

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей»
_____ А.В. Бобровский
«02» февраля 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Самарин Александр Сергеевич

1. Тема Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация рулевого управления

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

3. Исходные данные к дипломному проекту

Габаритные размеры – 3893мм x 1700мм x 1500мм; число мест для пассажиров – 5; число передач КПП -5; КПД трансмиссии -0,9; размерность шины 185/65 R14; максимальная скорость 180 км/ч; масса автомобиля – 1080 кг; коэффициент аэродинамического сопротивления -0,32; коэффициент сопротивления качению -0,012; максимальный преодолеваемый уклон 0,03; обороты ДВС – $w_{min}=1000$, $w_{max}=6000$, $w_n=5600$.

Цель проекта: Улучшение маневренности автомобиля за счет уменьшения количества оборотов рулевого колеса.

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

Аннотация

Введение

1. Состояние вопроса

1.1. Назначение агрегата или системы

1.2. Требования, предъявляемые к конструкции агрегата или системы.

1.3. Классификация конструкций агрегата или системы

1.4. Обзор и тенденции развития конструкции агрегата или системы.

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

2. Защита интеллектуальной собственности

(предусмотрено/не предусмотрено) Руководитель _____

3. Конструкторская часть

3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля

3.2. Выбор компоновочной схемы объекта.

3.3. Кинематические, динамические и др. расчеты.

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

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

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

4. Технологическая /Исследовательская часть

Разработка технологического процесса сборки рулевого механизма.

5. Анализ экономической эффективности объекта

Определение коммерческой эффективности модернизации рулевого механизма, расчет затрат на производство.

6. Безопасность и экологичность объекта

Проверка соответствия законодательным требованиям модернизированной конструкции рулевого механизма. Разработка мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

Заключение

Список литературы

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

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

Автомобиль. Общий вид. 1 лист ф. А1

Графики тягово-динамического расчета 1 лист ф.А1

Сборочные чертежи 4 листа формата А1

Детализировка 2 листа формата А1

Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1

Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1

6. Консультанты по разделам

Технологическая /Исследовательская часть _____/_____/

Анализ экономической эффективности объекта _____/_____/

Безопасность и экологичность объекта _____/_____/

7. Дата выдачи задания «02» февраля 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы

И.В. Еремина

Задание принял к исполнению

А.С. Самарин

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование
и эксплуатация автомобилей»
_____ А.В. Бобровский
(подпись) (И.О. Фамилия)
«02» февраля 2016г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта

Студента Самарина Александра Сергеевича
по теме Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация рулевого управле-
ния

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

Руководитель дипломного проекта _____
(подпись)

И.В. Еремина
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

А.С. Самарин
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте выполнен тягово-динамический расчет легкового автомобиля 2ого класса, произведен расчет параметров зацепления механизма «шестерня-рейка», рассчитаны параметры шестерни механизма, разработан технологический процесс сборки рулевого механизма, подтверждена экономическая эффективность проекта и сформирован перечень мероприятий, обеспечивающих безопасные условия труда.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Состояние вопроса	9
1.1 Назначение рулевого управления автомобиля.....	9
1.2 Требования, предъявляемые к рулевому управлению.....	9
1.3 Классификация конструкций рулевого управления	11
1.4 Обзор и тенденции развития конструкций рулевого управления	12
1.5 Выбор и обоснование проектируемого варианта.....	18
2 Патентные исследования	19
2.1 Описание объекта исследований «рулевой механизм».....	19
2.2 Недостатки объекта исследований «рулевой механизм».....	19
2.3 Формирование программы исследования.....	20
2.4 Исследование патентной чистоты усовершенствованного объекта.....	24
3 Конструкторская часть	27
3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	27
3.2 Выбор компоновочной схемы объекта.....	34
3.3 Расчет параметров зацепления механизма «шестерня-рейка»	35
3.4 Расчёт параметров шестерни рулевого механизма.....	41
3.5 Расчёт усилия на рулевом колесе.....	44
4 Технологическая часть	46
4.1. Анализ изменения конструкции рулевого механизма, приводящего к изменению технологического процесса.....	46
4.2 Общие требования к технологичности конструкции рулевого механизма.....	47
4.3 Разработка технологической схемы сборки рулевого механизма.....	48
4.4 Составление перечня сборочных работ.....	49
4.5 Определение трудоемкости сборки рулевого механизма.....	51
4.6. Выбор организационной формы сборки.....	56

5 Безопасность и экологичность проекта	58
5.1 Безопасность объекта разработки. Анализ влияния модернизации рулевого механизма на параметры устойчивости, управляемости и плавности хода автомобиля	58
5.2 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций.....	59
5.3 Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта.....	60
5.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда.....	61
5.5 Инженерные расчеты.....	65
5.6 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта.....	68
5.7 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях.....	68
5.8 Вывод.....	69
6 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески	70
6.1 Расчёт себестоимости проектируемого узла.....	70
6.2 Расчет точки безубыточности проекта.....	76
6.3 Расчет коммерческой эффективности проекта.....	79
6.4. Расчет экономии от повышения надежности и долговечности проектируемого узла.....	84
6.5 Вывод.....	87
Заключение	88
Список использованных источников	89
Приложения	90
Приложение А Графики тягового расчета.....	90
Приложение Б Спецификация.....	94

ВВЕДЕНИЕ

Рулевое управление является одной из важнейших систем автомобиля и в совокупности с тормозной системой определяет общий уровень активной безопасности автомобиля. В связи с постоянно увеличивающейся плотностью транспортного потока и возрастающей динамикой дорожного движения, требования к этим системам повышаются. Рулевое управление оказывает как непосредственное влияние на безопасность движения за счет поворота управляемых колес, так и косвенное за счет передачи сил, действующих со стороны дороги на водителя, что приводит к увеличению утомляемости и снижению внимания. Поэтому улучшению потребительских качеств рулевого управления в современном автомобилестроении уделяется особое внимание. Точность, информативность и эргономичность рулевого управления оцениваются потребителем при выборе автомобиля не меньше чем динамика разгона, плавность хода или общий уровень комфорта в салоне автомобиля.

Целью данной дипломной работы является увеличение маневренности автомобиля легкового автомобиля 2ого класса путем уменьшения количества оборотов рулевого колеса от крайних его положений.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение рулевого управления автомобиля

Рулевое управление – совокупность устройств, управляющих направлением движения автомобиля при воздействии на рулевое колесо.

Назначение рулевого управления заключается в преобразовании угла поворота рулевого колеса в угол поворота управляемых колес, а также в обеспечении передачи информации о направлении движения автомобиля водителю. [3]

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления

К конструкции рулевого управления автомобиля предъявляются функциональные и экономические требования, а также требования по надежности и безопасности.

Особое внимание уделяется требованиям по надежности конструкции, т.к. в случае неисправности какой-либо из деталей вероятность возникновения аварийной ситуации достаточно велика. Учитывая высокую скорость, а также постоянно увеличивающуюся динамику движения автомобилей, такие ситуации приводят не только к повреждению транспортных средств, но и к травматизму среди участников дорожного движения. Исходя из этого на этапе проектирования конструктору необходимо обеспечить надежность всех резьбовых соединений по средствам применения стопорных шайб, шплинтов или самоконтрящихся гаек, строго регламентировать моменты затяжки. Для деталей, передающих усилия, такие как тяги, поворотные рычаги, шарниры, подбираются материалы с большим относительным удлинением. За счет этого исключается разрушение деталей и в случае возникновения чрезмерных нагрузок такие детали пластически деформируются. [4]

Особые требования по трамвобезопасности предъявляются к рулевой колонке и рулевому колесу. Так вал рулевого колеса в случае аварии должен

иметь возможность изгибаться или расцепляться, а остальные детали рулевой колонки в свою очередь не должны препятствовать этому процессу. [7] Рулевое колесо должно деформироваться при ударе и поглощать передаваемую ему энергию. Разрушение рулевого колеса с образованием острых кромок и осколков не допустимо. В рулевом механизме должны быть минимизированы люфты. С этой целью в конструкцию вводятся механизмы компенсации или обеспечивается возможность их легкого устранения.

Экономические требования к рулевому управлению такие же, как и требования, предъявляемые к большинству систем автомобиля: уменьшение габаритов и массы, сокращение стоимости, упрощение конструкции и технологии изготовления и сборки.

Одним из функциональных требований к рулевому управлению является легкость управления. Этот параметр оценивается через усилие на рулевом колесе. Значения усилия для различных режимов эксплуатации регламентирует ОСТ 27.001.487-88 «Управляемость и устойчивость автомобилей. Общие технические требования». Так для автомобиля с усилителем рулевого управления, стоящего на месте, это усилие не должно превышать 60Н. При движении этот показатель должен быть в пределах 10...20Н, а в случае отказа усилителя быть не более 300Н.

Также регламентируется стабилизация управляемых колес, т.е. их возврат в положение обеспечивающее, прямолинейное движение при отпуске рулевого колеса. По условиям ГОСТ 37.001.487-88 при возврате рулевого колеса исключаются колебания и допускается не более одного перехода через нулевую зону.

Информативность управления должна обеспечиваться за счет монотонного возрастания усилия на рулевом колесе с увеличением бокового ускорения до $4,5 \text{ м/с}^2$. Это условие также входит в выше указанный ГОСТ. Помимо этого, должна предотвращаться передача на рулевое колесо сил, действующих на управляемые колеса со стороны дороги, а также обеспечиваться отсутствие автоколебаний колес при любых режимах и условиях движения.

Углы поворота рулевого колеса также строго регламентируются в зависимости от категории транспортного средства.

В дополнение к указанным выше законодательным нормируемым требованиям, необходимо также обеспечивать ненормируемые потребительские качества. К ним можно отнести точность и плавность работы рулевого управления. Обеспечение оптимальных характеристик управления на стадии конструирования и разработки практически невозможно, поэтому зачастую их достижение осуществляется на этапе доводочных работ.

1.3 Классификация конструкций рулевого управления

Рулевое управление транспортных средств можно классифицировать по способу поворота, типу рулевого механизма, принципу действия и типу усилителя.

Выделяют следующие способы изменения направления движения:

- за счет поворота колес;
- за счет поворота оси;
- за счет складывания рамы
- силовой способ.

Поскольку 3 последние способа получили применение только в спец.технике дальнейшая классификация и обзор конструкций будут приведены для способа изменения направления движения с помощью управляемых колес.

Выделяют рулевые механизмы следующих типов:

- шестерня-рейка;
- глобоидальный червяк-ролик;
- винт-шариковая гайка.

По типу привода усилители рулевого управления классифицируют следующим образом:

- электрические;
- гидравлические;

- электрогидравлические.

По принципу действия классифицируются адаптивные и неадаптивные усилители рулевого управления.

1.4 Обзор и тенденции развития конструкций рулевого управления

Конструкции рулевого управления можно классифицировать по типу рулевого механизма и по типу усилителя.

По типу механизма: шестерня-рейка, глобоидальный червяк-ролик и винт-шариковая гайка.

На современных легковых автомобилях наибольшее распространение получили реечные рулевые механизмы. Конструкция представляет собой шестерню, установленную на валу рулевого колеса и находящуюся в зацеплении с зубчатой рейкой, которая в свою очередь соединена с поворотными кулаками с помощью тяг. Тяги могут крепиться к краям рейки соединением в виде шара, при этом часть дорожных нагрузок может распределяться между элементами подвески. В случае крепления тяг к середине рейки большая часть этих нагрузок передается на руль. При вращении рулевого колеса осуществляется перемещение рейки влево или вправо, что влечет за собой изменения углов поворота управляемых колес автомобиля. [8]

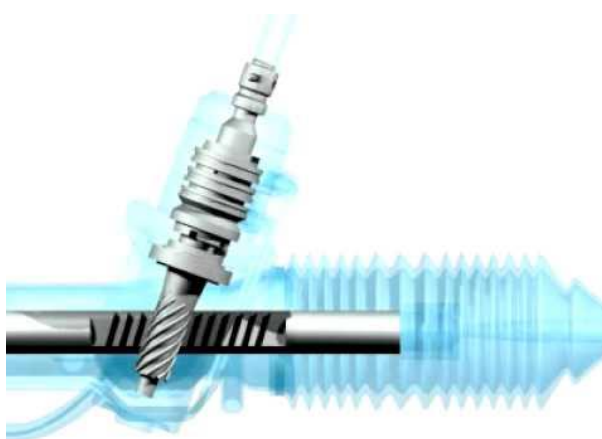


Рисунок 1.1 - Рулевой механизм типа шестерня-рейка

Причинами популярности данной конструкции является ее простота (меньшее количество тяг и шарниров относительно других технических ре-

шений), небольшая масса и стоимость, высокий КПД. За счет использования меньшего количества шарниров такой механизм обладает более высокой жесткостью, что обеспечивает лучшую точность управления. За счет своих компактных размеров такая конструкция обладает компоновочными преимуществами и оставляет достаточно места в подкапотном пространстве для размещения других систем автомобиля.

К недостаткам реечного рулевого механизма можно отнести чувствительность к силам, воздействующим со стороны дороги, а также передачу этих сил на рулевое колесо. Сложности установки такой конструкции на автомобили с зависимой подвеской управляемых колес ограничивают область применения реечного механизма легковыми и малыми коммерческими автомобилями. [6]

Рулевой механизм типа «глобоидальный червяк-ролик» представляет собой конструкцию, состоящую из глобоидального червяка (с переменным диаметром) соединенным с рулевым валом и находящимся в зацеплении с роликом установленным на вале вместе с сошкой. Сошка соединяется с поворотными колесами с помощью тяг. При повороте рулевого колеса происходит обкатывание ролика по червяку, что приводит к повороту сошки и изменению углов поворота колес.

Механизм такого типа в сравнении с реечным имеет меньшую чувствительность к силам, действующим со стороны дороги, обеспечивает лучшую маневренность за счет больших максимальных углов поворота колес, допускает передачу больших усилий и хорошо komponуется с зависимой подвеской. Ввиду этих преимуществ механизм типа «глобоидальный червяк-ролик» получил широкое применение на малотоннажных грузовых автомобилях, автобусах и автомобилях повышенной проходимости. [2]

Однако, сложность данной конструкции, обусловленная наличием дополнительной тяги и маятниковым рычагом, дороговизна, низкий КПД, а также необходимость периодических регулировок ограничивают применение

данного решения на легковых автомобилях, на которых в настоящее время оно практически полностью вытеснено шестерней-рейкой.

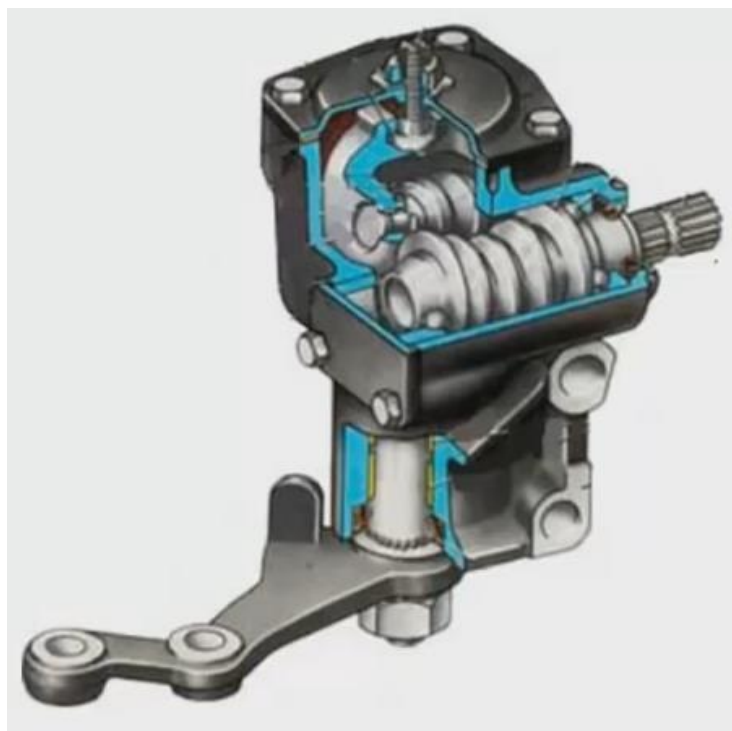


Рисунок 1.2 - Рулевой механизм типа глобоидальный червяк-ролик

Для тяжелых грузовых автомобилей и автобусов используют механизм типа «винт-шариковая гайка». Конструкция представляет собой вал с винтовой канавкой и перемещающейся на нем гайкой. Гайка имеет внешнюю зубчатую часть, которая поворачивает вал сошки. С целью уменьшения трения в механизме передача усилий происходит с помощью шариков,двигающихся в канавке, что позволяет сохранить преимущества червячной передачи при большем КПД. Также данная конструкция хорошо комплектуется с гидравлическим усилителем. Недостатки аналогичны предыдущему решению, стоимость такого механизма еще выше.



Рисунок 1.3 - Рулевой механизм типа винт-шариковая гайка

Применение усилителей обусловлено необходимостью увеличения точности и быстродействия рулевого управления на высоких скоростях, а также желанием снизить общую физическую нагрузку на водителя, что в свою очередь тоже положительно сказывается на безопасности движения.

