

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему «Переднеприводный легковой автомобиль 2кл. Модернизация
рулевого механизма»

Студент

Волков Г.И.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Лата В.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Лата В.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Фесина М.И.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Капрова В.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Егоров А.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Яценко В.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заместитель ректора-
директор института
машиностроения

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 17 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Волков Глеб Игоревич, дипломный проект на тему «Переднеприводный легковой автомобиль 2кл. Модернизация рулевого управления», Тольятти, 2017г.

В данном дипломном проекте проводится модернизация рулевого управления переднеприводного легкового автомобиля 2 класса. В работе рассмотрено назначение агрегата, а также классификация и требования к агрегату. Выполнен тягово-динамический расчет переднеприводного легкового автомобиля 2 класса LADA Kalina (BA3-2192). Проведен расчет модернизированной опоры тяг рулевой трапеции, расчет зацепления рулевого механизма, параметры шестерни. Описаны технологические операции сборки рулевого управления, экономическая эффективность проекта и созданы процедуры, гарантирующие безопасные условия труда. Работа также содержит общий вид автомобиля, сборочный чертеж изделия, графики тягово-динамического расчета, чертеж рулевого механизма и рулевой рейки, чертеж опоры тяг рулевой трапеции, описание технологических операций, экономическую эффективность изменяемого узла.

Работа состоит из пояснительной записки объемом 84 страницы, графической части объемом 10 листа А1.

ABSTRACT

Volkov Gleb Igorevich, the title of diploma project "Front-Wheel Drive Car 2kl. Modernization of the Steering Gear", Togliatti, 2017.

In the diploma project was described review and detailed modern design of the steering system, the technical requirements of the steering system, the classification of the steering structures and development trends. Based on the results of the analysis, the option of improvements the steering system was selected and justified. Traction-dynamic calculation of a front-wheel-drive car of 2 class VAZ-2192 Kalina is executed. The calculation of the modernized support of the steering-trapezoid rods, the calculation of the steering gear engagement, the gear parameters are carried out. The technological operations of the steering assembly are described, the economic efficiency of the project and procedures are created, and safe working conditions are guaranteed. The work also contains the general view of the car, the assembly drawing of the product, the curves of the traction-dynamic calculation, the drawing of the steering gear and the steering rack, the drawing of the steering of the steering trapezium, the description of technological operations, the economic efficiency of the variable node, specifications and detailing.

The graduation project consists of an explanatory note on 84 pages, 25 tables, the list of 25 references including 12 foreign sources and 1 appendix, and the graphic part on 10 A1 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Состояние вопроса.....	7
1.1 Назначение агрегата рулевого управления.....	7
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции.....	7
1.3 Классификация конструкции рулевого управления.....	8
1.4 Обзор и тенденции развития конструкции рулевого управления.....	12
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции.....	13
2 Защита интеллектуальной собственности.....	16
3 Конструкторская часть.....	17
3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	17
3.2 Расчет значений зацепления рулевого механизма.....	28
4 Технологическая часть.....	36
5 Анализ экономической эффективности объекта.....	44
6. Безопасность и экологичность объекта.....	65
Заключение.....	75
Список литературы.....	76
Приложение.....	79

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная промышленность является одной из основных отраслей нашей страны, так как является основным источником заработка во многих регионах России. На данный момент положение автомобильного рынка нельзя назвать стабильным (Рисунок 1).

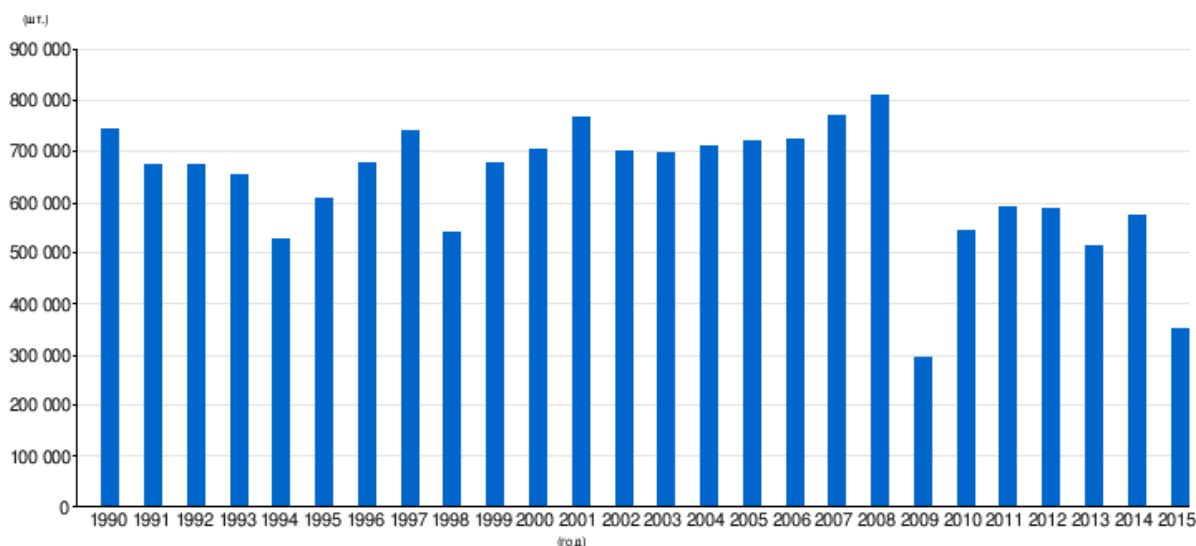


Рисунок 1 – Статистика производства автомобилей (в шт.)

На падение рынка, сказывается покупательская способность граждан, но с каждым месяцем доля российских автомобилей растет (Рисунок 2).

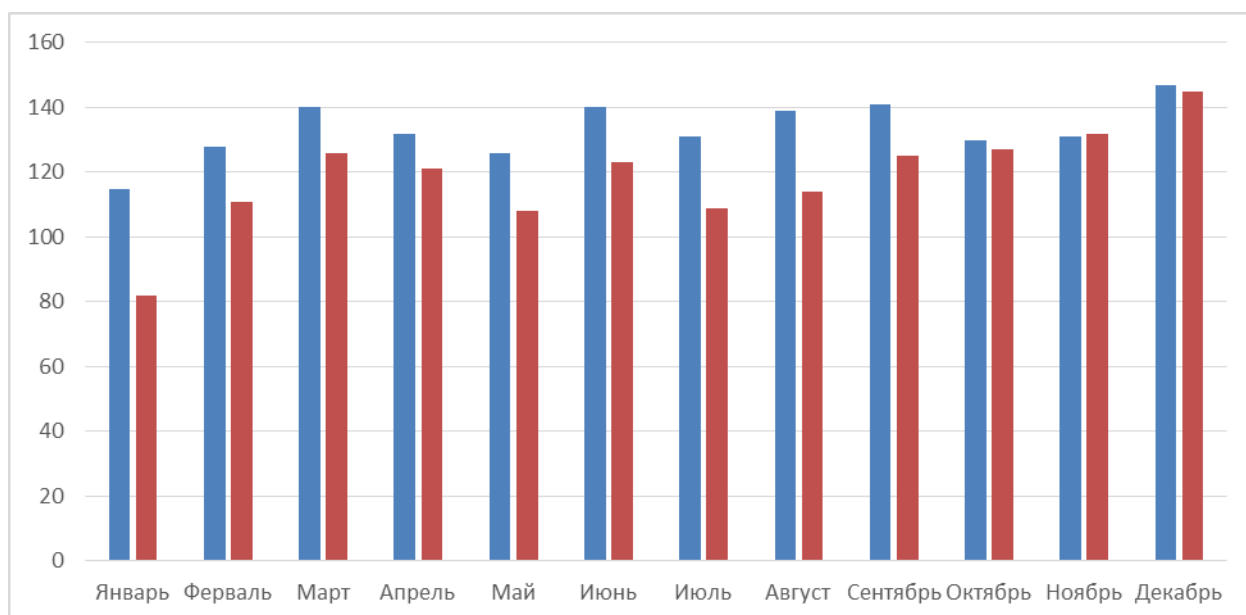


Рисунок 2 – Динамика продаж новых автомобилей в России 2015/2016 годах (тыс. штук)

Наши инженеры, каждый день, повышают уровень отечественных автомобилей в следующих направлениях: качество, надежность, безопасность, доступность, комфорт и экология.

Автомобильное производство охватывает большую часть промышленности России. Этот фактор показывает, что развитие данного направления повысит уровень экономического благополучия страны.

