. Дерябин

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

канд. техн. наук, доцент И.В. Бобровский

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

канд. экон. наук, доцент О.М.Сярдова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Содержание

Введение	5
1 Содержание вопроса	6
1.2 Виды рулевых механизмов	8
1.3 Выбор и обоснование принятого типа механизма	12
1.4 Общие требования к рулевым механизмам	14
2 Конструкторская часть.....	18
2.1 Тяговый расчет	20
2.1.1 Последовательность тягового расчета	20
2.1.2 Исходные данные для тягового расчета.....	21
2.2 Расчет компенсирующего момента усилителя руля	37
2.3 Расчет зацепления	39
2.3.1 Проверка штатного зацепления.....	40
2.3.2 Расчёт параметров шестерни рулевого механизма	44
2.3.3 Расчёт параметров рейки рулевого механизма.....	48
3 Технологический процесс сборки рулевого механизма.....	54
4 Технико-экономическая оценка модернизируемого объекта	65
5 Безопасность и экологичность технического объекта	88
5.1 Общие требования безопасности	88
Заключение	96
Список используемой литературы	97
Приложение.....	100

Аннотация

Данный дипломный проект посвящен модернизации рулевого механизма автомобиля ВАЗ-2190 (LadaGranta). Актуальность проекта состоит в том, что необходим более спортивный и отзывчивый к управлению вариант модели для потребителей. Структуру диплома можно разделить на следующие разделы: Конструкторская часть, технологический раздел, экономическая часть проекта, охрана труда и экологическая безопасность проекта.

К конструкторской части относятся тяговый расчёт автомобиля, расчёт зубчатого зацепления для заново спроектированного авто. Для соединения шестерня-рейка просчитано новое значение зубчатого соединения, увеличено количество зубьев шестерни, без изменения внутрикартерного пространства, модернизирована опора тяг рулевой трапеции. Данные изменения приводят к улучшению управляемости и маневренности.

Технологическая часть даёт представление о возможности производства модернизируемого узла на заводе-изготовителе. Составлена технологическая карта производимого узла, согласно нормативным документам, расписана последовательность сборки для автоматической линии.

В экономической части просчитана финансовая сторона проекта, а именно финансовая эффективность использования нового узла в производстве нового типа рулевых механизмов. Отсутствуют затраты на дополнительные разработки оснастки и оборудования. Новый узел получился экономически эффективным благодаря небольшому сроку окупаемости изделия и высокому индексу доходности.

Произведён анализ безопасности проекта. Рисков для пожарной и экологической безопасности проект не подразумевает.

ABSTRACTION

This graduation work is devoted to improving the steering mechanism of VAZ-2190 (Lada Granta) car. The relevance of the work is that customers need a sportier and easy to handle version of the model. Work can be divided into several logically connected parts, which are design and engineering section, technological section, the economic part, labour and health protection as well as environmental safety of the project.

The design and engineering section covers the traction calculation and the toothed wheel gearing calculation of the designed car. For the rack pinion joint, a new value of the toothed coupling is calculated, the number of gears teeth of the pinion is increased without changing the space inside the crankcase, as well as the link rod support of the steering arm is improved. These changes result in improved handling and manoeuvring capability.

The technological section dwells on the possibility to produce the upgraded node at the manufacturing plant. The technological map of the produced node is prepared according to the regulatory documents, and the sequence of assembly for the automatic line is pointed out.

In the economic part, the financial aspect of the project is calculated, and the financial efficiency of using the new node when producing the new type of steering mechanisms is assessed. There are no costs needed for additional development of fitting out and equipment. The new node turned out to be economically efficient due to the short payback period of the product and high profitability index.

In the research, the safety of the project is analyzed, as well. Overall, it should be highlighted that the project does not imply any risks for fire and environmental safety.

Введение

Рулевое управление автомобиля – это совокупность механизмов и узлов, служащих, для поворота управляемых колес, обеспечивает движение автомобиля по заданной водителем траектории. Передачу усилия поворота рулевого колеса к управляемым колесам обеспечивает рулевой привод. Так же в конструкции рулевого механизма для облегчения управления, в автомобилестроении применяют усилители руля, которые делают поворот руля легким и эргономичным. Удобство водителя во время движения, а также комфорт от вождения зависит от ряда факторов качественного проектирования рулевого управления. Поэтому в современной отрасли проектирования и изготовления рулевых систем уделяется большое внимание совершенствованию рулевого управления, производится разработка конструкторских решений, способных значительно повысить уровень потребительских свойств данной системы.

Актуальность данного дипломного проекта заключается в улучшении маневренности легкового автомобиля 2 класса путем модернизации рулевого механизма типа шестерня – рейка.

Для осуществления заявленной модернизации понадобится осуществить следующие мероприятия: уменьшение угла поворота колеса за счёт изменения конструкции рулевого механизма. Ход рейки рулевого механизма ограничивается модернизированной опорой тяг, сама опора имеет увеличенную длину в сравнении с серийной версией. Следующим шагом модернизации, является перерасчёт передаточного числа рулевого механизма. За меньший радиус поворота руля шестерня должна переместить рейку в горизонтальном положении на большее расстояние. Таким образом необходимо увеличить количество зубьев шестерни, сохранив параметры зубьев и, сохранив инструменты для нарезания зубьев шестерни и рейки. Также экономическая сторона проекта должна быть эффективна, модернизация не должна повлечь экономических убытков

1 Содержание вопроса

«Дорожные транспортные средства управляются водителем практически полностью с помощью рулевого управления.

Для безопасности движения очень важно, чтобы транспортное средство точно следовало курсу, заданному водителем на основе дорожного покрытия и дорожной ситуации.

Управление осуществляется водителем на основе дорожного полотна и дорожной ситуации, сохраняет условия безопасного движения. У водителя всегда должна быть уверенность в том, что автомобиль предсказуемо и надежно реагирует на его управление, на его действия. Для обеспечения высокого качества курсовой устойчивости очень важно, чтобы рулевое управление своевременно обрабатывалось системой рулевого управления и автомобиль ожидаемым образом мог распознавать изменения курса и, в свою очередь, реагировать на них.

Поэтому разработчики систем рулевого управления должны учитывать многочисленные требования и задачи, чтобы добиться удобного для клиента дизайна:

- Достаточно низкий крутящий момент на рулевом колесе и узкий угол поворота рулевого колеса необходимые для парковки;
- Простота перемещения, чувствительность, точность, высокая степень курсовой устойчивости;
- Четкий контакт с дорогой, отзывчивость сцепления шин с дорогой;
- Автоматический возврат в центральное положение, хорошая центровка, стабилизация в любой ситуации вождения;
- Компенсация переменных возмущений, возникающих из-за неровностей дорожного покрытия»[20].

1.1 Общее устройство системы рулевого управления

–«Рулевая колонка представляет собой вал с шарнирными соединениями. Она передает усилия от руля к рулевому механизму. В её состав входят электрические и механические системы блокировки, которые способствуют препятствованию угона и нежелательному доступу к средствам управления;

–Рулевой механизм преобразует силу, создаваемую водителем, поворачивая рулевой механизм и передавая его на колеса. Структурно– это редуктор с определённым передаточным числом. Сам механизм служит для соединения карданного вала с рулевой колонкой;

–Рулевой привод состоит из рулевых тяг, наконечников и рычагов, выполняющих передачу усилия от рулевого механизма к поворотным кулакам ведущих колес. Элементы рулевого управления изображены на рисунке 1:



1-правая рулевая тяга в сборе, 2-правая опора рулевого механизма, 3-скоба опоры рулевого механизма, 4-промежуточный карданный вал, 5-электроусилитель, 6-рулевое колесо, 7-труба рулевой колонки, 8-левая опора рулевого механизма, 9-рулевой механизм, 10-левая рулевая тяга в сборе

Рисунок 1 – Элементы рулевого управления

Усилитель рулевого управления – создаёт увеличенное усилие, которое исходит от руля и предаётся к приводу рулевого механизма.

В качестве подобных систем применяются системы EPAS «Системы рулевого управления с электроусилителем (EPAS) заменяют гидравлические системы в широком спектре категорий автомобилей благодаря топливной эффективности этой технологии и широким возможностям для новых функциональных применений. Типы систем EPAS и область их применения позволяет, выполнять задачи по обеспечению производительности, комфорта и безопасности» [19].

– Дополнительные узлы (амортизатор – «демпфер», электронные системы)» [15].

1.2 Виды рулевых механизмов

Устройство рулевых механизмов может различаться в зависимости от его способа преобразования крутящего момента. Преобразование крутящего момента происходит в картере рулевого механизма, и тип соединения стоит выбирать исходя из условий применения и задачи механизма. Проанализировав класс автомобиля и его рулевые качества, стоит выбирать наиболее подходящий по параметрам рулевой механизм. Выбор предстоит делать из перечисленных далее типов: червячный, реечный, винтовой.

Устройство червячного типа рулевого механизма показано на рисунке 2 и конструктивно состоит из следующих элементов:

- рулевой вал;
- передача «червяк-ролик»;
- картер;
- рулевая сошка.

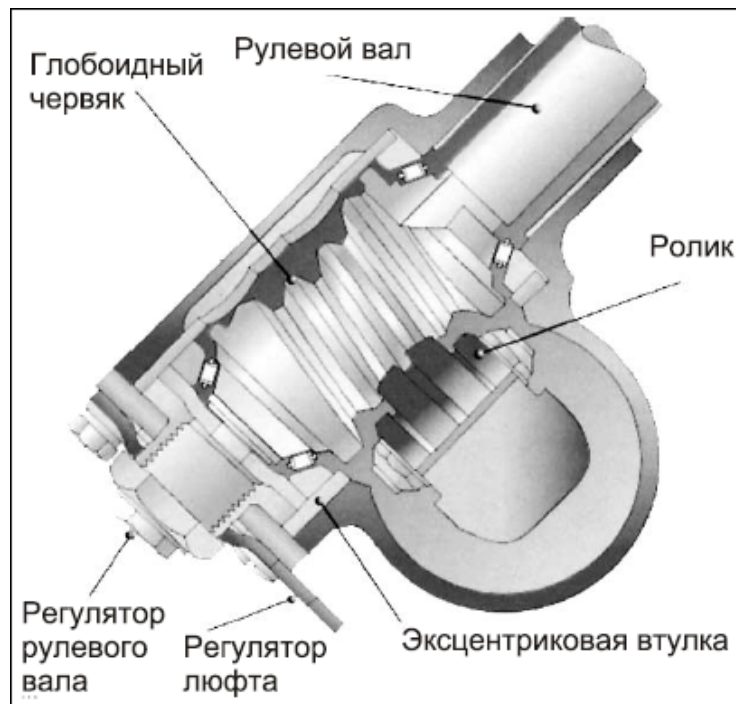


Рисунок 2 –Рулевое соединение типа червяк-ролик

«Пара «червяк-ролик» находится в зацеплении на протяжении всего процесса работы. Глобоидальный червяк находится на нижнем конце рулевого вала, уходящем в пространство картера, а ролик в свою очередь закрепляется на валу сошки и входит в контакт с «червяком» [15]. Вал рулевой сошки осуществляет поворот, поскольку рулевое колесо перемещает ролик.

К явным отличительным преимуществам такого вида зацепления можно отнести:

- колёса имеют больший выворот;
- удары от дорожных неровностей передаются в меньшей степени;
- от руля к механизму приходит увеличенное передаточное число;
- управляемость машины имеет более высокий уровень за счёт улучшенной маневренности.

Ключевым недостатком является дорогостоящее обслуживание, поскольку сложная конструкция приводит к постоянной необходимости проводить ремонтные и профилактические мероприятия.

В современных автомобилях, прошедших модернизацию или спроектированных на новейших инженерных решениях стал применяться иной по строению тип. Речь идёт о соединении «шестерня-рейка». Данный тип механизма нашёл себе применение в автомобилях с независимой подвеской.

Простое устройство и легкость ремонта обеспечивается самой конструкцией. Она показана на рисунке 3 и состоит из:

- корпуса механизма;
- передача «шестерня-рейка».



Рисунок 3 – Рулевое соединение типа «шестерня-рейка»

К зубчатой части вала примыкает шестерня, вращение шестерни обеспечивает горизонтальное перемещение вала. К валу рулевого механизма прикрепляются рулевые тяги, от перемещения вала в горизонтальной плоскости тяги осуществляют перемещение управляемых колёс авто.

«Шестерня-рейка» имеет более высокий КПД в сравнении с червячным ходом. К ее преимуществам также можно отнести:

- надёжность механизма за счет уменьшения шарниров и тяг;
- небольшие габариты;
- умеренная цена производства.

Однако, как и многие механизмы, в сравнении с аналогами, конструкция «Шестерня-рейка» имеет недостатки. В данном случае редуктор имеет большую склонность к передаче ударных действий от контактов с препятствиями поверхности местности.

Винтовой тип рулевого механизма.

Винтовое и гаечное соединение получилось объединить с помощью расположенных на винте элементов. Без должного наблюдения за состоянием такого соединения возможно возникновение излишнего трения в точках соприкосновения, отсюда повышенная температура работы деталей и их преждевременный износ. Это явный недостаток данного варианта соединения. Однако применение такого вида соединения в тяжёлом классе автотранспортных средств: автобусы, грузовики и легковые автомобили повышенной проходимости не вызывает подобно трения из-за увеличенных габаритов. Схема механизма представлена на рисунке 4. Конструкция извала рулевого колеса с винтом имеет следующие элементы:

- гайка, которая ходит по винту;
- зубчатая рейка;
- зубчатый участок, к которому входит в соединение рейка;
- сошка рулевой колонки.[10]

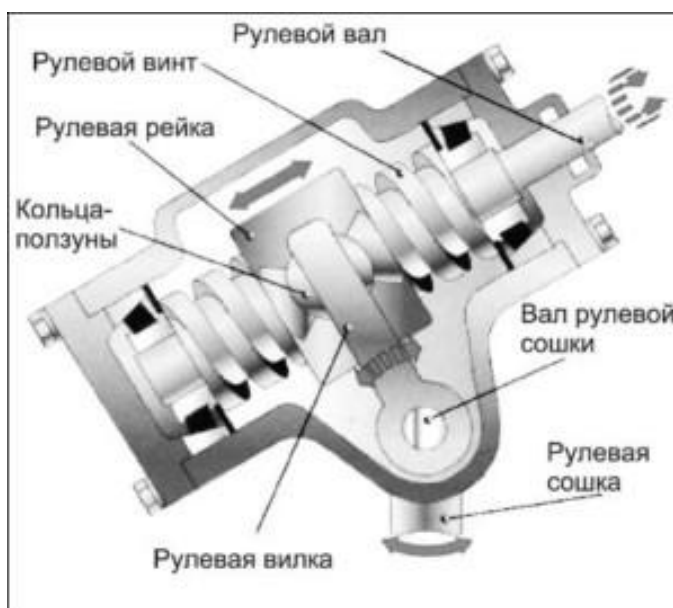


Рисунок 4 –Схема винтового типа механизма

О каждом из перечисленных типов рулевых механизмов вкратце можно сделать вывод:

- Реечный – наиболеепопулярен среди потребителей и производителей вид, который удобно и практично использовать как во время эксплуатации, так и на стадии изготовления изделия. Простая конструкция и высокий КПД механизма делает его лидером среди аналогов; [1]
- Червячный – этому типу механизмов свойственно наделять автомобиль лучшими свойства управления за счёт передачи момента. За счёт дороговизны производства достигнуты качества позволяющие снизить колебания и удары, передающиеся от дороги к водителю, но сложный ремонт и эксплуатация снижают его востребованность;
- Винтовой – по механизму действия схож с червячный, но обладает повышенным КПД, однако требует больше места для его расположения.[3]

1.3 Выбор и обоснование принятого типа механизма

Реечный механизм является более простым в конструктивном плане, отсутствует большое количество шарнирных соединений, благодаря этому обеспечивается высокая надёжность узла. Монтаж его в условиях конвейерной сборки, а также демонтаж с целью обслуживания также не составляет особого труда. Данный тип имеет высокий КПД и малый свободный ход узлов, что обеспечивает высокую точность передачи усилия. Использование такого механизма даёт компоновочное преимущество, так как перемещение относительно компактных тяг не требуют значительного пространства. Среди

недостатков данной конструкции следует выделить её склонность к передаче ударов и вибраций на рулевое колесо.

Конструкция Червяк–ролик практически лишена недостатков присущих реечным рулевым механизмам. Передача ударов и вибрации от дороги на руль практически не происходит, что повышает общий комфорт водителя. Такой механизм способен передавать значительные усилия, что обуславливает его популярность на малогабаритном коммерческом транспорте и тяжелых внедорожниках. В сравнении с реечным рулевым механизмом основным недостатком конструкции червяк–ролик можно считать высокую стоимость. Это вызвано большим количеством входящих в состав узла деталей и шарнирных соединений. Использование большого количества шарниров вызывает появление значительного свободного хода в рулевом управлении. Поэтому механизм червяк–ролик значительно уступает схеме шестерня–рейка в точности управления. Также надежность такой системы существенно ниже, а обслуживание гораздо сложнее и дороже.

Таким образом, можно сделать вывод, что тип шестерня–рейка является более практичным и универсальным для легковых автомобилей.

В данном дипломном проекте рассматривается модернизация автомобиля LadaGranta. Она является популярной моделью среди потребителей, по соотношению цена–качество. Итоговая стоимость автомобиля во многом определяет его успех на рынке. Это легковой автомобиль бюджетного класса, который обеспечивает выгодные условия его использования. Простая конструкция, надёжные узлы и агрегаты, неприхотливость в ремонте – всё это делает Granta «народным» автомобилем, доступным для большого ряда покупателей.[8]

Схема устройства представлена на рисунке 5.



1-наружный наконечник рулевой тяги, 2-регулирующая тяга, 3-внутренний наконечник рулевой тяги, 4-правый защитный колпак, 5-труба картера рулевого механизма, 6-чехол рулевого механизма, 7-стопорная пластина болтов крепления рулевых тяг, 8-вал-шестерня, 9-картер рулевого механизма, 10-левый защитный колпак

Рисунок 5 –Рулевой механизм LadaGranta

Для автомобиля GrantaSport(219059) был выбран именно тип рулевого механизма шестерня-рейка, благодаря своим ярко выраженным достоинствам. [16]

1.4 Общие требования к рулевым механизмам

«Автомобилем с оптимально настроенным шасси легче управлять, поскольку действия водителя выполняются быстро, предварительно диктуются и точно выполняются. Это дает водителю чувство уверенности и безопасности. Ощущение "удовольствие от вождения" является важным критерием для многих покупателей автомобилей. Динамика движения автомобиля играет большую роль в определении того, насколько хорошо водитель может контролировать или избежать критических ситуаций»[21].

Общими требованиями, предъявляемыми к рулевым механизмам, являются:

– высокое передаточное число и обеспечение заданного характера изменения передаточного числа рулевого механизма;

- высокий КПД при передаче усилия от рулевого колеса сошке;
- способность рулевого механизма воспринимать усилия от управляемых колёс к рулевому механизму, что необходимо для стабилизации управляемых колёс;
- высокая надёжность механизма и износостойкость его деталей;
- минимальное число необходимых в процессе эксплуатации регулировок и простота технического обслуживания;
- обеспечение безопасности водителя, высокую надёжность и исключать неисправности, способные повлечь за собой аварийные ситуации на дороге.[9]

Требования, которые дают понятие о надёжности рулевого управления представлены в нормативном документе: «Правило ЕЭК ООН №79 ГОСТ Р 41.79-99¹». Данный документ даёт представление о требованиях, касающихся конструкции и элементам рулевого управления транспортных средств и содержит требования к конструкции, а также эксплуатационных факторах транспорта. Кроме того, в нем определены требования испытаний, проводимых с узлом, на долговечность и прочность. Согласно общему положению, данного регламента: «Механизм рулевого управления должен обеспечивать простое и надежное управление транспортным средством на всех скоростях до его максимальной конструктивной» [6]. Испытания по указанному правилу проводятся на горизонтальной поверхности, обеспечивающей нормальное сцепление. «Автомобиль должен быть загружен на максимальную технически допустимую массу. Давление в шинах должно соответствовать стандартам изготовителя. Испытуемый автомобиль должен описывать по касательной кривую радиусом 50 метров, при этом не должно быть сильной вибрации рулевого механизма на скорости 40 км/ч. Аналогично, при движении по спирали со скоростью 10 км/ч, должно сохраняться одинаковое усилие на всём расстоянии пути[7]. Также в данном

¹ГОСТ Р 41.79-99 (Правила ЕЭК ООН №79) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении механизмов рулевого управления» (от 01.07.2000 года)

источнике представлена математическо-программная методика испытаний, которая «сократит затраты и ресурсы компании изготовителя, а также время на сертификацию нового или модернизированного узла» [7]. Существует регламент для автомобилей типа Formula SAE, в которых описаны стандарты безопасности и качества.[23]

Требования к рулевому управлению:²

а) Изменение усилия при повороте рулевого колеса должно быть плавным во всем диапазоне угла его поворота. Неработоспособность усилителя рулевого управления транспортного средства (при его наличии на транспортном средстве) не допускается. Запрещен демонтаж усилителя рулевого управления, предусмотренного изготовителем в эксплуатационной документации транспортного средства.