Усилители рулевого управления по принципу своего действия разделяют на адаптивные и неадаптивные. Принципиально неадаптивный усилитель состоит из силового элемента, создающего дополнительное усилие и управляющего элемента, включающего и выключающего силовой элемент. В конструкцию адаптивного усилителя также входят электронный блок управления, принимающий сигналы с различных датчиков и исполнительное устройство воздействующее на силовой элемент. В зависимости от скорости движения автомобиля и других показателей датчиков коэффициент усиления может изменяться. Так, например, при движении по парковке с небольшой скоростью усилие поворота рулевого колеса снижается, а по мере увеличения скорости усилие увеличивается. Очевидно, что такая система сложнее и обладает более высокой стоимостью.

В современных легковых автомобилях наибольшее распространение получили усилители с электрическим, гидравлическим и электрогидравлическим (комбинированным) типами приводов.

Гидравлический усилитель рулевого управления представляет собой конструкцию, состоящую из гидравлического насоса, приводимого от двигателя автомобиля, резервуара, гидравлического цилиндра и распределительного элемента. Распределительный элемент представляет собой золотник, установленный на входном вале рулевого механизма, который в случае возникновения момента в механизме направляет в гидроцилиндр рабочую жидкость. Основным преимуществом такой конструкции перед неадаптивным электроусилителем является хорошая информативность рулевого управления. Кроме того, она обладает конкурентной ценой по сравнению с адаптивным электрическим и электрогидравлическим усилителями. Главный недостаток — это постоянная работа ГУР при включенном двигателе, происходит

постоянный отбор мощности, увеличивается расход топлива и как следствие труднее достигается соответствие нормам токсичности. Также, в целом, система сложнее и менее надежна в сравнении с ЭУР за счет наличия приводного ремня, шлангов и сальников. В случае поломки усилителя происходит потеря жидкости и движение автомобиля становится невозможным.

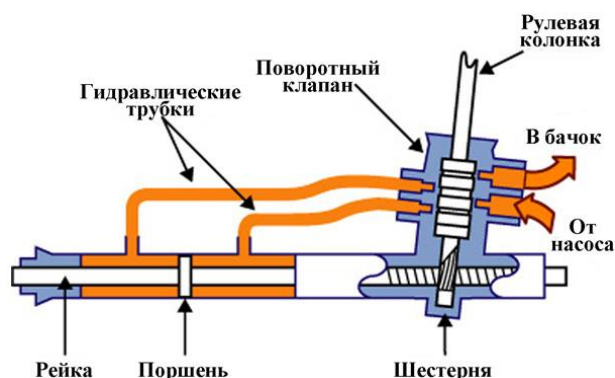


Рисунок 1.4 - Схема работы гидравлического усилителя

Электрический усилитель состоит из электродвигателя, выполняющего функцию силового элемента, и управляющего электронного блока. Силовой элемент может устанавливаться как на рулевом механизме, так и на рулевой колонке, что предпочтительнее с точки зрения компоновки моторного отсека. Данная конструкция усилителя лишена недостатков гидравлического. Так как электромотор работает только при повороте рулевого колеса, а также учитывая, что его КПД превосходит этот же показатель гидравлического насоса, не происходит увеличение расхода топлива, и достижение норм токсичности обеспечивается легче. Надежность такой системы выше, чем гидравлической и в случае поломки автомобиль сохраняет возможность движения своим ходом. Использование ЭУР открывает возможности внедрения вспомогательных систем, таких как помощник парковки.



Рисунок 1.5 - Электрический усилитель, расположенный на рулевой колонке

В конструкции электрогидравлического усилителя помимо элементов ГУР присутствуют электродвигатель и электронный блок управления. Усилие на рулевом колесе также поддерживается давлением рабочей жидкости, которое создается насосом, приводимым от электродвигателя, т.е. независимо от силового агрегата автомобиля. Регулирование движения жидкости по контурам происходит также, как и в базовой конструкции с помощью золотника. Дополнительно в золотник устанавливается датчик скорости поворота рулевого колеса, который передает данные блоку управления. В такой схеме гидравлический насос включается при необходимости, что позволяет обеспечить легкость и точность маневрирования при малых скоростях, но и сохранять непосредственное управление при больших скоростях. Расход топлива у автомобиля с таким усилителем будет меньше чем у транспортного средства, оснащенного простым гидроусилителем. К недостаткам конструкции можно отнести меньшую надежность, вызванную наличием дополнительных испол-

нительных механизмов и элементов управления, а также более высокую стоимость.



Рисунок 1.6 - Электрогидравлический усилитель

1.5 Выбор и обоснование проектируемого варианта конструкции рулевого управления

В настоящее время российский авторынок и автомобилестроение переживают не лучшие времена. Ввиду нестабильной экономической ситуации и скачков курсов валют, стоимость нелокализованных деталей увеличивается, что в свою очередь приводит к удорожанию автомобилей. Именно поэтому при модернизации особенно важно добиться увеличения потребительских качеств без значительных инвестиций.

Целью данной дипломной работы является улучшение маневренности автомобиля с рулевым механизмом шестерня-рейка.

2 Патентные исследования

2.1 Описание объекта исследований «рулевой механизм»

В данном дипломном проекте модернизируется рулевой механизм типа «шестерня-рейка» легкового автомобиля второго класса LADA Kalina. Рулевой механизм является частью рулевого управления и обеспечивает поворот управляемых колес за счет преобразования вращательного движения рулевого колеса в поступательное движение рулевых тяг.

Рулевой механизм типа «шестерня-рейка» представляет собой устройство, состоящее из приводной шестерни, установленной на двух подшипниках в картере и находящейся с ней в зацеплении зубчатой рейки. Картер механизма соединен с трубой имеющей продольный паз через который к зубчатой рейке крепятся тяги. К рулевым тягам крепятся наконечники с шаровыми шарнирами.

2.2 Недостатки объекта исследования «рулевой механизм»

Рулевой механизм типа «шестерня-рейка» в настоящее время получил наибольшее распространение в автомобилестроении. Обладая небольшими габаритными размерами и массой, такой тип компоновочно выгоднее остальных механизмов с большим количеством тяг. Также и стоимость такого решения меньше. В целом конструкция реечного рулевого механизма достаточно проста и имеет высокий КПД. Вместе с тем такой механизм обладает и некоторыми недостатками. Удары и вибрации от дорожного полотна передаются на рулевое колесо в большей степени по сравнению с другими типами механизмов, что ухудшает комфорт автомобиля и повышает утомляемость водителя. Обеспечивает меньшие углы поворота в сравнении с остальными конструкциями. Также такая конструкция не способна реализовать большие усилия, вследствие чего ограничена применяемость на тяжелых грузовых автомобилях. [9]

2.3 Формирование программы исследования

2.3.1 Формулировка и обоснование целей исследования

Целью данного исследования является улучшение маневренности автомобиля путем снижения оборотов рулевого колеса.

2.3.2 Определение стран проверки

Для проверки на патентную частоту следует выбирать страны с высоко развитой автомобильной промышленностью. На территории таких стран располагаются не только сборочные заводы, но и крупные инженерные центры и дизайн студии. Исторически сложилось, что автомобилестроение получило наибольшее развитие в Европе, США и странах юго-восточной Азии. Поэтому странами для проверки принимаем Великобританию, Германию, Францию, Российскую федерацию, США, Японию и Южную Корею.

2.3.3 Определение категории объекта

Исследуемый объект характеризуется геометрической формой и габаритами входящих в него деталей и узлов. Объект состоит из картера, шестерни, зубчатой рейки и тяг. Находящееся в картере зубчатое колесо, установленное на подшипниках, входит в зацепление с зубчатой рейкой, ход которой ограничивается кольцом и втулкой шарнира тяги. Отсутствие зазора в зацеплении обеспечивает прижимающая рейку пружина. Тяги крепятся к центральной части зубчатой рейки через шарниры. Чехол и защитный колпак, установленные на картере, исключают попадание грязи и влаги в механизм в ходе эксплуатации. При вращении рулевого колеса крутящий момент передается на шестерню. Вращение шестерни вызывает осевое перемещение зубчатой рейки и тяг.

2.3.4 Выбор технических решений, подлежащих исследованию.

Проверку необходимо провести по следующим техническим решениям:

- конструкция рейки;
- конструкция рулевых тяг.

2.3.5 Определение рубрики МПК, индекса УДК

Используем классификацию по МПК 8 редакции.

Алфавитно-предметный поиск производим по следующим словосочетаниям:

- рулевой механизм;
- рулевая рейка.

Получаем следующие результаты:

- B60G;
- F16F.

Расшифровка МПК:

B – различные технологические процессы; транспортирование

F – машиностроение; освещение; отопление; оружие и боеприпасы; взрывные работы

B62 – безрельсовые наземные транспортные средства

F16 – узлы и детали машин; общие способы и устройства, обеспечивающие нормальную эксплуатацию машин и установок; теплоизоляция вообще

B62D – самоходные транспортные средства, прицепы;

F16C – валы; гибкие валы; механические средства для передачи движения в гибкой оболочке; детали кривошипных механизмов; шарниры; шарнирные соединения; вращающиеся конструктивные элементы, не являющиеся элементами передач, невыключаемых и выключаемых муфт или тормозных элементов; подшипники.

F16H – передачи.

2.3.6 Установление ретроспективности патентного поиска.

При установлении ретроспективности патентного поиска следует учитывать, что предложенная модернизация не предполагает каких-либо инновационных решений и изобретений. Согласно существующим международным нормам срок действия патента на изобретение равен 20 годам, для полезной модели 5 годам. Также срок действия патента можно продлить. Для изобретения срок можно увеличить еще на 5 лет, для полезной модели на 3 года. Принимая во внимание вышеизложенное, определяем ретроспективу патентного поиска равной 8 годам.

2.3.7 Регламент патентно-информационного поиска

Вносим в таблицу патенты, имеющие интересующие технические решения и удовлетворяющие выбранной ранее ретроспективе поиска.

Таблица 2.1 - Патентно-информационный поиск

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Классификационные рубрики: УДК, МПК	Страна поиска	Наименование информационной базы (фон-
SUSPENSION STRUT DEVICE	B60G17	США	Интернет-ресурсы: www1.fips
SUSPENSION STRUT FOR A VEHICLE	B60G11 B60G15	ГЕРМАНИЯ	www.ru.es pacenet.co
SUSPENSION STRUT FOR A MOTOR VEHICLE	B60G11 B60G15	ЯПОНИЯ	m ; журналы: «За ру- лем»
SUSPENSION STRUT STRUT ASSEMBLY FOR SUSPENSION OF VEHI-	F16F9 B60G15	США ЮЖНАЯ КОРЕЯ	«Авторе- вью» «Патенты

CLE	F16F9		и лицен- зии»,
SUSPENSION STRUT DE- VICE FOR VEHICLE	B60G15 F16F9	ЮЖНАЯ КОРЕЯ	сборник «Изобре- тения
STRUT ASSEMBLY FOR SUSPENSION	B60G15	ЮЖНАЯ КОРЕЯ	стран ми- ра»
INDEPENDENT STRUT SUSPENSION	B60G11	США	

2.3.8 Анализ результатов патентно-информационного поиска

Проанализировав результаты патентно-информационного поиска отби-
раем в таблицу для дальнейшей проработки следующие патенты:

- Рулевой механизм (Япония);
- Рулевой механизм речного типа(США).

Таблица 2.2 - Общедоступные сведения об уровне вида техники

Предмет поиска (объект исследо- вания, его со- ставные части)	Страна выдачи, вид и № охранного документа. Классифи- кационные индексы	Заявитель (патентооб- ладатель), страна. Но- мер заявки, дата публи- кации	Название изобретения, сущ- ность технического реше- ния, технический результат.	Уро- вень раз- вития вида тех- ники
Рулевой механизм	Япония, патент № CN201512 02301,	Япония, JTEKT CORP, JP20152177	Рулевой механизм речного типа включает в себя шаро- вый шарнир для соединения рейки и рулевой тяги. Ша-	ДА

	МПК: B62D3 B62D7	48, 15 мая 2014	ровый шарнир состоит из шарового пальца и обоймы. Обойма имеет регулируемую поверхность, позволяющую изменять длину обоймы. Положение поверхности регулируется специальным винтом.	
Рулевой механизм реечного типа	США, патент № US2016052539, МПК B62D3 B62D7	Япония, NSK LTD, JP20130123433, 6 ноября 2011	Рейка рулевого механизма состоит из двух частей: сплошной зубчатой и полый цилиндрической. Полая часть выполнена путем гибки металлического листа, края которого стыкуются друг с другом.	ДА

2.3.9 Описание усовершенствованного объекта

Устройство обеспечивает передачу усилия от рулевого колеса к управляемым колесам, а также самовозврат рулевого колеса при отсутствии сопротивления на нем.

В модернизированном механизме количество оборотов шестерни при полном ходе рейки меньше чем в базовом, что обеспечивает более высокую маневренность автомобиля.

2.4 Исследование патентной чистоты усовершенствованного объекта

2.4.1 Обоснование необходимости проведения патентных исследований

Исключительность права на объект интеллектуальной собственности, обеспечивающуюся патентом, определяет необходимость проведения патентного исследования. Патентное право охраняется международными правовыми нормами. Помимо этого, результаты патентного исследования могут быть использованы для определения актуального технического уровня развития.

2.4.2 Цель исследования

Данное исследование проводится с целью определения возможности применения предлагаемого технического решения на территории выбранных государств. Для проведения исследования воспользуемся результатами патентного поиска.

2.4.3 Анализ результатов поиска

Конструктивные признаки технических решений, отобранных в результате патентного поиска, заносятся в таблицу. Определив количество совпадений этих признаков у модернизированного изделия и запатентованных конструкций можно сделать вывод о возможности применения усовершенствованного рулевого механизма на территории ранее выбранных стран.

Таблица 2.3 - Анализ результатов поиска

Существенные признаки	Проектируемый объект	Аналоги	
		Рулевой механизм	Рулевой механизм речного типа
1) закрытый корпус	+	+	+
2) возможность регулировки зазора в зацеплении	+	+	+

3) крепление рулевых тяг шаровым шарниром	+	+	+
4) регулируемая обойма шарового шарнира	-	+	-
5) составная конструкция рейки	-	-	+

На основании анализа таблицы 2.3 можно сделать вывод о том, что предложенная конструкция рулевого механизма не нарушает прав интеллектуальной собственности третьих лиц. Помимо этого, можно отметить, что модернизированный узел не обладает технической новизной и изобретательской составляющей, и, соответственно, не требует оформления заявки на полезную модель.

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

3.1.1 Исходные данные для тягового расчета

Габаритные размеры автомобиля:	3893×1700×1500
Привода ведущих колес автомобиля:	FWD
Число мест для пассажиров:	5
Число передач КПП:	5
КПД трансмиссии:	$\eta_{TP} = 0.9$
Размерность шины:	185/60R14
Максимальная скорость движения:	$v_{\max} = 175 \text{ км/ч}$
Масса автомобиля:	$m_a = 1060 \text{ кг}$
Коэф. аэродинамического сопротивления:	$C_x = 0.37$
Коэф. сопротивления качению:	$f_0 = 0,012$
Максимальный угол подъема:	$i = 0,028$
Обороты двигателя	$\omega_e^{\min} = 1000 \text{ об/мин}$ $\omega_e^{\max} = 6000 \text{ об/мин}$ $\omega_N = 5600 \text{ об/мин}$

3.1.2 Подготовка оставшихся данных

- 1) Определяем полную массу и вес автомобиля:

$$m = m_a + 75 \cdot n + 10 \cdot n = 1060 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1485 \text{ кг} \quad (3.1)$$

где n – число посадочных мест

$$G_{\text{сер}} = m_{\text{сер}} \cdot g = 14553 \text{ Н} \quad (3.2)$$

- 2) Принимая во внимание, что автомобиль имеет привод на передние колеса, распределение веса по осям при полной загрузке будет выглядеть следующим образом:

передняя ось - 60% (855кг)

задняя ось: 40% (570кг)

- 3) Определяем коэффициент обтекаемости:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} = \frac{0.37 \cdot 1.293}{2} = 0.24 \quad (3.3)$$

где $\rho = 1.293$ – плотность воздуха при нормальных условиях;

- 4) Для колеса с выбранной размерностью шин 185/60 R14 определяем радиус качения:

Радиуса качения колеса определяется по формуле:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (3.4)$$

где $\lambda_z = 0.85$ – коэффициент вертикальной деформации шины

$H = 0.6 \cdot B = 0.11 \text{ м}$ – высота профиля шины

$B = 0,185 \text{ м}$ – ширина профиля шины

Получаем $r_k = 273 \text{ мм}$

- 5) Рассчитываем лобовую площадь автомобиля:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r = 0.8 \cdot 1.7 \cdot 1.5 = 2.04 \text{ м}^2; \quad (3.5)$$

где B_r и H_r - ширина и высота автомобиля соответственно, м.