На данное время, 20 заводов выпускают и собирают автомобили в России различных марок. На нескольких таких заводах, локализовали сборку автомобилей иностранных фирм. Это происходит из-за слияния или создания альянсов между компаниями “гигантами”. Данное явление обеспечивает коллег, из разных стран, обменом опытом в производстве и инжиниринге, что создает условия для создания новых и модернизированных узлов автомобиля, улучшения технологий производства, что позитивно сказывается на потребительских свойствах продукта.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение рулевого управления автомобиля

Рулевое управление автомобиля – это совокупность устройств, обеспечивающих поворот управляемых колес автомобиля при воздействии водителя на рулевое колесо. Для повышения комфорта управления автомобилем, используются различные виды усилителей.

Рулевой механизм служит для передачи усилия от водителя к рулевому приводу и для увеличения момента, приложенному к рулевому колесу и самопроизвольное возвращение рулевого колеса в нейтральное положение при снятии усилия.

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции

Правило ЕЭК ООН №79 регламентирует требования к конструкции и элементам рулевого управления транспортного средства. Данное правило содержит конструктивные и эксплуатационные требования согласно которого проводятся испытания технического состояния рулевого управления. Общие положения, данного регламента, звучит так: “Механизм рулевого управления должен обеспечивать просто и надежное управление транспортным средством на всех скоростях до его максимальной конструктивной”.

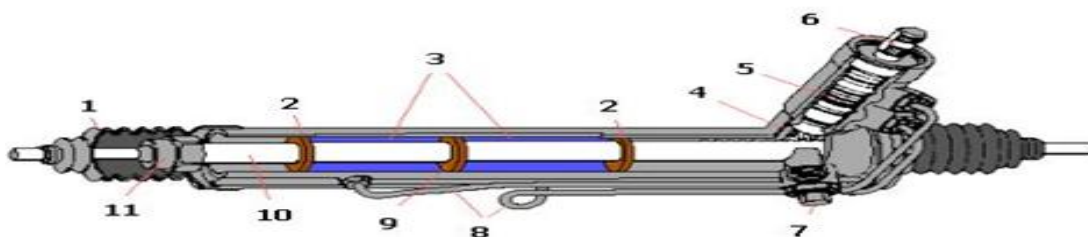
Испытания по данному правилу проводятся на горизонтальной плоскости, обеспечивающей нормальное сцепление. Автомобиль должен быть загружен на максимальную технически допустимую массу. Давление в шинах должно соответствовать стандартам изготовителя. Испытуемый автомобиль должен описывать по касательной кривую радиусом 50 метров, при этом не должно быть сильной вибрации рулевого механизма на скорости 40 км/ч. Так же при движении по спирали со скоростью 10 км/ч, должно сохраняться одинаковое усилие на всём расстоянии пути.

Так же в данной статье [2] представлена математическо-программная методика испытаний, которая сократит затраты и ресурсы компании изготовителя, а также время на сертификацию нового или модернизированного узла. Существует регламент [1] для автомобилей типа Formula SAE в которых описаны стандарты безопасности и качества.

1.3 Классификация конструкции рулевого управления

1.3.1 Реечный рулевой механизм

Из всех видов конструкций устанавливаемый на легковой автомобиль, реечный рулевой механизм (Рисунок 1.1) самый распространённый. Он включает два элемента – это рулевая рейка и шестерня, которые постоянно находятся в зацеплении.



1 – пыльник; 2 – уплотнение; 3 – гидроцилиндр; 4 - шестерня; 5 - золотник; 6 – вал рулевого колеса; 7 – игольчатый клапан; 8 - трубопровод; 9 - поршень; 10 – рулевая рейка; 11 – Шарнир рулевой тяги

Рисунок 1.1 –Схема реечного рулевого механизма

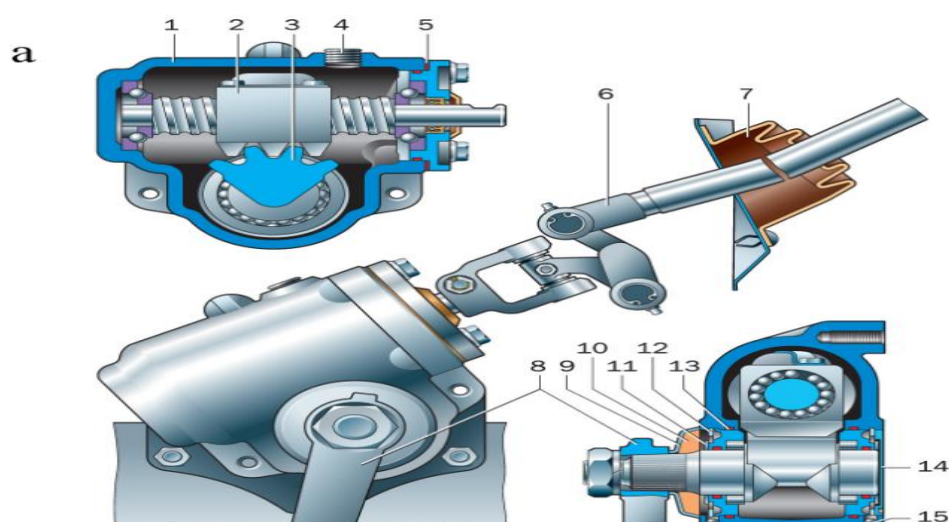
При вращении рулевого колеса, передается крутящий момент по рулевому валу к шестерне (4), вращение которого перемещает рейку (10) влево или вправо в зависимости от поворота рулевого колеса. Впоследствии рулевые тяги, установленные на рейке, перемещаются, что позволяет управляемым колесам поворачиваться.

Простота конструкции, высокий КПД и жесткость – это все преимущества реечного рулевого механизма. К недостаткам можно отнести чувствительность к ударным нагрузкам, которые возникают из-за неровностей дороги, а также склонность к вибрации.

Из-за конструктивных свойств, реечный рулевой механизм применяется на переднеприводных легковых автомобилях.

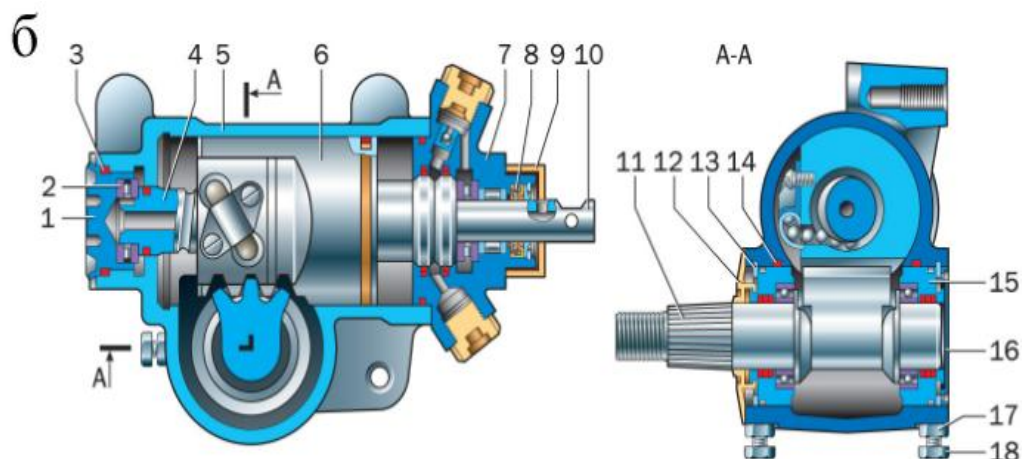
1.3.2 Червячный рулевой механизм

Червячный рулевой механизм (Рисунок 1.2) имеет конструкцию в состав которой входит глобоидный червяк, соединенного с рулевым валом и роликом. Вне корпуса на валу установлен рычаг, связанный с тягами рулевого механизма.