б) Самопроизвольный поворот рулевого колеса с усилителем рулевого управления от нейтрального положения при работающем двигателе, вопреки желанию и ожиданиям водителя, не допускается.

в) Суммарный люфт в рулевом управлении не должен превышать предельных значений, установленных изготовителем транспортного средства, а при отсутствии указанных данных - следующих предельных значений:

1) транспортные средства категории M₁ и созданные на базе их агрегатов транспортные средства категорий M₂, N₁ и N₂, а также транспортные средства категорий L₆ и L₇ с автомобильной компоновкой – 10;

2) транспортные средства категорий M₂ и M₃ - 20;

3) транспортные средства категорий N - 25.

г) Повреждения и отсутствие деталей крепления рулевой колонки и картера рулевого механизма не допускаются. Резьбовые соединения должны

²Решение таможенного союза от 09.12.2011 N 877 (ред. от 05.04.2022) "О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" (вместе с "ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств").

быть затянуты и зафиксированы способом, предусмотренным изготовителем транспортного средства. Люфт в соединениях рычагов поворотных цапф и шарнирах рулевых тяг не допускается. Устройство фиксации положения рулевой колонки с регулируемым положением рулевого колеса должно быть работоспособно.

д) Применение в рулевом механизме и рулевом приводе деталей со следами остаточной деформации, с трещинами и другими дефектами не допускается.

е) Подтекание рабочей жидкости в гидросистеме усилителя рулевого управления не допускается.

Таким образом, выбранный для разработки тип рулевого управления обеспечит ряд необходимых условий для создания спортивной модели Ladagranta. Повышение характеристик рулевого управления, позволит привлечь новых потребителей, и сделает модель более востребованной.

2 Конструкторская часть

«Определение тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля необходимо при проектировании новых моделей, а также при выборе типов автомобилей в соответствии с различными условиями эксплуатации. Данная задача решается методами теории автомобиля – науки об эксплуатационные свойства, которые характеризуют возможность эффективного использования автомобиля в определенных условиях и позволяют оценить, в какой мере его конструкция отвечает этим условиям. Применение теории автомобиля на практике дает возможность повысить производительность автомобиля и снизить себестоимость перевозок. Для этого следует увеличить среднюю скорость движения и уменьшить расход топлива автомобиля. [4]

Тягово-скоростные свойства определяют динамичность автомобиля – способность перевозить грузы с максимально возможной средней скоростью. Чем выше динамичность автомобиля, тем больше его производительность.

Топливная экономичность – рациональное использование энергии топлива при движении автомобиля. Затраты на топливо составляют значительную часть стоимости перевозок, поэтому чем меньше расход топлива, тем ниже эксплуатационные расходы. [23]

Приступая к расчету, следует предварительно изучить соответствующие разделы теории автомобиля, овладеть методами анализа таких характеристик автомобиля, как силовой и мощностной балансы, динамическая характеристика, топливно-экономическая характеристика» [17].

Для описания состава сборочной единицы используется спецификация. Спецификация проектируемого узла представлена в Приложении А.

В таблице 1 представлены необходимые для тягового расчёта параметры, а также исходные данные транспортного средства. На основе этих данных будут производиться последующие тяговые и топливно-экономические расчёты.

Таблица 1–Исходные данные LADA –GRANTA

Параметры	Значения
Компоновочная схема автомобиля	Переднеприводный
Длина, мм	4280
Ширина, мм	1770
Высота, мм	1420
Масса порожнего автомобиля m_0 , кг	1078
Шины	195/50 R 16
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,012
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,32
Передаточное число главной пары	3,9
Передаточное число коробки передач	3,63; 1,95; 1,36; 0,94; 0,78
Двигатель	1,6 л, 16 клапанов
$N_{e\max}$, кВт/об/мин	74/5600
$M_{e\max}$, Нм/об/мин	145/4000
$n_{e\min}$, об/мин	800-1000
Максимальная скорость V_{\max} , км/ч (м/с)	180 (50)
Коэффициент уклона	0,32

Приведенные данные используются в дальнейших расчетах проекта.

2.1 Тяговый расчет

2.1.1 Последовательность тягового расчета

«Параметры, определяемые техническим заданием: тип автомобиля, грузоподъемность m_T или пассажироместимость, максимальная скорость V_{max} автомобиля и соответствующее значение коэффициента дорожного сопротивления ψ_v , максимальное сопротивление, преодолеваемое автомобилем на первой передаче, ψ_{max} (или D_{max}), тип двигателя (с искровым зажиганием или дизель), колесная формула.

Выбор параметров, таких как: снаряженная масса автомобиля m_0 , лобовая площадь F , распределение массы по осям нагруженного автомобиля, угловая скорость коленвала ω_N двигателя при максимальной мощности N_{max} , механический коэффициент полезного действия (КПД) трансмиссии $\eta_{тр}$, коэффициент аэродинамического сопротивления C_x осуществляется по методической литературе. Значения эти задаются на основании экспериментальных и статистических данных по существующим моделям автомобилей, аналогичным проектируемому, с учетом тенденции развития автомобильной техники и перспективного типажа автомобилей» [12].

Далее получают «расчетные параметры и зависимости: максимальная мощность двигателя N_{max} , передаточное число главной передачи U_0 , передаточные числа коробки передач U_k и раздаточной коробки U_d , а также зависимости:

- внешняя скоростная характеристика двигателя;
- тяговая характеристика автомобиля и силовой баланс;
- динамическая характеристика автомобиля;
- зависимость ускорения, времени и пути разгона от скорости автомобиля;
- мощностной баланс;
- топливно-экономическая характеристика автомобиля» [12].

2.1.2 Исходные данные для тягового расчета

«Для осуществления вычислений в рамках тягового расчета необходимо определить снаряженную массу автомобиля m_0 . На начальном этапе проектирования она определяется приблизительно, исходя из следующих параметров: грузоподъемность, назначение авто, первичной компоновки автомобиля. На основе данных значений осуществляется первичный расчёт, опираясь на среднюю величину отношения грузоподъемности m_r к снаряженной массе m_0 автомобиля»[12].

Удельная грузоподъемность рассчитывается по формуле:

$$\eta_m = m_r / m_0 \quad (1)$$

При отсутствии подробных «данных по удельной грузоподъемности можно их принять по таблице 2» [12].

«Таблица 2 - Удельная грузоподъемность автомобилей» [12].

Тип автомобилей	η_m
Легковые	
Особо малого класса	0,32 – 0,56
Малого класса	0,28 – 0,46
Среднего класса	0,26 – 0,30
Большого класса	0,21 – 0,25
Высшего класса	0,16 – 0,18

Скорость $V_{max}=180$ км/ч (50м/с)

Коэффициент аэродинамического сопротивления: $C_x=0.32$

Максимальное число оборотов $n_{max}=6000$ об/мин $w_e=628$

Число оборотов на холостом ходу $n_{min}=800$ об/мин $w_e=83$

КПД трансмиссии = 0.90

Коэффициент сопротивления качению = 0.012

Плотность воздуха = 1.2

Пси=0.312

L=4.35

H=1.68

W=1.42

D колеса = 0.356

Проводя тяговые расчеты, руководствуемся методическими указаниями Л.А. Черепанова [12].

Определяем полную массу автомобиля

$$m_{\text{п}} = m_{\text{сн}} + n \cdot 75 + (n-1) \cdot 10 = 1503 \text{ кг} \quad (2)$$

Радиус колеса

$$Rk = \frac{Dk}{2} + 195 \text{ mm} * 0.5 = 0.298 \text{ m} \quad (3)$$

Рассчитываем лобовую площадь автомобиля

$$A = H \cdot W \cdot 0.8 = 1.902 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости

$$\Psi_v = \left[1 + 0.0005 \left(\frac{m}{s} \right)^{-2} * V_{\text{max}}^2 \right] f_k = 0.027 \quad (5)$$

Определение внешней скоростной характеристики двигателя

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} \left(m \ddot{i} * g * \Psi_v * V_{\text{max}} + \frac{C_x * \rho}{2} * A v w * V_{\text{max}}^3 \right) = 7.3 * 10^4 \text{ w} \quad (6)$$

Мощность двигателя при оборотах на максимуме

$$\lambda = \frac{\omega_{e\max}}{\omega_n} = 1.142, \quad (7)$$

$$N_{\max} = \frac{N_v}{\lambda + \lambda^2 - \lambda^3} = 7.629 * 10^4 w \quad (8)$$

Максимальная мощность двигателя достигается при $\omega_e = 550$

Остальные значения N находим по формуле

$$N_e = N_{\max} * \left[\frac{\omega_e}{\omega_n} + \frac{\omega_e^2}{\omega_n^2} - \frac{\omega_e^3}{\omega_n^3} \right] \quad (9)$$

Крутящий момент находим по формуле

$$M = \frac{N}{\omega_e} \quad (10)$$

По расчетам составляем таблицу 3 и строим график зависимости момента, (Н·м) и мощности, Вт от угловой скорости, или рад/с.

Таблица 3 – Зависимость момента и мощности от угловой скорости

Угловая скорость, рад/с	Мощность,(Вт)	Крутящий момент,(Н·м)
83.7	13110	156.6
100	15930	159.3
200	34160	170.8
300	51930	173.1
400	66490	166.2
550	76290	138.7
628	73000	116.2

Строим график зависимости момента и мощности от угловой скорости, который представлен на рисунке 6.

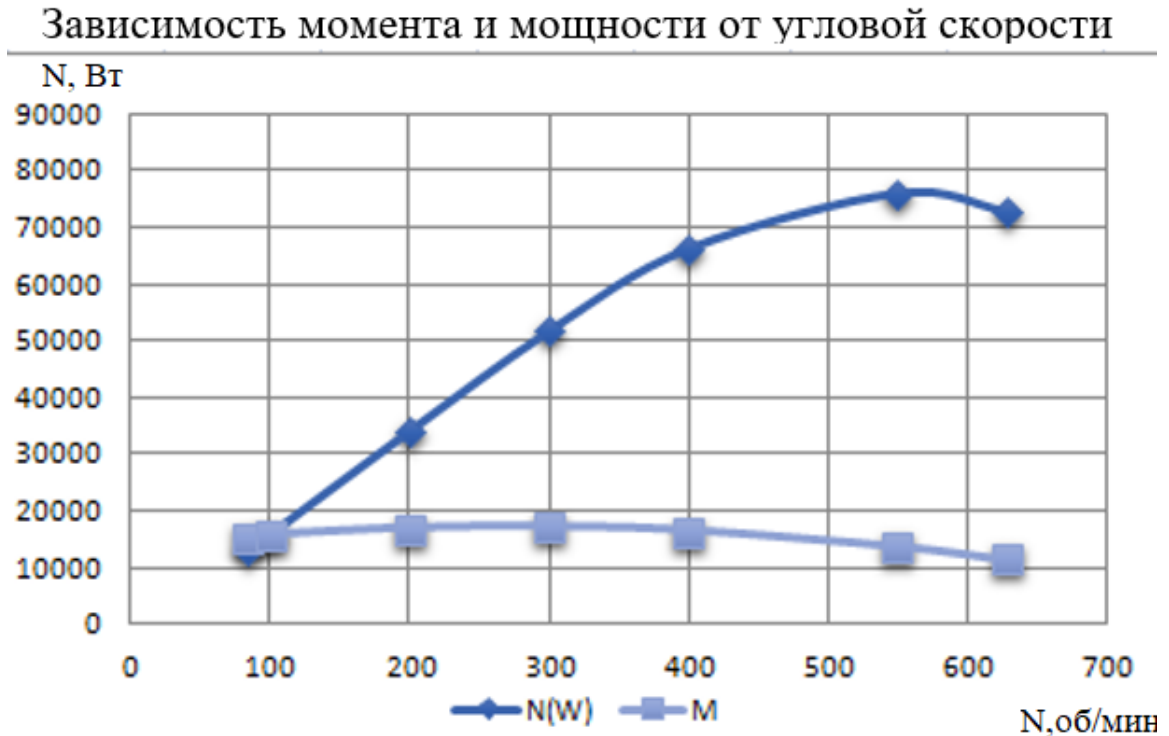


Рисунок 6– Зависимость момента и мощности от угловой скорости

«Определение передаточного числа главной передачи. $U_k=0.94$ – передача, на которой обеспечивается максимальная скорость» [12]. Главная передача

$$U_{\text{гп}} = \frac{R_k \cdot \omega_{\text{max}} \cdot 1 \text{ s}^{-1}}{U_k \cdot V_{\text{max}}} = 3.982 \quad (11)$$

Остальные передаточные числа:

Первая передача находится в диапазоне U_1 и $U_{\text{сц}}$. U_1 – передаточное число, при котором тяга на колесах больше силы сопротивления дороги

$$U_1 = \frac{G_a \cdot \psi \cdot R_k \cdot 1 J^{-1}}{M_{\max} \cdot U_{\dot{\alpha}} \cdot \eta_{tr}} = 2.209 \quad (12)$$

$U_{\text{ц}}$ не позволит колесам пробуксовывать, так как тяга меньше силы сцепления колес:

$$U_{\dot{\alpha}1} = \frac{G_{\dot{\alpha}} \cdot \varphi \cdot R_k \cdot 1 J^{-1}}{M_{\max} \cdot U_{\dot{\alpha}} \cdot \eta_{tr}} = 5.098 \quad (13)$$

$$U_{\text{кп1}} = 3.63$$

$$U_{\text{кп2}} = 1.95$$

$$U_{\text{кп3}} = 1.36$$

$$U_{\text{кп4}} = 0.94$$

$$U_{\text{кп5}} = 0.78$$

$$U_{\text{кп зад}} = 3.993$$

Скорость автомобиля на разных передачах определяется по формуле

$$V = \frac{R_k \cdot \omega_{\text{emin}}}{U_{\text{гп}} \cdot U_{\text{кп1}}} \quad (14)$$

Подставляем соответствующие значения для каждой передачи метр в секунду.

Результаты расчетов сводим в таблицу 4 .

Таблица 4 – Зависимость скорости автомобиля от угловой скорости

Угловая скорость	1 передача Скорость(м/с)	2 передача Скорость(м/с)	3 передача Скорость(м/с)	4 передача Скорость(м/с)	5 передача Скорость(м/с)
83.7	1.726	3.214	4.608	6.667	7.74
100	2.062	3.838	5.503	7.962	9.24
200	4.123	7.676	11.006	15.924	18.47
300	6.185	11.514	16.509	23.885	27.7

Продолжение таблицы 4

400	8.247	15.352	22.012	31.847	36.95
550	11.34	21.109	30.266	43.79	50.82
628	12.948	24.103	34.559	50	58.1

По полученным данным строим зависимость изменения скорости на разных передачах. График представлен на рисунке 7.

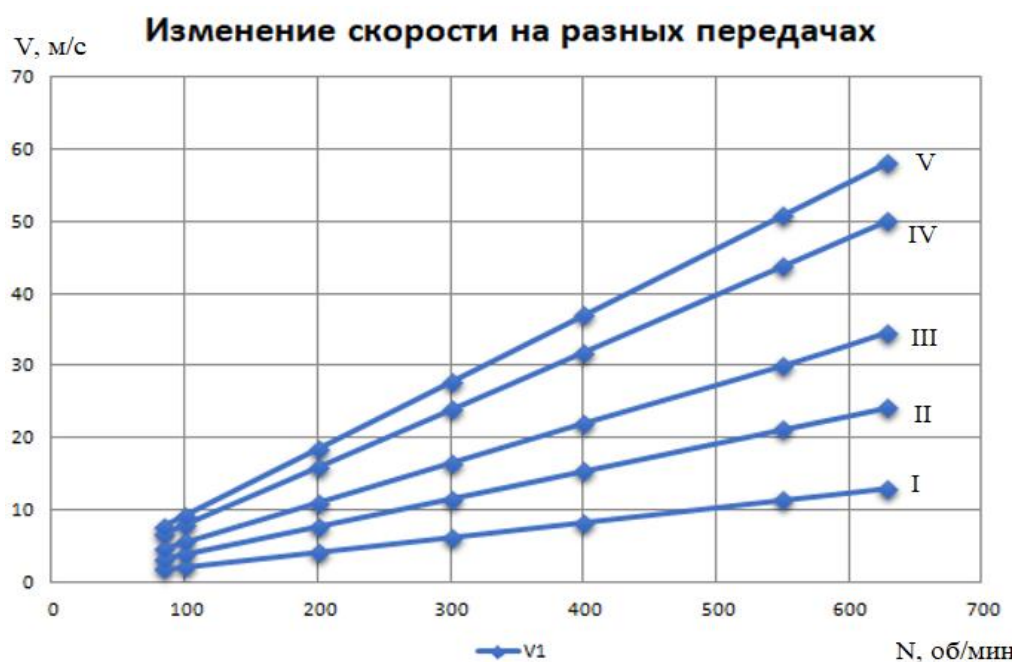


Рисунок 7 – Изменение скорости на разных передачах

Анализ тяговой динамики

Сила тяги на ведущих колесах автомобиля в зависимости от скорости на разных передачах определяется по формуле

$$F_t = \frac{U_{гп} \cdot U_{кп1} \cdot M \cdot \eta_{tr}}{R_k} \quad (15)$$

\$M\$ – крутящий момент двигателя Н·м

\$F_t\$ получаем в ньютонах

Все полученные, в результате расчёта, числовые значения для каждой передачи сведены в таблицу.

Таблица 5 Зависимость силы тяги от угловой скорости

Угловая скорость	1 передача Сила тяги (N)	2 передача Сила тяги (N)	3 передача Сила тяги (N)	4 передача Сила тяги (N)	5 передача Сила тяги (N)
83.7	6836	3672	2561	1770	1525
100	6956	3736	2606	1801	1552
200	7456	4005	2793	1931	1664
300	7556	4059	2831	1957	1686
400	7256	3898	2718	1879	1519
550	6055	3253	2268	1568	1351
628	5074	2726	1901	1314	1132

Строим график зависимости скорости от силы тяги, согласно данным приведённым в таблице 5. На рисунке 8 для каждой передачи представлена отдельная линия графика. [11]



Рисунок 8– График зависимости Скорости V от Силы тяги F_t

Во время движения автомобиль испытывает силу сопротивление воздуха, которая может быть вычислена:

$$F_B = \frac{C_x \cdot \rho}{2} * A * V_{max}^2 \quad (16)$$

Сопротивление воздуха на максимальной скорости равно 916 Н

Сила сопротивления качению автомобиля по расчетам:

$$F_f = G_a * f_k = 176.873 \text{ N} \quad (17)$$

Динамические характеристики автомобиля

Динамический фактор – отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a} \quad (18)$$

Результаты, полученные из расчётов заносим в таблицу 6

Таблица 6 – Зависимость динамического фактора от угловой скорости

Угловая скорость	1 передача	2 передача	3 передача	4 передача	5 передача
83.7	0.402	0.187	0.112	0.058	0.041
100	0.41	0.191	0.115	0.06	0.043
200	0.444	0.21	0.127	0.069	0.051
300	0.45	0.213	0.13	0.071	0.052
400	0.43	0.202	0.122	0.065	0.048
550	0.349	0.159	0.092	0.044	0.03
628	0.282	0.123	0.067	0.027	0.015

График зависимости представлен на рисунке 9.