- 6) Определяем коэффициент дорожного сопротивления по следующей формуле:

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left(1 + \frac{v_{\max}^2}{2000} \right) = 0.026 \quad (3.6)$$

- 7) Вычисляем передаточное отношение главной передачи:

$$U_{\text{ГП}} = \frac{\omega_{\max} \cdot r_k}{v_{\max} \cdot U_{\text{КП}}} \quad (3.7)$$

принимая передаточное отношение коробки передач равным передаточному отношению высшей передачи: $U_{\text{КП}} = 0.78$

$$U_{\text{ГП}} = \frac{586 \cdot 273}{48.6 \cdot 0.78} = 4.2$$

3.1.3 Расчет внешнескоростной характеристики двигателя

Определим мощность двигателя необходимую для достижения максимальной скорости движения:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{мп}}} \left(G_a \cdot \psi_v \cdot v_{\max} + k \cdot F \cdot v_{\max}^3 \right) \quad (3.8)$$

$$N_v = \frac{1}{0,9} (14553 \cdot 0.027 \cdot 48.6 + 0,24 \cdot 2.04 \cdot 48.6^3) = 82.8 \text{ кВт}$$

где G_a – полный вес автомобиля;

$\psi_v = 0.3$ - коэффициент дорожного сопротивления при движении автомобиля с максимальной скорости;

$\eta_{mp} = 0.9$ – КПД трансмиссии;

Рассчитаем максимальную мощность двигателя автомобиля:

$$N_e^{\max} = \frac{N_v}{a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3} \quad (3.9)$$

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{628}{586} = 1.071 \quad (3.10)$$

a, b, c = 1 – эмпирические коэффициенты;

$$N_e^{\max} = \frac{77.1}{1.071 + 1.071^2 - 1.071^3} = 83.6 \text{ кВт}$$

Внешняя скоростная характеристика двигателя определяется по формулам:

$$N_e = N_{\max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (3.11)$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (3.12)$$

Строим ВСХ (см. графическую часть, лист графиков тягового расчета).

3.1.4 Расчет передаточных чисел коробки передач

При определении передаточного числа первой передачи нужно учитывать следующие условия:

- тяговая сила на ведущих колесах должна превышать силу сопротивления дороги для обеспечения способности движения автомобиля;

- тяговая сила на ведущих колесах автомобиля должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой, чтобы исключить пробуксовку колес:

$$G_{\text{сц}} \cdot \varphi \geq \frac{M_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{\text{ГП}} \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \quad (3.13)$$

Тогда для U_1 получаем выражение:

$$\frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \geq U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \quad (3.14)$$

В результате вычислений получаем следующие значения :

$$2.79 \geq U_1 \geq 0.15$$

Для последующих расчетов примем $U_1 = 2.23$

Определим остальные передаточные числа:

$$\begin{aligned} U_2 &= \sqrt[3]{U_1^2} \\ U_3 &= \sqrt[3]{U_1} \\ U_4 &= 1 \\ U_5 &= 0.6..0.8 \end{aligned} \quad (3.15)$$

Чтобы обеспечить долговечность зубчатого соединения не следует использовать целое значение передаточного отношения, поэтому для четвертой передачи выбираем

$$U_4 = 0.98$$

Рассчитываем значения остальных передач:

$$U_2 = 1.7 ;$$

$$U_3 = 1.3 ;$$

$$U_5 = 0.78 .$$

3.1.5 Тяговый баланс автомобиля

Тяговая сила автомобиля рассчитывается по следующей формуле:

$$P_T = P_D + P_B + P_{II} \quad (3.16)$$

где P_D - сила дорожного сопротивления;

P_B - сила сопротивления воздуха;

P_{II} - сила сопротивления разгону автомобиля.

Значение этих сил определяются с помощью выражений:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k} ; \quad (3.17)$$

$$P_D = P_{II} + P_f ; \quad (3.18)$$

где $P_{\Pi} = G_a \cdot \sin \alpha$ (3.19)

$$P_f = G_a \cdot \cos \alpha \cdot f \quad (3.20)$$

$$P_B = k \cdot F \cdot v^2 \quad (3.21)$$

Для анализа и решения данного уравнения тягового баланса автомобиля необходимо связать силу тяги и скорость автомобиля:

$$v_a = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \Rightarrow P_T = \frac{\omega_e \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{v_a} \quad (3.22)$$

При помощи этой связи можно решить уравнение тягового баланса и построить графическую зависимость силы тяги от скорости автомобиля (см. графическую часть, лист графиков тягового расчета).

3.1.6 Динамическая характеристика автомобиля

Отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля называют динамическим фактором D . [1] Он показывает какую величину сопротивления дороги автомобиль может преодолеть и на какой скорости

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (3.23)$$

Связь между динамическим фактором и дорожным сопротивлением определяется формулой:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \cdot \delta_{ep} \quad (3.24)$$

где j - ускорение автомобиля;

δ_{ep} - коэффициент, учитывающий вращающиеся массы;

ψ - коэффициент сопротивления дороги.

Производим расчет динамического фактора и строим его график (см. графическую часть, лист графиков тягового расчета).

3.1.7 Расчет ускорений автомобиля

Ускорение автомобиля во время разгона рассчитывают при движении автомобиля по горизонтальному дорожному полотну надлежащего качества, мощность двигателя максимальна, пробуксовка ведущих колес отсутствует.

Формула расчета ускорения имеет следующий вид:

$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{ep}}; \quad (3.25)$$

где $\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2)$ (3.26)

δ_1 – коэффициент учитывающий вращающиеся массы колес;

δ_2 – коэффициент учитывающий вращающиеся массы двигателя;

$$\delta_1 = \delta_2 = 0.03.$$

В результате расчетов получаем следующие значения:

$$\delta_{epI} = 3.7$$

$$\delta_{epII} = 2.58$$

$$\delta_{epIII} = 1.93$$

$$\delta_{epIV} = 1.54$$

$$\delta_{epV} = 1.35$$

Определяем значения ускорений и строим графики (см. графическую часть, лист графиков тягового расчета).

3.1.8 Расчет времени и пути разгона

Чтобы определить зависимость времени разгона от скорости автомобиля необходимо построить и проинтегрировать графики обратных ускорений $1/j$. Минимальные время и путь разгона обеспечиваются выбором точки переключения в точках пересечения графиков обратных ускорений.

$$\Delta t = \frac{1}{j_a} \Delta v \quad (3.27)$$

$$t = \sum \Delta t_i \quad (3.28)$$

Таким же образом определяем путь разгона.

$$ds = v_a \cdot dt \quad (3.29)$$

$$\Delta s = v_a \cdot \Delta t \quad (3.30)$$

$$s = \sum s_i^t \quad (3.31)$$

3.1.9 Мощностной баланс автомобиля

По аналогии с уравнением тягового баланса автомобиля представляем уравнение мощностного баланса автомобиля в следующем виде:

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} \quad (3.32)$$

где N_T - тяговая мощность, мощность на ведущих колесах.

N_{mp} - мощность, теряемая в трансмиссии.

N_f - мощность, потраченная на преодоление сил сопротивлению качения.

$N_{\hat{I}}$ - мощность, потраченная на преодоление подъема.

$N_{\hat{A}}$ - мощность, потраченная на преодоление сопротивления воздуха.

$N_{\hat{E}}$ - мощность, потраченная на преодоление инерции автомобиля.

$N_{\hat{A}}$ - мощность, потраченная на преодоление сопротивления дороги.

Решая уравнение мощностного баланса, мы определяем сопротивление, которое автомобиль может преодолеть на любой скорости. Строим графики мощностного баланса (см. графическую часть, лист графиков тягового расчета).

3.1.10 Топливо-экономическая характеристика автомобиля

При расчете топливо-экономической характеристики рассматривается режим движения автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге. Путевой расход топлива на 100км пути выражается через удельный эффективный расход топлива:

$$g_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot v} \quad (3.33)$$

где ρ_T - плотность топлива, для бензина принимаем 0,72 кг/л.

v - скорость движения автомобиля.

Преобразовывая выражение получаем эффективность мощности N_e :

$$g_{II} = \frac{g_e}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \cdot (P_{\hat{D}} + P_B + P_{II}) \quad (3.34)$$

Для определения расхода топлива в конкретных дорожных условиях необходимо использовать нагрузочную характеристику двигателя, полученную экспериментальным путем. [10] Для упрощения задачи, определим эффективный расход топлива с помощью следующей формулы:

$$g_e = k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \quad (3.35)$$

где k_{CK} и k_{II} - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от ω_e и И двигателя.

$g_{e\min}$ - минимальный удельный расход топлива, для расчетов принимаем

$$g_{e\min} = 290 \text{ г/кВт*ч}$$

Так как для равномерного движения автомобиля $P_{II} = 0$, получаем:

$$g_{II} = \frac{k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \cdot (P_D + P_B)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \quad (3.36)$$

Так как для расчетов был выбран режим движения по горизонтальной дороге принимаем $\alpha = 0$.

Строим график расхода топлива (см. графическую часть, лист графиков тягового расчета).

3.2 Выбор компоновочной схемы объекта

В данной работе поставлена цель улучшить маневренность и управляемость автомобиля путем модернизации рулевого механизма. Данная модернизация позволит сделать рулевое управление более острым и удобным при маневрировании при парковке.

За базовый переднеприводный легковой автомобиль 2ого класса принят ВАЗ 2192 LADA Калина. Данный автомобиль обладает рулевым управлением с механизмом шестерня-рейка с электроусилителем расположенным на рулевой колонке. Рулевой механизм закреплен на щитке моторного отсека, что невыгодно с точки зрения кинематики и способствует передаче шумов и вибраций через рулевое колесо водителю. С другой стороны, такое расположение механизма позволяет исключить из состава автомобиля под-

рамник и сэкономить как в стоимости, так и в массе. Далее будет произведен расчет зацепления механизма шестерня-рейка с параметрами, удовлетворяющими поставленной выше цели.

3.3 Расчет параметров зацепления механизма «шестерня-рейка»

Проводя расчеты параметров зацепления в механизме «шестерня-рейка» следует учитывать, что к такой конструкции предъявляются особые требования по точности и надежности. Данный тип передачи является тихоходным и безззорным, нередко применяется нестандартная геометрия зубьев. [5]

3.3.1 Предварительный расчет вариантов рулевого механизма

Обозначим исходные данные для проверки существования зацепления:

Угол картера рулевого механизма δ (угол между плоскостью, перпендикулярной к оси рейки и осью вала-шестерни)	0°
Межосевое расстояние a	14,5 мм
Диаметр рейки d_z	30 мм
Ход рейки l_p	151 мм
Коэффициент высоты головки зуба инструмента для изготовления шестерни h_{aP01}^*	1,25
Коэффициент высоты головки зуба инструмента для изготовления рейки h_{aP02}^*	0,575
Коэффициент радиального зазора зуба шестерни C_1^*	0,125
Коэффициент радиального зазора зуба рейки C_2^*	0,25

Определим остальные параметры необходимые для расчета:

Угол наклона зуба шестерни β_{1-20° при угле исходного контура 15° . Наибольший КПД в такой передаче достигается при $\beta_1 = 0$, обеспечивающим минимальное скольжение в зацеплении и отсутствие осевых нагрузок в подшипниках вала-шестерни. Однако в механизме с переменным передаточным числом выбор $\beta_1 = 0$ может привести к стукам и закусыванию. Это объясня-

ется тем, что на больших углах профильное перекрытие зубьев будет менее единицы. Косозубое зацепление гарантирует большое перекрытие зубьев, и, следовательно, плавность работы и прочность зацепления. Принимаем значение данной величины таким же как для базовой шестерни $\beta_l = 15^\circ$.

Модуль зубьев шестерни, для угла профиля 20° , подбирается принимая во внимание значения прочности шестерни и зуба. Большее значение модуля обеспечивает большую прочность зуба, но при этом уменьшается диаметр впадин зубьев шестерни. Для легковых автомобилей в соответствии с классом существуют рекомендованные диапазоны значений модуля зубьев: для класса А – 1,75...2,0 мм, В – 1,8...2,1 и С – 1,85...2,2 мм. Принимаем модуль зубьев шестерни $m_{n-20^\circ} = 1,85$ мм.

Минимальный угол профиля зубьев рейки выбирается с учетом эффективности рулевого механизма, а также прочности инструмента. Принимаем значение минимального угла профиля зубьев рейки $\alpha_{\text{MIN}} = 25^\circ$.

Максимальный угол профиля зубьев рейки не рекомендуется изготавливать свыше 40° исходя из соображений прочности. Принимаем значение угла $\alpha_{\text{max}} = 39^\circ$.

Значение передаточного числа рулевого механизма определяет число оборотов рулевого колеса и величину усилия на нем. Определяется как частное хода рейки в миллиметрах и числа оборотов шестерни. Принимаем целевое количество оборотов шестерни и, соответственно, рулевого колеса равное 3.

Тогда $H_{\text{min}} = 151/3 = 50,33$ [мм/об].

3.3.2 Проверка существования зубчатого зацепления

3.3.2.1 Угол наклона зуба шестерни для минимального угла профиля зуба рейки и число зубьев шестерни

Определяем угол наклона зуба шестерни для минимального угла профиля зуба рейки по следующей формуле:

$$\beta_{I\min} = \arcsin\left(\frac{\sin \beta_{I-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ}{\cos \alpha_{\min}}\right) \quad (3.37)$$

$$\beta_{I\min} = \arcsin\left(\frac{\sin 15^\circ \cdot \cos 20^\circ}{\cos 25^\circ}\right) = 15,58^\circ$$

Зная значение угла наклона зуба шестерни вычисляем количество зубьев шестерни:

$$z_1 = \frac{H_{\min} \cdot \cos \alpha_{\min} \cdot \cos(\delta - \beta_{I\min})}{\pi \cdot m_{n-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ} \quad (3.38)$$

$$z_1 = \frac{50,33 \cdot \cos 25^\circ \cdot \cos(0^\circ - 15,58^\circ)}{\pi \cdot 1,85 \cdot \cos 20^\circ} = 8,04$$

Полученное значение округляем до целого и в результате $z_1 = 8$

3.3.2.2 Угол наклона зуба шестерни для максимального угла профиля зуба рейки и максимальное передаточное число рулевого механизма

Угла наклона зуба шестерни для максимального угла профиля вычисляем по формуле:

$$\beta_{I\max} = \arcsin\left(\frac{\sin \beta_{I-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ}{\cos \alpha_{\max}}\right) \quad (3.39)$$

$$\beta_{I\max} = \arcsin\left(\frac{\sin 28^\circ \cdot \cos 20^\circ}{\cos 39^\circ}\right) = 18,22^\circ$$

Рассчитываем максимальное передаточное число рулевого механизма:

$$H_{\max} = \frac{\pi \cdot m_{n-20} \cdot z_1 \cdot \cos 20^\circ}{\cos \beta_{I\max} \cdot \cos \alpha_{\max}} \quad (3.40)$$

$$H_{\max} = \frac{\pi \cdot 1,85 \cdot 8 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 18,22^\circ \cdot \cos 39^\circ} = 59,194$$

3.3.2.3 Минимальный коэффициент смещения исходного контура шестерни

Чтобы обеспечить максимальное профильное перекрытие в зацеплении, значение минимального коэффициента смещения исходного контура шестерни выбирается как максимальное из следующих выражений:

$$\begin{cases} x_{n1-\min}^{(1)} = h_{aP01}^* - \frac{\left[1 - \frac{1}{1 + (\operatorname{tg} 20^\circ / \cos \beta_{1-20^\circ})^2}\right] \cdot z_1}{2 \cdot \cos \beta_{1-20^\circ}} - C_2^* \\ x_{n1-\min}^{(2)} = h_{aP01}^* - 0,2 \cdot (1 - \sin 20^\circ) - \frac{\sin^2 \alpha_{wt} \cdot z_1}{2 \cdot \cos \beta_{1-20^\circ}} \end{cases} \quad (3.41)$$

α_{wt} - угол зацепления в торцовом сечении на начальной окружности определяется по следующей формуле:

$$\alpha_{wt} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos \beta_{1-20^\circ}} \quad (3.42)$$

$$\alpha_{wt} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 15^\circ} = 20,63^\circ$$

Тогда в результате вычислений: $x_{n1-\min}^1 = 0,485$ и $x_{n1-\min}^2 = 0,604$

3.3.2.4 Максимальный коэффициент смещения исходного контура шестерни

Значение коэффициента определяется из условия обеспечения отсутствия заострения зубьев шестерни. Для обеспечения прочности толщина головки зуба шестерни должна быть не менее $0,4 \cdot m_{n-20^\circ}$. Чтобы избежать заострения зубцов штампа при холодной штамповки рейки, радиус выкружки ножки зуба рейки ρ_{min} должен быть более 0,65 мм. Принимаем $\rho_{min} = 0,65$ мм.