1 – картер; 2 – винт; 3 – вал-сектор; 4 – пробка заливного отверстия; 5 – регулировочные прокладки; 6 – вал-сектор; 7 – уплотнитель рулевого вала; 8 – сошка; 9 – крышка; 10 – уплотнитель вала-сектора; 11 – наружное кольцо подшипники вала-сектора; 12 – стопорное кольцо; 13 – уплотнительное кольца; 14 – боковая крышка; 15 – пробка

Рисунок 1.2 – Рулевой механизм типа «Рулевой механизм типа «винт-шариковая гайка–рейка–зубчатый сектор» без гидроусилителя»



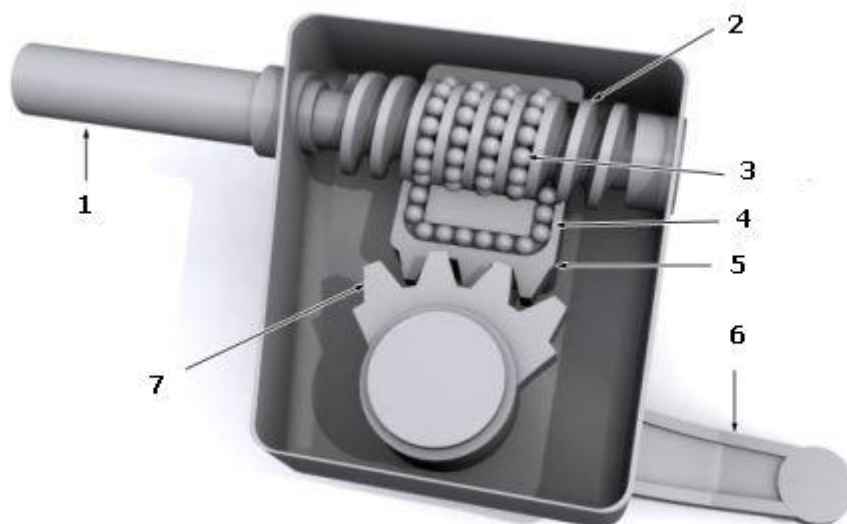
1 – регулировочная гайка; 2 – подшипники; 3 – уплотнительное кольцо; 4 - винт; 5 - картер; 6 - поршень-рейка; 7 - гидравлический распределитель; 8 - манжета; 9 - уплотнитель; 10 - входной вал; 11 – вал-сектор; 12 – защитная крышка; 13 – стопорное кольцо; 14 – уплотнительное кольцо; 15 – наружное кольцо; 16 – боковая крышка; 17 - гайка; 18 – болт

Рисунок 1.3– Рулевой механизм типа «винт-шариковая гайка–рейка–зубчатый сектор» со встроенным гидроусилителем

Червячный рулевой механизм применяется на автомобилях с повышенной проходимостью и легких грузовых транспортных средствах.

1.3.3 Винтовой рулевой механизм

Особенность винтового рулевого механизма (Рисунок 1.3.3) заключается в том, что соединение винта и гайки обеспечивается с помощью шариков, что на много уменьшает трение и износ пары.



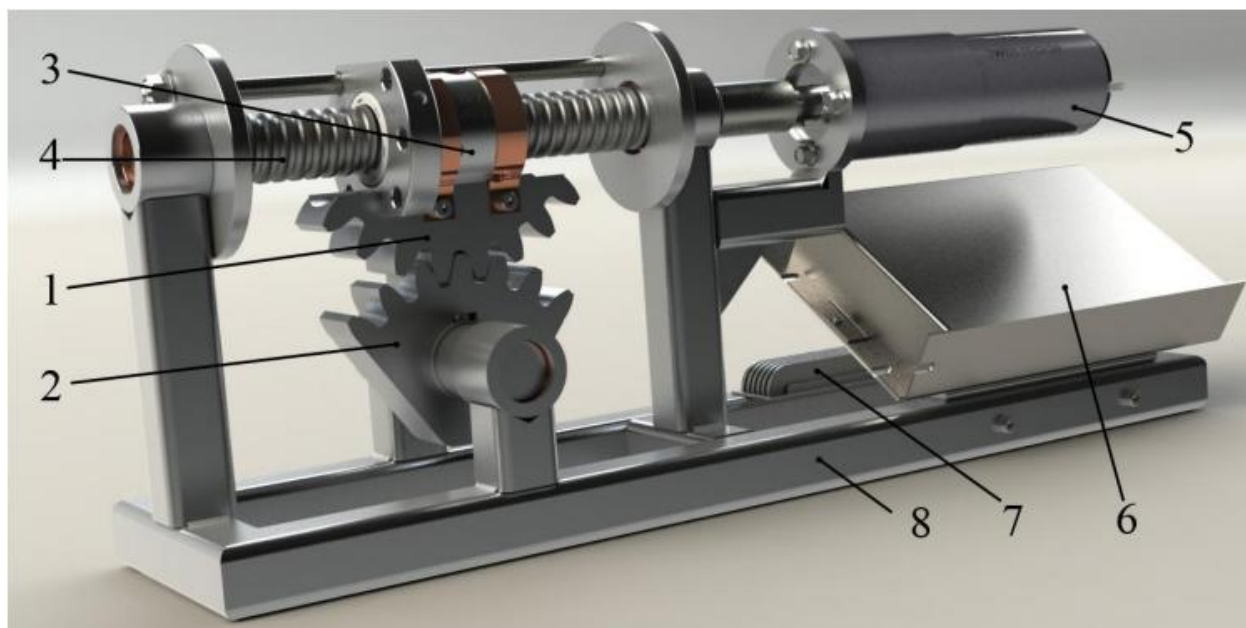
1 – вал рулевого колеса; 2 – винт; 3 – циркулирующие шарики; 4 – канал циркуляции шариков; 5 – гайка с зубчатой рейкой; 6 – рулевая сошка; 7 – зубчатый сектор

Рисунок 1.4 – Схема винтового рулевого механизма

Работа винтового механизма схожа с работой червячного механизма. С поворотом рулевого колеса происходит вращение винта, который перемещает гайку. При этом осуществляется движение и циркуляция шариков. Посредством зубчатой рейки, гайка перемещает зубчатую шестерню, одновременно с рулевой сошкой. Такая конструкция обеспечивает большой КПД. Устанавливается в легковые автомобили представительского класса.

1.3.4 Рулевой механизм с переменным отношением.

Данный вид рулевого механизма взят из статьи [3]. Где произведен подробное описание данного типа.



1 – трансляционная шестерня (сектор-эвольвентного шестерни); 2 – эксцентрично ориентированный сектор; 3 – шарнирное соединение; 4 – шариковый винт; 5 – моторредуктор; 6 – контроллер; 7 – источник питания; 8 – опорная рама.

Рисунок 1.4 – Трехмерная модель стенда для проверки рулевого механизма с переменным отношением.

1.4 Обзор и тенденции развития конструкции агрегата или системы

До не давнего времени существовало только несколько видов рулевых механизмов с гидроусилителем. Первый это реечный рулевой механизм и второй рулевой механизм типа «винт - шариковая гайка - сектор». Последние, которые устанавливались только на автомобили повышенной проходимости.

В данной время появилась тенденция в разработке электронных устройств, помогающих оптимального и комфортно управлять автомобилем. Система – ESP, хорошо распространено в автомобилях BMW, так же обозначающаяся аббревиатурой “AFS” – Active Front Steering (активная система управления передними колесами автомобиля). Эта система имеет рулевой вал с разрезной конструкцией, две части которого соединяются, благодаря сдвоенному планетарному редуктору. Корпус редуктора

поворачивается посредством работы электродвигателя, который начинает свою работу по сигналу электронного блока управления, соединенного с датчиками. Получая информацию, система AFS анализирует значения движения автомобиля и изменяет положение или угловую скорость управляемых колес, что помогает водителю комфортно управлять автомобилем в любой повседневной ситуации.

Развитие данного направления позволяет в будущем перейти на новые виды электроуправления поворотом колес автомобиля. Так называемая система “Steer by wire” интересна тем что в ней будет отсутствовать механическая связь рулевого колеса и управляемых колес, каждое колесо будет получать команду на поворот от системы ЭБУ и электродвигатель, моментально, будет изменять их угол поворота. При взаимодействии водителя на рулевого колеса автомобиля, создается электронный сигнал, который наряду с сигналами других датчиков анализируется в центральном блоке управления. В таких устройствах управления, рулевое колесо становится необязательным и может быть заменено, на аналогичные управления типа джойстик.

Другой момент развития заключается в трехмерной валидации продукта. Такие испытания позволяют сократить ресурсы и время. Данные об испытаниях и моделирования сохраняются в базу на основе MATLAB. Данная статья [5] информирует о эффективном моделирование рулевого управления без механической связки между управляемыми колесами и рулевым колесом водителя.

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции

Выбор конструкции будет осуществляется путем выбора из видов реечного рулевого управления, так как этот тип самый распространённый в легковых автомобилях 2 класса.

1 – крепление боковых тяг к концам зубчатой рейки (Рисунок 1.5);



Рисунок 1.5

2 – крепление боковых тяг к середине зубчаток рейки (Рисунок 1.6);



Рисунок 1.6

Первый тип реечного рулевого механизма имеет простую конструкцию и требует минимум места для его установки. Так как шарниры крепления боковых тяг установлены на концах зубчатой рейки, при движении она испытывает большие осевые нагрузки. Преимущество заключается данной конструкции в не больших нагрузках со стороны радиальных сил, так как углы между боковыми тягами и рейкой невелики.