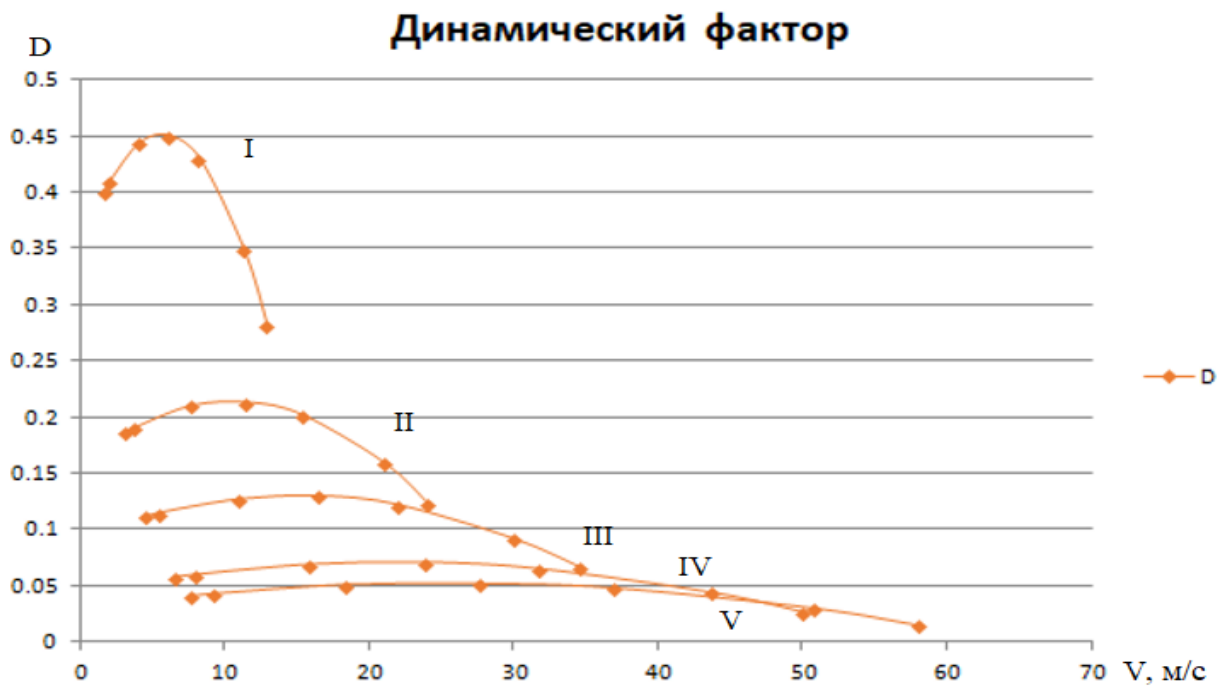


Рисунок 9 – График зависимости скорости V от Динамического фактора D

«Ускорение автомобиля:

$$\delta_1 = 0.03, \tag{19}$$

$$\delta_2 = 0.03,$$

$$\delta = 1 + \delta_1 + \delta_2 * U_{кп}^2 \tag{20}$$

Ускорение определяют по формуле:

$$Ja = \frac{(D * U_{кп} - f_k)g}{\delta_{вр1}} \tag{21}$$

Значение получаем в $м/с^2$ »[12].

Результаты, полученные из расчетов заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Зависимость ускорения от угловой скорости

Угловая скорость	1 передача м/с ²	2 передача м/с ²	3 передача м/с ²	4 передача м/с ²	5 передача м/с ²
83.7	2.681	1.5	0.9	0.427	0.274
100	2.737	1.537	0.927	0.446	0.291
200	2.97	1.694	1.042	0.528	0.362
300	3.017	1.725	1.065	0.544	0.376
400	2.877	1.631	0.996	0.495	0.333
550	2.316	1.256	0.721	0.299	0.164
628	1.859	0.95	0.495	0.139	0.025

Строим график ускорений, который изображен на рисунке 10.

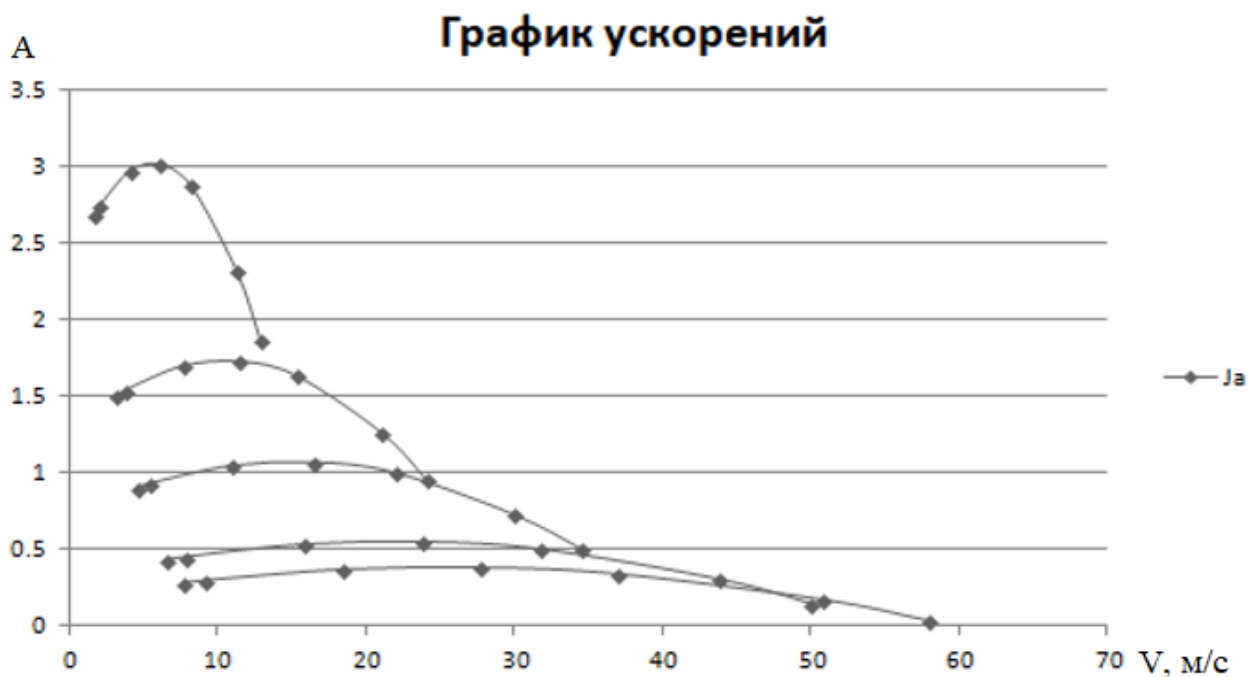


Рисунок 10 - График зависимости Ускорения $J_a V$ от Скорости

Находим обратные ускорения $1/J_a$ для каждого значения, и строим график для каждого из них. Все графики отображены на рисунке 11.

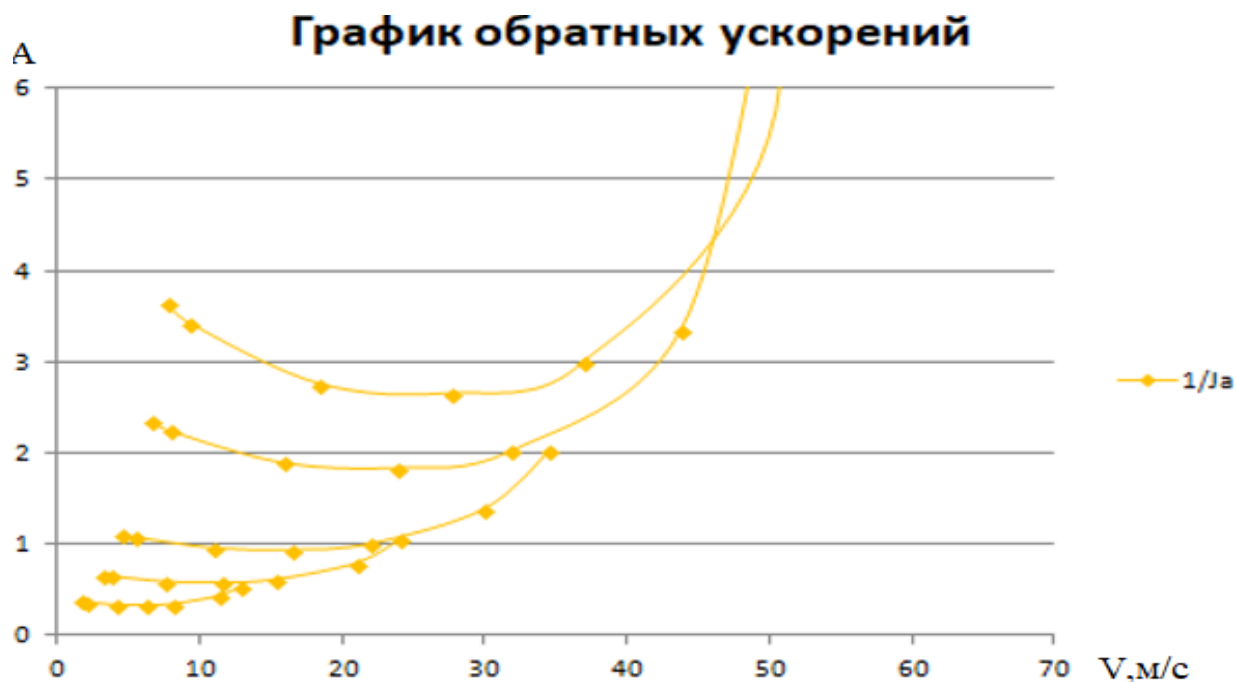


Рисунок 11 – График обратных ускорений

Определяем время и путь разгона исходя из графика обратных ускорений путем интегрирования

$$\Delta t = \left(\frac{1}{J_a}\right) * (V_{кп1 \max} - V_{кп1 \min}) \quad (22)$$

Выбираем значения, в точках пересечения графиков. Получаем Δt , складываем поочередно, получаем значения времени для соответствующей скорости

$$T_1 = 4.25 \text{ с}$$

$$T_2 = 11.842 \text{ с}$$

$$T_3 = 18.861 \text{ с}$$

$$T_4 = 41.318 \text{ с}$$

$$T_5 = 68.27 \text{ с}$$

Находим пройденный путь автомобиля, значения соответственно складываем, получаем путь, соответствующий времени

$$\Delta S_1 = V_{\text{средняя}} * \Delta t_1 \quad (23)$$

$$S_1 = 28 \text{ м}$$

$$S_2 = 122 \text{ м}$$

$$S_3 = 247 \text{ м}$$

$$S_4 = 720 \text{ м}$$

$$S_5 = 1526 \text{ м}$$

На рисунке 12, 13 представлены зависимости времени, с и пути разгона, км от скорости. На рисунке 14 – интенсивности разгона, от скорости.

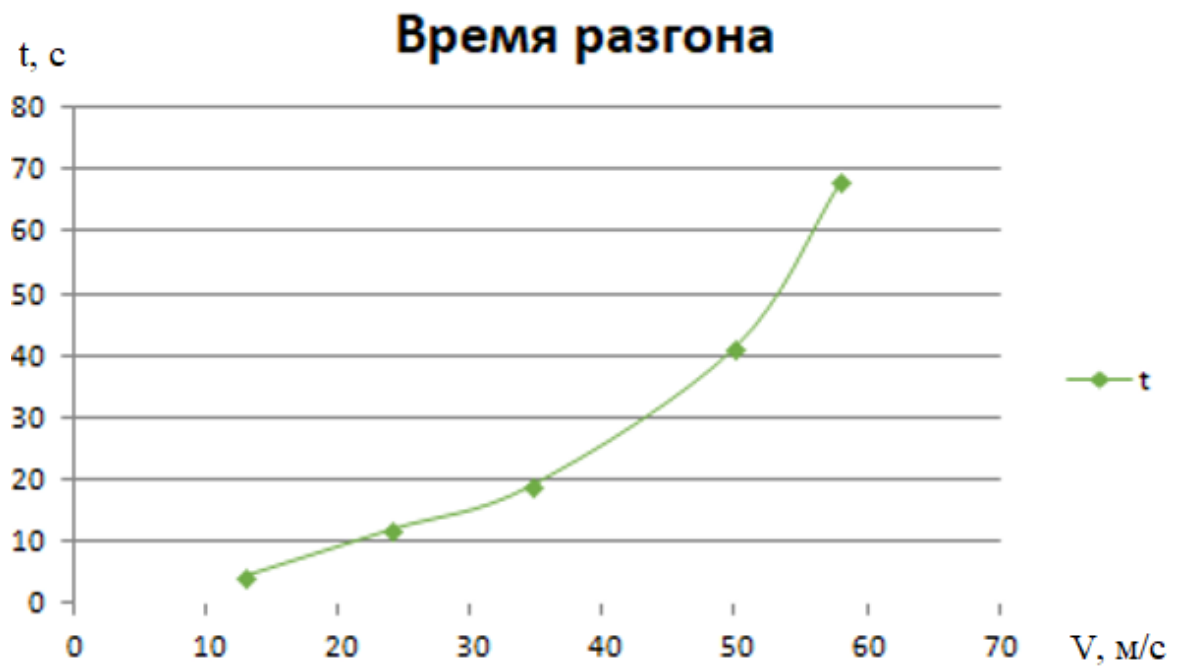


Рисунок 12 – Время разгона

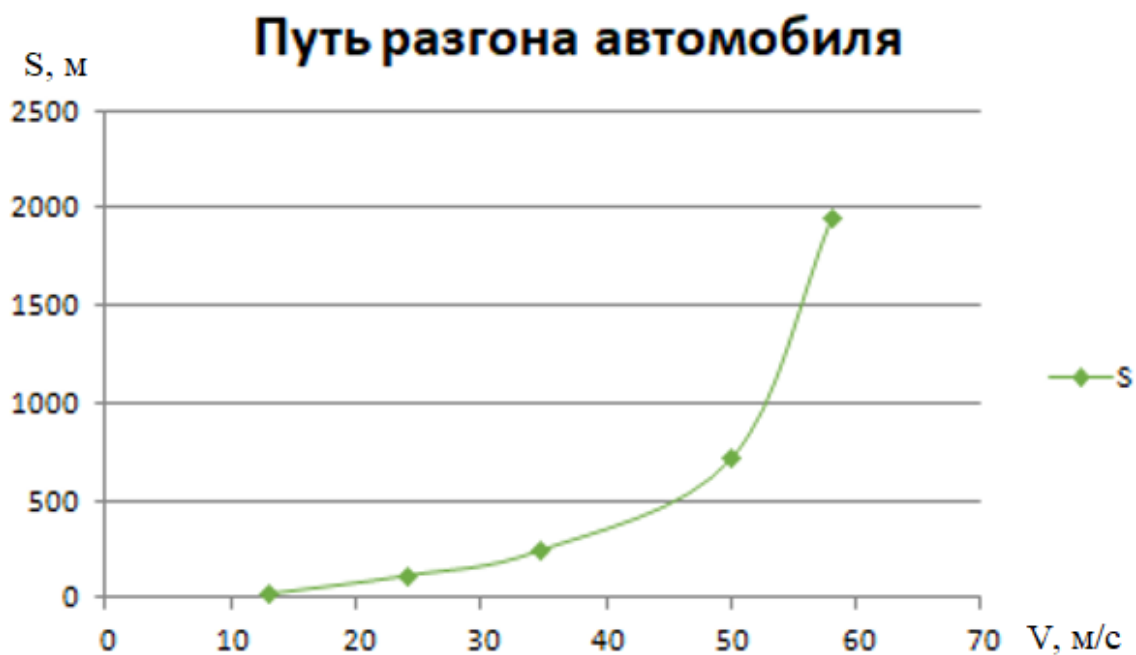


Рисунок 13 – Путь разгона автомобиля

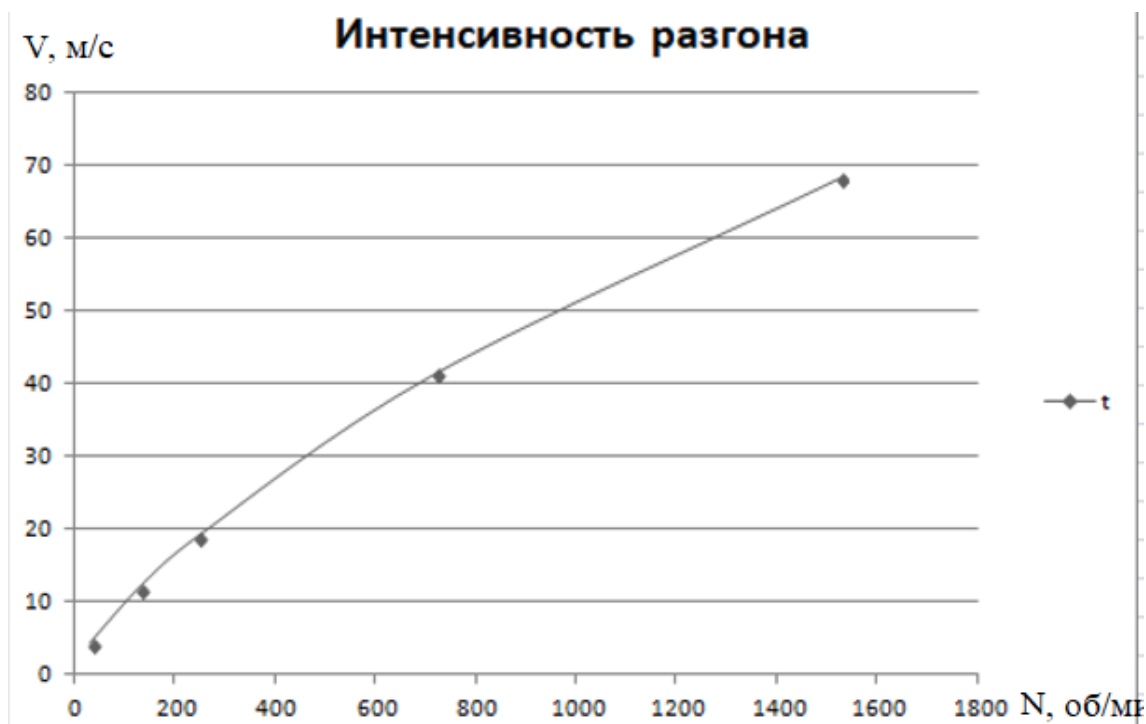


Рисунок 14 – Интенсивность разгона

Мощностной баланс автомобиля.

Находим значения N_f , N_B , N_t для высшей передачи скорость подставляется только от высшей передачи:

$$N_f = F_f * V, \quad (24)$$

$$N_T = N_e * \eta_{tr}, \quad (25)$$

$$N_B = \frac{C_x * \rho}{2} * A * V_a^3 \quad (26)$$

Сводим значения расчетов в таблицу 8

Таблица 8 – Зависимость мощностного баланса от скорости

Скорость, м/с	N_f	N_v	N_v+N_f	N_t	N_e
8	1368	170	1603.3	11799	13110
9.59	1634	289	2007	14337	15930
19.19	3268	2312	5879	30744	34160
28.785	4903	7804	13477	46737	51930
38.38	6537	18500	26668	59841	66490
52.77	8988	48090	50534	68661	76290
60	10260	71590	73200	65700	73000

На рисунке 15 и 16 приведена зависимость мощностного баланса от скорости и от разных передач соответственно.

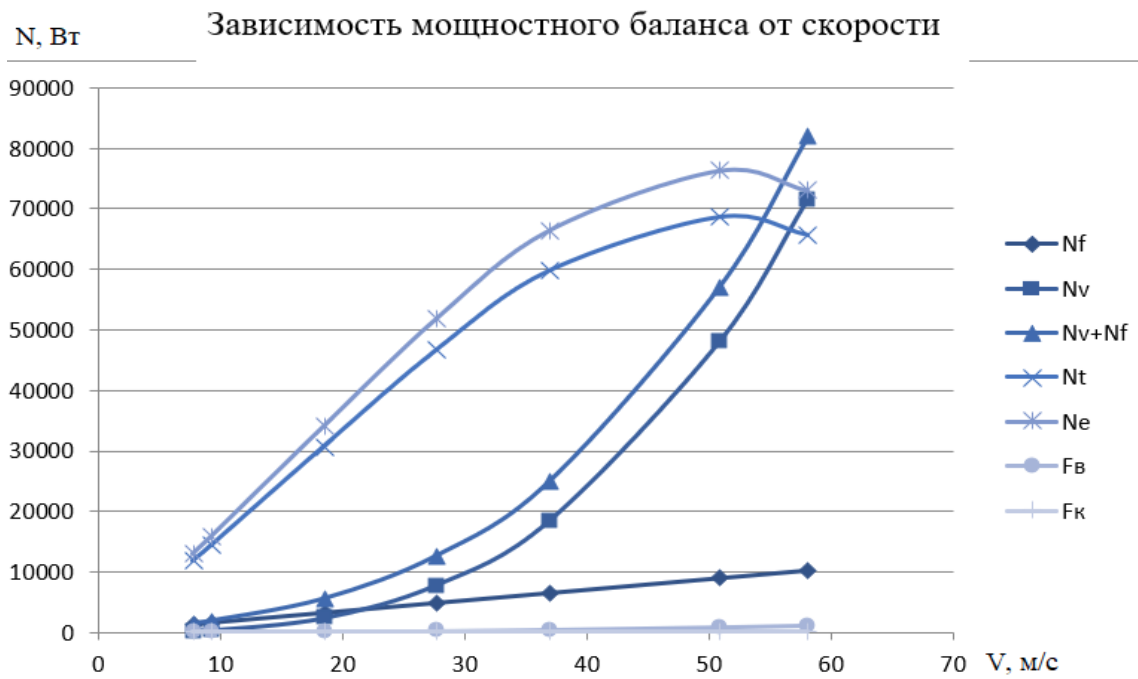


Рисунок 15 - Зависимость мощностного баланса от скорости



Рисунок 16 – Мощностной баланс автомобиля на разных передачах

Топливо-экономическая характеристика.