Предварительно рассчитываем следующие параметры шестерни:

Диаметр основной окружности шестерни, мм

$$d_{b1} = \frac{m_{n-20^\circ} \cdot z_1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 20^\circ + \cos^2 \beta_{1-20^\circ}}} \quad (3.43)$$

$$d_{b1} = \frac{1,85 \cdot 8}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 20^\circ + \cos^2 15^\circ}} = 14,34$$

Угол наклона зуба шестерни на основной окружности

$$\beta_{b1} = \arcsin(\cos \alpha_0 \cdot \sin \beta_{1-20^\circ}) \quad (3.44)$$

$$\beta_{b1} = \arcsin(\cos 25^\circ \cdot \sin 15^\circ) = 13,58^\circ$$

Диаметр начальной окружности шестерни, мм

$$d_{01} = \frac{z_1 \cdot m_{n-20^\circ}}{\cos \beta_{1-20^\circ}} \quad (3.45)$$

$$d_{01} = \frac{8 \cdot 1,85}{\cos 15^\circ} = 15,32$$

Текущее значение коэффициента смещения исходного контура x_{n1} должно обеспечивать выполнение неравенства:

$$d_{a1} > d_{a1\max} \quad (3.46)$$

$$\frac{d_{b1}}{\cos \alpha_{MI}} + 2 \cdot \rho_{\min} > 2 \cdot m_{n-20^\circ} \cdot (h_{aP02}^* + x_{n1}) + d_{01} \quad (3.47)$$

где α_{MI} - текущее значение угла зацепления на головке зуба шестерни

α_{MI} определяется из формулы:

$$\operatorname{inv} \alpha_{MI} = \frac{S_{bt1}}{d_{b1}} - \frac{2 \cdot \rho_{\min}}{z_1 \cdot m_{n-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ} = \tan \alpha_{MI} - \alpha_{MI} \quad (3.48)$$

Выбираем $x_{n1} = 0,9$ и вычисляем следующие параметры:

толщина зуба на основной окружности в торцовом сечении:

$$S_{bt1} = \frac{m_{n-20^\circ} \cdot \cos \alpha_{wt} \cdot (2 \cdot x_{n1-\max} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + 0,5 \cdot \pi)}{\cos \beta_{1-20^\circ}} + d_{b1} \cdot \operatorname{inv} \alpha_{wt} \quad (3.49)$$

$$S_{bt1} = \frac{1,85 \cdot \cos 20,63^\circ \cdot (2 \cdot 0,9 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + 0,5 \cdot \pi)}{\cos 15^\circ} + 14,34 \cdot \operatorname{inv} 20,63^\circ = 4,23$$

диаметр вершин зубьев шестерни:

$$d_{a1} = 2 \cdot m_{n-20^\circ} \cdot (h_{aP02}^* - C_I^* + x_{n1-\max}) + d_{01} \quad (3.50)$$

$$d_{a1} = 2 \cdot 1,85 \cdot (0,575 - 0,125 + 0,9) + 15,32 = 20,32$$

угол наклона зуба на диаметре головки зуба шестерни:

$$\beta_{a1} = \arctan \frac{\operatorname{tg} \beta_b \cdot d_{a1}}{d_{b1}} \quad (3.51)$$

$$\beta_{a1} = \arctan \frac{\operatorname{tg} 13,58^\circ \cdot 20,32}{14,34} = 18,85^\circ$$

угол зацепления в торцовом сечении на окружности головки зуба шестерни:

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} \quad (3.52)$$

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{14,34}{20,32} = 45,09^\circ$$

толщина головки зуба шестерни в нормальном сечении:

$$S_{an1} = \left(\frac{S_{bn1}}{d_{b1}} - \operatorname{inv} \alpha_{ta} \right) \cdot d_{a1} \cdot \cos \beta_a \quad (3.53)$$

$$S_{an1} = \left(\frac{4,23}{14,34} - \operatorname{inv} 45,09^\circ \right) \cdot 20,32 \cdot \cos 18,85^\circ = 0,74$$

Производим проверку правильности выбора значения x_{n1} :

$$\operatorname{inv} \alpha_{M1} = \frac{4,23}{14,34} - \frac{2 \cdot 0,65}{8 \cdot 1,85 \cdot \cos 20^\circ}$$

$$\alpha_{M1} = 45,95^\circ$$

В результате получаем:

$$d_{a1} = 21,92 > d_{a1\max} = 20,78$$

3.3.2.5 Диаметр впадин зубьев шестерни

Рассчитываем диаметр впадин с учётом принято коэффициента смещения по формуле:

$$d_{f1} = \left(2 \cdot x_{n1} \cdot \cos \beta_{1-20^\circ} + z_1 \right) \cdot \frac{m_{n-20^\circ}}{\cos \beta_{1-20^\circ}} - 2 \cdot h_{ap01}^* \cdot m_{n-20^\circ} \quad (3.54)$$

$$d_{f1} = \left(2 \cdot 0,9 \cdot \cos 28^\circ + 8 \right) \cdot \frac{1,85}{\cos 15^\circ} - 2 \cdot 1,25 \cdot 1,85 = 14,03 \text{ мм}$$

3.4 Расчёт параметров шестерни рулевого механизма

Шестерня будет изготавливаться на традиционном оборудовании. Вычисляем стандартные параметры шестерни для последующего занесения их в чертеж.

3.4.1 Высоты головки зуба шестерни

Высоты головки зуба шестерни находится по формуле:

$$h_{a1}^* = h_{ap02}^* - C_1^* \quad (3.55)$$

$$h_{a1}^* = 0,575 - 0,125 = 0,45$$

3.4.2 Торцовый угол (угол зацепления в торцовом сечении)

$$\alpha_{wt} = \arctg(\operatorname{tg} 20^\circ / \cos \beta_1) \quad (3.56)$$

$$\alpha_{wt} = \arctg(\operatorname{tg} 20^\circ / \cos 15^\circ) = 20,63^\circ$$

3.4.3 Диаметр окружности головки зуба шестерни

Определяется с учетом выбранного коэффициента смещения:

$$d_{a1} = d_{01} + 2 \cdot m_n \cdot (h_{a1}^* + x_{n1}) \quad (3.57)$$

$$d_{a1} = 15,32 + 2 \cdot 1,85 \cdot (0,45 + 0,9) = 20,32 \text{ мм}$$

3.4.4 Диаметр активной окружности ножки зуба шестерни

Определяется в зависимости от значения коэффициента В:

$$B = 0,5 \cdot d_{01} \cdot \sin \alpha_{wt} - \frac{m_n}{\sin \alpha_{wt}} \cdot (h_{ap01}^* - x_{n1} - C_2^*) \quad (3.58)$$

$$B = 0,5 \cdot 15,32 \cdot \sin 20,63^\circ - \frac{2}{\sin 20,63^\circ} \cdot (1,25 - 0,9 - 0,25) = 2,18$$

При значении $B \geq 0$, диаметр окружности головки зуба шестерни определяется по формуле:

$$d_{Nf1} = 2 \cdot \sqrt{B^2 + (0,5 \cdot d_{b1})^2} \quad (3.59)$$

При $B < 0$, $d_{Nf1} = d_{b1}$

В данном расчёте $B > 0$, следовательно

$$d_{Nf1} = 2 \cdot \sqrt{2,18^2 + (0,5 \cdot 14,34)^2} = 14,98 \text{ мм}$$

3.4.5 Высота зуба шестерни

$$h_1 = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{2} \quad (3.60)$$

$$h_1 = \frac{20,32 - 14,98}{2} = 3,15 \text{ мм}$$

3.4.6 Угол зацепления в торцовом сечении на окружности головки зуба шестерни при принятом коэффициенте смещения исходного контура

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} \quad (3.61)$$

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{14,34}{20,32} = 45,09^\circ$$

3.4.7 Торцовый модуль

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta_1} \quad (3.62)$$

$$m_t = \frac{2}{\cos 15^\circ} = 1,92$$

3.4.8 Радиальный зазор шестерни

$$C_1 = m_n \cdot C_1^* \quad (3.63)$$

$$C_1 = 1,85 \cdot 0,125 = 0,23$$

3.4.9 Шаг на основной окружности

$$P_b = \pi \cdot m_n \cdot \cos 20^\circ \quad (3.64)$$

$$P_b = \pi \cdot 1,85 \cdot \cos 20^\circ = 5,46$$

3.4.10 Коэффициент смещения исходного контура в торцовом сечении

$$x_{t1} = x_{n1} \cdot \cos \beta_1 \quad (3.65)$$

$$x_{t1} = 0,9 \cdot \cos 15^\circ = 0,795$$

3.4.11 Толщина зуба на основной окружности в торцовом сечении

$$S_{bt1} = (2 \cdot x_{n1} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + 0,5 \cdot \pi) \cdot m_{t1} \cdot \cos \alpha_{wt} + d_{b1} \cdot \operatorname{inv} \alpha_{wt} \quad (3.66)$$

$$S_{bt1} = (2 \cdot 0,9 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + 0,5 \cdot \pi) \cdot 1,92 \cdot \cos 20,63^\circ + 14,34 \cdot \operatorname{inv} 20,63^\circ = 4,23 \text{ мм}$$

3.4.12 Угол наклона зуба шестерни на окружности головки зуба

$$\beta_{a1} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \beta_b \cdot d_{a1}}{d_{b1}} \quad (3.67)$$

$$\beta_{a1} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} 13,58^\circ \cdot 20,32}{14,34} = 18,85^\circ$$

3.4.13 Толщина головки зуба шестерни в нормальном сечении

$$S_{an1} = \left(\frac{S_{bt1}}{d_{b1}} - \operatorname{inv} \alpha_{ta} \right) d_{a1} \cos \beta_{a1} \quad (3.68)$$

$$S_{an1} = \left(\frac{5,03}{9,97} - \operatorname{inv} 45,09^\circ \right) 20,32 \cdot \cos 18,85^\circ = 1,51 \text{ мм}$$

3.4.14 Толщина зуба шестерни на начальной окружности в нормальном сечении

$$S_{n01} = (0,5 \cdot \pi + 2 \cdot x_{n1} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) \cdot m_n \quad (3.69)$$

$$S_{n01} = (0,5 \cdot \pi + 2 \cdot 0,9 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) \cdot 2 = 4,12 \text{ мм}$$

3.4.15 Толщина зуба шестерни на начальной окружности в торцовом сечении

$$S_{t01} = \frac{S_{n01}}{\cos \beta_1} \quad (3.70)$$

$$S_{t01} = \frac{4,12}{\cos 15^\circ} = 4,66 \text{ мм}$$

3.4.16 Измеряемое число зубьев шестерни при измерении общей нормали

$$z' = \frac{\sqrt{0,25 \cdot (d_{Nf1} + d_{a1})^2 - d_{b1}^2} - S_{bt1} \cos^2 \beta_{b1}}{P_b \cos \beta_{b1}} + 1 \quad (3.71)$$

$$z' = \frac{\sqrt{0,25 \cdot (14,98 + 20,32)^2 - 14,34^2} - 4,23 \cdot \cos^2 13,58^\circ}{5,46 \cdot \cos 13,58^\circ} + 1 = 2,187$$

Полученное значение следует округлить в меньшую сторону и в итоге получаем $z'=2$

3.4.17 Длина общей нормали

$$W = (z' - 1) \cdot P_b + S_{br1} \cdot \cos \beta_{b1} \quad (3.72)$$

$$W = (2 - 1) \cdot 5,46 + 4,23 \cdot \cos 13,58^\circ = 9,57$$

3.4.18 Минимальная активная ширина шестерни

$$b_{N1} = \frac{2 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot d_z)^2 - [a - 0,5 \cdot d_{a1} \cos(\alpha_{ta} - \alpha_{wt})]^2}}{\cos \delta} + d_{a1} \cdot \sin(\alpha_{ta} - \alpha_{wt}) \cdot |\operatorname{tg} \delta| \quad (3.73)$$

$$b_{N1} = \frac{2 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 30)^2 - [14,5 - 0,5 \cdot 20,32 \cdot \cos(45,09^\circ - 20,63^\circ)]^2}}{\cos 0} + 17,45 \cdot \sin(45,09^\circ - 20,63^\circ) \cdot |\operatorname{tg} 0|$$

$$b_{N1} = 28,1 \text{ мм}$$

3.5 Расчёт усилия на рулевом колесе

Усилие, которое водитель прикладывает к рулевому колесу определяется по следующей формуле:

$$P_{PK} = \frac{M_C}{U_w \times \eta_{PM} \times \eta_{PI} \times R_{PK}} \quad (3.74)$$

где M_C - момент сопротивления повороту управляемых колес;

U_w - кинематическое передаточное число рулевого управления;

η_{PM} - КПД рулевого механизма;

η_{PI} - КПД рулевого привода;

R_{PK} - радиус рулевого колеса

Радиус рулевого колеса для данного автомобиля $R_{PK} = 0,175 \text{ м}$;

$$\eta_{PM} = 0,85; \quad \eta_{PI} = 0,8.$$

Кинематическое передаточное число рулевого механизма рассчитывается по формуле:

$$U_w = \frac{\alpha_{PK}}{\alpha_K} \quad (3.75)$$

α_{PK} - угол поворота рулевого колеса;

α_K - угол поворота управляемых колес.

$$\text{Тогда } U_w = \frac{1080}{69.63} = 16.22$$

Момент сопротивления повороту управляемых колес вычислим с помощью следующего выражения:

$$M_C = \frac{S_I}{3} \sqrt{\frac{M_{A1}}{P_w}} = \frac{0.8}{3} \sqrt{\frac{7000}{200000}} = 349 \quad (3.76)$$

$$\text{Тогда } P_{PK} = \frac{349}{16.22 \times 0.85 \times 0.8 \times 0.175} = 181$$

Согласно ГОСТ Р 52302-2004 для данного класса транспортных средств усилие на руле при повороте управляемых колес автомобиля, находящегося без движения, не должно превышать 60Н. Согласно результатам расчетов, это значение существенно превышено. Однако ввиду наличия в конструкции рулевого управления электрического усилителя, усилие на рулевом колесе достигнет целевого значения и автомобиль будет соответствовать требованиям государственного стандарта.

4 Технологическая часть

4.1 Анализ изменения конструкции рулевого механизма, приводящего к изменению технологического процесса

ГОСТ 3.1109-82 устанавливает термины и определения основных понятий в области технологических процессов изготовления и ремонта изделий машиностроения и приборостроения. Согласно этому документу технологический процесс является частью производственного процесса, содержащей целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Он может относиться как самому изделию, так и к его составным частям. Также это определение может быть применено к методам обработки, формообразования и сборки. Различают единичный, типовой и групповой технологические процессы. Единичным называют процесс изготовления изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства. Процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками называют типовым. Для группового технологического процесса характерны изделия с различными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Технологический процесс состоит из операций. Технологическая операция — это действие, выполняемое непрерывно на одном рабочем месте, над одним или несколькими объектами, одним или группой рабочих. Различают также вспомогательные операции. К ним относят все действия, связанные с маркировкой, транспортировкой, измерением и т.д.

Предложенный вариант модернизации конструкции рулевого механизма не требует изменения технологического процесса сборки, т.к. детально-узловой состав механизма сохранился без изменений. Уменьшение количества оборотов рулевого колеса в модернизированном варианте достигается за счет изменения параметров зацепления шестерни и рейки. Сохранение существующего технологического процесса позволяет избежать дополнительных затрат на приобретение нового или переналадку существующего оборудова-

ния, разработку и изготовление специальных приспособлений, а также переобучения работников.

4.2 Общие требования к технологичности конструкции рулевого механизма

Технологичностью называют комплексную характеристику изделия, которая показывает уровень удобства изготовления, сборки и обслуживания. Технологичность не имеет конкретного численного показателя и единиц измерения. Ее можно оценить путем сравнения детали с аналогичными изделиями или с существующим уровнем развития техники.

Технологичность изделия закладывается на стадии разработки конструктором совместно с технологом. В ее основе находятся стандартизация и унификация.

Целью унификации заключается в приведении к единообразной форме многообразия технических и технологических решений. В автомобилестроении унификация направлена на уменьшение количества различных конструкций, использованию общих узлов или платформ для различных автомобилей. Это позволяет сократить сроки разработки и запуска в производства автомобиля, снизить его конечную стоимость. Унификация характерна для всех классов автомобилей начиная от бюджетных и заканчивая премиальными. Концерны разрабатывают платформы, которые в последствие используются на автомобилях различных брендов. Нередко при отсутствии необходимого опыта, производитель просто покупает платформу у другой компании.

Целью стандартизации является аккумулирование знаний и последующее их применение в разработке, производстве и обслуживании, с целью обеспечения надлежащего качества и безопасности изделия для потребителя и окружающей среды, а также снижения различного вида издержек при изготовлении, сборке, эксплуатации и обслуживании.

В современном автомобилестроении сборка мелких узлов отдается компаниям поставщикам, непосредственно на сборочных заводах прособираются в основном крупные узлы. Такое решение уменьшает трудоемкость сборки и обеспечивает высокий уровень качества автомобиля. Механические приспособления и специальный инструмент позволяют увеличить производительность труда рабочих, а в случае использования электроинструмента существует возможность организации автоматизированной системы контроля.

Предлагаемая модернизированная конструкция рулевого механизма удовлетворяет вышеуказанные требования: часть деталей унифицированы с деталями рулевых механизмов других автомобилей, при сборке используются специальные приспособления и инструмент.

4.3 Разработка технологической схемы сборки рулевого механизма

Конечным результатом сборочного процесса является рулевой механизм легкового переднеприводного автомобиля второго класса.

Технологическая схема сборки узла должна быть разработана с учетом следующих требований:

- габаритные размеры, массы и количество входящих в узел сборочных единиц должно быть оптимальным и обеспечивать приемлемую трудоемкость;
- выбор базовой детали узла должен обеспечивать удобство сборки и точность установки других деталей;
- следует избегать частичного и полного демонтажа уже установленных деталей;
- при необходимости проведения специализированных испытаний или дополнительной обработки нескольких деталей их следует объединить в отдельную сборочную единицу.