В ситуациях, когда рулевой механизм с тягами должен быть расположен относительно высоко, как при использовании подвески MacPherson, конструкция рулевого механизма должна располагать крепление тяг к центру рулевой рейки (Рисунок 1.5.2). В таких случаях внутренние шарниры этих тяг крепятся в средней плоскости автомобиля непосредственно к рейке или связанному с ней элементу.

В данном дипломном проекте, за основу взят автомобиль LADA Kalina (ВАЗ 2192), для данного автомобиля и модернизации выбираем второй тип рулевого управления.

2 Защита интеллектуальной собственности

Защита интеллектуальной собственности не предусмотрена.

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

3.1.1 Первоначальные значений для расчета тягово-динамического расчета

Вид автомобиля – переднеприводный легковой автомобиль 2 класса

Колесная формула – 4х2

Количество человек – $n = 1$ (чел.)

Длина = 3893 мм.

Ширина (B_r) = 1700 мм.

Высота (H_r) = 1500 мм.

Масса в снаряженном состоянии – $m_0 = 1160 \text{ кг}$

Шины: R175/65R14

Коэффициенты:

-аэродинамического сопротивления - $C_x = 0.37$

-сопротивления качению - $f_0 = 0.010$

-преодолеваемого уклона - $\alpha_{MAX} = 0.30$

Максимальная скорость - $V_{MAX} = 168 \text{ км/ч} (46,6 \text{ м/с})$

Максимальная частота вращения коленчатого вала –

$$\omega_{e \max} = 6000 \text{ об/мин} (630 \text{ с}^{-1})$$

КПД трансмиссии – $\eta_{TP} = 0,92$

Число передач – 5

Передаточное число главной передачи - $U_0 = 3.7$

Передаточные числа КПП - $U_1 = 3.63$ $U_2 = 1.95$ $U_3 = 1.36$ $U_4 = 0.94$ $U_5 = 0.78$

3.1.2 Определение мощности и момента двигателя

3.1.2.1 Определение полной массы автомобиля

$$M_a = M_0 + M_q \cdot n + M_B \quad (3.1)$$

M_0 – снаряженная масса автомобиля

M_q – масса среднестатистического человека

M_B – масса багажа на одного человека

n – количество пассажиров, включая водителя

$$M_a = 1160 + 75 \cdot 5 + 50 = 1585 \text{ кг}$$

3.1.3 Определение статистического радиуса колеса.

$$r_{CT} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (3.2)$$

$d = 14$ – посадочный диаметр, дюймы (= 0.356 м)

$\lambda_z = 0.86$ – показатель вертикальной деформации, зависящий от типа шин

$H/B = 65$ – соотношение высоты профиля шины к ее ширине, %

$B = 0.175$ – ширина профиля шины, (м.)

$H = 65 \cdot 0.175 = 0.133$ – высота профиля шины, (м.)

$$r_{CT} = 0,5 \cdot 0.356 + 0.86 \cdot 0.133 = 0.275 \text{ м.}$$

$$r_{CT} \approx r_D \approx r_K = 0,28 \text{ м.}$$

r_K – радиус качения шины

3.1.4 Определение коэффициента обтекаемости

$$k = C_x \cdot \rho / 2 \quad (3.3)$$

C_x - характеристика аэродинамического сопротивления

$\rho = 1.239$ – плотность воздуха в нормальных условиях

$$k = 0.418 \cdot 1.239 / 2 = 0.27$$

3.1.5. Расчет лобовой поверхности автомобиля

$$F = 0.8 \cdot B_r \cdot H_r \quad (3.4)$$

$$F = 0.8 \cdot 1.7 \cdot 1.5 = 2.04 \text{ м}^2$$

3.1.6 Расчет показателя сопротивления качению на малых скоростях

$$f = f_0 \cdot (1 + V^2/2000) \quad (3.5)$$

$$f = f_0 \cdot (1 + 46.6^2/2000) = 0.021$$

3.1.7 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя.

Первое что определяют – это мощность двигателя на максимальной скорости по вычислению мощностного баланса с учетом коэффициента полезного действия трансмиссии:

$$N_y = \frac{1}{\eta_{mp}} (G_a \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{MAX}^3) \quad (3.6)$$

ψ_v - показатель сопротивления дороги на максимальной скорости автомобиля.

показатель суммарного дорожного сопротивления равен показателю при максимальной скорости.

$$\psi_v = f = 0.021$$

$G_a = m_a \cdot g$ - максимальный вес автомобиля, Н

$\rho = 1.293$ - плотность воздуха в обычных условиях (760 мм.рт.ст)

$$N_y = \frac{1}{0.92} \cdot (1585 \cdot 9.81 \cdot 0.021 \cdot 46.6 + 0.209 \cdot 2.04 \cdot 46.6^3) = 77177 \text{ Вт} \approx 77.17 \text{ кВт}$$

Максимальная мощность двигателя:

$$N_{\max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (3.7)$$

$a = b = c = 1$ - эмпирический индекс

$\lambda = \omega_V / \omega_N$ - отношение частот вращения коленчатого вала при максимальной скорости к частоте поворота коленчатого вала на максимальной мощности.

Принимаем $\lambda = 1.11$

$$\text{Тогда, } \omega_N = \frac{\omega_V}{\lambda} = \frac{630}{1.11} = 568 \text{с}^{-1}$$

$$N_{\max} = \frac{77177}{1.11 + 1.232 - 1.367} = 79199 \text{Вт} \approx 79.19 \text{кВт}$$

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right) + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (3.8)$$

ω_e - данное значение частоты вращения коленчатого вала

N_e - данное значение эффективной мощности двигателя, кВт

Эффективный момент двигателя:

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

Принимаем минимальную частоту вращения коленчатого вала

$$\omega_{\min} = 100 \text{с}^{-1}$$

Конечные значение сведем в таблицу 3.1

Таблица 3.1

$\omega_e, \text{с}^{-1}$	100	153	206	259	312	365	418	471	524	577	630
$N_e, \text{кВт}$	15.97	25.53	35.36	45.07	54.27	62.58	69.61	74.97	78.29	79.16	77.21
$M_e, \text{Нм}$	159.66	166.66	171.66	174.02	173.95	171.46	166.53	159.18	149.4	137.19	122.55

3.1.8 Определение скоростей автомобиля на передачах

В соответствии с принятыми значениями выполним подсчет скорости транспортного средства на различных передачах:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_s}{U_0 \cdot U_k} \quad (3.10)$$

Результаты сведем в таблицу 3.2

Таблица 3.2

n, c^{-1}	Скорость на передаче m/c				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
100	1.73	3.22	4.62	6.68	8.05
153	2.65	4.93	7.06	10.22	12.31
206	3.56	6.63	9.51	13.76	16.58
256	4.48	8.34	11.96	17.3	20.85
312	5.4	10.04	14.4	20.84	25.11
365	6.31	11.75	16.85	24.38	29.38
418	7.23	13.46	19.3	27.92	33.64
471	8.15	15.16	21.74	31.46	37.91
524	9.06	16.86	24.19	35	42.18
577	9.98	18.58	26.64	38.54	46.44
630	10.9	20.28	29.08	42.08	50.71

3.1.9 Анализ тяговой динамики

3.1.9.1 Тяговый баланс автомобиля

Сила тяги на ведущих колесах:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{TP}}{r_k} \quad (3.11)$$

Автомобиль приобретает силу сопротивления воздуха при движении, которое определяется по формуле:

$$P_B = \frac{1}{2} C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2 \quad (3.12)$$

Сила сопротивления качению автомобиля:

$$P_D = G_a \cdot \psi, \text{ где } \psi = f \quad (3.13)$$

Сумма сил сопротивления движения:

$$P_\Sigma = P_B + P_D \quad (3.14)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3 и 4 (Рисунок 3.1.9.1).