Расчет для соответствующих скоростей на высшей передаче производится по формуле: [17]

$$Q_s = \frac{k_e * k_{и} * (N_f + N_B) * g_{emin} * 1.1}{36000 * \rho_T * \eta_{tr}}, \quad (27)$$

$$k_e = 0.53E^2 - 0.753E + 1.227, \quad (28)$$

$$k_{и} = 1.152I^2 - 1.728I + 1.523, \quad (29)$$

$$\rho_T = 0.71, \quad (30)$$

$$E = \frac{\omega_{emin}}{\omega_n}, \quad (31)$$

$$I = \frac{N_B}{N_T} \quad (32)$$

$$G_{emin} = 290$$

Результаты представлены в таблице 9

Таблица 9 – Топливо-экономическая характеристика для скорости, м/с

Q _s , л	Скорость, м/с
4.6	7.74
4.7	9.24
6	18.47
7.8	27.7
9.9	36.95
13.7	50.818
20.8	58

На рисунке 17 представлен график зависимости расхода топлива, л от скорости, км/ч

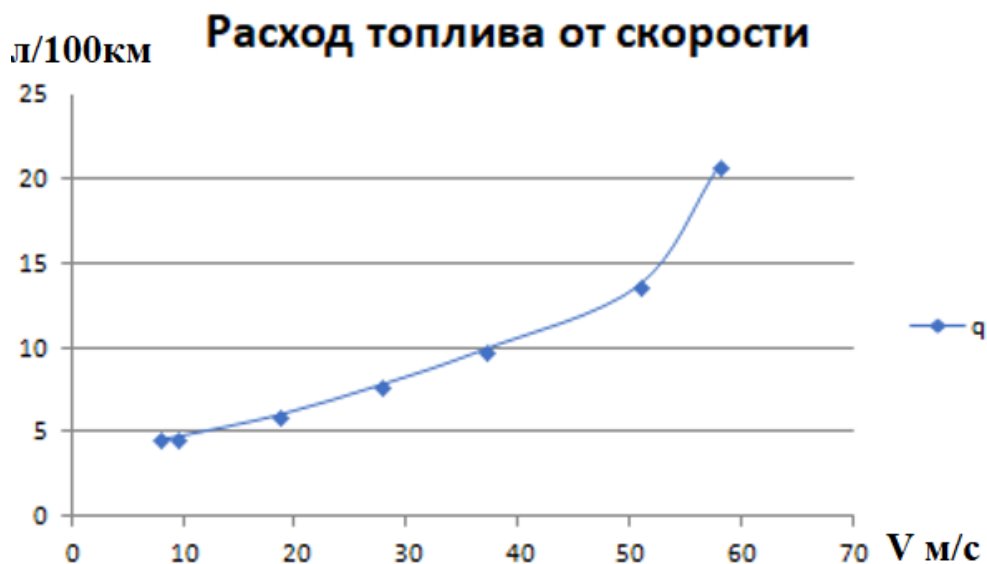


Рисунок 17 – Расход топлива от скорости

2.2 Расчет компенсирующего момента усилителя руля

«Как правило, требования автомобиля к крутящему моменту на рулевом колесе меняются в зависимости от условий движения. Когда автомобиль движется на низкой скорости или неподвижен, крутящий момент на рулевом колесе должен быть гибким и легким. При увеличении скорости автомобиля крутящий момент на рулевом колесе должен быть соответствующим образом уменьшен, чтобы автомобиль мог оставаться курсоустойчивым» [22].

Расчет компенсирующего момента усилителя руля проводится для обеспечения усилия на руле при повороте на месте. Для дальнейших расчётов понадобятся данные, которые представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Исходные данные для расчета

Параметр автомобиля	Обозначение	Значение
Масса порожнего автомобиля, кг	$m_{АП}$	1078

Продолжение таблицы 10

Развесовка автомобиля с полной загрузкой, перед/зад, %,	$\frac{\Delta_F}{\Delta_R}$	$\frac{50}{50}$
Ширина профиля шины, мм	B	195
Отношение высоты профиля шины к ширине, %	$\left(\frac{H}{B}\right)$	50
Посадочный диаметр шины в дюймах	D_S	15
Нагрузка, соответствующая индексу грузоподъемности шины при $p_W=2,5$ бар, кГс	R_{ZL}	560
Давление воздуха в передних шинах, бар	p_W	2
Коэффициент трения шин о поверхность дороги	φ	0,95
Коэффициент сопротивления качению шин	f	0,012
Размер от центра колеса до оси поворота колеса, мм	h_{CC}	50
Угол поперечного наклона оси поворота колеса, град	β	13,3
Угол продольного наклона оси поворота колеса, град	γ	3
Колея передних колес, мм	B_F	1430
Колесная база автомобиля, мм	L	2488
Радиус поворота автомобиля по следу наружного колеса, м	R_{MIN}	5,6
Передаточное число рулевого управления при максимальном угле поворота колес (силовое)	i_{PY}	12,3
Прямой КПД рулевого управления	η_{PY}	0,75
Целевое значение момента на руле при повороте на месте, Нм	M_{PK0}	6
Диаметр рулевого колеса, мм	D_{PK}	365

Результаты расчета:

- Масса автомобиля с полной загрузкой (5 человек и багаж 50 кг), кг

$$m_A = m_{АП} + 5 \cdot 75 + 50 = 1078 + 375 + 50 = 1503$$

- Масса автомобиля с полной загрузкой, приходящаяся на переднюю ось, кг

$$m_{AF} = m_A \cdot \frac{\Delta_F}{100} = 1503 \cdot 0,5 = 751,5$$

- Нагрузка на одно колесо, кГс

$$R_{ZF1} = \frac{m_{AF}}{2} = \frac{751,5}{2} = 375,75$$

- Свободный диаметр колеса с шиной в сборе, мм

$$D_0 = 2 \cdot B \cdot \frac{H}{B} \cdot 0,01 + D_S \cdot 25,4 = 2 \cdot 195 \cdot 50 \cdot 0,01 + 15 \cdot 25,4 = 576$$

- Статический радиус колеса под нагрузкой, мм

$$r_{CT} = 0,5 \cdot \left(D_0 - \frac{0,22 \cdot (D_0 - 25,4 \cdot D_S) \cdot R_{ZF1}}{(0,34 \cdot p_W + 0,15) \cdot R_{ZL}} \right) = 0,5 \cdot \left(576 - \frac{0,22 \cdot (576 - 25,4 \cdot 15) \cdot 375,75}{(0,34 \cdot 2 + 0,15) \cdot 560} \right) = 270,6$$

- Длина пятна контакта, мм

$$l_0 = \sqrt{D_0^2 - (2 \cdot r_{CT})^2} = \sqrt{576^2 - (2 \cdot 270,6)^2} = 197$$

- Момент на управляемых колесах от сил трения, Нм

$$M_{TP} = \frac{l_0 \cdot g \cdot m_{AF} \cdot \varphi}{4000 \cdot \sqrt{1 + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma}} = \frac{197 \cdot 9,81 \cdot 751,5 \cdot 0,95}{4000 \cdot \sqrt{1 + \sin^2 13,3^\circ + \sin^2 3^\circ}} = 335,8$$

- Момент на управляемых колесах от сил сопротивления качению, Нм

$$M_f = \frac{h_{CC} \cdot g \cdot m_{AF} \cdot f}{1000} = \frac{50 \cdot 9,81 \cdot 751,5 \cdot 0,012}{1000} = 4,4$$

- Максимальный угол поворота колес, град

При практическом расчете потребного для обеспечения маневренности минимального радиуса поворота автомобиля в формулу подставляют радиус поворота, уменьшенный на 0,1 м, по сравнению с заданным в технических требованиях к автомобилю:

$$\theta_{MAX} = \tan^{-1} \left(\frac{2,488}{\sqrt{29^\circ}} \right) = \tan^{-1}(5,385) = 24^\circ$$

- Момент на управляемых колесах от весового стабилизирующего момента шин, Нм

$$M_\beta = \frac{h_{CC} \cdot g \cdot m_{AF} \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta_{MAX} \cdot \cos \gamma}{1000} = \frac{50 \cdot 9,81 \cdot 751,5 \cdot \sin 13,3^\circ \cdot \sin 24^\circ \cdot \cos 6^\circ}{1000} = 34,2$$

- Момент на рулевом валу для поворота руля на неподвижном автомобиле, Нм

$$M_{PK} = \frac{M_{TP} + M_f + M_\beta}{\eta_{PY} \cdot i_{PY}} = \frac{335,8 + 4,4 + 34,2}{0,75 \cdot 12,3} = 40,6$$

- Компенсирующий момент усилителя руля, Нм

$$M_{YC} = M_{PK} - M_{PK0} = 40,6 - 6 = 34,6$$

- Усилие на руле при повороте на месте при отказе усилителя руля, кгс

$$P_{PK} = \frac{2000 \cdot M_{PK}}{g \cdot D_{PK}} = \frac{2000 \cdot 40,6}{9,81 \cdot 365} = 22,7$$

- Усилие на руле при повороте на месте при работающем усилителе руля, кгс

$$P_{PK0} = \frac{2000 \cdot M_{PK0}}{g \cdot D_{PK}} = \frac{2000 \cdot 6}{9,81 \cdot 365} = 3,3$$

2.3 Расчет зацепления

Безусловно, LadaGranta является удобным и комфортным в управлении, но при внесённых изменениях в соединение шестерня-рейка, путём увеличения количества зубьев шестерни, за один оборот рулевого колеса рейка будет проходить большее расстояние. Такое изменение предаст автомобилю большую отзывчивость и быстроту реагирования. Управление станет более спортивным и резким, что скажется на удобстве для водителя.

2.3.1 Проверка штатного зацепления

«В качестве исходных данных для проверки существования зацепления "шестерня-рейка" с переменным шагом требуются.

Подготовленные данные для расчёта:

- Угол между плоскостью, δ ;
- Угол картера рулевого механизма перпендикулярной к оси рейки и осью вала-шестерни;
- Межосевое расстояние a , мм;
- Диаметр рейки d_z , мм;
- Ход рейки l_r , мм;
- Коэффициент высоты головки зуба инструмента для изготовления шестерни h_{aP01} - фактически, он определяет высоту ножки зуба шестерни;
- Коэффициент высоты головки зуба инструмента для изготовления рейки h_{aP02} - фактически, он определяет высоту ножки зуба рейки;
- Коэффициент радиального зазора зуба шестерни $C1$ – вместе с коэффициентом h_{aP02} он определяет высоту головки зуба шестерни;
- Коэффициент радиального зазора зуба рейки $C2$ – вместе с коэффициентом h_{aP01} он определяет высоту головки зуба рейки;
- Угол наклона зуба шестерни β_{1-20} при угле исходного контура 20.

Для проведения расчётов необходимо провести подготовку данных. Проводимые расчеты для зубчатого зацепления рассчитываются согласно учебному пособию В.Н. Лата «Расчет геометрии зацепления «шестерня-рейка» рулевого механизма автомобиля» [5].

«Определяется угол наклона зуба шестерни для максимального угла профиля зуба рейки α_{max} и максимальное передаточное число рулевого механизма»[5].

$$\beta_{1max} = \arcsin\left(\frac{\sin\beta_{1-20^\circ} * \cos 20^\circ}{\cos\alpha_{max}}\right), \quad (33)$$

$$H_{max} = \frac{\pi * m_{n-20} * z_1 * \cos 20^\circ}{\cos\beta_{1max} * \cos\alpha_{max}} \quad (34)$$

« H_{max} = Угол наклона зуба шестерни = 26°0'0"»

Определяется минимальный коэффициент смещения исходного контура шестерни X_{n1-min} . Вычисляется, исходя из обеспечения максимального профильного перекрытия в зацеплении:»[5].

$$\begin{cases} x_{n1-min}^{(1)} = h_{aP01} - \frac{\left[1 - \frac{1}{1+(tg20^\circ/\cos\beta_{1-20^\circ})^2}\right] * z_1}{2 * \cos\beta_{1-20^\circ}} - C_2 \\ x_{n1-min}^{(2)} = h_{aP01} - 0.2 * (1 - \sin 20^\circ) - \frac{\sin^2 a_{wt} * z_1}{2 * \cos\beta_{1-20^\circ}} \end{cases} \quad (35)$$

«Коэффициент смещения исходного контура минимальный X_{min} определяется из условия максимального профильного перекрытия.[5]

$$X_{min} = 0.491411$$

$$a_{wt} = \arctg \frac{tg 20^\circ}{\cos\beta_{1-20^\circ}} \quad (36)$$

где a_{wt} - угол зацепления в торцовом сечении на начальной окружности» [5]. Торцовый угол $\alpha_{WT} = 22^\circ 2' 44''$

«Определяется максимальный коэффициент смещения исходного контура шестерни X_{n1-max} .

Максимальный коэффициент смещения исходного контура шестерни x_{n1-max} вычисляется, исходя из обеспечения отсутствия заострения зубьев шестерни. По условию прочности, толщина головки зуба шестерни должна быть не менее $0,4 * m_{n-20}$. Кроме того, при использовании технологии холодной штамповки рейки важно не допустить излишнего заострения зубцов штампа; радиус выкружки ножки зуба рейки ρ_{min} должен быть не менее 0,65 мм»[5].

«Вычисление производится итерациями. Для определения толщины зуба шестерни требуется вычислить ряд параметров:

Диаметр основной окружности шестерни, мм

$$d_{b1} = \frac{m_{n-20^\circ} * z_1}{\sqrt{tg^2 20^\circ + \cos \beta_{1-20^\circ}}} \quad (37)$$

$$d_{b1} = 16.500060$$

Диаметр начальной окружности шестерни, мм

$$d_{01} = \frac{z_1 * m_{n-20^\circ}}{\cos \beta_{1-20^\circ}} \quad (38)$$

$$d_{01} = 17.801630$$

Параметры зубьев шестерни

Задаемся коэффициентом смещения исходного контура x_{n1-max} и вычисляем в цикле (итерациями) параметры зубьев шестерни: [5]

Толщина зуба на основной окружности в торцовом сечении:

$$S_{bt1} = \frac{m_{n-20^\circ} * \cos \alpha_{wt} * (2 * x_{n1-max} * tg 20^\circ + 0.5 * \pi)}{\cos \beta_{1-20^\circ}} + d_{b1} * inv \alpha_{wt} \quad (39)$$

Толщина зуба на основной окружности в торцовом сечении $S_{bt} = 4.323513$.

Диаметр вершин зубьев шестерни:

$$d_{a1} = 2 * m_{n-20^\circ} * (h_{aP02} - C_1 + x_{n1-max}) + d_{01} \quad (40)$$

Диаметр головки зуба шестерни при $X_{max}d_{a1} = 25.553520$

«Угол наклона зуба на диаметре головки зуба шестерни:» [5].

$$\beta_{a1} = \arctan \frac{tg\beta_b * d_{a1}}{d_{b1}} \quad (41)$$

Угол наклона зуба на основной окружности $\beta = 24^\circ 19' 35''$

Угол зацепления в торцовом сечении на окружности головки зуба шестерни:

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} \quad (42)$$

α_{ta} при принятом коэффициенте смещения X_1 , $\alpha_{ta} = 40^\circ 11' 48''$

Толщина головки зуба шестерни в нормальном сечении:

$$S_{an1} = \left(\frac{S_{b1}}{d_{b1}} - inv\alpha_{ta} \right) * d_{a1} * \cos\beta_a \quad (43)$$

Толщина головки зуба шестерни $S_{an1} = 2.205288$

Определяется диаметр впадин зубьев шестерни d_{f1}

$$d_{f1} = (2 * x_{n1} * \cos\beta_{1-20^\circ} + z_1) * \frac{m_{n-20^\circ}}{\cos\beta_{1-20^\circ}} - 2 * h_{aP01} * m_{n-20^\circ} \quad (44)$$

Диаметр окружности ножки зуба шестерни $d_{f1} = 14.80$ » [5].

2.3.2 Расчёт параметров шестерни рулевого механизма

«Ряд параметров шестерни уже был определен на стадии предварительного расчета, и может быть взят в качестве исходных данных непосредственно оттуда» [5].

Модуль нормальный	$M_1=2.0000$
Число зубьев	$Z_1= 8.0000$
Угол исходного контура	$\alpha_0= 20^{\circ}0'0''$
Угол наклона картера	$DELTA= 0^{\circ}0'0''$
Ход рейки	$H= 151.00$
Число оборотов шестерни	$N= 2.7000$
Коэффициент головки зубаинструмента шестерни	$H_{AP01}= 1.2500$
Коэффициент головки зубаинструмента рейки	$H_{AP02}= 0.5750$
Коэффициент радиального зазорашестерни	$C_1= 0.1250$
Коэффициент радиального зазорарейки	$C_2=0.2500$
Диаметр рейки	$DZ= 26.0000$
Межосевое расстояние	$A= 14.5000$
Угол профиля линии притупления	$\alpha_F= 35^{\circ}0'0''$
Коэффициент высоты головки зуба шестерни	

$$h_{a1} = h_{aP02} - C_1 \quad (45)$$

«Коэффициент высоты головки зуба шестерни $h_{a1}= 0.4500$

Угол зацепления в торцовом сечении (торцовый угол)»[5].

$$a_{wt} = \arctg(tg20^{\circ}/\cos\beta_1) \quad (46)$$

«Торцовый угол $\alpha_{WT}= 22^{\circ}2'44''$

Диаметр окружности головки зуба шестерни d_{a1} при выбранном x_{n1} »[5].

$$d_{a1} = d_{01} + 2 * m_n * (h_{a1} + x_{n1}) \quad (47)$$

«Диаметр головки зуба шестерни при $X_{\max}d_{a1} = 25.553520$

Диаметр активной окружности ножки зуба шестерни d_{Nf1} определяется в зависимости от коэффициента B :»[5].

$$B = 0.5 * d_{01} * \sin\alpha_{wt} - \frac{m_n}{\sin\alpha_{wt}} * (h_{aP01} - x_{n1} - C_2), \quad (48)$$

$$d_{Nf1} = 2 * \sqrt{B^2 + (0.5 * d_{b1})^2} \text{ при } B > 0, \quad (49)$$

$$d_{Nf1} = d_{b1} \text{ при } B < 0 \quad (50)$$

«Диаметр активной окружности ножки зуба $d_{Nf1} = 16.56$

Высота зуба шестерни»[5].

$$h_1 = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{2} \quad (51)$$

«Высота зуба шестерни $h_1 = 3.40$

Угол α_{ta} при принятом коэффициенте смещения исходного контура x_{n1} :»[5].