Разработка технологической схемы сборки проводится на основании конструкторской документации силами работников технологической службы

предприятия. На основании этого можно сделать первичные выводы о технологичности узла, т.к. в нем полностью отражена номенклатура входящих изделий, а также последовательность сборки.

4.4 Составления перечня сборочных работ

Перечень сборочных работ для модернизированного рулевого механизма составляется с учетом последовательности операций и их длительности. В таблице необходимо также отразить наименование входящих деталей, узлов, крепежных изделий и их количество, а также наличие специальных приспособлений и инструмента.

Таблица 4.1. - Перечень сборочных работ

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
1	2	3
1. Сборка рулевого механизма		
1	Взять картер рулевого механизма в сборе и провести его визуальный осмотр.	0.3
2	Зафиксировать картер рулевого механизма в специальном приспособлении.	0.5
3	Установить в картер направляющую втулку.	0.3
4	Взять рейку рулевого механизма и провести ее визуальный осмотр.	0.3
5	На зубчатую и цилиндрическую части рейки нанести пластичную смазку ТТМ 1.97.0800-2005.	0.5
6	Установить рейку в картер.	0.3
7	Взять шестерню рулевого механизма в сборе и провести ее визуальный осмотр.	0.3
8	На зубчатую часть шестерни нанести пластичную смазку ТТМ 1.97.0800-2005.	0.3

9	Установить шестерню в картер.	0.3
10	Взять и установить кольцо уплотнительное.	0.3
11	Взять и установить сепаратор с роликами в сборе.	0.3
12	Используя оправку установить крышку картера рулевого механизма в сборе на шестерню.	0.5
13	Взять две шайбы и два болта крепления крышки картера. Наживить шайбы на болты.	0.2
14	Наживить болты и затянуть гайковертом.	0.5
15	Взять и установить вкладыш упора рейки в картер.	0.3
16	Взять упор рейки и уплотнительное кольцо. Установить кольцо на упор.	0.3
17	Установить упор рейки в картер.	0.3
18	Взять и установить пружину в упор рейки.	0.2
19	Взять гайку упора рейки, наживить и затянуть.	0.5
20	Взять и установить заглушку в гайку упора рейки.	0.2
21	Взять и установить колпак защитный левый на картере.	0.3
22	Взять хомут и зафиксировать им левый защитный колпак.	0.3
23	Взять и установить опору тяг рулевой трапеции на рейке.	0.2
24	Взять скобу и зафиксировать ей опору тяг.	0.3
25	Взять и установить чехол рейки рулевого механизма.	0.5
26	Взять два хомута и зафиксировать ими чехол рейки рулевого механизма.	0.6
27	Взять и установить колпак защитный правый на картере.	0.3
28	Взять хомут и зафиксировать им правый защитный колпак.	0.3
29	Взять и установить пластину на чехол рейки, обеспечив соосность отверстий пластины и чехла.	0.3
30	Взять и установить тягу рулевой трапеции левую на	0.3

	пластину, обеспечив соосность отверстия пластины и шарнира тяги.	
31	Взять и установить тягу рулевой трапеции правую на пластину, обеспечив соосность отверстия пластины и шарнира тяги.	0.3
32	Взять и установить пластину на рулевые тяги, обеспечив соосность отверстий пластины и шарниров рулевых тяг.	0.3
33	Взять и установить стопорную пластину, обеспечив соосность отверстий стопорной пластины и пластины рулевых тяг.	0.3
34	Взять болты крепления рулевых тяг, пропустить через отверстия рулевых тяг и пластин, наживить и затянуть гайковертом.	0.7
35	Согнуть стопорную пластину, чтобы застопорить болты крепления рулевых тяг.	0.5
Суммарное время на выполнение сборочного процесса: 11.7 мин		

4.5 Определение трудоемкости сборки рулевого механизма

Трудоемкость сборки рулевого механизма определяется как сумма времени, затраченного непосредственно на сборку изделия, времени обслуживания и подготовки рабочих мест, а также времени предоставляемого рабочим для отдыха.

Время, затраченное непосредственно на сборку рулевого механизма равно сумме времени выполнения всех переходов:

$$t^{ОБЩ}_{оп} = \Sigma t_{оп} = 11.7 \text{ мин}$$

Суммарную трудоемкость вычисляем используя коэффициенты, учитывающие затраты времени на обслуживание рабочих мест и перерывы:

$$t^{ОБЩ}_{шт} = t^{ОБЩ}_{оп} + t^{ОБЩ}_{оп} \cdot (\alpha + \beta) / 100 = 11.7 + 11.7 \cdot (2 + 4) / 100 = 12.4 \text{ мин}$$

где α – часть времени, которая тратится на организационно-техническое обслуживание рабочего места.

Примем $\alpha = 2\%$;

β – часть времени, которая тратится на перерывы для отдыха рабочих.

Примем $\beta = 4\%$.

ТГУ	Технологическая карта сборки				Группа: АТ-1101		
	Наименование изделия		Рулевой механизм автомобиля ВАЗ-2192		Студент: Самарин		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица		Рулевой механизм автомобиля ВАЗ 2192		Лист 1
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на сборку	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контроль	
005	1	Взять картер рулевого механизма в сборе и провести его визуальный осмотр.	16.ДП.01.013-3401010, 1шт				0,3
	2	Зафиксировать картер рулевого механизма в специальном приспособлении.		Приспособление удерживающее			0,5
	3	Установить в картер направляющую втулку.	16.ДП.01.013-3401022, 1шт	Специальное приспособление			0,3
	4	Взять рейку рулевого механизма и провести ее визуальный осмотр.	16.ДП.01.013-3401068, 1шт				0,3
	5	На зубчатую и цилиндрическую части рейки нанести пластичную смазку ТМ 1.97.0800-2005.					0,5
	6	Установить рейку в картер.		Специальный инструмент			0,3
	7	Взять шестерню рулевого механизма в сборе и провести ее визуальный осмотр	16.ДП.01.013-3401025, 1шт				0,3
	8	На зубчатую часть шестерни нанести пластичную смазку ТМ 1.97.0800-2005.					0,3
	9	Установить шестерню в картер.		Специальное приспособление			0,3
	10	Взять и установить кольцо уплотнительное.	16.ДП.01.013-3401302, 1шт				0,3
	11	Взять и установить сепаратор с роликами в сборе.	16.ДП.01.013-3401116, 1шт				0,3

ТГУ	Технологическая карта сборки				Группа: АТ-1101		
	Наименование изделия		Рулевой механизм автомобиля ВА3-2192		Студент: Самарин		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица		Рулевой механизм автомобиля ВА3-2192		Лист 2
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на сборку	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольный	
005	12	Используя оправку установить крышку картера рулевого механизма в сборе на шестерню.		Оправка, молоток			0,5
	13	Взять шайбы и болты крепления крышки картера. Наживить шайбы на болты.	16.ДП.01.013-3401304, 2 шт. 16.ДП.01.013-3401018, 2 шт.				0,2
	14	Наживить болты и затянуть		Гайковерт			0,5
	15	Взять и установить вкладыш упора рейки в картер.	16.ДП.01.013-3401070, 1 шт.				0,3
	16	Взять упор рейки и уплотнительное кольцо. Установить кольцо на упор.	16.ДП.01.013-3401071, 1 шт. 16.ДП.01.013-3401026, 1 шт.				0,3
	17	Установить упор рейки в картер.					0,3
	18	Взять и установить пружину в упор рейки.	16.ДП.01.013-3401053, 1 шт.				0,2
	19	Взять гайку упора рейки, наживить и затянуть.	16.ДП.01.013-3401057, 1 шт.				0,5
	20	Взять и установить заглушку в гайку упора рейки.	16.ДП.01.013-3401276, 1 шт.				0,2
	21	Взять и установить колпак защитный левый на картере.	16.ДП.01.013-3401223, 1 шт.				0,3
	22	Взять хомут и зафиксировать им левый защитный колпак.	16.ДП.01.013-3401228, 1 шт.				0,3
	23	Взять и установить опору тяг рулевой трапеции на рейке.	16.ДП.01.013-3401284, 1 шт.				0,2
	24	Взять скобу и зафиксировать ей опору тяг.	16.ДП.01.013-3401286, 1 шт.		Специальное приспособление		

ТГУ	Технологическая карта сборки				Группа: АТ-1101		
	Наименование изделия		Рулевой механизм автомобиля ВАЗ-2192		Студент: Самарин		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица		Рулевой механизм автомобиля ВАЗ-2192		Лист 3
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на сборку	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контроль	
005	25	Взять и установить чехол рейки рулевого механизма.	16.ДП.01.013-3401224, 1 шт.				0,5
	26	Взять два хомута и зафиксировать ими чехол рейки рулевого механизма.	16.ДП.01.013-3401228, 2 шт.				0,6
	27	Взять и установить колпак защитный правый на картере.	16.ДП.01.013-3401225, 1 шт.				0,3
	28	Взять хомут и зафиксировать им правый защитный колпак.	16.ДП.01.013-3401228, 1 шт.				0,3
	29	Взять и установить пластину на чехол рейки, обеспечив соосность отверстий пластины и чехла.	16.ДП.01.013-3401269, 1 шт.				0,3
	30	Взять и установить тягу рулевой трапеции левую на пластину, обеспечив соосность отверстия пластины и шарнира тяги.	16.ДП.01.013-3414053, 1 шт.				0,3
	31	Взять и установить тягу рулевой трапеции правую на пластину, обеспечив соосность отверстия пластины и шарнира тяги.	16.ДП.01.013-3414052, 1 шт.				0,3
	32	Взять и установить пластину на рулевые тяги, обеспечив соосность отверстий пластины и шарниров рулевых тяг.	16.ДП.01.013-3401269, 1 шт.				0,3
	33	Взять и установить стопорную пластину, обеспечив соосность отверстий стопорной пластины и пластины рулевых тяг.	16.ДП.01.013-3401089, 1 шт.				0,3
	34	Взять болты крепления рулевых тяг, пропустить через отверстия рулевых тяг и пластин, наживить и затянуть	16.ДП.01.013-3401066, 2 шт.		Гайковерт		
35	Согнуть стопорную пластину, чтобы застопорить болты крепления рулевых тяг.			Молоток			0,5
Итого затраченное время на сборку рулевого механизма: 11,7 мин.							

4.6 Выбор организационной формы сборки

Различают две основные организационные формы сборки: стационарную и поточную.

Для первой формы характерно отсутствие узкой специализации рабочих для выполнения каких-либо операций, высококвалифицированные рабочие производят сборку объекта от начала и до конца. Такая форма организации требует дополнительных затрат, связанных с обучением персонала. Процесс сборки происходит на одном рабочем месте, называемым постом.

Для поточной формы, наоборот, характерно закрепление за рабочим одного или нескольких видов работ не требующих высокой квалификации. В этом случае изделие переходит от одного рабочего места к другому. Эта форма организации позволяет уменьшить себестоимость изделия, а также повысить эффективность персонала. Для обеспечения непрерывности производственного процесса при использовании поточной формы необходимо чтобы время, затраченное на выполнение операции было кратно такту сборки.

Учитывая конструктивные особенности изделия, а также то, что его работа непосредственно влияет на безопасность движения автомобиля, принимаем для сборки объекта стационарную организационную форму.

Принимая во внимание динамику продаж автомобилей и текущую ситуацию на рынке, устанавливаем годовой объем выпуска модернизированного рулевого механизма равным $N_r = 135000 \text{ шт/год}$

Рассчитываем годовой фонд рабочего времени Φ по следующей формуле:

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

где $D_p = 259$ – количество рабочих дней в году;

$c = 2$ – количество смен в один рабочий день;

$T_{см} = 8$ – продолжительность смены;

$\eta_p = 0.96$ – коэффициент, который учитывает простои связанные с ремонтом оборудования.

Подставим значения и определим годовой фонд рабочего времени:

$$\Phi = 259 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0.96 = 3978 \text{ часов}$$

В год на одном посту может быть изготовлено $3978 \cdot 60 / 12,4 = 19249$ модернизированных рулевых механизмов.

Таким образом для выполнения годовой программы потребуется $135000 / 19249 \approx 7$ постов сборки.

Такт выпуска модернизированного рулевого механизма определяем по следующей формуле:

$$T = \frac{\Phi_o \cdot 60}{N_r} = \frac{3978 \cdot 60}{135000} = 1,77 \text{ мин.}$$

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Безопасность объекта разработки. Анализ влияния модернизации рулевого механизма на параметры устойчивости и управляемости автомобиля

Параметры устойчивости и управляемости автомобиля в большой степени зависят от конструкции и настройки узлов шасси и в частности от рулевого управления.

Работоспособность деталей и узлов рулевого управления напрямую влияют на безопасность движения. Износ шарниров и деталей работающих в зацеплении может привести к виланию управляемых колес, что существенно снижает управляемость, а заклинивание рулевого механизма с большой вероятностью приводит к аварии.

Управляемостью называют способность автомобиля изменять и удерживать направление движения при повороте рулевого колеса. Под устойчивостью понимают способность автомобиля двигаться без опрокидывания и потери контакта колес с дорогой. Законодательные требования к этим параметрам описаны в ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний». На основании данного документа проверке подлежат следующие величины:

- усилие на рулевом колесе должно быть не более 60Н при стоянке, не более 150Н при движении с исправным усилителем и не более 300Н с неисправным;

- стабилизация рулевого управления. Значение угла поворота колеса, не достигшего нейтрального положения в течение 6 секунд после его освобождения, не должно превышать 30% величины угла поворота руля, соответствующего движения автомобиля по окружности радиусом 50м;

- устойчивость во время испытаний «рывок». Значение заброса угловой скорости не должно превышать 30% при установившемся боковом ускорении 2 м/с^2 ,

- управляемость и устойчивость во время испытаний «поворот» и «переставка». Нормативное значение скорости движения транспортного средства при испытании «поворот» должно быть 72 км/ч, для «переставки» - 83 км/ч.

В рамках модернизации рулевого механизма автомобиля 2ого класса предлагается уменьшить количество оборотов рулевого колеса за счет изменения геометрии зацепления шестерни и рейки, что позволит улучшить управляемость. Принимая также во внимание тот факт, что автомобиль оснащен усилителем рулевого управления, можно утверждать, что автомобиль будет соответствовать нормам ГОСТ. Изменения, внесенные в конструкцию, не повлияют на надежность конструкции и безопасность движения.

5.2 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

Рабочее место – неделимое звено производственного процесса, обслуживаемое одним или несколькими работниками, оснащенное необходимым оборудованием и оснасткой, предназначенное для выполнения одной или группы операций.

Сборка рулевого механизма производится на отдельном участке одним рабочим. Участок оборудован специальным приспособлением для фиксации картера рулевого механизма, а также столом для хранения рабочей документации и малогабаритных комплектующих изделий. Для тары с крупногабаритными комплектующими изделиями и тары для собранных рулевых механизмов на участке предусмотрена специальная зона.

Сборка модернизированного узла производится при помощи приспособления, оправки, молотка и гайковерта. Закрепив картер в приспособление, рабочий последовательно устанавливает входящие узлы и детали, наносит смазку. После окончания сборки готовый механизм освобождается из приспособления и укладывается в специальную тару.

В рамках дипломной работы разработана схема участка сборки модернизированного рулевого механизма:

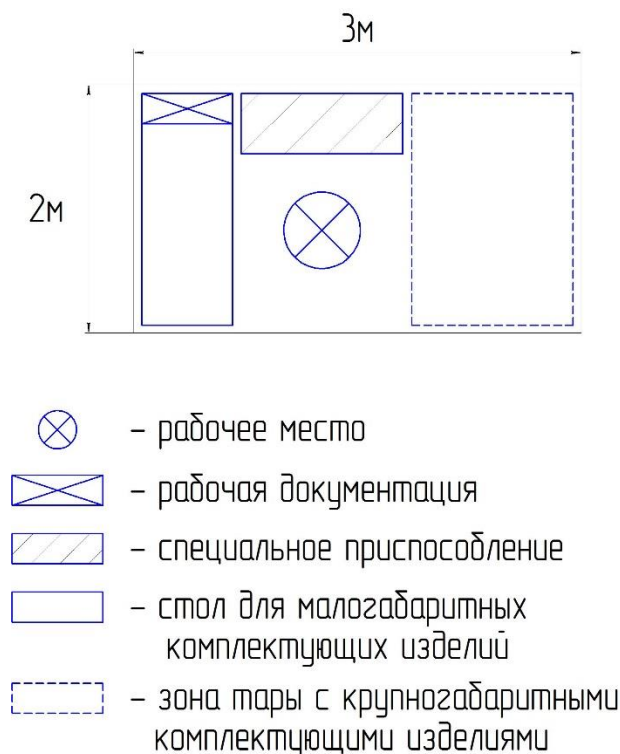


Рисунок 5.1 - Схема участка сборки рулевого механизма

5.3 Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта

ГОСТ 12.0.003-74 дает определение и классификацию опасных и вредных производственных факторов. Согласно стандарту факторы способные вызвать травму работника называют опасными, а способствующие развитию заболеваний называют вредными. Эти факторы разделяют на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Для данного производственного участка опасными физическими производственными факторами являются механизмы и их подвижные части, а также цеховой транспорт. К вредным физическим производственным факторам относят повышенный уровень шума и неоптимальное освещение.