Таблица 3.3

n, c^{-1}	Тяговая сила, H					Сила сопротивления на V передаче, H		
	I	II	III	IV	V	P_B	P_D	P_Σ
100	7045.8	3784.9	2639.7	1824.55	1513.99	35.71	160.4	196.07
153	7364.5	3956.13	2759.1	1907.06	1582.45	83.5	167.1	250.6
206	7575.4	4069.4	2838.1	1961.68	1927.78	151.47	176.7	328.15
256	7679.6	4125.4	2877.2	1988.6	1650.16	239.53	189.1	428.62
312	7676.5	4123.7	2876.1	1987.5	1649.49	347.41	204.3	551.71
365	7566.6	4064.7	2834.9	1959.4	1625.88	457.61	222.4	697.9
418	7349.1	3947.83	2753.4	1903.1	1579.1	623.54	243.2	866.76
471	7024.7	3773.59	2631.8	1819.1	1509.44	791.88	266.9	1058.83
524	6593.1	3541.7	2470.1	1707.3	1416.7	980.31	293.5	1273.82
577	6054.2	3252.3	2268.3	1567.7	1300.9	1188.3	322.8	1511.16
630	5408.2	2905.2	2026.2	1400.5	1162.1	1416.9	355.1	1771.94

Таблица 3.4

<i>I</i>		<i>II</i>		<i>III</i>		<i>IV</i>		<i>V</i>	
V, м/с	P _B	V, м/с	P _B	V, м/с	P _B	V, м/с	P _B	V, м/с	P _B
1.73	1.65	3.22	5.71	4.62	11.76	6.68	24.59	8.05	35.71
2.65	3.87	4.93	13.39	7.06	27.46	10.22	57.55	12.31	83.50
3.56	6.98	6.63	24.22	9.51	49.83	13.76	104.33	16.58	15147
4.48	11.06	8.34	38.33	11.96	78.82	17.3	164.91	20.85	239.53
5.4	16.07	10.04	55.54	14.4	114.26	20.84	239.30	25.11	347.41
6.31	21.94	11.75	76.07	16.85	156.44	24.38	327.51	29.38	475.61
7.23	28.80	13.46	99.83	19.3	205.24	27.92	429.52	33.64	623.54
8.15	36.60	15.16	126.63	21.74	260.42	31.46	545.34	37.91	791.88
9.06	45.23	16.87	156.81	24.19	322.42	35	674.98	42.18	980.31
9.98	54.88	18.58	190.21	26.64	391.04	38.54	818.42	46.44	1188.33
10.9	65.46	20.28	226.61	29.08	465.95	42.08	975.67	50.71	1416.90

3.1.9.2 Динамические характеристики автомобиля

Динамический фактор D :

$$D = \frac{P_T - P_g}{Ga} \quad (3.15)$$

Результаты расчетов динамического фактора и коэффициентов сопротивления качению сведены в таблицу 3.6

Таблица 3.6

n , об/мин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления f				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
1000	0,4535	0,2433	0,1692	0,1159	0,0952	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
1500	0,4739	0,2538	0,1759	0,1191	0,0965	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011

Продолжение таблицы 3.6

<i>n</i> , об/мин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления <i>f</i>				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
2000	0,4872	0,2604	0,1795	0,1196	0,0950	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011
2500	0,4937	0,2631	0,1802	0,1174	0,0908	0,010	0,010	0,011	0,011	0,012
3000	0,4932	0,2619	0,1778	0,1126	0,0838	0,010	0,011	0,011	0,012	0,013
3500	0,4857	0,2568	0,1724	0,1051	0,0741	0,010	0,011	0,011	0,013	0,014
4000	0,4713	0,2477	0,1640	0,0949	0,0615	0,010	0,011	0,012	0,014	0,016
4500	0,4499	0,2348	0,1527	0,0820	0,0462	0,010	0,011	0,012	0,015	0,017
5000	0,4215	0,2179	0,1383	0,0665	0,0281	0,010	0,011	0,013	0,016	0,019
5500	0,3862	0,1971	0,1209	0,0482	0,0072	0,010	0,012	0,014	0,017	0,021
6000	0,3440	0,1724	0,1004	0,0273	-0,0164	0,011	0,012	0,014	0,019	0,023

3.1.10 Анализ динамики разгона

3.1.10.1 Ускорение автомобиля

Расчет ускорения состоит из движения автомобиля по горизонтальному покрытию с твердым покрытием хорошо качества и на максимальной мощности двигателя и отсутствия блокировки ведущих колес. Расчет по формуле:

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{ep}} \quad (3.16)$$

$$\delta_{ep} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{TP} \cdot U_{TP} + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (3.17)$$

I_M - момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$U_{TP} = U_0 \cdot U_k$ - передаточное число трансмиссии; (3.18)

I_k - сумма моментов инерции ведущих колес.

Так как точность значения I_M и I_M не определено то, δ_{ep} находят по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (3.19)$$

где U_k - передаточное число коробки передач на данной передаче

δ_1 - коэффициент учета вращающихся масс колес

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0.03 - 0.05 \quad (3.20)$$

Итоги подсчетов на каждой передаче коэффициентов учета вращающихся масс:

I передача - $\delta_{ep} = 1.70$

II передача - $\delta_{ep} = 1.24$

III передача - $\delta_{ep} = 1.14$

IV передача - $\delta_{ep} = 1.09$

V передача - $\delta_{ep} = 1.08$

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицу 3.7

Таблица 3.7

n , об/мин	Ускорение на передаче m/c^2					Величина, обратная ускорению на передаче c^2/m				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
1000	2,56	1,84	1,37	0,95	0,77	0,39	0,54	0,73	1,05	1,29
1500	2,67	1,93	1,43	0,97	0,78	0,37	0,52	0,70	1,03	1,29
2000	2,75	1,98	1,46	0,98	0,76	0,36	0,51	0,69	1,02	1,31
2500	2,79	2,00	1,45	0,96	0,72	0,36	0,50	0,69	1,05	1,40
3000	2,79	1,98	1,43	0,90	0,64	0,36	0,50	0,70	1,11	1,56

Продолжение таблицы 3.7

$n,$ <i>об/мин</i>	Ускорение на передачи m/c^2					Величина, обратная ускорению на передаче c^2/m				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
3500	2,74	1,94	1,39	0,83	0,55	0,36	0,51	0,72	1,21	1,83
4000	2,66	1,87	1,31	0,73	0,41	0,38	0,53	0,77	1,37	2,42
4500	2,54	1,77	1,21	0,60	0,26	0,39	0,57	0,83	1,66	3,77
5000	2,37	1,64	1,08	0,45	0,08	0,42	0,61	0,93	2,20	12,11
5500	2,17	1,46	0,92	0,28	-0,13	0,46	0,68	1,09	3,56	-7,99
6000	1,92	1,27	0,74	0,07	-0,36	0,52	0,79	1,35	13,40	-2,80

Путь ускорения и временной промежуток автомобиля рассчитывается графико-аналитически. Интегрирование заменяем суммой конечных величин.

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \cdot dV \approx \left(\frac{1}{j_{cp}} \right)^2 \cdot (V_2 - V_1) \quad (3.21)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 3.8 и 3.9

Таблица 3.8

$V, m/c$	0	1,73	6,31	10,9	20,28	29,08	31,46	35
$1/J_{cp}$	0	0,62	0,43	0,53	0,79	1,24	1,91	3,18
t, c	0	0,5363	2,9408	5,144	11,335	20,267	24,0153	33,025

Таблица 3.9

t, c	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
$V, m/c$	0	13.76	17.3	20.84	24.38	27.97	31.46	35	38.54	42.08
ΔS	0	41.28	93.1	114.4	135.6	156.9	178.1	199.3	220.6	241.8
S	0	41.28	134.4	248.8	384.5	541.4	719.5	918.9	1139.5	1381.4

3.1.11 Энергетическое равновесие автомобиля.

$$N_T = N_e - N_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} \quad (3.22)$$

$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}$ – тяговая энергия, или мощность, подаваемая к передним колесам;

N_{TP} – энергия, теряемая в агрегатах трансмиссии;

$N_f = P_{II} \cdot V$ – энергия, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес;

N_{II} – энергия, израсходованная на преодоление сил сопротивления подъему;

N_B – энергия, израсходованная на преодоление сил сопротивления воздуха;

N_{II} – энергия, израсходованная на преодоление силы инерции автомобиля;

N_D – энергия, израсходованная на преодоление сил сопротивления дороги.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.10

Таблица 3.10

V_{MAX}	8,05	12,31	16,58	20,85	25,11	29,38	33,64	37,91	42,18	46,44	50,71
N_e	15,97	25,53	35,36	45,07	54,27	62,58	69,61	74,97	78,29	79,16	77,21
N_T	14,69	23,49	32,53	41,46	49,93	57,57	64,04	68,97	72,03	72,83	71,03
N_B	0,22	0,78	1,91	3,81	6,65	10,65	16,00	22,89	31,52	42,08	54,78
N_D	1,29	2,06	2,93	3,94	5,13	6,53	8,18	10,12	12,38	14,99	18,00
$N_B + N_D$	1,51	2,84	4,84	7,75	11,78	17,19	24,18	33,01	43,90	57,07	72,78
$(N_B + N_D) / N_T$	0,10	0,12	0,15	0,19	0,24	0,30	0,38	0,48	0,61	0,78	1,02