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} \quad (52)$$

« α_{TA} при принятом коэффициенте смещения $X_1\alpha_{ta} = 40^\circ 11' 48''$

Торцовый модуль»[5].

$$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta_1} \quad (53)$$

«Модуль торцовый $m_t = 2.225204$

Радиальный зазор шестерни»[5].

$$C_1 = m_n * C_1^* \quad (54)$$

«Радиальный зазор шестерни $C_1=0.2500$

Шаг на основной окружности»[5].

$$P_b = \pi * m_n * \cos 20^\circ \quad (55)$$

«Основной шаг $P_b= 5.904263$

Коэффициент смещения исходного контура в торцовом сечении»[5].

$$x_{t1} = x_{n1} * \cos \beta_1 \quad (56)$$

«Коэффициент смещения исходного контура в торцовом сечении $X_t=$
 0.449397 »

Толщина зуба на основной окружности в торцовом сечении»[5].

$$S_{bt1} = (2 * x_{n1} * \operatorname{tg} 20^\circ + 0.5 * \pi) * m_{t1} * \cos \alpha_{wt} + d_{b1} * \operatorname{inv} \alpha_{wt} \quad (57)$$

«Коэффициент смещения исходного контура в торцовом сечении $X_t=$
 0.449397 »

Угол наклона зуба шестерни на окружности головки зуба» [5].

$$\beta_{a1} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \beta_b * d_{a1}}{d_{b1}} \quad (58)$$

«Угол наклона зуба на основной окружности $\beta_b= 24^\circ 19' 35''$ »

Толщина головки зуба шестерни в нормальном сечении»[5].

$$S_{an1} = \left(\frac{S_{bt1}}{d_{b1}} - \operatorname{inv} \alpha_{ta} \right) d_{a1} \cos \beta_{a1} \quad (59)$$

«Толщина головки зуба шестерни $S_{an1} = 2.205288$

Толщина зуба шестерни на начальной окружности в нормальном сечении»[5].

$$S_{n01} = (0.5 * \pi + 2 * x_{n1} * tg20^\circ) * m_n \quad (60)$$

«Толщина зуба шестерни на деления окружности $S_{n01} = 3.869533$

Толщина зуба шестерни на начальной окружности в торцовом сечении»[5].

$$S_{t01} = \frac{S_{n01}}{\cos\beta_1} \quad (61)$$

«Измеряемое число зубьев шестерни при измерении общей нормали. Полученное значение числа зубьев округляется в меньшую сторону»[5].

$$z' = \frac{\sqrt{0.25 * (d_{Nf1} + d_{a1})^2 - d_{b1}^2 - S_{bt1} \cos^2 \beta_{b1}}}{P_b \cos \beta_{b1}} + 1 \quad (62)$$

«Измеряемое число зубьев $z' = 2.0000$

Длина общей нормали»[5].

$$W = (z' - 1) * P_b + S_{bt1} * \cos\beta_{b1} \quad (63)$$

«Длина общей нормали $W = 9.844$

Минимальная активная ширина шестерни»[5].

$$b_{N1} = \frac{2 * \sqrt{(0.5 * d_z)^2 - [a - 0.5 * d_{a1} \cos(\alpha_{ta} - \alpha_{wt})]^2}}{\cos\delta} + d_{a1} * \sin(\alpha_{ta} - \alpha_{wt}) * |tg\delta| \quad (64)$$

«Минимальная активная ширина шестерни для d_z , $\alpha=20^\circ$, $b_{N1}=24.580550$ » [5]

2.3.3 Расчёт параметров рейки рулевого механизма

«Расчет параметров рейки рулевого механизма ведется отдельно для середины зубчатой части, в зоне прямолинейного движения автомобиля, и по краям зубчатой части, в крайних положениях шестерни. Формулы используются одни и те же, однако исходные данные для расчета отличаются. В зависимости от наличия или отсутствия усилителя в рулевом управлении параметры зацепления по длине рейки определяются согласно диаграмме на стадии проектирования. Для упрощения расчётов взяты готовые значения для исходных точек диаграммы:»[5].

Начало диаграммы	$Q_x=0.68$
Длина диаграммы	$Q=6.29$
Длина диаграммы для D_{NA1}	$Q_{NA}=5.74$

«Уточненное передаточное число рулевого механизма, мм/об»[5].

$$H_{min} = \frac{z_1 * \pi * m_{n-20^\circ} * \cos 20^\circ}{\cos \alpha_{min} * \cos(\delta - \beta_{1min})} \quad (65)$$

«Передаточное число для $\alpha=20^\circ$, $H=55.9255$.

Модуль зуба шестерни для угла зацепления α_{min} , мм»[5].

$$m_{n-min} = m_{n-20^\circ} * \frac{\cos 20^\circ}{\cos \alpha_{min}} \quad (66)$$

«Модуль=2

Делительный диаметр шестерни для угла зацепления α_{min} , мм»[5].

$$d_{01min} = \frac{m_{n-min} * z_1}{\cos \beta_{1min}} \quad (67)$$

«Диаметр начальной окружности $d_{01}= 17.801630$

Торцовый модуль шестерни для угла зацепления α_{min} , мм»[5].

$$m_{tmin} = \frac{m_{n-min}}{\cos\beta_{1min}} \quad (68)$$

«Модуль торцовый $m_t= 2.225204$

Коэффициент смещения исходного контура шестерни для угла зацепления α_{min} , мм»[5].

$$x_{n1min} = \frac{\frac{S_{bt1} - inv\alpha_{wt-min} * d_{b1}}{m_{t-min} * \cos\alpha_{wt-min}} - 0.5 * \pi}{2 * \tan\alpha_{min}} \quad (69)$$

«Размер от оси рейки до делительной линии, мм»[5].

$$r_{02min} = a - 0.5 * d_{01min} - m_{n-min} * x_{n1-min} - \Delta h \quad (70)$$

«Размер от оси рейки до средней линии зуба $r_2= 4.599$

Размер от оси рейки до линии головки зуба рейки, мм»[5].

$$r_{a2} = a - 0.5 * d_{01-20^\circ} - m_{n-20^\circ} * (x_{n1-20^\circ} - h_{aP01-20^\circ} + C_{2-20^\circ}) + 0.1 \quad (71)$$

«Размер от оси рейки до активной линии головки зуба $r_{NA2}= 6.599$

Размер от оси рейки до обработанной линии ножки зуба, мм»[5].

$$\text{Из } inv\alpha_{MI} = \frac{S_{bt1} * \cos\beta_b - 2S_{an1}}{d_{b1} * \cos\beta_b} \text{ узнаем } \alpha_{MI}, \quad (72)$$

$$r_i = \frac{d_{b1}}{2 * \cos\alpha_{MI}}, \quad (73)$$

$$d_{aNi} = \sqrt{(d_{b1} * \tan\alpha_{MI} + 2 * S_{an1} * \cos\beta_b)^2 + d_{b1}^2}, \quad (74)$$

$$d_{Ri} = 2 * S_{an1} - d_{a1} + d_{aNi}, \quad (75)$$

$$r_{f2s} = a - r_i - 0.5 * d_{Ri}, \quad (76)$$

$$r_{f2s-min} = r_{f2s} - \Delta h \quad (77)$$

«Размер от оси рейки до активной линии ножки зуба $r_{NF2}=4.237$
Коэффициент высоты головки зуба инструмента рейки»[5].

$$h_{aP02min} = \frac{r_{02min} - r_{f2s-min}}{m_{n-min}} \quad (78)$$

«Коэффициент головки зуба рейки $h_{a2}=1.0000$
Коэффициент радиального зазора шестерни»[5].

$$C_{1min} = \left(C_1 + \frac{a - 0.5d_{01-20^\circ} - m_{n-20^\circ} * (x_{n1-20^\circ} + h_{aP02-20^\circ}) - r_{f2s-min}}{m_{n-20^\circ}} \right) * \frac{m_{n-20^\circ}}{m_{n-min}} \quad (79)$$

«Коэффициент радиального зазора шестерни $C_1=0.1250$
Коэффициент радиального зазора рейки»[5].

$$C_{2min} = C_2 * \frac{m_{n-20^\circ}}{m_{n-min}} + \Delta h \quad (80)$$

«Коэффициент радиального зазора рейки $C_2=0.2500$
Коэффициент высоты головки зуба инструмента шестерни»[5].

$$h_{aP01min} = \frac{r_{a2} - r_{02min} - 0.1}{m_{n1min}} + C_{2min} \quad (81)$$

«Коэффициент высоты головки зубашестерни $h_{a1}= 0.4500$
Диаметр активной окружности ножки зуба шестерни, мм»[5].

$$A = 0.5 * d_{01min} * \sin\alpha_{wt-min} - m_{n-min} * \frac{h_{aP01min} - x_{n1min} - C_{2min}}{\sin\alpha_{wt-min}}, \quad (82)$$

$$\text{При } A > 0 \quad d_{Nf1min} = 2 * \sqrt{A^2 + 0.25 * d_{b1}^2}$$

$$\text{При } A < 0 \quad d_{Nf1min} = d_{b1}$$

«Диаметр активной окружности ножки зуба $d_{Nf1} = 16.56$

Угол наклона зуба рейки»[5].

$$\beta_{2min} = \delta - \beta_{1min} \quad (83)$$

«Угол наклона зуба рейки $\beta_{02} = -26^{\circ}0'0''$

Размер от оси рейки до активной линии ножки зуба рейки, мм»[5].

$$r_{Nf2min} = a - 0.5 * d_{a1} * \cos(\alpha_{ta} - \alpha_{wt-min}) - \Delta h \quad (84)$$

«Размер от оси рейки до линии ножки зуба рейки $r_{Nf2} = 3.449$

Диаметр измерительного ролика, мм»[5].

$$d_{ИЗМmin}^{(1)} = \frac{2 * (0.25 * \pi * m_{n-min} - (r_{02min} - r_{Nf2min}) * \tan\alpha_{min})}{\cos\alpha_{min}}, \quad (85)$$

$$d_{ИЗМmin}^{(2)} = \frac{2 * (0.25 * \pi * m_{n-min} - (r_{Na2min} - r_{02min}) * \tan\alpha_{min})}{\cos\alpha_{min}}, \quad (86)$$

«Минимальный диаметр измерительного ролика $d_{ИЗМmin} = 3.06$

Максимальный диаметр измерительного ролика $d_{ИЗМmax} = 4.89$

Принятый диаметр измерительного ролика $d_{ИЗМ} = 4.00$

Размер по ролику от средней линии рейки, мм»[5].

$$pp_{min} = r_{02min} + 0.5 * d_{ИЗМmin} + \frac{0.5 * d_{ИЗМmin}}{\sin\alpha_{min}} - \frac{\pi * m_{n-min}}{4 * \tan\alpha_{min}} \quad (87)$$

Размер по ролику от головки зуба рейки, мм

$$pp_{a-min} = pp_{min} - r_{a2} \quad (88)$$

Размер по ролику от ножки зуба рейки, мм

$$pp_{f-min} = pp_{min} - r_{f2s} + \Delta h \quad (89)$$

«Измеряемый размер от края рейки $pp = 21.131$

Измеряемый размер от оси рейки $mp = 8.131$

Измеряемый размер до головки зуба $pp_a = 1.432$

Измеряемый размер до ножки зуба $pp_f = 4.682$

Высота зуба рейки, мм»[5].

$$h_{2min} = r_{a2} - r_{f2} \quad (90)$$

«Высота зуба рейки $h_2 = 3.25$

Толщина зуба рейки у ножки, мм»[5].

$$S_{nf2min} = 2 * (r_{o2min} - r_{fs2} + \Delta h) * \tan \alpha_{min} + 0.5 * \pi * m_{n-min} \quad (91)$$

«Толщина зуба рейки у ножки $S_{nf2} = 3.979$

Ширина впадины у ножки, мм»[5].

$$S_{Lf2min} = m_{n-min} * \pi - S_{nf2min} \quad (92)$$

«Ширина впадины у ножки $S_{Lf2} = 2.304$

Толщина головки зуба рейки, мм»[5].

$$S_{an2min} = 0.5 * \pi * m_{n-min} - 2 * (r_{a2} - r_{o2min}) * tg\alpha_{min} \quad (93)$$

«Толщина головки зуба рейки $S_{an2} = 1.613$

Общий угол поворота шестерни (от упора до упора)»[5].

$$\omega_G = 2 * (\omega_{in} + \omega_0 + \omega_{out}) \quad (94)$$

«Угол поворота шестерни = 972

Число оборотов рулевого колеса

$$n = \frac{\omega_G}{360} \quad (95)$$

Ход рейки = 125,5 (от упора до упора)

Число оборотов рулевого колеса = 2,24

Передаточное число рулевого механизма 55,92мм/об» [5].

В данном разделе были проведены расчёты: тяговый, топливной экономичности, расчёт усилия на руле при повороте на месте. Проведён полный перерасчёт значений зубчатого зацепления в узловом соединении типа шестерня-рейка. По результатам расчёта было изменено передаточное число рулевого механизма, которое равно 55,92 мм/об для нового узла. Уменьшен ход рейки рулевого механизма, значение изменилось для обеспечения должного радиуса поворота управляемых колёс внутри колёсной арки. Увеличено количество зубьев шестерни, новое значение соответствует 8 зубьям, вместо 7 на базовой модели автомобиля. Так же изменилось и количество оборотов рулевого колеса, оно уменьшилось с 2,7 до 2,24.

3 Технологический процесс сборки рулевого механизма

Технологический процесс сборки рулевого механизма с описанием пошаговых операций в производстве представлен в таблице 11.

Таблица 11– Общая сборка рулевого механизма

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет
Общая сборка механизма рулевого с тягами в сборе					
1	Подготовительная (распаковка)	1	Распаковать сепаратор с роликами в сборе 2110-3401116.	Стол рабочий Гравитационный рольганг	1,2
		2	«Распаковать упор рейки рулевого механизма 2110-3401071» [13].		
3		«Распаковать гайку упора рейки рулевого механизма 2110-3401057» [13].			
4		Распаковать опору тяг рулевой трапеции "О"			
5		Уложить комплектующие в тару, передать на сборку по принадлежности			
2	Сборочная	6	«Взять картер рулевого механизма в сборе "К" с палеты гравитационного рольганга» [13].	Сборочный стенд с двуручным управлением. Приспособление для смазки шестерни рулевого механизма. Дозатор смазки. Насос подачи смазки. Смазка Renolit JP 1619 TTM 1.97.0800. Общее	0,88 1дет. за цикл
		7	«Установить картер рулевого механизма в сборе "К" в приспособление стенда» [13].		
		8	Пустую палету переложить на рольганг обратного хода		
		9	«Установить шестерню в сборе "Ш" и рейку рулевого механизма "Р" в устройства смазки» [13].		
		10	«Автоматически, одновременно зажать картер, нанести смазку* на зубчатую часть шестерни, до появления смазки на торце "В" подшипника, нанести смазку* на зубчатую, и цилиндрическую части рейки.» [13].		

Продолжение таблицы 11

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет		
3	Сборочная 1 фаза	11	«Установить в картер смазанную рейку, с помощью технологической оправки смазанную шестерню, ориентированную согласно эскизу» [13].	количество смазки 20,5...27г.			
		12	«Автоматически запрессовать до упора шестерню в картер»				
		13	«Ориентировать шестерню по пазу, с помощью технологической оправки ввести рейку в зацепление с шестерней» [13].				
		14	Установить рейку на «приспособление для смазки рейки», закрепить в левом и правом ложементе Нанести смазку				
		15	«Установить рейку в среднее положение обеспечивая размер "Ц" и положение паза» [13].				
		16	«Автоматически разжать рулевой механизм»				
		17	«Снять с приспособления собранный узел, передать на операцию 40» [13].				
		18	Взять механизм рулевой в сборе с оп.30, установить в картер рулевого механизма, предварительно смазанное *1 уплотнительное кольцо 2110-3401302				
		19	«Установить на шестерню сепаратор с роликами в сборе 2110-3401116» [13].			Приспособление базирующее	0,96 2 1дет
		20	«Установить механизм рулевой в сборе в приспособление станда» [13].			Сборочный стенд Электрогайковерт «BOSC H»	
21	«Установить на шестерню технологическую оправку» [13].	Головка S=6 мм					

Продолжение таблицы 11

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет
4	сборочная	22	«Установить на картер ориентированно крышку картера 2110-3401044 и наживить два болта 2110-3401018, предварительно подсобрав их с шайбами 2110-3401304» [13].	Смазка Renolit JP 1619 ТТМ 1.97.0800 в количестве 0,5...1,0 г. Стол сборочный Ёмкость для смазывания Масло ИГП-30 ТУ	0,107 1 дет
		23	«Снять с шестерни технологическую оправку» [13].		
		24	«Автоматически зажать механизм рулевой, завернуть два болта 2110-3401018 и нанести смазку *2 на поверхность "Е"» [13].		
		25	«Установить на упор рейки рулевого механизма 2110-3401071, предварительно смазанное *, уплотнительное кольцо 2110-3401026» [13].		
		26	Установить на упор вкладыш упора 2110-3401070-03 и вручную поджать вкладыш к упору		
Сборочная линия KRAUSE					
		27	Взять механизм рулевой в сборе с оп.40, установить в картер рулевого механизма, упор рейки в сборе с оп.50	Сборочный стенд с двуручным управлением Узел ориентации рейки Узел зажима Ёмкость для смазки Масло ИГП-30 ТУ	0,811 1 дет
		28	Установить механизм рулевой в сборе в приспособление стенда		
		29	«Установить в картер рулевого механизма предварительно смазанное *1 уплотнительное кольцо 2110-3401075» [13].		
		30	«Установить на упор пружину 2110-3401053 или 2110-3401053-01 и наживить гайку упора 2110-3401057» [13].		

Продолжение таблицы 11

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет
	Сборочная линия	31	«Автоматически зажать механизм рулевой, установить рейку в среднее положение, обеспечивая размер "Ж", завернуть гайку упора 2110-3401057 и раскернить *2 гайку в трех точках» [13].	Устройство запрессовки Ложемент Ключ предельный Головка ключа Набор клейм Молоток	1,18 1 дет
		32	«Снять с приспособления собранный узел и установить его на спутник межоперационного транспорта 615.706.33» [13].		
		33	«Установить стопорную пластину 2110-3401089 в ложемент запрессовочного устройства» [13].		
		34	«Автоматически позиционировать спутник, подвести опоры под механизм рулевой в сборе оп. 150 и запрессовать стопорную пластину на головки болтов до упора. Отвести опоры»		
		35	«Контролировать визуально комплектность сборки и нанести личное клеймо исполнителя» [13].		
		36	«Повернуть установочное приспособление в положение 1» [13].		
		37	«Разжать узел и уложить механизм рулевой на гравитационный рольганг» [13].		
		38	«Взять механизм рулевой в сборе с оп. 60 со спутника межоперационного транспорта, установить его в установочное приспособление спутника автоматической линии и зажать» [13].		
		39	«Повернуть установочное приспособление в положение 2» [13].		

Продолжение таблицы 11

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет
7	Сборочная линия	40	«Установить на рейку ориентированно, согласно эскизу, упор технологическийцентрирующий и завернуть два болта технологических» [13].	Узел поджима, измерения, вращения Головка шлицевая, Электрогайковерт Датчик момента ф."BOSCH"	0,56 1 дет
		41	«Повернуть механизм рулевой в положение 1» [13].		
		42	«Переместить рейку по всему диапазону хода 4 раза посредством вращения шестерни» [13].		
		43	«Переместить рейку по всему диапазону хода 4 раза посредством вращения шестерни» [13].		
		44	Установить рейку в среднее положение обеспечивая разность размеров "А" и "В" не более 0,2 мм		
		45	Установить скорость вращения шестерни - 60 об/мин,		
		46	Установить момент вращения шестерни 20 Н·м (2,0 кгс·м) тах		
		47	«Заблокировать рейку в среднем положении» [13].		
		48	«Контролировать момент отворачивания* гайки упора 2110-3401057» [13].		
		49	«Отвернуть гайку упора 2110-3401057 на угол 60 , что соответствует 5 делениям на торце гайки, а затем затянуть на угол 12 , что соответствует 1 делению на торце гайки» [13].		
50	«При заблокированной рейке в среднем положении приложить к шестерне крутящий момент+-15 Н·м (1,5 кгс·м) и определить фактическую величину зазора "Т"»[13].				

Продолжение таблицы 11

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет
		51	«При необходимости провести корректировку и повторный контроль зазора "Т» [13].		
		52	«Контролировать момент отворачивания** гайки упора 2110-3401057» [13].		
Автоматическая линия сборки					
8		53	Повернуть рулевой механизм в положение 2	Пневмогайковерт ф. «COOPER» Гайковерт двухшпиндельный Клещи для монтажа чехла Палец центрирующий Устройство для зажима и отрезки хомутов	0,2 1 дет
		54	«Отвернуть два болта технологических крепления упора технологического» [13].		
		55	«Снять с механизма рулевого упор технологический и установить его в ложемент спутника» [13].		
		56	«Установить на рейку рулевого механизма опору тяг рулевой трапеции "О" со скобой 2110-3401286 с операции 10» [13].		
		57	«Опустить опору поддерживающую трубу картера» [13].		
		58	«Установить на трубу картера рулевого механизма технологическую оправку. Установить на трубу картера чехол защитный 2110-3401224. Снять технологическую оправку» [13].		
		59	«Установить на чехол два хомута 2108-3401228, произвести их затяжку и отрезку свободного конца» [13].		
		60	«Поднять опору поддерживающую трубу картера» [13].		
		61	«Выставить опору тяг с помощью пальца центрирующего» [13].		