Психофизиологическими опасными и вредными производственными факторами являются нервнопсихические и физические перегрузки. Первые могут быть вызваны умственным перенапряжением, а также чрезмерным воздействием на органы зрения и слуха, вторые – переутомляемостью.

Для рабочего осуществляющего сборку модернизированного рулевого механизма опасными и вредными будут являться следующие факторы:

- движущийся транспорт;
- движущиеся части специального приспособления;
- низкая освещенность рабочей зоны;
- шумы от оборудования и транспорта.

5.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

5.4.1 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на сборочном участке

Пожарная безопасность — это состояние защищенности, личности, имущества, общества и государства от пожаров. Для автосборочного предприятия рассматривается защищенность его имущества и работников.

Под пожаром понимают неконтролируемое горение вызывающее материальный ущерб, вред жизни и здоровью. Причиной пожара могут являться нарушение правил пожарной безопасности, неисправность электропроводки и электрических приборов, утечка газов.

Существует классификация помещения по взрывопожарной опасности.

Так литерой «А» обозначаются помещения с высокой взрывопожарной опасностью. В таких помещениях находятся горючие газы, легковоспламеняемые жидкости с температурой вспышки не более 28 градусов, а также веще-

ства способные взрываться и гореть при взаимодействии с кислородом или водой в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

К категории «Б» относятся помещения в которых горючие пыли и волокна, а также легковоспламеняемые жидкости с температурой вспышки более 28 градусов находятся в количестве, что способны образовывать взрывоопасные пылевоздушные и паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышающее 5мПа. Такие помещения называют взрывопожароопасными.

Помещения категорий «В1» - «В4» являются пожароопасными. В этих помещениях находятся горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом, при условии что это помещение не относится к категориям «А» и «Б».

К категории «Г» относят помещения с умеренной пожароопасностью. В таком помещении размещены негорючие вещества и материалы, находящиеся в раскаленном или расплавленном состоянии, а также газы, жидкости и твердые вещества, сжигаемые в качестве топлива.

Помещения с пониженной пожароопасностью обозначают литерой «Д», в них располагаются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Согласной данной классификации участок сборки рулевого механизма относится к категории «Д».

Участок сборки должен быть укомплектован противопожарным оборудованием. Такое оборудование может быть стационарным или переносным. Примером стационарного противопожарного оборудования является автоматизированная система, состоящая из труб, специальных датчиков и блока управления, расположенная непосредственно над участком сборки под потолком. В случае обнаружения датчиком дыма, блок управления направляет воду в трубы из которых она разбрызгивается по всей площади участка. По-

мимо этого, система отправляет сигнал о возгорании в противопожарную службу.

В случае отсутствия автоматизированных систем, до приезда противопожарной охраны возгорание необходимо попытаться ликвидировать с помощью огнетушителя. Он должен находиться в легкодоступном месте, которое должно быть четко обозначено. Не следует устанавливать огнетушитель возле эвакуационных выходов. Так как в случае возникновения пожара это может создать помехи эвакуации персонала. Для производственных помещений расстояние от возможного места возгорания до ближайшего огнетушителя не должно превышать 40 метров.

Различают углекислотные, пенные и порошковые огнетушители. Углекислотные огнетушители предназначены для тушения горючих жидкостей, двигателей внутреннего сгорания, электрооборудования под напряжением до 1000В. Для тушения твердых материалов следует применять пенные огнетушители. Необходимо помнить, что пенными огнетушителями нельзя тушить материала, горение которых происходит без кислорода, а также электрооборудование, находящееся под напряжением. Порошковые огнетушители подойдут для тушения возгорания нефтепродуктов, растворителей и оборудования под напряжением до 1000В.

В случае возникновения пожара важно чтобы сотрудники беспрепятственно могли покинуть помещение. Поэтому схему эвакуации необходимо располагать в доступных и хорошо видимых для работников местах. Не следует загромождать проходы. Упаковку, а также мусор, следует утилизировать, т.к. они могут стать источником возгорания и мешать эвакуации персонала.

5.4.2 Мероприятия по обеспечению электробезопасности на производственном участке

Под термином электробезопасность понимают систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей

от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электробезопасность на предприятии обеспечивается правовыми, организационно-техническими, лечебно-профилактическими, санитарно-гигиеническими и другими мероприятиями.

С целью исключения поражения сотрудников электрическим током следует размещать токоведущие части оборудования в недоступных для работников местах. Все провода, а также другие токоведущие объекты должны быть изолированы. Оборудование следует заземлить, чтобы исключить возможность накопления статического электричества. Во время ремонта электрооборудования следует устанавливать специальные предупреждающие знаки и барьеры, ограничивающие доступ к неисправным энергоустановкам. В случае обнаружения неисправности электрооборудования работник должен немедленно окончить работу и сообщить о неисправности ответственным лицам.

На участке сборки рулевого механизма опасность с точки зрения поражения электрическим током представляют система освещения, а также специальное приспособление.

5.4.3 Мероприятия по уменьшению шума

Методы борьбы с шумом можно разделить на следующие группы:

- устранение источников и уменьшения образования шума;
- звукопоглощение;
- звукоизоляция;
- организационно-технические решения.

Наиболее эффективными способами снижения шума являются мероприятия первой группы. Применяя определенные конструкторские решения, можно исключить или снизить образование шумов. К таким решениям относят замену прямозубых зубчатых колес на косозубые, замену зубчатой передачи на клиноременную, замену возвратно-поступательного движения деталей на вращательное и др.

Звукопоглощение — это ослабление уровня шума отражающегося от поверхностей оборудования и помещения. Шума уменьшается за счет нанесения на эти поверхности специального материала. Также существуют штучные шумопоглотители, которые крепятся отдельно. Например, подвешиваются к потолку.

Звукоизоляция представляет собой комплекс различных мер, призванных снизить уровень шума. Изолировать звук можно с помощью специальных кожухов и барьеров, а также устраняя жесткие связи между элементами разобщенных машин.

К организационно-техническим решениям относят применение глушителей и других дополнительных специальных устройств для снижения шумов.

В случаях, когда применение вышеуказанных методов невозможно или экономически нецелесообразно, следует применять индивидуальные средства защиты от шума. К таковым относят наушники и беруши.

На участке сборки рулевого механизма основными источниками шума являются погрузчики, гайковерт и специальное приспособление. В виду короткого времени воздействия этих шумов на рабочего и, в целом, их невысокого уровня применение дополнительных мероприятий по борьбе с шумом не требуется.

5.5 Инженерные расчеты

Чтобы обеспечить удобство сборки рулевого механизма на участке предусмотрено специальное приспособление. Это приспособление фиксирует картер рулевого механизма.

Напряжение, требуемое данным оборудованием, не превысит 380В, а допустимое сопротивление заземляющего устройства будет $R_d \leq 4 \text{ Ом}$.

Для обеспечения электробезопасности и соблюдения ПУЭ, необходимо спроектировать заземление на участке.

Удельное сопротивление грунта ρ зависит от его состава, плотности, влажности и температуры, а также концентрации в нем растворимых химических веществ. Для расчета принимаем $\rho = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Определим для заземлителя его тип и конфигурацию. Используем трубчатый в грунте заземлитель, с конфигурацией заземления в ряд.

$$\begin{array}{ccccc} \bigcirc & & \bigcirc & & \bigcirc & & \bigcirc & & \bigcirc \\ L = 1,5 \text{ м;} & & t = 1 \text{ м;} & & d = 50 \text{ мм.} \end{array}$$

где $t = 1(\text{м})$ – расстояние от поверхности до середины заземления;

$\ell = 1,5(\text{м})$ – длина;

$d = 50\text{мм}$ – диаметр.

Определим сопротивление растекания тока с одного заземлителя:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 1,5}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1 + 1,5}{4 \cdot 1 - 1,5} \right) = 28,56 \text{ Ом} \quad (5.1)$$

Зная значение растекания тока с одного заземлителя определим необходимое количество параллельно соединенных проводников:

$$n = \frac{R_1}{R_d} = \frac{28,56}{4} = 7,14 \text{ шт} \quad (5.2)$$

Округляем 7,14 до $n=8$

Рассчитываем длину соединительного электрода

$$l = 1,05 \cdot m \cdot (n - 1) = 1,05 \cdot 1 \cdot (8 - 1) = 7,35 \text{ м} \quad (5.3)$$

где $m = 1$ – расстояние между заземлителями, м;

Определяем сопротивление растеканию тока в горизонтальном заземлителе кольцевого типа:

$$D = 6,3\text{м}; \quad t = 1 \text{ м}; \quad d = 50 \text{ мм.}$$

$$R_2 = \frac{\rho}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{8 \cdot D}{d} = \frac{60}{3,14^2 \cdot 6,3} \cdot \ln \frac{8 \cdot 6,3}{0,05} = 6,68 \text{ Ом} \quad (5.4)$$

Рассчитаем сопротивление растеканию тока искусственных заземлителей:

$$R_u = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot \eta_2 + R_2 \cdot n \cdot \eta_e} = \frac{28,56 \cdot 6,68}{28,56 \cdot 0,72 + 6,68 \cdot 8 \cdot 0,77} = 3,09 \text{ Ом} \quad (5.5)$$

Из расчетов видно, что значение сопротивления искусственных электродов не превышает допустимого сопротивления $R_{и} < R_{д}$

Неправильное освещение снижает производительность труда персонала, повышает риск травматизма и способствует развитию заболеваний органов зрения. Освещение может быть естественным, искусственным и комбинированным. Поскольку сборка рулевого механизма происходит в закрытом помещении необходимо искусственное освещение с применением газоразрядных ламп. Применение газоразрядных ламп вместо ламп накаливания обусловлено их большей эффективностью. Помимо этого, в помещении обеспечены условия для применения газоразрядных ламп: температура воздуха не опускается ниже 10 °С и напряжение в сети не падает ниже 90%. Для системы освещения выбираем светильники ВЛО и лампы ЛД80-4, мощность которых составляет 80 Вт, минимальную нормируемую освещенность принимаем $E = 300$ лк.

Определим требуемое количество ламп:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 6 \cdot 1.5 \cdot 1.3}{4250 \cdot 0.60} \approx 2 \text{ шт} \quad (5.6)$$

где $E = 300$ – минимальная нормируемая освещенность, лм;

$S = 44.8$ – площадь участка сборки, м²;

$k = 1.5$ – коэффициент, который учитывает старение ламп, запыление и загрязнение светильников;

$z = 1.3$ – коэффициент, который учитывает отношение средней освещенности к минимальной;

$\Phi = 4250$ – световой поток одной лампы, лм;

η – коэффициента использования светового потока $\eta = 60\%$.

Учитывая, что в одном светильнике используется 2 лампы, определяем необходимое количество светильников равное 1.

5.6 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта

В 1995 году в Российской Федерации вступил в силу закон «Об экологической экспертизе». Согласно этому документу целью экологической экспертизы является определения соответствия планируемой хозяйственной или иной деятельности нормам экологии. Экологическая экспертиза проводится до принятия решения о реализации объекта, в основе ее находятся обоснованность и гласность. В Российской Федерации экологическая экспертиза проводится на уровне федерации и ее субъектов, полномочным органом, имеющим право на проведение данной экспертизы, является Государственный комитет по охране окружающей среды и его региональные представительства.

Принимая во внимание, что процесс сборки базового рулевого механизма получил одобрение экологической экспертизы, а также что сборка модернизированного механизма не отличается от базового, можно сделать вывод о том, что в случае модернизации экологические нормы будут выполнены.

5.7 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Чрезвычайной ситуацией называют обстановку, сложившуюся на определенной территории, вызванную аварией, катастрофой или стихийным бедствием, которая может привести или привела к человеческим жертвам, ущербу здоровью, имуществу или окружающей среде.

Различают чрезвычайные ситуации техногенного, природного, и экологического характера. К техногенным аварийным ситуациям относят транспортные катастрофы, пожары, взрывы, выбросы опасных химических и радиоактивных веществ, аварии в системах коммунального снабжения, обрушение зданий. Аварийные ситуации природного характера называют землетрясения, извержения вулканов, оползни, бури, смерчи, ливневые дожди, цунами, наводнения, лесные пожары и т.д. К авариям экологического характера

относят критические изменения состояния гидросферы, атмосферы и суши, такие как истощение запасов питьевой воды, разрушение озонового слоя, оползни и деградация почв.

В случае возникновения чрезвычайных ситуаций необходимо немедленно эвакуировать персонал и при необходимости оказать первую помощь, необходимо ликвидировать причину аварии, произвести поиск пострадавших, если не удалось полностью эвакуировать персонал.

На данном производственном участке следует уделить особое внимание путям эвакуации. Вследствие перебоев поставок комплектующих изделий или логистических проблем эвакуационные пути могут быть перекрыты производственной тарой. В таких условиях при возникновении чрезвычайной ситуации эвакуация персонала будет затруднена.

5.8 Вывод

Внедрив разработанные меры безопасности и спроектировав помещение в соответствии с проведенными расчетами, можно быть уверенным, что участок сборки модернизированного рулевого механизма будет соответствовать нормам СНиП.

6 Технико-экономическая оценка модернизируемого объекта

Объектом модернизации в данной дипломной работе является рулевой механизм легкового переднеприводного автомобиля 2ого класса Лада Калина 2192. В целом, базовый рулевой механизм достаточно надежен и ремонтно-пригоден, а также обладает приемлемыми потребительскими свойствами. Существенным недостатком данной конструкции является большое количество оборотов рулевого колеса при полном ходе рейки, что создает неудобства при маневрировании на небольших скоростях. В модернизируемом механизме число оборотов рулевого колеса было уменьшено за счет изменения геометрии зубчатого зацепления шестерни и рейки.

Автомобиль, в котором используется данный рулевой механизм, является бюджетным. Поэтому особенно важно, чтобы данная модернизация не повлекла за собой существенное увеличение конечной стоимости транспортного средства.

В данной части дипломной работы будут рассчитаны затраты на производство и реализацию рулевого механизма, а также определена коммерческая эффективность данной модернизации.

6.1 Расчёт себестоимости проектируемого узла

Данные для расчета себестоимости рулевого механизма были получены в ходе преддипломной практики на ОАО «АвтоВАЗ», а также от руководителя дипломной работы и консультанта кафедры «ЭО и УП». Занесем эти данные в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Расчёт себестоимости проектируемого узла

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Ед. изм.	Источник
А	1	2	3	4

1	Годовая программа выпуска	Вгод. 135000	шт.	Руководитель проекта
2	Коэффициент отчислений в единый социальный налог.	Есоц. 30		Консультант каф. «ЭОиУП»
3	Коэффициент общезаводских расходов.	Еобзав. 125		ПЭО цеха
4	Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов.	Еком. 5		ПЭО цеха
5	Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.	Еобор. 200		ПЭО цеха
6	Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов.	Ктзр. 3		ПЭО цеха
7	Коэффициент цеховых расходов.	Ецех 175		ПЭО цеха
8	Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	Еинс. 3		ПЭО цеха
9	Коэффициент рентабельности и плановых накоплений.	Крент. 40		Консультант каф. «ЭОиУП»
10	Коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве	Квып. 10		ПЭО цеха
11	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	Кпрем. 30		ПЭО цеха
12	Коэффициент капиталообразующих инвестиций	Кинв. 1	%	Конс.каф. «ЭоиУП»

Стоимость покупных комплектующих изделий определяется по следующей формуле:

$$Pu = Ci \cdot ni \cdot \left(1 + \frac{K_{TЗ}}{100}\right), \quad (6.1)$$

где C_i – оптовая цена покупных комплектующих изделий автомобиля i -го вида, руб.

n_i – количество покупных комплектующих изделий i -го вида, шт.

Оформим расчет стоимости покупных комплектующих изделий в виде таблицы:

Таблица 6.2 - Расчет затрат на покупные комплектующие изделия (проект)

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
1	Картер механизма	1	250	250
2	Рейка	1	350	350
3	Шестерня в сборе	1	400	400
4	Остальные комплектующие	30	40	1200
	ИТОГО:			2200
	Транспортно-заготовительные расходы		3%	66
	Всего:			2266

Основная заработная плата рабочих в производстве рассчитывается по следующей формуле:

$$Zo = Zm \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (6.2)$$

где Zm – тарифная заработная плата в рублях. Она определяется по следующей формуле:

$$Zm = Cp_i \cdot T_i \quad (6.3)$$

где Cp_i – часовая тарифная ставка, руб.