3.1.12 Топливоно-экономическая характеристика автомобиля

Путевой расход топлива:

$$q_{II} = \frac{k_{ck} \cdot k_{II} \cdot (N_D + N_B) \cdot g_{e\min} \cdot 1.1}{3600 \cdot \rho_{\tau} \cdot \eta_{TP}} \quad (3.23)$$

где k_{ck} – показатель, рассматривающий изменения продуктивного расхода топлива в зависимости от ω_e ;

k_{II} – показатель, рассматривающий изменения продуктивного расхода топлива в зависимости от N двигателя;

$g_{e\min} = 340 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$ – удельный эффективный расход топлива;

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

Рассчитанные данные вводим в таблицу 3.11

Таблица 3.11

V	17.3	20.84	24.38	27.92	31.46	38.54	42.08
k_{II}	1.35	1.3	1.2	1.12	1	0.98	0.8
$И$	0.15	0.18	0.23	0.28	0.36	0.45	0.57
k_{ck}	1.1	0.95	0.88	0.8	0.79	0.8	0.9
ω_e / ω_N	0.36	0.46	0.55	0.64	0.74	0.83	0.92
g_n	7.54	8.19	9.01	9.67	10.59	12.84	14.19

3.2 Расчет значений зацепления рулевого механизма «Шестерня-рейка»

Расчет значений рулевого механизма типа “шестерня-рейка” имеет некоторые особенности. Эта передача тихоходная и безззорная, поэтому к профилю зубьев шестерни и рейки предъявляют высокие требования по точности. Маленькое число зубьев шестерни, так же цель повысить прочность

детали, приводят к необходимости использования нестандартного исходного контура зубьев, что является вполне допустимым для критериев массового производства

К плавности работы рулевого механизма предъявляются высокие требования. Ввиду того, что число зубьев шестерни обычно мало, расчеты на прочность существенно усложняются и обычные формулы для расчета прочности зубьев в этом случае применимы лишь отчасти; по крайней мере, требуется осторожный, основанный на имеющемся опыте проектирования подход к назначению допускаемых напряжений и запаса прочности.

3.2.1 Начальный расчет вариантов рулевого механизма типа “Шестерня-рейка”

Исходные данные для расчета зацепления:

1. Угол картера рулевого механизма $\delta = 0$
2. Межосевое расстояние $a = 14.5 \text{ мм}$
3. Диаметр рейки $d_z = 26 \text{ мм}$
4. Ход рейки $l_p = 142 \text{ мм}$
5. Показатель высоты головки зуба инструмента для производства шестерни $h_{aP01}^* = 1.25$ - фактически, он определяет высоту ножки зуба шестерни;
6. Показатель подъема головки зуба инструмента для производства рейки $h_{aP02}^* = 0.575$ - фактически, он определяет высоту ножки зуба рейки;
7. Показатель радиального зазора зуба шестерни $C_1^* = 0.125$ - вместе с коэффициентом h_{aP02}^* он определяет высоту головки зуба шестерни;
8. Показатель радиального зазора зуба рейки $C_1^* = 0.25$ - вместе с коэффициентом h_{aP01}^* он определяет высоту головки зуба рейки.
9. Модуль зубьев шестерни $m_n = 2 \text{ мм}$
10. Угол профиля зубьев рейки принимаем $\alpha = 25^\circ$
11. Передаточное число рулевого механизма $H = 151/3.1 = 48.7 \text{ [мм/об]}$

3.2.2 Контроль существования зубчатого зацепления

Угол наклонной плоскости зубьев:

$$\beta_1 = 26^\circ$$

Число зубьев:

$$z_1 = 8$$

Рассчитываем максимальное передаточное число рулевого механизма, H

$$H = \frac{\pi \cdot m_n \cdot z_1 \cdot \cos 20^\circ}{\cos \beta_1 \cdot \cos \alpha} = 70.68 \quad (3.24)$$

Рассчитывается минимальный индекс смещения исходного контура шестерни $x_{n1-\min}$

Вычисляется, исходя из обеспечения максимального профильного перекрытия в зацеплении:

$$\begin{cases} x_{n1-\min}^{(1)} = h_{aP01}^* - \frac{\left[1 - \frac{1}{1 + (\operatorname{tg} 20^\circ / \cos \beta_{1-20^\circ})^2} \right] \cdot z_1}{2 \cdot \cos \beta_{1-20^\circ}} - C_2^* \\ x_{n1-\min}^{(2)} = h_{aP01}^* - 0,2 \cdot (1 - \sin 20^\circ) - \frac{\sin^2 \alpha_{wt} \cdot z_1}{2 \cdot \cos \beta_{1-20^\circ}} \end{cases} \quad (3.25)$$

$$x_{n1-\min}^{(1)} = 0.61$$

$$x_{n1-\min}^{(2)} = 0.44$$

где α_{wt} - угол зацепления в торцовом сечении на начальной окружности

$$\alpha_{wt} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos \beta_{1-20^\circ}} = 22^\circ$$

Выбираем подходящий индекс смещения исходного контура между расчетными значениями $x_{n1-\min}^{(1)}$ и $x_{n1-\min}^{(2)}$. Данное значение принимаем $x_n = 0,5$

Диаметр основной окружности шестерни, мм

$$d_{b1} = \frac{m_{n-20^\circ} \cdot z_1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 20^\circ + \cos^2 \beta_{1-20^\circ}}} = 16.5 \quad (3.26)$$

Угол наклонной плоскости зуба шестерни на основной окружности

$$\beta_{b1} = \arcsin(\cos \alpha_0 \cdot \sin \beta_{1-20^\circ}) = 19.01^\circ \quad (3.27)$$

Диаметр начальной окружности шестерни, мм

$$d_{01} = \frac{z_1 \cdot m_{n-20^\circ}}{\cos \beta_{1-20^\circ}} = 17.8 \quad (3.28)$$

3.2.3 Значения зубьев шестерни

Ширина зуба на главной окружности в торцовом сечении:

$$S_{bt1} = \frac{m_n \cdot \cos \alpha_{wt} \cdot \left(x_{n1-\max} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + 0.5 \cdot \pi \right)}{\cos \beta_{1-20^\circ}} + d_{b1} \cdot \operatorname{inv} \alpha_{wt} = 4.32 \quad (3.29)$$

Диаметр вершины зубьев шестерни:

$$d_{a1} = 2 \cdot m_{n-20^\circ} \cdot \left(a_{aP02}^* - C_1^* + x_{n1-\max} \right) + d_{01} = 21.6 \quad (3.30)$$

Угол наклонной плоскости зуба на диаметре головки зуба шестерни:

$$\beta_{a1} = \arctan \frac{\operatorname{tg} \beta_b \cdot d_{a1}}{d_{b1}} = 29.54^\circ \quad (3.31)$$

Угол зацепления в торцовом сечении на окружности головки зуба шестерни:

$$\alpha_{ia} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} = 40.2^\circ \quad (3.32)$$

Ширина головки зуба шестерни в нормальном сечении:

$$S_{an1} = \left(\frac{S_{bt1}}{d_{b1}} - \operatorname{inv} \alpha_{ia} \right) \cdot d_{a1} \cdot \cos \beta_a = 2.33 \quad (3.33)$$

Определяется диаметр углублений зубьев шестерни d_{f1}

$$d_{f1} = \left(x_{n1} \cdot \cos \beta_{1-20^\circ} + z_1 \right) \frac{m_{n-20^\circ}}{\cos \beta_{1-20^\circ}} - 2 \cdot h_{ap01}^* \cdot m_{n-20^\circ} = 14.8 \quad (3.33)$$

Показатель высоты головки зуба шестерни

$$h_{a1}^* = h_{ap02}^* - C_1^* = 0.125 \quad (3.34)$$

Угол зацепления в торцовом сечении

$$\alpha_{wt} = \arctg(\operatorname{tg} 20^\circ / \cos \beta_1) = 22^\circ \quad (3.35)$$

Диаметр окружности головки зуба шестерни d_{a1} при выбранном x_{n1}

$$d_{a1} = d_{01} + 2 \cdot m_n \cdot \left(x_{n1} + h_{a1}^* \right) = 21.6 \quad (3.36)$$