Продолжение таблицы 11

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет
9	Сборочная линия	62	При монтаже чехла оправку технологическую смазать смазкой Renolit JP 1619 TTM 1.97.0800	Устройство зажима картера Каретка монтажа тяг Губка зажима тяг Ложемент центральный	1,18 1 дет
		63	«Установить в ложементы приспособления установочного пластину соединительную 2110-3401269, тяги рулевой трапеции правую 1118-3414052-10 или 1118-3414052-11 и левую 1118-3414053-10 или 1118-3414053-11, вторую соединительную пластину 2110-3401269 и два болта 2110-3401066-10.» [13].		
		64 «Закреть защитное ограждение»[13].			
10	Сборочная линия	65	«Автоматически взять из ложементов приспособления установочный пакет, установить его на рулевой механизм и завернуть тарировано два болта крепления тяг рулевой трапеции 2110-3401066-10» [13].	Наконечник смазки Емкость для смазывания Пуансон для монтажа	1,19 1 дет
		66	Установить механизм рулевой с тягами в сборе с оп. 160 или 180 в приспособление стенда		
		67	Автоматически зажать механизм рулевой		
		68	Установить колпак защитный левый 11183-3401223 на картер рулевого механизма		
		69	Установить колпак защитный правый 2110-3401225 или 2110-3401225-01 на трубу картера рулевого механизма. Установить два хомута чехла рулевого механизма 2108-3401228 на колпаки. Зажать хомуты и отрезать их свободные концы		

Продолжение таблицы 11

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, Тмин Колво дет
		70	Установить вручную, предварительно смазанную**, заглушку 2110-3401276 в гайку упора рейки рулевого механизма. Автоматически разжать механизм рулевой		
		80	Снять собранный узел и уложить в контейнер согласно альбома операций упаковки (укладки) деталей ПШ №03 01204 00281		

Определение трудоемкости сборки.

Общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{\text{оп}}^{\text{общ}} = \sum t_{\text{оп}} = 8,27 \text{ мин.}$$

Суммарная трудоемкость сборки изделия определяется по формуле:

$$t_{\text{шт}}^{\text{общ}} = t_{\text{оп}}^{\text{общ}} + t_{\text{оп}}^{\text{общ}} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right) \quad (96)$$

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

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах 4-6%, принимаем $\beta = 5\%$

Отсюда:

$$t_{\text{шт}}^{\text{общ}} = 8,27 + 8,27 \cdot \left(\frac{3 + 5}{100} \right) = 8,93 \text{ мин.}$$

ГОСТ 3.1109-82 данный стандарт устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области технологических процессов изготовления и ремонта изделий машиностроения и приборостроения.

Термины и понятия, которые установлены этим стандартом, обязательны к применению во всех документах научно-технического и учебного характера. Так же технологические процессы производства, ремонта различной технической промышленности имеют к нему прямые отсылки.

Данный документ гласит, что технологический процесс — это часть производственного процесса, которая содержит целенаправленные действия по изменению (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относят заготовки и изделия. Как правило, это процесс сборки или производства узла (детали), со стадии его подготовки до конечного изделия, включая все мероприятия, проводимые с ним поэтапно.

«Виды техпроцессов.

В зависимости от применения в производственном процессе для решения одной и той же задачи различных приёмов и оборудования различают следующие виды техпроцессов:

- Единичный технологический процесс (ЕТП). Разрабатывается индивидуально для конкретной детали;
- Типовой технологический процесс (ТТП). Создается для группы изделий, обладающих общностью конструктивных признаков. Разработку типовых технологических процессов осуществляют на общегосударственных отраслевом уровне, а также на уровне предприятия в соответствии с общими правилами разработки технологических процессов;
- Групповой технологический процесс (ГТП). В промышленности и сельском хозяйстве описание технологического процесса выполняется в документах, именуемых операционной картой технологического процесса (при подробном описании) или маршрутной картой (при кратком описании);

- Маршрутная карта—описание маршрутов по цеху изготавливаемой детали;
- Операционная карта—перечень переходов, установок и применяемых инструментов;
- Технологическая карта—документ, в котором описан процесс обработки деталей, материалов, конструкторская документация, технологическая оснастка.» [13].

Следует продумать порядок сборки, при котором узлы будут приходить на установку без зависимости от других узлов. Важно помнить, что многие узлы необходимо размещать на дополнительных площадках, это важное условие приводит к увеличению трудоёмкости сборки. При небольших объёмах узлов может возникнуть увеличение массы, что влечёт неудобство для рабочих касательно габаритов и веса детали. Из-за этого фактора потребуются наличие дополнительного оборудования для установки и перемещения деталей. Следует не допускать дополнительной работы по демонтажу установленных ранее узлов и деталей. Операции, в которых детали и узлы требуют дополнительных мероприятий, следует группировать в отдельные сборочные единицы.

Исходя из вышеперечисленных условий, составляется перечень работ по сборке рулевого механизма, в котором необходимо соблюдать хронологическую последовательность. Указать время, инструмент и приспособления, которые понадобятся при сборке, крепежи и их количество.

Детально-узловой состав предлагаемой конструкции рулевого механизма не будет иметь отличий от серийных партий механизмов, которые уже используются в промышленности. Сборка модернизированной конструкции будет аналогичной, соответственно разработка дополнительных технологических операций в рамках сборки узла не потребуется. Это позволит избежать дополнительных затрат на модернизацию оборудования и оснастки, а так расходы на обучение рабочего персонала на линии производства. Принимая во внимание эти факторы, можно утверждать, что итоговая

себестоимость изделия не будет увеличена, и останется на приемлемом уровне.

Таким образом, для раздела «Технологический процесс» была составлена пошаговая технологическая карта, на основе которой осуществляется планирование сборки узла, с соблюдением эффективного распределения времени для сборочного процесса. Приводятся понятия о сборочном процессе, различных видах техпроцессов, а также требования к ним. Технологическая схема, которая визуализирует порядок процесса изготовления узла, представлена отдельным чертежом формата А1. Рассчитано общее время трудоёмкости работ, которое составляет 8мин 27сек.

4 Технико-экономическая оценка модернизируемого объекта

В проектируемом узле количество оборотов рулевого колеса будет меньше, за счет внесения изменений в зацепление шестерня- рейка, а также изменения коснулись опоры рулевых тяг.

Предлагаемые мною изменения конструкции без ухудшения качества, не будут менять экономическую стоимость готового изделия. Не предусмотрены изменения в технологический процесс, а также дополнительные затраты на оборудование и переобучение персонала. Производство изменённых деталей должно происходить на линии сборки действующего рулевого управления. Все эти условия важны, потому что модернизация не должна увеличивать конечную стоимость автомобиля.

В текущем разделе дипломного проекта определяются финансовые расходы, которые необходимо внести в предлагаемое изменение конструкции рулевого механизма для дальнейшего серийного производства на заводе изготовителе, а также будет рассчитана экономическая эффективность проекта.

4.1 Расчет себестоимости модернизированного объекта

В ходе прохождения преддипломной практики на АО «АВТОВАЗ», а также от руководителя дипломного проекта были получены необходимые данные для расчета, в том числе и данные о себестоимости. Полученные значения занесем в таблицу 12.

«Таблица 12 Расчет себестоимости проектируемого объекта

Наименование показателей	Обозначение	Ед.изм.	Источник
Годовая программа выпуска изделия	$V_{\text{год}}=140000$	Шт.	Руководитель проекта

Продолжение таблицы 12

Наименование показателей	Обозначение	Ед.изм.	Источник
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	$K_{С.В.}=35$	%	Консультант каф. ЭоиУП
Коэффициент общезаводских расходов	$E_{ОБ.ЗАВ}=125$	%	ПЭО цеха
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{КОМ}=5$	%	ПЭО цеха
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{ОБОР}=200$	%	ПЭО цеха
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{ТЗР}=3$	%	ПЭО цеха
Коэффициент цеховых расходов	$E_{ЦЕХ}=175$	%	ПЭО цеха
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{ИНС}=3$	%	ПЭО цеха
Коэффициент на рентабельность и плановых накоплений	$K_{РЕНТ}=40$	%	Консультант каф. ЭоиУП
Коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве	$K_{ВЫП}=15$	%	ПЭО цеха
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{ПРЕМ}=30$	%	ПЭО цеха
Коэффициент возвратных отходов	$K_{ВОЗВ}=1$	%	ПЭО цеха
Коэффициент капиталообразующих инвестиций	$K_{ИНВ}=8$	%	Консультант каф. ЭоиУП

Все формулы необходимые для расчета были взяты из учебно-методического пособия В.Г. Карповой»[2].

«Расчет стоимости затрат на покупные изделия и полуфабрикаты» [2].

$$P_{и} = C_{i} * n_{i} * \left(1 + \frac{K_{тэр}}{100} \right) \quad (97)$$

«где C_{i} – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, руб.» [2].

« n_i – количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт»[2].

В таблице 13 приведены наименования используемых покупных изделий, их цена и необходимое количество.

«Таблица 13 Расчет стоимости затрат на покупные изделия

Наименование покупных изделий	Количество	Средняя цена за 1 шт, руб	Сумма, руб
Картер механизма	1	320	320
Рейка	1	435	435
Шестерня в сборе	1	540	540
Остальные комплектующие	40	60	2400
ИТОГО			3695
Транспортно-заготовительные расходы		3%	111
Всего			3806

Основная заработная плата сотрудников на производстве» [2].

$$Z_o = Z_T * \left(1 + \frac{K_{\text{прем}}}{100}\right) \quad (98)$$

«где Z_T – тарифная заработная плата, руб., которая рассчитывается по формуле» [2].

$$Z_T = C_p * m \quad (99)$$

«где C_p – часовая тарифная ставка, руб;»[2].

« m – трудоемкость выполнения операции, час;»[2].

« $K_{\text{прем.}}$ – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %»[2].

В таблице 14 отображены тарифные ставки на заработную плату работников на производстве.

«Таблица 14 Основная заработная плата сотрудников

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб	Тарифная зарплата, руб
Сборочные	4	0,17	86,61	14,72
Контрольные	5	0,03	95,43	2,86
ИТОГО				17,58
Премияльные доплаты	35%			6,15
Основная заработная плата				23,73

Дополнительная заработная плата производственных рабочих» [2].

$$Z_{\text{доп}} = Z_0 * K_{\text{вып}} \quad (100)$$

«где $K_{\text{вып}}$ - коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве, %» [2].

«В данном дипломном проекте $K_{\text{вып}}=15\%$

$$Z_{\text{доп}}=23,73*0,15=3,56\text{руб}$$

Страховые взносы в ПФРФ, ФССРФ, ФФОМС»[2].

$$C_{\text{с.в}} = (Z_0 + Z_{\text{доп}}) * E_{\text{с.в}} \quad (101)$$

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

В данном дипломном проекте $E_{c.в} = 35\%$

$C_{c.в.} = (23,73 + 3,56) * 0,35 = 9,55$ »[2].

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

$$C_{\text{сод.обор}} = Z_0 * E_{\text{обор}} \quad (102)$$

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

«В данном дипломном проекте $E_{\text{обор.}} = 200\%$

$C_{\text{сод.обор.}} = 23,73 * 2 = 47,46$ руб

Цеховые расходы»[2].

$$C_{\text{цех}} = Z_0 * E_{\text{цех}} \quad (103)$$

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

В данном дипломном проекте $E_{\text{цех}} = 175\%$

$C_{\text{цех}} = 23,73 * 1,75 = 41,53$ руб»[2].

«Расходы на инструмент и оснастку»[2].

$$C_{\text{инстр}} = Z_0 * E_{\text{инстр}} \quad (104)$$

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

В данном дипломном проекте $E_{\text{инстр}} = 3\%$

$C_{\text{инстр}} = 23,73 * 0,03 = 0,71$

Расчет цеховой стоимости»[2].

$$C_{\text{цех/с}} = \Pi_{\text{и}} + Z_0 + Z_{\text{доп}} + C_{c.в} + C_{\text{сод.обор}} + C_{\text{цех}} + C_{\text{инстр}} \quad (105)$$

$$\langle C_{\text{цех/с}} = 3806 + 23,73 + 3,56 + 9,55 + 47,46 + 41,53 + 0,71 = 3932,54 \text{руб} \rangle$$

Общезаводские расходы»[2].

$$C_{\text{об.завод}} = Z_0 * E_{\text{об.завод}} \quad (106)$$

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

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

$$\langle C_{\text{об.завод}} = 23,73 * 1,25 = 29,66 \text{руб} \rangle$$

Расчет общезаводской себестоимости»[2].

$$C_{\text{об.завод с/с}} = C_{\text{об.завод}} + C_{\text{цех/с}} \quad (107)$$

$$\langle C_{\text{об.завод с/с}} = 29,66 + 3932,54 = 3962,2 \rangle$$

Расчет коммерческих расходов»[2].

$$C_{\text{ком}} = C_{\text{об.завод с/с}} + E_{\text{ком}} \quad (108)$$

«где $E_{\text{ком}}$ - коэффициент коммерческий расходов, %

В данном дипломном проекте $E_{\text{ком}} = 5\%$

$$C_{\text{ком}} = 3962,2 * 0,05 = 198,11 \text{руб}$$

Расчет полной себестоимости изделия»[2].

$$C_{\text{пол}} = C_{\text{об.завод с/с}} + C_{\text{ком}} \quad (109)$$

$$C_{\text{пол}} = 3962,2 + 198,11 = 4160,31$$

«Определяем расчетную цену для базового и проектируемого изделия»[2].

$$C_{\text{расч.б}} = C_{\text{полб}} * (1 + K_{\text{рент}}) \quad (110)$$

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

$$C_{\text{расч.б}} = 4160,31 * (1 + 0,4) = 5824,43 \text{ [2].}$$

$$C_{\text{расч.п}} = C_{\text{расч.б}} \quad (111)$$

«Полученные данные затрат на производство вносим в таблицу 15» [2].

«Таблица 15– Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
Стоимость комплектующих изделий	P_u	3806	3900
Основная заработная плата производственных рабочих	Z_o	23,73	23,73
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп.}$	3,56	3,56
Страховые взносы в ПФРФ, ФССРФ, ФФОМС	$C_{с.в.}$	9,55	9,55
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод.обор.}$	47,46	47,46
Цеховые расходы	$C_{цех.}$	41,53	41,53
Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр.}$	0,71	0,71
Цеховая себестоимость	$C_{цех.с/с}$	3932,54	3985,25
Общезаводские расходы	$C_{об.завод.}$	29,66	29,66
Общезаводская себестоимость	$C_{об.завод.с/с}$	3962,2	3401,36
Коммерческие расходы	$C_{ком.}$	198,11	201,24
Полная себестоимость	$C_{пол.}$	4160,31	4169,58
Расчетная цена	$C_{расч.}$	5824,43	5824,43

Данные, приведенные в таблице 15 будут использованы для дальнейших расчетов точки безубыточности проекта.

4.2 «Расчет точки безубыточности проекта»[2].

Точка безубыточности – это объём производства и реализации продукции, при котором расходы будут компенсированы доходами, а при производстве и реализации каждой последующей единицы продукции предприятие начинает получать прибыль. Иными словами, под точкой безубыточности понимается такой момент, когда предприятие полностью покрывает убытки и деятельность компании начнет приносить реальную прибыль.

«Точку безубыточности рассчитываем по формуле

$$V_{кр} = \frac{З_{пост.уд} \cdot V_{max}}{Ц_{расч} - З_{пер.уд}} \quad (112)$$

Где V_{max} - максимальный объем выпуска данного проекта, шт.

$Ц_{расч}$ - расчетная цена, руб.

$З_{пост.уд}$ - удельные постоянные издержки на производство, руб.

$З_{пер.уд}$ - удельные переменные издержки на производство, руб.

Вычисление переменных затрат на единицу изделия

$$З_{пер.уд} = П_u + З_0 + З_{оп.} + C_{с.в} \quad (113)$$

Базовое изделие

$$З_{пер.уд.б} = 3806 + 23,73 + 3,56 + 9,55 = 3842,84$$

Проектируемое изделие

$$З_{пер.уд.п} = 3900 + 23,73 + 3,56 + 9,55 = 3936,84$$

Расчет переменных издержек на производство

$$Z_{\text{перем.из}} = Z_{\text{пер.уд}} \cdot V_{\text{год}} \quad (114)$$

База

$$Z_{\text{перем.из.б}} = 3842,84 \cdot 140000 = 537997600$$

Проект

$$Z_{\text{перем.из.п}} = 3936,84 \cdot 140000 = 551157600$$

Расчет величины амортизационных отчислений

$$A_{\text{ам}} = (C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot N_{\text{А}} / 100 \quad (115)$$

где $N_{\text{А}}$ - для амортизационных отчислений, 13%

$$A_{\text{ам}} = (47,46 + 0,71) \cdot 0,13 = 6,26$$

Расчет постоянных издержек

$$Z_{\text{пост.изд.}} = (C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot \frac{100 - N_{\text{А}}}{100} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{ком.}} + A_{\text{ам}} \quad (116)$$

Базовое изделие

$$Z_{\text{пост.изд.б}} = (47,46 + 0,71) \cdot (100 - 13) / 100 + 41,53 + 198,11 + 6,26 = 287,81$$

Проектируемое изделие

$$Z_{\text{пост.изд.п}} = (47,46 + 0,71) \cdot (100 - 13) / 100 + 41,53 + 201,24 + 6,26 = 290,94$$

Расчет постоянных издержек для годовой программы

$$Z_{\text{пост}} = Z_{\text{пост.изд}} \cdot V_{\text{год}} \quad (117)$$

Базовое изделие

$$Z_{\text{пост.б}} = 287,81 \cdot 140000 = 29502200$$

Проектируемое изделие

$$Z_{\text{пост.п}}=290,94*140000=29856400$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия

$$C_{\text{пол.с.г}} = C_{\text{пол.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (118)$$

Базовое изделие

$$C_{\text{пол.с.г.б}}=4160,31*140000=582443400$$

Проектируемое изделие

$$C_{\text{пол.с.г.п}}=4169,58*140000=583741200$$

Расчет величины выручки от реализации изделия

$$\text{Выручка} = C_{\text{расч.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (119)$$

$$\text{Выручка}=5824,43*140000=815420200$$

Расчет маржинального дохода

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.из}} \quad (120)$$

Базовое изделие

$$D_{\text{марж}}=815420200-537997600=277422600$$

Проектируемое изделие

$$D_{\text{марж}}=815420200-551157600=264262600$$

Расчет критического объема продаж

$$A_{\text{крит}} = Z_{\text{пост}} / (C_{\text{расч.}} - Z_{\text{пер.уд}}) \quad (121)$$

$$A_{\text{крит}}=29856400/(5824,43-3936,84)=29856400/1887,59=15817,21 \gg [2].$$

«Число объема продаж округлим в большую сторону до 15 820 штук. При освоении данного количества модернизированного узла обеспечится закрытие всех расходов на изготовление и сборку при годовой программе в 140 000 единиц.»[2].

Все произведенные расчеты сводим в график, отображенный на рисунке 18.

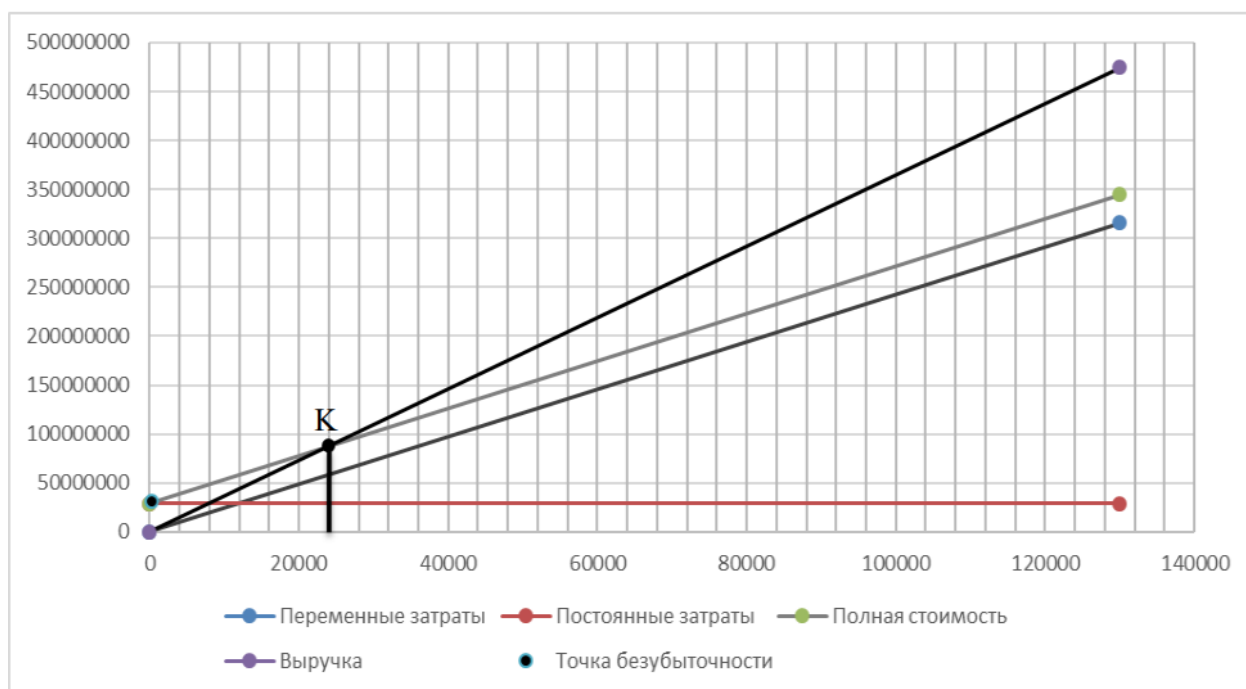


Рисунок18 – График точки безубыточности

4.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

Коммерческая эффективность(финансовое обоснование) проекта определяется соотношением финансовых затрат и результатов, обеспечивающих требуемую норму доходности.