T_i – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве

$K_{ПРЕМ}$ – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %

Таблица 6.3 - Основная заработная плата производственных рабочих

№ п/п	Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
1	Сборочные	4	0,17	85,4	14,52
2	Контрольные	5	0,03	93,58	2,8
	ИТОГО:				17,32
	Премииальные доплаты	30%			5,2
	Основная з/п				22,52

Дополнительная заработная плата рабочих в производстве рассчитывается по следующей формуле:

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

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

В данной дипломной работе принимаем $K_{\text{вып.}} = 10\%$

$$Z_{\text{доп.}} = 22.52 \cdot 0.1 = 2.25$$

Определение величины отчислений в единый социальный налог производится по следующей формуле:

$$C_{\text{соц.н}} = (Z_0 + Z_{\text{доп.}}) \cdot E_{\text{соц.н}} ; \quad (6.5)$$

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

В данной работе принимаем $E_{\text{соц.н}} = 30\%$

$$C_{\text{соц.н}} = (22.52 + 2.25) \cdot 0.3 = 7.43 \text{ руб}$$

Величина расходов на содержание и эксплуатацию оборудования определяется по формуле:

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = Z_0 \cdot E_{\text{ОБОР}} \quad (6.6)$$

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

В данной работе принимаем $E_{\text{ОБОР}} = 200\%$

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = 22.52 \cdot 2 = 45.04 \text{ руб}$$

Определяем цеховые расходы по формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = Z_0 \cdot E_{\text{ЦЕХ}}, \quad (6.7)$$

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

Принимаем $E_{\text{ЦЕХ}} = 175\%$

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 22.52 \cdot 1.75 = 39.4 \text{ руб}$$

Расходы на инструмент и оснастку определяются по следующей формуле:

$$C_{\text{ИНСТР}} = Z_0 \cdot E_{\text{ИНСТР}}, \quad (6.8)$$

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

Принимаем для данных расчетов $E_{\text{ИНСТР}} = 3\%$

$$C_{\text{ИНСТР}} = 22.52 \cdot 0.03 = 0.68 \text{ руб}$$

Цеховая себестоимость изделия равна сумме рассчитанных выше затрат:

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = \text{Пи} + Z_0 + Z_{\text{ДОП}} + C_{\text{СОЦ.Н}} + C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} \quad (6.9)$$

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 2266 + 22.52 + 2.25 + 7.43 + 45.04 + 39.4 + 0.68 = 2383.31 \text{ руб}$$

Расчет величины общезаводских расходов выполняется по формуле:

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = Z_0 \cdot E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}; \quad (6.10)$$

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

Принимаем для данного расчета $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 125\%$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 22.52 \cdot 1.25 = 28.15 \text{ руб}$$

Расчет общезаводской себестоимости изделия производится по следующей формуле:

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (6.11)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} = 28.15 + 2383.31 = 2411.45 \text{ руб}$$

Величина коммерческих расходов определяется следующим образом:

$$C_{\text{КОМ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} \cdot E_{\text{КОМ}}; \quad (6.12)$$

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

Для данной работы принимаем

$$E_{\text{КОМ}} = 5\%$$

$$C_{\text{КОМ}} = 2411.45 \cdot 0,05 = 120.57 \text{ руб}$$

Полной себестоимостью изделия определяется по формуле:

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} + C_{\text{КОМ}} \quad (6.13)$$

$$C_{\text{ПОЛ}} = 2411.45 + 120.57 = 2532.03 \text{ руб}$$

Расчет отпускной цены будет производиться как для базового, так и для модернизированного изделия:

$$Ц_{\text{ОТП.}} = C_{\text{ПОЛ}} \cdot (1 + K_{\text{РЕНТ}}) \quad (6.14)$$

где $K_{\text{РЕНТ}}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %

В данной работе принимаем

$$K_{\text{РЕНТ}} = 40\%$$

$$Ц_{\text{ОТП.Б}} = 2462.73 \cdot (1 + 0.4) = 3447.82 \text{ руб}$$

$$Ц_{\text{ОТП.П}} = Ц_{\text{ОТП.Б}}$$

Полученные значения затрат на производство модернизируемого рулевого механизма заносим в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 - Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
А	1	2	3	4
1	Стоимость комплектующих изделий	P_u	2200	2266
2	Основная заработная плата производственных рабочих	$Z_o.$	22.52	22.52
3	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп.}$	2.25	2.25
4	Отчисления на социальные нужды	$C_{соц.н}$	7.43	7.43
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод.обор}$	45.04	45.04
6	Цеховые расходы	$C_{цех}$	39.4	39.4
7	Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр}$	0.68	0.68
8	Цеховая себестоимость	$C_{цех с/с}$	2317.31	2383.31
9	Общезаводские расходы	$C_{об.зав}$	28.15	28.15
10	Общезаводская себестоимость	$C_{обз. с/с}$	2345.45	2411.45
11	Коммерческие расходы	$C_{ком}$	117.27	120.57
12	Полная себестоимость	$C_{пол}$	2462.73	2532.03
13	Отпускная цена	$C_{отп}$	3447.82	3447.82

6.2 Расчет точки безубыточности проекта

Точкой безубыточности называют объем реализации изделия, при котором расходы на его производство будут компенсированы расходами. Значение этого объема позволяет определить экономическую целесообразность модернизации. Точку безубыточности проекта можно определить графически или аналитически.

Рассчитать точку безубыточности можно по следующей формуле:

$$V_{\text{кр}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}}}{Ц_{\text{ОТП}} - Z_{\text{ПЕР.УД}}}, \quad (6.15)$$

где $V_{\text{МАХ}}$ – максимальный объем выпуска данной продукции, шт

$Ц_{\text{ОТП}}$ – отпускная цена изделия, руб

$Z_{\text{ПОСТ.УД}}$ – удельные постоянные издержки на производство, руб

$Z_{\text{ПЕР.УД}}$ – удельные переменные издержки на производство, руб

В свою очередь указанные выше показатели определяются следующим образом:

Величина переменных затрат на единицу изделия вычисляется по следующей формуле:

Базовый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.б.}} = \Pi u + Z_o + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{СОЦ.Н}} = 2200 + 22.52 + 2.25 + 7.43 = 2232.2 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.н.}} = \Pi u + Z_o + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{СОЦ.Н}} = 2266 + 22.52 + 2.25 + 7.43 = 2298.2 \text{ руб}$$

Переменные издержки на производство определяются следующим образом:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (6.16)$$

Базовый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.б.}} = 2232.2 \cdot 135000 = 301346713.8 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.н.}} = 2298.2 \cdot 135000 = 310256713.8 \text{ руб}$$

Величина амортизационных отчислений рассчитывается по формуле:

$$A_{M.UD} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot H_A / 100, \quad (6.17)$$

где H_A - доля амортизационных отчислений, 15%

$$A_{M.UD} = (45.04 + 0.68) \cdot 15 / 100 = 6.86 \text{ руб}$$

Постоянные издержки на производство:

$$Z_{ПОСТ.УД.Б.Н.} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot (100 - H_A) / 100 + C_{ЦЕХ} + C_{ОБ.ЗАВОД} + C_{КОМ} + A_{M.UD} \quad (6.18)$$

Базовый рулевой механизм

$$Z_{ПОСТ.УД.Б.} = (45.04 + 0.68) \cdot (100 - 15) / 100 + 39.4 + 28.15 + 117.27 + 6.86 = 230.53 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Z_{ПОСТ.УД.П.} = (45.04 + 0.68) \cdot (100 - 15) / 100 + 39.4 + 28.15 + 120.57 + 6.86 = 233.83 \text{ руб}$$

Постоянные издержки для годовой программы рассчитываются по формуле:

$$Z_{ПОСТ.} = Z_{ПОСТ.УД.} \cdot V_{ГОД} \quad (6.19)$$

Базовый рулевой механизм

$$Z_{ПОСТ.Б.} = 230.53 \cdot 135000 = 31121299.98 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Z_{ПОСТ.П.} = 233.83 \cdot 135000 = 31566799.98 \text{ руб}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия производится по формуле:

$$C_{ПОЛ.Г.} = C_{ПОЛ.Н.} \cdot V_{ГОД} \quad (6.20)$$

Базовый рулевой механизм

$$C_{ПОЛ.ГБ} = 2462.73 \cdot 135000 = 332468013.78 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$C_{ПОЛ.ГП} = 2532.03 \cdot 135000 = 341823513.78 \text{ руб}$$

Расчет величины выручки от реализации изделия производится по формуле:

$$Выручка.н. = Ц_{ОП.н.} \cdot V_{ГОД} \quad (6.21)$$

$$Выручка.н. = 3447.82 \cdot 135000 = 465455219.29 \text{ руб}$$

Маржинальный доход рассчитывается по следующей формуле:

$$D_{МАРЖ} = Выручка - Z_{ПЕРЕМ} \cdot n \quad (6.22)$$

Базовый рулевой механизм

$$D_{МАРЖб} = 465455219.29 - 301346713.8 = 164108505.49 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$D_{МАРЖп} = 465455219.29 - 310256713.8 = 155198505.49 \text{ руб}$$

Формула расчет критического объема продаж имеет следующий вид:

(данный расчет производится только для проектного изделия)

$$A_{КРИТ} = \frac{Z_{ПОСТ.н.}}{Ц_{ОТП} - Z_{ПЕРЕМ} \cdot n} = \frac{31566799.98}{3447.82 - 2298.2} = 27458.5 \text{ шт} \quad (6.23)$$

Значение объема продаж округлим до 27459 штук. Продажа такого количества модернизированных механизмов обеспечит покрытие всех расходов на изготовление при годовой программе 135000 единиц.

Подтвердим полученное значение точки безубыточности графическим методом:

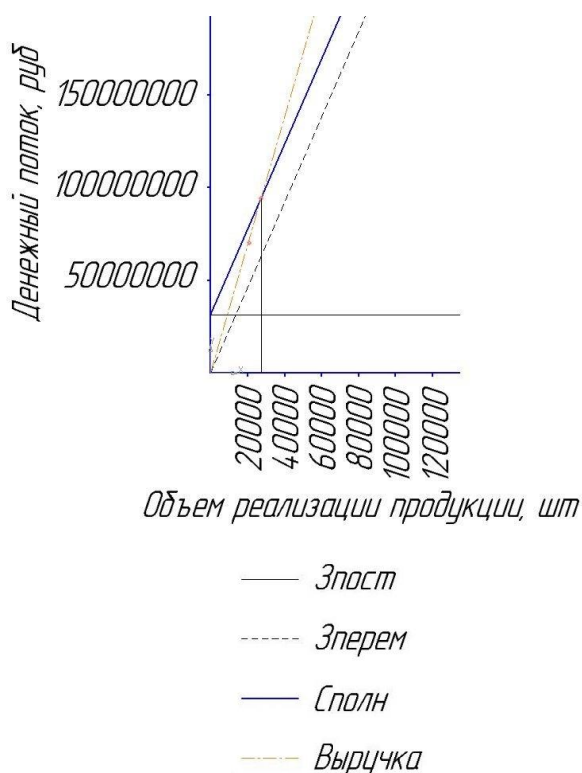


Рисунок 6.1 - Графический метод нахождения точки безубыточности

6.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

Коммерческой эффективностью называют соотношение затрат и доходов, обеспечивающих необходимую норму доходности проекта. Для определения коммерческой эффективности рассчитаем чистый доход, чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму доходности, индексы доходности затрат и инвестиций, а также срок окупаемости проекта.

Наращивание объемов производства модернизированного рулевого механизма будет производиться каждый год на определенную величину. Определим эту величину по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (6.24)$$

где V_{MAX} - максимальный объем продукции, шт

$A_{КРИТ}$ - критический объем продаж проектируемого изделия, шт

n - количество лет, с учетом подготовки производства

$$\Delta = \frac{135000 - 27459}{6 - 1} = 21508.2шт$$

Объем продаж и выручка по годам вычисляются только для модернизированного рулевого механизма. В дальнейших расчетах полученные значения этих величин будут использоваться как для проектного, так и для базового вариантов.

Рассчитываем выручку от продаж, по каждому году.

$$B_i = Ц_{ОП} \cdot V_{ПРОД_i}; \quad (6.25)$$

где $V_{ПРОД_i}$ - объем продаж в i -году.

Объем продаж в первый год производства рассчитывается по формуле:

$$V_{ПРОД_i} = V_{КР} + \Delta \quad (6.26)$$

Для определения объема продаж в последующих годах в формуле необходимо заменить $V_{КР}$ на объем продаж предыдущего года.

Таким образом объем продаж для первого и последующих годов будет равен:

$$V_{\text{ПРОД1}} = 48967.2$$

$$V_{\text{ПРОД2}} = 70475.4$$

$$V_{\text{ПРОД3}} = 91983.6$$

$$V_{\text{ПРОД4}} = 113491.8$$

$$V_{\text{ПРОД5}} = 135000$$

И соответственно величина выручки:

$$B_1 = 168829917.14 \text{ руб}$$

$$B_2 = 242986242.68 \text{ руб}$$

$$B_3 = 317142568.22 \text{ руб}$$

$$B_4 = 391298893.75 \text{ руб}$$

$$B_5 = 465455219.29 \text{ руб}$$

Определяем переменные затраты по годам для базовой и проектной конструкции по формуле:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.уд}} \cdot V_{\text{ПРОД}.i} \quad (6.27)$$

Базовый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б1} = 109304480.03 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б2} = 157315038.47 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б3} = 205325596.91 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б4} = 253336155.36 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б5} = 301346713.8 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П1} = 112536315.23 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П2} = 161966414.87 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П3} = 211396514.51 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П4} = 260826614.16 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П5} = 310256713.8 \text{ руб}$$

Определяем постоянные затраты по годам для базовой и для проектной конструкции рулевого механизма по формуле:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.уд}} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (6.28)$$

Базовый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = 31121299.98 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Z_{\text{ПОСТ.п.}} = 31566799.98 \text{ руб}$$

Амортизация (определяется только для проектного варианта)

$$A_M = A_{M.УД} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (6.29)$$

$$A_M = 925576.47 \text{ руб}$$

Полная себестоимость по годам (определяется для базового и проектного варианта)

$$C_{\text{ПОЛ.}i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.}i} + Z_{\text{ПОСТ}}$$

Базовый рулевой механизм

$$C_{\text{ПОЛ.1}} = 140425780.01 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.2}} = 188436338.45 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.3}} = 236446896.89 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.4}} = 284457455.34 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.5}} = 332468013.78 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$C_{\text{ПОЛ.1}} = 144103115.21 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.2}} = 193533214.85 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.3}} = 242963314.49 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.4}} = 292393414.14 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.5}} = 341823513.78 \text{ руб}$$

Налогооблагаемая прибыль по годам определяется и для базового и для проектного вариантов отдельно:

$$Pr_{\text{ОБЛ.}i} = B_i - C_{\text{ПОЛ.}i} \quad (6.30)$$

Базовый рулевой механизм

$$Pr_{\text{ОБЛ.1}} = 28404137.13 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{ОБЛ.2}} = 54549904.23 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{ОБЛ.3}} = 80695671.32 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{ОБЛ.4}} = 106841438.42 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{ОБЛ.5}} = 132987205.51 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Pr_{ОБЛ.1} = 24726801.93 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.2} = 49453027.83 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.3} = 74179253.72 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.4} = 98905479.62 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.5} = 123631705.51 \text{ руб}$$

Налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам определяется и для базового и для проектного вариантов отдельно:

$$H_{ПР.i} = Pr_{ОБЛ.i} \cdot 0.20 \quad (6.31)$$

Базовый рулевой механизм

$$H_{ПР.1} = 5680827.43 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.2} = 10909980.85 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.3} = 16139134.26 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.4} = 21368287.68 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.5} = 26597441.1 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$H_{ПР.1} = 4945360.39 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.2} = 9890605.57 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.3} = 14835850.74 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.4} = 19781095.92 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.5} = 24726341.1 \text{ руб}$$

Прибыль чистая по годам определяется и для базового и для проектного вариантов отдельно:

$$Pr_{ч.i} = Pr_{обл.i} - H_{пр.i} \quad (6.32)$$

Базовый рулевой механизм

$$Pr_{ч.1} = 22723309.71 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.2} = 43639923.38 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.3} = 64556537.06 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.4} = 85473150.73 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.5} = 106389764.41 \text{ руб}$$

Проектируемый рулевой механизм

$$Pr_{ч.1} = 19781441.55 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.2} = 39562422.26 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.3} = 59343402.98 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.4} = 79124383.69 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.5} = 98905364.41 \text{ руб}$$

6.4 Расчет экономии от повышения надежности и долговечности проектируемого узла

Предлагаемая в рамках данной модернизации рулевого управления измененная геометрия зубчатого зацепления повысит долговечность шестерни и рейки. Таким образом можно рассчитывать на получение прибыли от уменьшения затрат в эксплуатации. Прибыль рассчитывается по формуле:

$$Pr_{ОЖ.д} = \left(C_{отп} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{отп} \right) \cdot V_{г} \quad (6.33)$$

где D_1 и D_2 - долговечность шестерни и рейки соответственно по базовому и проектируемому варианту. $D_1 = 100000$; $D_2 = 120000$. Для расчетов будем использовать сумму цен зубчатой рейки и шестерни: $C_{отп} = 750 \text{ руб}$

$$Pr_{ОЖ.д1} = 7345080 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОЖ.д2} = 10571310 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОЖ.д3} = 13797540 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОЖ.д4} = 17023770 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОЖ.д5} = 20250000 \text{ руб}$$

Ожидаемая прибыль от повышения надежности узла определяется по формуле:

$$Pr_{ОЖ.н} = (N_{рем.Баз} \cdot Z_{рем.Баз} - N_{рем.Пр} \cdot Z_{рем.Пр}) + (T_{Прост.Баз} - T_{Прост.Пр}) \cdot C_{отп}, \quad (6.34)$$

где $N_{рем.баз}$ и $N_{рем.пр}$ - число отказов рулевого механизма в год по базовому и проектируемому вариантам;

$Z_{\text{рем.баз}}$ и $Z_{\text{рем.пр.}}$ - затраты на ремонт по базовой и проектируемой конструкции;