Диаметр активной окружности ножки зуба шестерни d_{Nf1} рассчитывается

в зависимости от показателя B :

$$B = 0,5 \cdot d_{01} \cdot \sin \alpha_{wt} - \frac{m_n}{\sin \alpha_{wt}} \cdot \left(x_{n1} - C_2^* \right) = 0.66 \quad (3.37)$$

$$d_{Nf1} = 2 \cdot \sqrt{B^2 + 0,5 \cdot d_{b1}} = 16.55 \quad (3.38)$$

Высота зуба шестерни

$$h_1 = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{2} = 3.4 \quad (3.39)$$

Торцовый модуль

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta_1} = 2.23 \quad (3.40)$$

Радиальный зазор шестерни

$$C_1 = m_n \cdot C_1^* = 0.25 \quad (3.41)$$

Шаг для главной окружности

$$P_b = \pi \cdot m_n \cdot \cos 20^\circ = 5.9 \quad (3.42)$$

Показатель перемещения исходного контура в торцовом сечении

$$x_{r1} = x_{n1} \cdot \cos \beta_1 = 0.45 \quad (3.43)$$

Толщина зуба шестерни на начальной окружности в нормальном сечении

$$S_{n01} = (0,5 \cdot \pi + 2 \cdot x_{n1} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) \cdot m_n = 3.87 \quad (3.44)$$

Вычисляемое число зубьев шестерни при измерении общей нормали

$$z' = \frac{\sqrt{0,25 \cdot (d_{a1} + d_{a1})^2 - d_{b1}^2 - S_{br1} \cos^2 \beta_{b1}}}{P_b \cos \beta_{b1}} + 1 = 2.1 \quad (3.45)$$

Вычисленное значение количества зубьев округляется в меньшую сторону, тогда $z' = 2$.

Длина общей нормали

$$W = (z' - 1) \cdot P_b + S_{br1} \cdot \cos \beta_{b1} = 9.84 \quad (3.46)$$

Минимальная активная ширина шестерни

$$b_{N1} = \frac{2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot d_z^2 - 0,5 \cdot d_{a1} \cos(\alpha_{ta} - \alpha_{wr})}}{\cos \delta} + d_{a1} \cdot \sin(\alpha_{ta} - \alpha_{wr}) \cdot \operatorname{tg} \delta = 24.76 \quad (3.47)$$

3.2.4 Расчёт параметров рейки рулевого механизма

Угол наклонной плоскости зуба рейки:

$$\beta_{02} = \delta - \beta_1 = -26^\circ \quad (3.48)$$

Показатель головки зуба рейки:

$$h^* a_2 = h^*_{ap01} - C^*_2 = 1.25 \quad (3.49)$$

Радиальный зазор рейки

$$C_2 = m_n \cdot C^*_2 = 2 \quad (3.50)$$

Расстояние от оси рейки до средней линии зуба

$$r_2 = \alpha - 0.5 \cdot d_{0.1} - m_n \cdot x_{n1} = 4.6 \text{ мм} \quad (3.51)$$

Расстояние от оси рейки до активной линии головки зуба

$$r_{Na2} = r_2 + m_n \cdot h^*_{ap01} - m_n \cdot C^*_2 = 6.6 \text{ мм} \quad (3.52)$$

Расстояние от оси рейки до линии головки зуба рейки

$$r_{a2} = r_{Na2} + 0.1 = 6.7 \text{ мм} \quad (3.53)$$

Средняя ширина зуба рейки

$$b_2 = \sqrt{d_2^2 - (r_{f2} - r_{Na2})^2} / \cos \delta = 23.98 \text{ мм} \quad (3.54)$$

Расстояние от оси рейки до активной линии ножки зуба

$$r_{N2} = \alpha - 0.5 \cdot d_{a1} \cdot \cos(\alpha_{ta} - \alpha_{wt}) = 4.24 \text{ мм} \quad (3.55)$$

Высота головки зуба рейки

$$h_{a2} = r_{a2} - r_2 = 2.1 \text{ мм} \quad (3.56)$$

Высота ножки зуба рейки

$$h_{f2} = r_{a2} - r_2 = 1.15 \text{ мм} \quad (3.57)$$

Высота зуба рейки

$$h_2 = h_{a2} + h_{f2} = 3.25 \text{ мм} \quad (3.58)$$

Торцовый шаг

$$Pt = \frac{m_n \pi}{\cos \beta_{02}} = 6.99 \text{ мм} \quad (3.58)$$

Толщина зуба рейки у ножки

$$S_{FN2} = 2(r_2 - r_{f2}) \cdot \text{tg} \alpha_0 + 0.5 \cdot m_n \cdot \pi = 3.97 \text{ мм} \quad (3.59)$$

Ширина впадины у ножки

$$S_{EF2} = \pi \cdot m_n - S_{FN2} = 2.31 \text{ мм} \quad (3.60)$$

Толщина головки зуба рейки

$$S_{AN2} = 0.5 \cdot \pi \cdot m_n - (r_{NA2} + 0.1 - r_2) \cdot 2 \cdot \text{tg} \alpha_0 = 1.61 \text{ мм} \quad (3.61)$$

Радиус основания ножки зуба рейки

$$P_{f2} = 0.5 \cdot S_{EF} \cdot \text{tg}(45^\circ + 0.5 \cdot d_0) = 1.58 \text{ мм} \quad (3.62)$$

Минимальное число зубьев $z_{2\min}$

$$z_{2\min} = 23.4 \quad (3.63)$$

Диаметр измерительного ролика

$$d_1 = \frac{0.5\pi \cdot m_n}{\cos\alpha_0} = 3.34 \quad (3.64)$$

Измеряемый диаметр от оси рейки

$$MP = r_2 + 0,5d_{изм} + \frac{0,5d_{изм}}{3m\alpha_0} - \frac{\pi}{4} \frac{m_n}{tg\alpha_0} = 8.131 \quad (3.65)$$

Измеряемый диаметр до головки зуба

$$MP_A = MP - rN_{Az} - 0,1 = 1.432 \quad (3.66)$$

Измеряемый диаметр до ножки зуба

$$MP_f = MP - r_{f2} = 4.682 \quad (3.67)$$

3.2.5 Расчет параметров опоры тяг рулевой трапеции и радиуса поворота автомобиля

Для модернизации автомобиля с размером колес 195/55R16 необходимо ограничить угол поворота колес для исключения контакта колес и кузова. Компонировочные работы позволили установить величину требуемого угла поворота внутреннего колеса, при этом угол поворота наружного колеса равен 30.7° , а средний угол поворота колес равен 32.34° .

Используя таблицу соответствия углов поворота колес ходу рейки, полученную из расчета кинематики рулевого управления автомобиля 2192 (приложение №1), выбран ход рейки ± 71 мм., обеспечивающий требуемые углы поворота колес.

Тогда длина опоры тяг рулевой трапеции определяется как:

$$l_{нов} = l_{стар} + 2(75.5 - 71) = 82 \text{мм.} \quad (3.68)$$

Радиус поворота автомобиля с таким углом поворота колес рассчитываем по формуле:

$$R = \frac{L}{tg\theta} = \frac{2476}{tg32.34} = 412.6 \text{мм.} \approx 4.13 \text{м.} \quad (3.69)$$

4 Технологическая часть

4.1 Освоение изменения конструкции рулевого управления. Технологический процесс сборки.

ГОСТ 3.1109-82 устанавливает правила и понятия в сфере технологических процессов производства и ремонта в машиностроении. Данный документ показывает, что технологический процесс является частью производственного процесса, включающие определенные действия по изменению составляющей предмета труда. Относится к изделию и сборочным конструкциям. Так же определяет методы эксплуатации. Существует единый технологический процесс, который включает в себя процессы изготовления одноименных изделий, а группы изделий с общими параметрами конструкции, называются типовыми.

Технологический процесс состоит из функций и операций. Технологическая операция – это процесс, при котором непрерывно выполняется на одном рабочем месте проводится работа с одним или несколькими деталями. Маркировочные, транспортные, измерительные и т.д. работы называют вспомогательными.

Данный проект модернизации рулевого управления не предусматривает изменения технологического процесса и сборки. Так же измененный агрегат позволяет сохранять экономическую эффективность производства.

4.2 Критерии технологического процесса к конструкции рулевого управления

Технологичностью называют общие показатели детали, которые предоставляют оценку удобства производства, сборки и эксплуатации. Определенной численной оценки и единиц измерения не имеет. Определяют эту оценку путем сравнения аналогичных изделий или современным уровнем прогресса техники. Данный критерий закладывается на стадии

разработки специалистами. Корнем этого является унификация и стандартизация.