«Для определения объема продаж на каждом шаге вычисляется прирост объема производства по годам. Объем продукции увеличивается нарастающим итогом равномерно с каждым годом на Δ , которое рассчитывается по следующей формуле[2]:

$$\Delta = \frac{V_{max} - A_{крит}}{n - 1} \quad (122)$$

где V_{max} - максимальный объем продукции, шт

$A_{крит}$ - критический объем продаж проектного изделия, шт

n - количество лет, с учетом подготовки производства»[2].

$$\Delta = \frac{140000 - 15817,21}{6 - 1} = 24836$$

«Данный проект напрямую связан с получением доходов и осуществлением расходов, то есть он порождает денежные потоки. Информация для определения денежного потока от операционной деятельности включает в себя сведения об объемах производства и о текущих затратах на производство и сбыт продукции.

Чистым доходом называется накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период, где суммирование распространяется на все шаги расчетного периода.»[2].

Расчет выручки от продаж

$$\text{Выручка} = C_{расч.} * V_{прод i} \quad (123)$$

«где $V_{прод}$ - объем продаж в i году

Объем продаж в первый год производства рассчитываем по формуле

$$V_{прод} = A_{крит} + \Delta \quad (124)$$

Заменяем $A_{крит}$ на объем продаж предыдущего года , чтобы определить объем продаж в последующих годах:

$$V_{прод1} = 15820 + 24836 = 40656$$

$$V_{прод2} = 40656 + 24836 = 65492$$

$$V_{прод3} = 65492 + 24836 = 90328$$

$$V_{\text{прод4}}=90328+24836=115164$$

$$V_{\text{прод5}}=115164+24836=140000$$

Считаем получившуюся выручку:

$$\text{Выручка}_1=5824,43*40656=236798026,08 \text{ руб}$$

$$\text{Выручка}_2=5824,43*65492=381453569,56 \text{ руб}$$

$$\text{Выручка}_3=5824,43*90328=526109113,04 \text{ руб}$$

$$\text{Выручка}_4=5824,43*115164=670764656,52 \text{ руб}$$

$$\text{Выручка}_5=5824,43*140000=815420200 \text{ руб}$$

Просчитаем переменные затраты по годам:»[2].

$$Z_{\text{перемен}} = Z_{\text{пер.уд}} + V_{\text{прод}} \quad (125)$$

Базовое изделие

$$Z_{\text{перемен.б.1}}=3842,84*40656=156234503,04$$

$$Z_{\text{перемен.б.2}}=3842,84*65492=251675277,28$$

$$Z_{\text{перемен.б.3}}=3842,84*90328=347116051,52$$

$$Z_{\text{перемен.б.4}}=3842,84*115164=442556825,76$$

$$Z_{\text{перемен.б.5}}=3842,84*140000=537997600$$

Проектируемое изделие

$$Z_{\text{перемен.п.1}}=3936,84*40656=160056167,04$$

$$Z_{\text{перемен.п.2}}=3936,84*65492=257831525,28$$

$$Z_{\text{перемен.п.3}}=3936,84*90328=355606883,52$$

$$Z_{\text{перемен.п.4}}=3936,84*115164=453382241,76$$

$$Z_{\text{перемен.п.5}}=3936,84*140000=551157600$$

Расчет постоянных затрат

$$Z_{\text{пост}} = Z_{\text{пост.изд.}} \cdot V_{\text{max}} \quad (126)$$

Базовое изделие

$$Z_{\text{пост}} = 287,81 * 140000 = 40293400$$

Проектируемое изделие

$$Z_{\text{пост}} = 290,94 * 140000 = 40731600$$

Расчет амортизации

$$A_{\text{м}} = A_{\text{ам}} * V_{\text{год}} \quad (127)$$

$$A_{\text{м}} = 6,26 * 140000 = 876400$$

Расчет полной себестоимости

$$C_{\text{пол } i} = Z_{\text{перем } i} + Z_{\text{пост}} \quad (128)$$

Базовое изделие

$$C_{\text{пол.б.1}} = 156234503,04 + 40293400 = 196527903,04$$

$$C_{\text{пол.б.2}} = 251675277,28 + 40293400 = 291968677,28$$

$$C_{\text{пол.б.3}} = 347116051,52 + 40293400 = 387409451,52$$

$$C_{\text{пол.б.4}} = 442556825,76 + 40293400 = 482850225,76$$

$$C_{\text{пол.б.5}} = 537997600 + 40293400 = 578291000$$

Проектируемое изделие

$$C_{\text{пол.н.1}} = 160056167,04 + 40731600 = 200787767,04$$

$$C_{\text{пол.н.2}} = 257831525,28 + 40731600 = 298563125,28$$

$$C_{\text{пол.н.3}} = 355606883,52 + 40731600 = 396338483,52$$

$$C_{\text{пол.н.4}} = 453382241,76 + 40731600 = 494113841,76$$

$$C_{\text{пол.н.5}} = 551157600 + 40731600 = 591889200$$

Расчет налогооблагаемая прибыль

$$\text{Пр. обл } i = (\text{Выручка} - C_{\text{пол } i}) \quad (129)$$

Базовое изделие

$$\text{Пр. обл}_{\text{б.1}} = 236798026,08 - 196527903,04 = 40270123,04$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{б.2}} = 381453569,56 - 291968677,28 = 89484892,28$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{б.3}} = 526109113,04 - 387409451,52 = 138699661,52$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{б.4}} = 670764656,52 - 482850225,76 = 187914430,76$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{б.5}} = 815420200 - 578291000 = 237129200$$

Проектируемое изделие

$$\text{Пр. обл}_{\text{н.1}} = 236798026,08 - 200787767,04 = 36010259,04$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{н.2}} = 381453569,56 - 298563125,28 = 82890444,28$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{н.3}} = 526109113,04 - 396338483,52 = 129770629,52$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{н.4}} = 670764656,52 - 494113841,76 = 176650814,76$$

$$\text{Пр. обл}_{\text{н.5}} = 815420200 - 591889200 = 223531000$$

Расчет налог на прибыль

Налог на прибыль взимается в размере 20% от налогооблагаемой прибыли

$$H_{\text{пр } i} = \text{Пр. обл } i * 0,2 \quad (130)$$

Базовое изделие

$$H_{\text{пр.б.1}} = 40270123,04 * 0,2 = 8054024,608$$

$$H_{\text{пр.б.2}} = 89484892,28 * 0,2 = 17896978,45$$

$$H_{\text{пр.б.3}} = 138699661,52 * 0,2 = 27739932,30$$

$$H_{\text{пр.б.4}} = 187914430,76 * 0,2 = 37582886,15$$

$$H_{\text{пр.б.5}} = 237129200 * 0,2 = 47425840$$

Проектируемое изделие

$$H_{\text{пр.п.1}} = 36010259,04 * 0,2 = 7202051,81$$

$$H_{\text{пр.п.2}} = 82890444,28 * 0,2 = 16578088,85$$

$$H_{\text{пр.п.3}} = 129770629,52 * 0,2 = 25954125,90$$

$$H_{\text{пр.п.4}} = 176650814,76 * 0,2 = 35330162,95$$

$$N_{\text{пр.п.5}}=223531000*0,2=44706200$$

Расчет чистой прибыли» [2]

$$\text{Пр. ч}_i = \text{Пр. обл}_i - N_{\text{пр}i} \quad (131)$$

Базовое изделие

$$\text{Пр. ч}_{\text{б.1}}=40270123,04-8054024,608=32216098,43$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{б.2}}=89484892,28-17896978,45=71587913,83$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{б.3}}=138699661,52-27739932,30=110959729,22$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{б.4}}=187914430,76-37582886,15=150331544,61$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{б.5}}=237129200-47425840=189703360$$

Проектируемое изделие

$$\text{Пр. ч}_{\text{н.1}}=36010259,04-7202051,81=28808207,23$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{н.2}}=82890444,28-16578088,85=66312355,43$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{н.3}}=129770629,52-25954125,90=103816503,62$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{н.4}}=176650814,76-35330162,95=141320651,81$$

$$\text{Пр. ч}_{\text{н.5}}=223531000-44706200=178824800$$

4.4 Расчет экономии от повышения надежности изделия

Данная модернизация обеспечивает долговечность изделия. Следует снижение эксплуатационных расходов, которые отражаются в прибыли.

Расчитать прибыль при увеличении долговечности мы можем по формуле

$$\text{Пр}_{\text{ож.д}} = (\text{Ц}_{\text{опт}} \cdot \frac{D_2}{D_1} - \text{Ц}_{\text{опт}}) \cdot V_{\text{прод}} \quad (132)$$

где D_1 и D_2 - долговечность зубчатого зацепления базового и проектируемого изделия. $D_1=100000$, $D_2=130000$.

В данных расчетах примем цену зубчатой рейки и шестерни $C_{\text{опт}}=800$ рублей.

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.1}}=(800*130000/100000-800)*40656=9757440$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.2}}=(800*130000/100000-800)*65492=15718080$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.3}}=(800*130000/100000-800)*90328=21678720$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.4}}=(800*130000/100000-800)*115164=27639360$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.5}}=(800*130000/100000-800)*140000=33600000$$

Затем рассчитаем прибыли при увеличении надежности

$$\text{Пр}_{\text{ож.н}} = (N_{\text{рул.м.Б}} \cdot Z_{\text{рул.м.Б}} - N_{\text{рул.м.П}} \cdot Z_{\text{рул.м.П}}) + (T_{\text{пр.Б}} - T_{\text{пр.П}}) \cdot C_{\text{опт}} \quad (133)$$

где $N_{\text{рул.м.Б}}$ и $N_{\text{рул.м.П}}$ - это количество отказов рулевого механизма в год по базовому и проектируемому изделию.

$Z_{\text{рул.м.Б}}$ и $Z_{\text{рул.м.П}}$ - это затраты на ремонт базового и проектируемого изделия.

$T_{\text{пр.Б}}$ и $T_{\text{пр.П}}$ - это количество часов простоя во время ремонта в год базового и проектируемого изделия.

$$\text{Пр}_{\text{ож.н}}=(70*950-10*900)+(150-30)*800=(66500-9000)+96000=153500$$

Социально значимая экономия определяется суммированием полученных эффектов

$$\text{Э}_{\text{общ}} = \text{Пр}_{\text{ож.д}} + \text{Пр}_{\text{ож.н}} \quad (134)$$

$$\text{Э}_{\text{общ1}}=9757440+153500=9910940$$

$$\text{Э}_{\text{общ2}}=15718080+153500=15871580$$

$$\text{Э}_{\text{общ3}}=21678720+153500=21832220$$

$$\text{Э}_{\text{общ4}}=27639360+153500=27792860$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}5} = 33600000 + 153500 = 33753500$$

Расчет текущего чистого дохода по годам

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр. ч}_{n.} - \text{Пр. ч}_{\text{б.}} + A_m + \mathcal{E}_{\text{общ}}$$
 (135)

$$\text{ЧД}_{i1} = 28808207,23 - 32216098,43 + 876400 + 9910940 = 7379448,8$$

$$\text{ЧД}_{i2} = 66312355,43 - 71587913,83 + 876400 + 15871580 = 11472421,6$$

$$\text{ЧД}_{i3} = 103816503,62 - 110959729,22 + 876400 + 21832220 = 15565394,4$$

$$\text{ЧД}_{i4} = 141320651,81 - 150331544,61 + 876400 + 27792860 = 19658367,2$$

$$\text{ЧД}_{i5} = 178824800 - 189703360 + 876400 + 33753500 = 23751340$$

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

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{\text{CT}})}$$
 (136)

где E_{CT} - процентная ставка на капитал, принимаем $E_{\text{CT}}=10\%$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

Расчет дисконтированного сальдо суммарного потока реальных денег [2]

$$\text{ДСП}(i)_{\text{CT}} = \text{ЧД}(i) * \alpha_{ti}(E_{\text{CT}} i)$$
 (137)

$$\text{ДСП}_1 = 7379448,8 * 0,909 = 6707918,95$$

$$\text{ДСП}_2 = 11472421,6 * 0,826 = 9476220,24$$

$$\text{ДСП}_3 = 15565394,4 * 0,753 = 11720741,98$$

$$ДСП_4 = 19658367,2 * 0,683 = 13426664,79$$

$$ДСП_5 = 23751340 * 0,621 = 14749582,14$$

- Расчет суммарного ДСП:

$$\Sigma ДСП_i = 56081128,1$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях

$$J_o = K_{инв} * \Sigma C_{пол i} \quad (138)$$

где $K_{инв}$ - капиталобразующий показатель, $K_{инв} = 8\%$

$$J_o = 0,08 * 1981692417,6 = 158535393,41$$

Расчет чистого дисконтированного дохода

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ДСП(1)_t - J_o \quad (139)$$

$$ЧДД = 158535393,41 - 56081128,1 = 102454265,31$$

Расчет индекса доходности инвестиций

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o} \quad (140)$$

$$JD = 1,8$$

Расчет срока окупаемости проекта» [2]

$$T_{окуп} = \frac{J_o}{ЧДД} \quad (141)$$

$$T_{окуп} = 0,55$$

Результаты расчетов показателей коммерческой эффективности проектируемого узла автомобиля вносятся в таблицу 16.

«Таблица 16. Результаты расчетов показателей эффективности»

Наименование показателей	ГОДЫ					
	0	1	2	3	4	5
Объем продаж $V_{\text{прод.}i}$ (шт.)		40656	65492	90328	115164	140000
Расчетная цена за единицу продукции $C_{\text{расч.}}$ (руб.)		5824,43				
Выручка, (руб.) $Выручка$		23679802 6,08	38145356 9,56	52610911 3,04	67076465 6,52	81542020 0
Переменные затраты (руб.) $Z_{\text{перем.б.}}$		15623450 3,04	25167527 7,28	34711605 1,52	44255682 5,76	53799760 0
$Z_{\text{перем.н.}}$		16005616 7,04	25783152 5,28	35560688 3,52	45338224 1,76	55115760 0
Амортизация, A_m (руб.)		876400				
Постоянные затраты, (руб.) $Z_{\text{пост.б.}}$		40293400				
$Z_{\text{пост.н.}}$		40731600				
Полная себестоимость, (руб.) $C_{\text{пол.б.}}$		19652790 3,04	29196867 7,28	38740945 1,52	48285022 5,76	57829100 0
$C_{\text{пол.н.}}$		20078776 7,04	29856312 5,28	39633848 3,52	49411384 1,76	59188920 0
Налогооблагаемая прибыль, (руб.)		36010259, 04	82890444, 28	12977062 9,52	17665081 4,76	22353100 0
Налог на прибыль, (руб.)		7202051,8 1	16578088, 85	25954125, 90	35330162, 95	44706200
Прибыль чистая, (руб.)		28808207, 23	66312355, 43	10381650 3,62	14132065 1,81	17882480 0
Текущий чистый доход, $ЧД$, (руб.)		7379448,8	11472421, 6	15565394, 4	19658367, 2	23751340
Общественная эффективность, $\mathcal{E}_{\text{общ}}$		9910940	15871580	21832220	27792860	33753500

Продолжение таблицы 16

Коэффициент дисконтирования α_t при $E_{ст.1}$		0,909	0,826	0,753	0,683	0,621
Дисконтированное сальдо потока реальных денег, (руб.) $ДСП_1$		6707918,9 5	9476220,2 4	11720741, 98	13426664, 79	14749582 ,14
Капиталообразующие инвестиции, J_o (руб.)		56081128,1				
Суммарное дисконтированное сальдо потока реальных денег, (руб.) $\sum ДСП_1$		158535393,41				
Чистый дисконтированный доход, $ЧДД_t$, (руб.)		102454265,31				
Индекс доходности инвестиций JD		1,8				
Срок окупаемости проекта $T_{окуп.}$, год		0,55				

Диаграммы эффективности представлены на рисунках 19 –20.

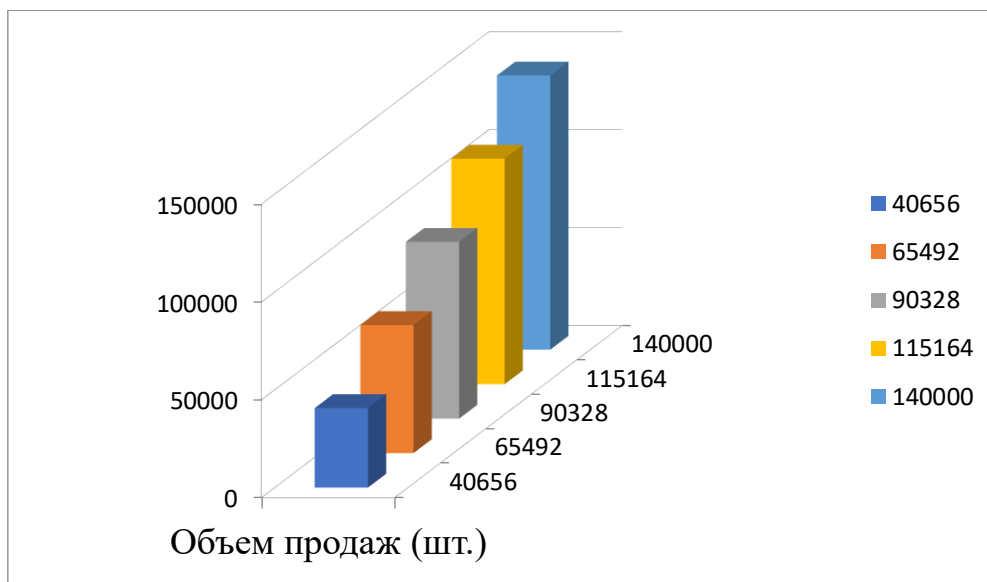


Рисунок 19 – Коммерческая эффективность (объем продаж)»[2].

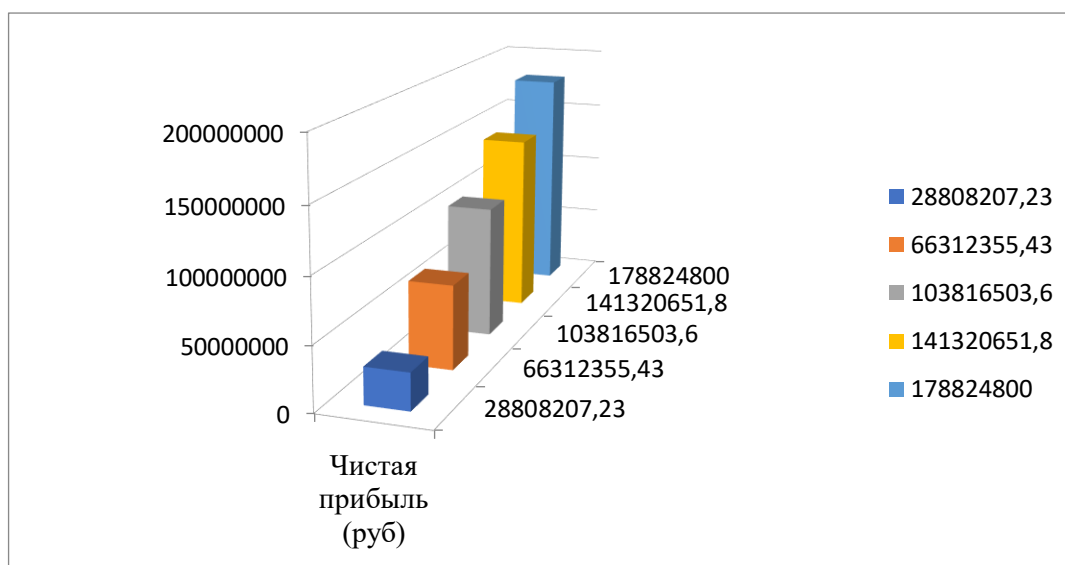


Рисунок 20 – Коммерческая эффективность (чистая прибыль)

4.5 Выводы по экономическим расчетам

«Из полученных расчетов можно сделать вывод, что данный проект рулевого управления эффективен. Такой вывод можно сделать из значения индекса доходности, который равен 1.8, а срок окупаемости составляет 0.55,

что показывает низкие риски в условиях текущей экономической ситуации в рамках жизненного цикла проекта. Из расчета дисконтированного сальдо потока реальных денег (ДСП) делаем вывод, что денежные поступления превышают затраты. Следовательно, проектируемое изделие принесет прибыль в течение заданного периода времени.»[2].