$T_{\text{прост.баз}}$ и $T_{\text{прост.пр.}}$ - количество часов простоя в ремонте в год при базовой и проектируемой конструкции.

$$Pr_{OЖ.H} = (70 \cdot 750 - 10 \cdot 750) + (140 - 20) \cdot 750 = 135000 \text{ руб}$$

Общественнозначимая экономия определяется суммированием полученных эффектов.

$$\mathcal{E}_{OБЩ.i} = Pr_{OЖ.L.i} + Pr_{OЖ.H.i} \quad (6.35)$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.1} = 7480080 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.2} = 10706310 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.3} = 13932540 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.4} = 17158770 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.5} = 20385000 \text{ руб}$$

Тогда текущий чистый доход (накопленное сальдо) составит:

$$ЧД_i = Пр.ч.i.n. - Пр.ч.i.б. + A_M + \mathcal{E}_{OБЩ.} \quad (6.36)$$

$$ЧД_1 = 5463788.31$$

$$ЧД_2 = 7554385.35$$

$$ЧД_3 = 9644982.39$$

$$ЧД_4 = 11735579.43$$

$$ЧД_5 = 13826176.47$$

Дисконтирование денежного потока производится умножением коэффициента дисконтирования α_i на значение денежного потока:

$$E_{CT} = 10\%$$

$$\alpha_i = 1 \setminus (1 + E)^t, \quad (6.37)$$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

$$\text{ЧДД}(i) = \text{ЧД}(i) \cdot \alpha_i \quad (6.38)$$

$$\text{ЧДД}(1) = 4966583.57 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(2) = 6239922.3 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(3) = 7262671.74 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(4) = 8015400.75 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(5) = 8586055.59 \text{ руб}$$

Далее рассчитываем суммарный ЧДД:

$$\sum \text{ЧДД}(i) = 35070633.95 \text{ руб}$$

Потребность в капиталобразующих инвестициях вычисляется по следующей формуле:

$$J_o = K_{инв} \cdot \sum C_{пол.i} ; \quad (6.39)$$

где $K_{инв}$ - коэффициент капиталобразующих инвестиций. Для данной работы принимаем $K_{инв} = 1\%$.

$$J_o = 0.01 \cdot \sum C_{пол.i} = 12148165.72 \text{ руб}$$

Чистый дисконтированный доход рассчитываем по следующей формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T \text{ЧДД}(i) - J_o \quad (6.40)$$

$$\text{ЧДД} = 22922468.23 \text{ руб}$$

Рассчитываем индекс доходности инвестиций

$$JD = \frac{\text{ЧДД}}{J_o} ; \quad (6.41)$$

$$JD = 1.89$$

Срок окупаемости проекта

$$T_{окуп.} = \frac{J_o}{\text{ЧДД}} \quad (6.42)$$

$$T_{\text{окуп.}} = 0,53 \text{ года}$$

6.5 Вывод

На основании проведенных расчетов можно утверждать об эффективности данного проекта модернизации рулевого управления. Значение индекса доходности равно 1.89, т.е. превышает единицу, а срок окупаемости достаточно небольшой в рамках жизненного цикла автомобиля и составляет 0.53 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы являлась разработка конкурентоспособной конструкции рулевого управления с оптимальным количеством оборотов рулевого колеса для автомобиля 2ого класса. Для этого в ходе выполнения курсового проекта были произведены следующие работы:

- определены назначение, классификация рулевого управления и предъявляемые к ним требования;
- произведен обзор конструкций рулевого управления и обозначены тенденции их развития;
- произведен выбор и обоснование проектируемого варианта конструкции рулевого управления;
- выполнен тягово-динамический расчет легкового автомобиля 2ого класса;
- произведен расчет параметров зацепления механизма «шестерня-рейка»;
- рассчитаны параметры шестерни рулевого механизма
- разработан технологический процесс сборки рулевого механизма;
- подтверждена коммерческая эффективность проекта и определены затраты на производство;
- разработан комплекс мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов– М.: Машиностроение, 2004.-704 с.
2. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили / В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1973.-490 с.
3. Раймпель, Й. Шасси автомобиля / Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1983.-356 с.
4. Раймпель, Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление / Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1987.-232 с.
5. Лата, В.Н. Расчет геометрии зацепления “шестерня-рейка” рулевого механизма автомобиля: учебное пособие / В.Н. Лата, И.В. Еремина. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2006.-105 с.
6. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. Курс лекций.-125 с.
7. Лысов, М.И. Рулевое управление автомобилей / М.И. Лысов. – М.: Машиностроение, 1973.-344 с.
8. Малкин, В.С. Особенности проектирования рулевого управления автомобиля с учетом свойств эластичности шин: учебное пособие / В.С. Малкин. – Куйбышев: Изд-во КуАИ, 1983.-296 с.
9. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. ТЗ. / Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров– М.: Автополис-плюс, 2005.-560 с.
10. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие / Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2001.-41 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягового расчета

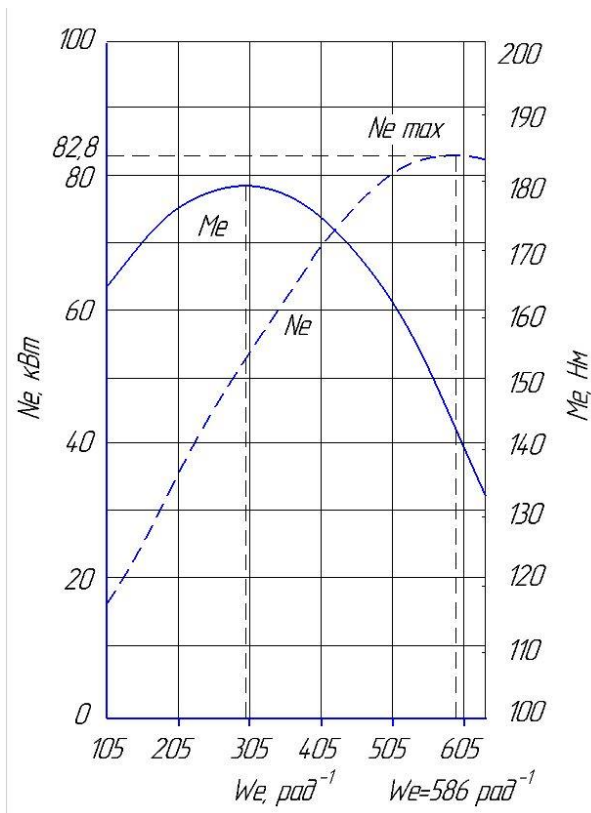


Рисунок А.1 - Внешнескоростная характеристика двигателя

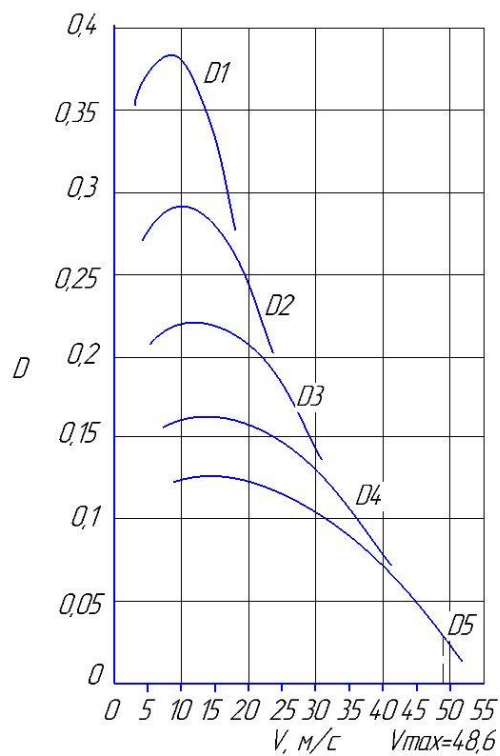


Рисунок А.2 – Динамический фактор автомобиля

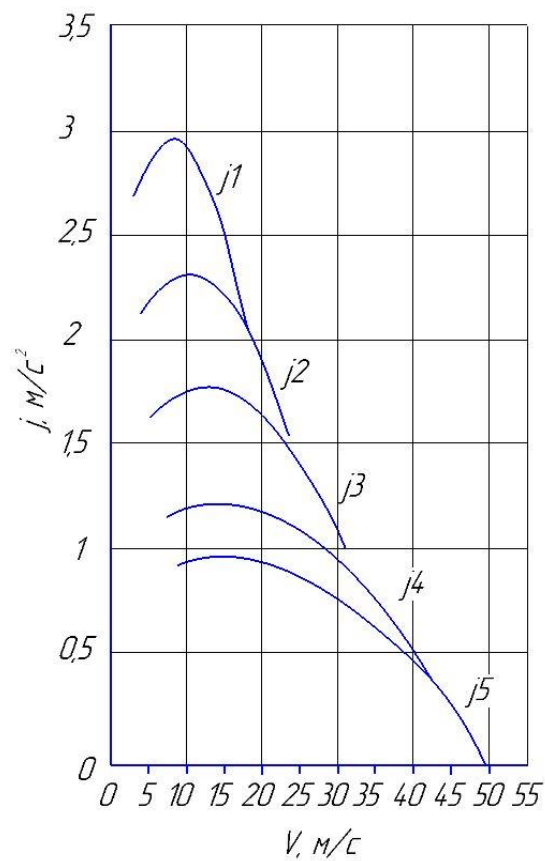


Рисунок А.3 – Ускорения автомобиля

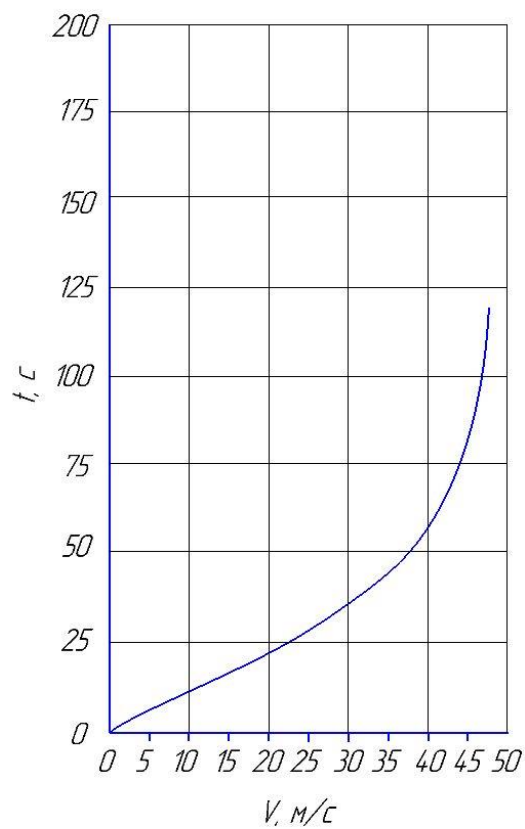


Рисунок А.4 – Время разгона

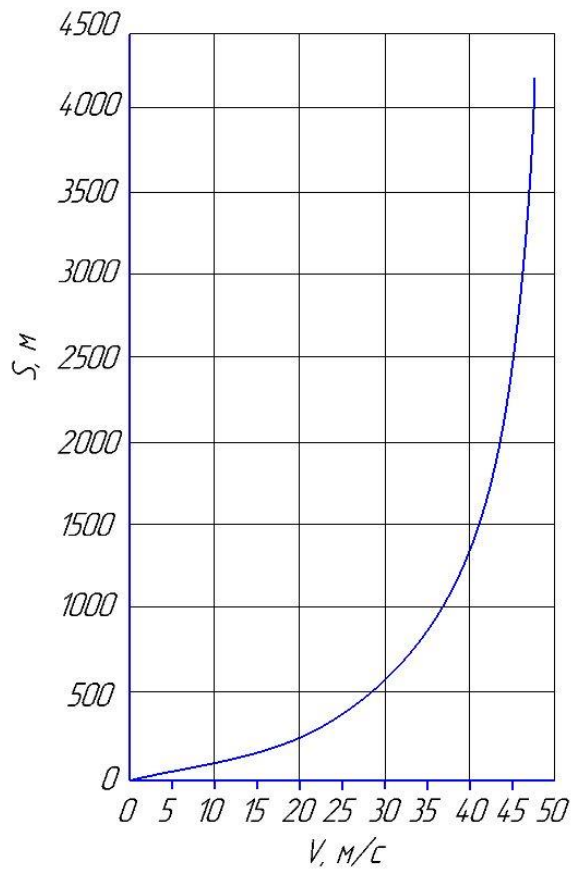


Рисунок А.5 – Путь разгона

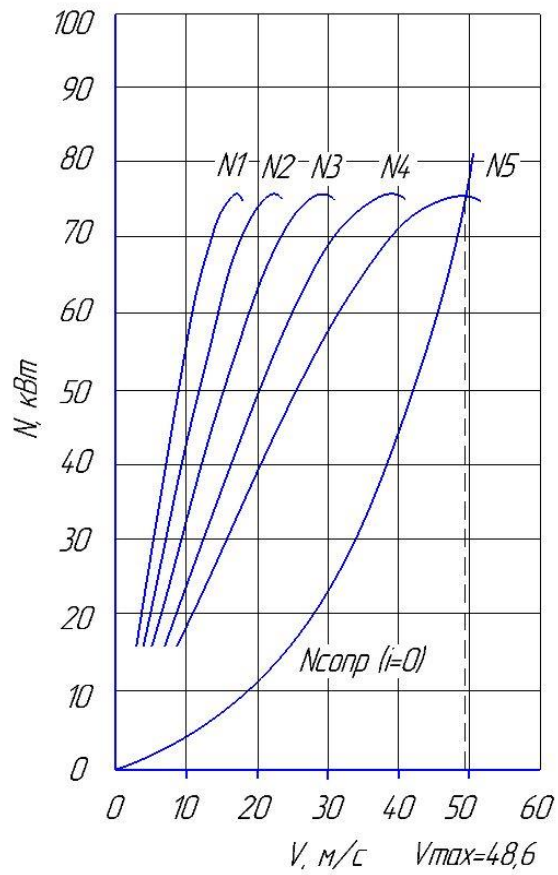


Рисунок А.6 – Мощностной баланс

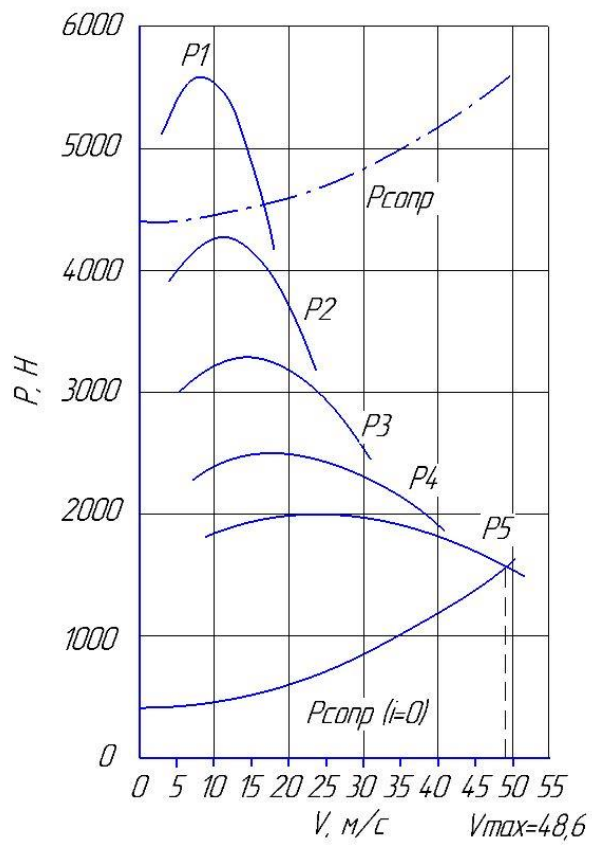


Рисунок А.7 – Тяговый баланс

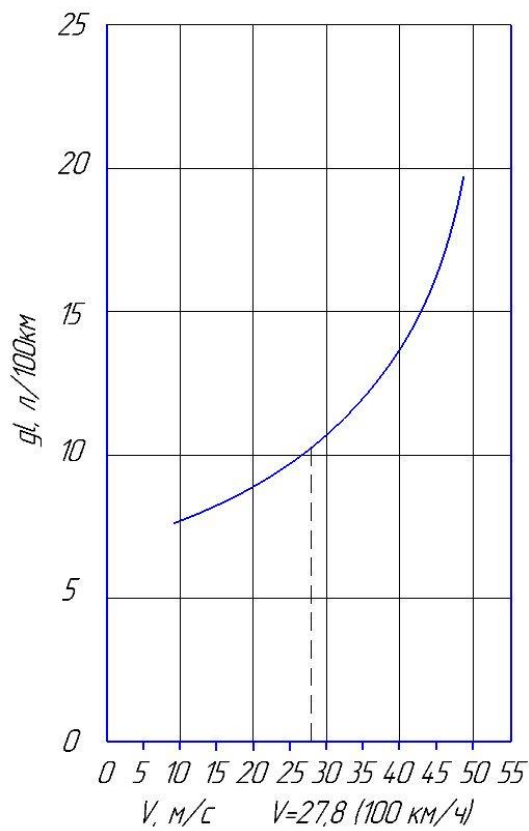


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спецификации