В экономическом разделе произведены расчёты себестоимости проекта, экономическая эффективность, срок окупаемости и индекс доходности. Исходя из них можно сделать вывод, что проект имеет большой экономический потенциал, производство данного изделия имеет небольшой срок окупаемости и он является рентабельным для производства. Для наглядности были составлены графики: точка безубыточности проекта, объёмы продаж и чистый доход.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Общие требования безопасности

Модернизируемый узел рулевого управления имеет аналогичные требования охраны труда и безопасности, как и производимые в данное время серийные детали рулевого управления автомобиля 2 класса LadaGranta.

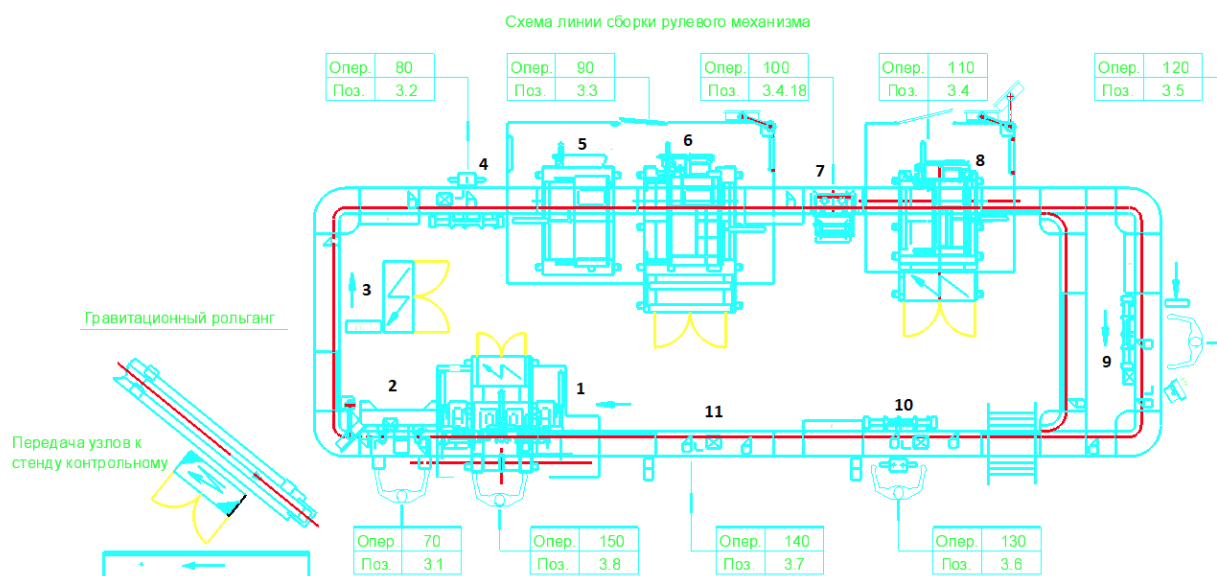
Актуальными для данного диплома проекта остаются нормативные документы, которые устанавливают требования безопасности и производственной деятельности на участках сборки и установки деталей.

ГОСТ 12.3.020-80 устанавливает общие требования безопасности к процессам перемещения грузов на предприятиях. Операции по перемещению грузов выполняются электропогрузчиками и подъемно-транспортными устройствами. Согласно пункту 3.3.2. Перемещение грузов массой более 20 кг в технологическом процессе должно производиться с помощью подъемно-транспортных устройств или средств механизации.

Масса груза, перемещаемая вручную женщинами, должна соответствовать нормам предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную, утвержденным в установленном порядке.

На предусмотренных участках данный пункт соблюдаются и тары большого веса, перемещаются к последующему участку сборки при помощи оборудования и транспорта.

На рисунке 21 приведена схема линии сборки рулевого механизма согласно технической карте.



1- Сборочный стенд, 2-Устройство запрессовки, 3-Межоперационный транспорт,4-Рабочее место стенд «Вилка», 5-Станция перемещения рейки, 6-Станция вращения рейки, 7-Устройство фиксации рейки в среднем положении, 8-Стенд поджима и фиксации гайки упора, 9-Рабочее место осмотра рейки, 10-Рабочее место установки опоры тяг и защитного чехла, 11 - Рабочее место для перемещения рулевого механизма к следующему этапу сборки.

Рисунок 21 – Схема участка сборки, согласно технологической карте.

Рабочий персонал в обязательном порядке должен обеспечиваться средствами индивидуальной защиты. Повышенные шумы, острые грани деталей, открытые участки станков с вращающимися деталями, а так жезапрессовочные устройства, искры и смазочные жидкости – всё это является опасными факторами производства.

Производственные факторы – это один из неотъемлемых аспектов современного мира, в частности среды обитания человека, они затрагивают трудовую деятельность и мануфактуру современных предприятий. Из всей совокупности действующих производственных факторов, были выделены самые важные, которые оказывают наибольшее влияние на трудовую и экологическую деятельность человека. Таким образом мы получаем наиболее значимые две категории рисков: опасные производственные факторы (ОПФ) и вредные производственные факторы (ВПФ). Какие именно факторы являются опасными на производствах, определяет ГОСТ 12.0.003-

2015, который устанавливает термины и факторы производственной среды и трудового процесса.

Средства индивидуальной защиты и требования к ним утверждаются согласно ГОСТ 12.4.011-89. Средства защиты рабочих должны обеспечивать предотвращение или уменьшение действия опасных и вредных производственных факторов.

Методы и средства снижения профессиональных рисков

Существуют разные способы, с помощью которых возможно бороться с различными уровнями травматизма в производстве. Самым действенным способом является заблаговременное планирование мероприятий, снижающих риски. Такими мероприятиями можно назвать своевременное обучение персонала и инструктаж по технике безопасности. Эффективные методы снижения рисков разработаны и применяются на производствах. Общие правила можно вынести в следующие мероприятия:

- Использование препятствий, определяющих зоны движения погрузчиков и персонала;
- Обозначение зон движения персонала и транспорта специальной разметкой на путях движения транспорта.

Уровень шума, который возникает во время эксплуатации оборудования производства и превышающий нормативные значения, может воздействовать на центральную нервную систему человека и на органы слуха.

В случае продолжительного воздействия шума, превышающего уровень допустимых значений, может привести к развитию заболевания человека шумовой болезнью — нейросенсорная тугоухость. Шум может стать причиной потери слуха, а также может привести к возникновению некоторых нервных заболеваний, снижению продуктивности в работе, а в исключительных случаях и к потере жизни.

«Мероприятия по профилактике вредного воздействия шума.

Основная цель предотвращения вредного воздействия шума на рабочих местах - это, в первую очередь, установить предельно допустимого уровня

шума (ПДУ), но не более 40 часов в неделю, который при ежедневной работе не будет вызывать каких-либо заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Мероприятия по профилактике вредного воздействия шума разделяются на:

а) Технологические.

Они направлены на изменение технологии процессов и конструкции машин, которые являются источниками шума. Мероприятия включают замену шумных процессов на менее громкие, на этапе разработки технологии производства.

б) Технические.

Деятельность технической группы в основном направлена на снижение шума и вибрации деталей, особенно деталей с большими вибрирующими поверхностями, с помощью:

1) покрытия их материалами, поглощающими шум и вибрацию (резиной, картоном, войлоком, асбестом, шумопоглощающей пленкой);

2) использования звукоизолирующих (демпфирующих) накладок, обшивок, распорок, прокладок при ударной обработке больших поверхностей;

3) хорошей изоляцией при установке машин и агрегатов на фундаменты, предупреждающей распространение вибрации и шума через фундаменты, пол, перекрытия.

в) Санитарно-гигиенические

1) Уменьшение времени контакта с шумом, установление рационального режима труда и отдыха, обеспечивающего короткие перерывы в течение дня, чтобы восстановить функции слуха;

2) использование индивидуальных средств защиты органов слуха от воздействия шума (использование заглушек-вкладышей, наушников и шлемов, предназначенных для изоляции наружного слухового прохода от шумов различного спектрального состава)» [14].

Таблица 17 Производственные риски и методы их профилактики

Опасные и вредные производственные факторы	Технические методы частичного (полного) снижения производственных рисков	Средства индивидуальной защиты
Движущиеся детали	Соблюдение техники безопасности. Проведение инструктажа по ТБ	Спецодежда, перчатки, очки защитные, спецобувь
Острые части, углы, уступы, шероховатость на поверхности заготовок	Применение индивидуальных средств защиты	Спецодежда, перчатки, очки защитные, спецобувь
Подвижные части производственного оборудования	Проведение техники безопасности	Спецодежда, спецобувь, перчатки, очки защитные
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Применение индивидуальных средств защиты от шума	Применение беруш, наушников
Монотонность труда	Выделение времени для отдыха, перерывов	
Напряжение в электрической сети	Соблюдение техники безопасности	Перчатки резиновые, спецодежда, спецобувь

5.2 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В соответствии с требованиями Федерального закона № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности»³ (ст. ст. 25, 37) руководители организаций обязаны проводить противопожарное информирование, а также обучать своих работников мерам пожарной безопасности. Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций проводится по программам противопожарного инструктажа и (или) пожарно-технического минимума.

Противопожарный режим на предприятии – это комплекс правил поведения персонала, установленный порядок организации производства, содержания территории, которые призваны обеспечивать предупреждение и

³ Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69-ФЗ

минимизацию числа нарушений техники пожарной безопасности, а также проводить оперативное тушение огня при возникновении пожара.

«Это определение включает в себя следующие аспекты:

- Обращение с легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами. Порядок их хранения, использования по назначению, транспортировки и утилизации;
- Запреты, вводимые на определенные виды деятельности людей на производстве. Ограничения влияют на правила передвижения по территории, поведение на рабочем месте, в период перерыва, во время ремонта и обслуживания техники и оборудования;
- Меры различного плана, направленные на предотвращение пожаров и локализацию и тушение огня в случае его возникновения. Для этого устанавливаются система сигнализации и дождевальные системы, предусматривается порядок оповещения и управления;
- Подготовка персонала к действиям в чрезвычайных ситуациях. Организация лекций, брифингов и тренировок. Для предприятий с повышенной пожароопасностью учения могут проводиться совместно с МЧС;
- Контрольные функции. Подлежат проверке условия содержания помещений, территории, средств пожаротушения, исправность технического оборудования, теоретическая и практическая подготовка сотрудников, содержание служебной документации.

Закон регулирует, каким образом организация устанавливает режим на том или ином уровне. Нормы и правила вводятся в действие по решению местных органов власти, государственных органов или руководителей предприятий. Основанием для введения режима пожарной безопасности являются оценки специалистов о степени воспламеняемости здания, которая проводится при введении объекта в эксплуатацию или во время плановых проверок.

Меры ППР:

- очистка помещений и территории от легковоспламеняющегося мусора;
- установка ограждений и подсобных помещений из огнеупорных материалов;
- установка огнеупорных перегородок, простенков и эвакуационных дверей;
- оборудование пожарных щитов, огнетушителей и гидрантов;
- строительство резервного резервуара для заправки техники МЧС;
- установка систем сигнализации, звуковых и световых средств информации, газовых и дождевальных установок;
- изготовление и вывешивание плана эвакуации, предупреждающих, информационных, запрещающих и эвакуационных знаков» [18].

5.3 Экологическая безопасность объекта

В таблице 17 представлены опасные факторы производства. Смазочные материалы могут проникнуть в почву, а также создание масляной плёнки на поверхности гидросферы. Слив масляных жидкостей должен производиться в специальные закрытые ёмкости, которые находятся на вспомогательных площадях цеха, с соблюдением правил пожарной безопасности.

Таблица 18– Выявление отрицательных технико-экологических факторов производственного объекта

Наименование технического объекта	Структурные составляющие технического объекта	Смазочные материалы	Инструмент	Транспорт
Сборка рулевого механизма	Картер, шестерня, рейка	Масло «ИГП-30» ТУ Смазка «Renolit JP 1619 TTM»	Дозатор/насос смазки. Электрогайковерт Датчик момента Пневмогайковерт	Гравитационный рольганг Электропогрузчики

На производственном участке сборки рулевого механизма производится только конечная сборка готового изделия из поступающих деталей к автоматизированной линии, с последующим нанесением смазочных материалов. Использование таких вредных веществ, как смазочные материалы и другие химические составы, не могут загрязнить окружающую среду, так как все материалы утилизируются согласно установленных правил. Отсутствуют токсичные материалы обработки металлических изделий, а также лакокрасочные покрытия. Для транспортировки деталей по участку применяют только электропогрузчики, за счет использования электрической энергии сведены к минимуму выбросы вредных веществ в атмосферу. Учитывая эти обстоятельства, можно с уверенностью утверждать, что на участке сборки рулевого механизма риски, представляющие опасность загрязнения экологии, просчитываются и постоянно проводятся мероприятия по уборке и утилизации опасных веществ. Процесс работы участка не оказывает негативного влияние на окружающую среду и здоровье рабочих, полностью регламентирован и соответствует экологической безопасности. Таким образом, в применение дополнительных мероприятий по уменьшению негативного влияния на окружающую среду нет необходимости.

В разделе охраны труда были описаны опасные производственные факторы и методы борьбы с ними. Риски, которые оказывают негативное воздействие на рабочий персонал, были сведены в таблицу, для борьбы с ними описываются мероприятия снижения их до регламентированных уровней. Представлены нормативные документы охраны труда. Произведён анализ факторов, влияющих на экологическую безопасность, а также анализ производственного процесса, который должен находиться в рамках действующего ГОСТ.

Заключение

Задачей данного дипломного проекта являлась разработка модернизированного рулевого механизма автомобиля 2 класса с уменьшенным количеством оборотов рулевого колеса, для более спортивного характера автомобиля. При проектировании узла были выполнены следующие задачи:

- определение, назначение, классификация рулевого управления автомобилей и требования, предъявляемые к его конструкции;

- выполнен анализ существующих типов рулевых механизмов, а также выбран самый оптимальный;

- произведено выявление плюсов и минусов конструкции;

- выбран и обоснован конкретный тип механизма и просчитана его актуальность;

- выполнен тягово-динамический расчёт;

- выполнен топливно-экономический расчёт;

- выполнен расчёт усилия на руле при повороте на месте;

- произведен «расчет параметров зацепления механизма «шестерня-рейка»;

- разработан и описан технологический процесс сборки рулевого механизма;

- подтверждена экономическая эффективность проектируемого проекта и определены затраты на производство;

- проведен анализ охраны труда и обеспечение мероприятий по безопасности производства.

Список используемой литературы

1. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник [Текст] / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов – М.: Машиностроение, 2004. – 704 с.
2. Карпова В.Г. Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине «Экономика предприятия» для студентов специальности 190201 – «Автомобиле- и тракторостроение» и по дисциплине Экономика и управление предприятием» для студентов специальности 140501 – «Двигатели внутреннего сгорания» всех форм обучения. Тольятти: ТГУ, 2007. – 48 с.
3. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. ТЗ. [Текст] / Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М.: Автополис-плюс, 2005. – 560 с.
4. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. [Текст] Курс лекций. – 125 с.
5. Лата, В.Н. Расчет геометрии зацепления “шестерня-рейка” рулевого механизма автомобиля: учебное пособие [Текст] / В.Н. Лата, И.В. Еремина. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2006. – 105 с.
6. Лысов, М.И. Рулевое управление автомобилей [Текст] / М.И. Лысов. – М.: Машиностроение, 1973. – 344 с.
7. Малкин, В.С. Особенности проектирования рулевого управления автомобиля с учетом свойств эластичности шин: учебное пособие [Текст] / В.С. Малкин. – Куйбышев: Изд-во КуАИ, 1983. – 296 с.
8. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [Текст] /Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1983. – 356 с.
9. Раймпель, Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление [Текст] / Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
10. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] / В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1973. – 490 с.

11. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [Текст] / Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2016. – 60 с.

12. Черепанов, Л.А. Таговый расчет автомобиля: учеб. пособие [Текст] / Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 1977. – 42 с.

Интернет ресурсы

13. Словарь терминов и определений «Академик». Понятие технологического процесса. URL:<https://dic.academic.ru/> (18.02.2022)

14. Профилактика вредного воздействия шума на производстве. - ФГБУЗ ЦГиЭ №28 ФМБА России URL:<https://cge28.ru/>(07.04.2022)

15. Электронная библиотека. База знаний «Библиофонд» URL:<https://www.bibliofond.ru/start/>(14.03.2022)

16. Рулевое управление Лада Гранта (ВАЗ 11183, 21116) URL:<https://sinref.ru/>(28.02.2022)

17. Теория автомобиля. Расчёт тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля
URL:<https://topuch.ru/> (05.03.2022)

18. Пожарная безопасность объекта. Определение пожарной безопасности на предприятии.
URL:<https://perekrestok-info.com/>(21.04.2022)

19. Encyclopedia of Automotive Engineering
URL:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9781118354179.auto008> (02.04.2022)

20. Manfred Harrer, Peter Pfeffer - editors. Steering Handbook.: Springer International Publishing Switzerland, 2017.
URL:<https://fdocument.org/document/manfred-harrer-peter-pfeffer-editors-steering-handbookdownload-hullmann-david.html?page=19>

21. Bernd Heiing, Metin Ersoy. Chassis Handbook. 1st Edition: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2011 URL:<https://dokumen.tips/documents/bernd->

[heing-metin-ersoy-eds-chassis-handbookdownloade-heing-metin-ersoy.html?page=29](https://www.hindawi.com/journals/mpe/2020/6509607/) (02.04.2022)

22. Torque Control of Electric Power Steering Systems Based on Improved Active Disturbance Rejection Control. Academic Editor: Salvatore Strano
URL:<https://www.hindawi.com/journals/mpe/2020/6509607/>

23. Dictionary SAE J670 revised Jan 2008. Vehicle Dynamics Terminology

Приложение А Спецификация

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						№	
<i>Документация</i>							
А1		22.ДП.ПЭА.203.34.00010	Сборочный чертёж				
<i>Сборочные единицы</i>							
А1	1	22.ДП.ПЭА.203.34.01025	Шестерня рулевого механизма в сборе	1			
	4	1118-34.14.052-11 ГЧ	Тяга рулевой трапеции в сборе правая	1			
	5	1118-34.14.053-11 ГЧ	Тяга рулевой трапеции в сборе левая	1			
	9	2110-34.01044	Крышка картера в сборе	1			
	10	2192-34.01010	Картер рулевого механизма в сборе	1			
<i>Детали</i>							
А1	2	22.ДП.ПЭА.203.34.01284	Опора тяг рулевого механизма	1			
А1	3	22.ДП.ПЭА.203.34.01068	Рейка рулевого механизма	1			
	6	2110-34.01070-03	Вкладыш упора рейки	1			
	7	2110-34.01071	Упор рейки рулевого механизма	1			
	8	2110-34.01053	Пружина упора рейки	1			
	10	2192-34.01010	Картер рулевого механизма	1			
	11	2110-34.01116 СП	Сепаратор с роликами в сборе	1			
	13	2110-34.01018	Болт крепления крышки рулевого механизма	1			
22.ДП.ПЭА.203.34.00010							
Изм. лист		№ докум.		Подп.			
Изм. лист		№ докум.		Дата			
Разраб.	Русинов	Модернизация рулевого механизма автомобиля Лада Гранта				Лист	
Проб.	Лата					Лист	
Руков.	Лата					Листов	
Н.контр.	Лата					ТГУ ИМ	
Утв.	Водоровский					гр. АТс-1701г	
Копировал							
Формат А4							

Рисунок А.1-лист спецификации