Главная функция унификации состоит в том, чтобы привести к однообразию технологические и технические свойства, такие как уменьшение различных конструкторских решений, применимость одного и того же объекта на разных узлах и платформах, что позволяет сократить трудоемкость и сроки на разработку новых идей. Компании создают платформы, в последствии которых применяются на различных моделях и марках, а также их продажа между концернами.

Стандартизация – это сосредоточение знаний и будущее их применение в разработке, обслуживании и производстве, чтобы создать изделия нужного качества, безопасность для потребителя и окружающей среды.

В современном мире автомобильного производства, изготовление и сборка мелких узлов, предоставляется поставщикам. Крупные узлы всегда прерогатива сборочных заводов.

Данный проект по модернизации рулевого механизма соответствует вышеуказанным требованиям.

Так же важным фактором является то чтобы во время производства детали сохраняли свой прочностные свойства. В статье [4] описан ряд исследований на тему прочности зубчатых зацеплений.

4.3. Разработка технологических операций сборки рулевого управления

Окончательным результатом сборки является рулевой механизм переднеприводного легкового автомобиля 2кл.

Технологическая операция сборки агрегата должна быть создана с учетом следующих требований:

- габариты, масса, число сборочных единиц должно соответствовать нормам по трудоёмкости;
- избегать частичного и полного демонтажа уже установленных деталей

- проведение специализированной валидации или дополнительную обработку нескольких деталей. Эти процессы проводятся по необходимости.

Разработка технологических операций сборки основывается на конструкторской документации осуществляется силами инженеров технологических служб производства.

На основе этой информации можно выразить первичный вывод о технологичности рулевого механизма, так как отображена полностью номенклатура входящих деталей и очередность сборки.

4.4 Перечисление перечня сборочных операций

Операция №20

- Установить картер рулевого механизма в сборе в приспособление стенда.
- Установить шестерню в сборе и рейку рулевого механизма в устройство смазки.
- Автоматически одновременно зажать картер, нанести смазку* на зубчатую часть шестерни.
- Установить в картер смазанную рейку с помощью технологической оправки и смазанную шестерню.
- Автоматически запрессовать до упора шестерню в картер.
- Ориентировать шестерню по пазу, с помощью технологической оправки ввести рейку в зацепление шестерней.
- Установить рейку в среднее положение и положение паза шестерни.
- Автоматически разжать рулевой механизм.
- Снять с приспособления собранный узел и установить его на спутник межоперационного транспорта.

*Смазка пластичная. Общее количество смазки 20...25г.

Операция №30

Распаковать сепаратор с роликами в сборе

Операция №40

Фаза 1

- Произвести сборку рулевого механизма в сборе с операции 20 на спутнике межоперационного транспорта.
- Установить в картер рулевого механизма, предварительно смазанное уплотнительное кольцо
- Установить на шестерню сепаратор с роликами в сборе

Фаза 2

- Взять механизм рулевой в сборе со спутника межоперационного транспорта и установить в приспособление стенда.
- Установить на шестерню технологическую оправку.
- Установить на картер ориентированную крышку картера и наживить два болта, предварительно подсобрав их с шайбами.
- Снять с шестерни технологическую оправку.
- Автоматически зажать механизм рулевой, завернуть два болта и нанести смазку на поверхность.

Операция №50

- Распаковать упор рейки рулевого механизма.
- Установить на упор рейки рулевого механизма предварительно смазанное, уплотнительное кольцо
- Установить на упор вкладыш упора.

Операция №60

Выполнить последовательно 2 фазы операции.

Фаза 1

- Произвести сборку рулевого механизма в сборе с операции 40 на спутнике межоперационного транспорта.
- Установить в картер рулевого механизма упор рейки в сборе с операции 50.

Фаза 2

- Взять механизм рулевой в сборе со спутника межоперационного транспорта и установить в приспособление стенда. Распаковать гайку упора рейки рулевого механизма.

- Установить в картер рулевого механизма предварительно смазанное уплотнительное кольцо.

- Установить на упор пружину и наживить гайку упора.

- Автоматически зажать механизм рулевой, установить рейку в среднее положение, завернуть гайку упора и раскернить гайку в трех точках.

- Снять с приспособления собранный узел и установить его на спутник межоперационного транспорта.

Операция №70

- Снять узел с операции 60 с транспорта и уложить на подвеску конвейера.

- Установить стопорную пластину в ложемент запрессовочного устройства.

- Автоматически позиционировать спутник, подвести поры под механизм рулевой в сборе с операции 150 и запрессовать стопорную пластину на головки болтов до упора. Отвести опоры. Контролировать визуально комплектность сборки и нанести личное клеймо исполнителя операции.

- Разжать узел и уложить механизм рулевой на подвеску грузонесущего конвейера.

- Взять механизм рулевой в сборе с операции 60 со спутника межоперационного транспорта, установить его в установочное приспособление спутника автоматической линии и зажать.

Операция №80

Установить на рейку ориентированного согласно эскизу, упор технологический центрирующий и завернуть два болта технологических.

Операция №90

Переместить рейку по всему диапазону хода 4 раза посредством вращения шестерни.

Операция № 110

- Заблокировать рейку в среднем положении.
- Контролировать момент отворачивания* гайки упора.
- Отвернуть гайку упора на угол 60 градусов, что соответствует 5 делениям на торце гайку, а затем затянуть на угол 12 градусов, что соответствует 1 делению на торце гайку.
- При заблокированной рейке в среднем положении приложить к шестерне крутящий момент $\pm 15H / m(1,5кгс \cdot м)$ и определить фактическую величину зазора.
- При необходимости провести корректировку и повторный контроль зазора.
- Контролировать момент отворачивания** гайки упора.

$$* M_{отв.} = 15H \cdot m(1,5кгс \cdot м) \min$$

$$** M_{отв.} = 2H \cdot m(0,2кгс \cdot м) \min$$

Операция №130

- Распаковать опору тяг рулевой трапеции
- Отвернуть два болта технологических крепления упора технологического.
- Снять с механизма рулевого упор технологический и установить его в ложемент спутника.
- Установить на рейку механизма рулевого опору тяг рулевой трапеции, предварительно подсобрал ее со скобой.
- 1. Опустить опору, поддерживающую трубку картера.

Операция №140

- Установить на трубу картера рулевого механизма чехол защитный.
- Установить на чехол два хомута, произвести их затяжку и отрезку свободного конца.
- Поднять опору, поддерживающую трубу картера.
- Выставить опору тяг с помощью пальца центрирующего.

Операция №150

- Установить в ложементы приспособления установочного пластину соединительную тяги рулевой трапеции правую и левую, вторую соединительную пластину и два болта.
- Закрыть защитное ограждение.
- Автоматически взять из ложементов приспособления установочный пакет, установить его на рулевой механизм и завернуть тарировано два болта крепления тяг рулевой трапеции.

Далее приведена таблица 4.1 в которой показано время расчетное для каждой операции:

Таблица 4.1

Время произв. мин	Время вспом. мин	Время потерь мин	Общее время цикла. мин	Кол. Деталей за цикл	Время штуч. мин	Расчет час произв.
<i>Операция №20</i>						
0,25	0,47	0,09	0,81	1	0,81	74
<i>Операция №30</i>						
-	4,5/100	0,5/100	0,05	1	0,05	1200
<i>Операция №40</i>						
0,2	0,65	0,12	0,97	1	0,97	62
<i>Операция №50</i>						
-	0,24	0,03	0,27	1	0,27	222
<i>Операция №60</i>						
0,25	0,4519	0,0891	0,791	1	0,791	75

Продолжение таблицы 4.1

Время произв. мин	Время вспом. мин	Время потерь мин	Общее время цикла. мин	Кол. Деталей за цикл	Время штуч. мин	Расчет час произв.
<i>Операция №70</i>						
0,1	0,39	0,06	0,55	1	0,55	109
<i>Операция №80</i>						
0,1	0,46	0,07	0,63	1	0,63	95
<i>Операция №90,110</i>						
0,56	-	-	0,56	1	0,56	107
<i>Операция №30</i>						
0,1	0,55	0,05	0,7	1	0,7	86
<i>Операция №40</i>						
0,1	0,25	0,05	0,4	1	0,4	150
<i>Операция №50</i>						
0,3	0,29	0,08	0,67	1	0,67	90
Σ						
2,06	4,3019	0,6891	7,101	12	7,101	2356

4.5 Вывод

Данная модернизация рулевого механизма не несет изменения технологического процесса серийного аналога на производстве ПАО “АВТОВАЗ”. Таким образом запуск в производстве данного узла не повлечет понижения безопасности и изменения технологического процесса.

5 Технико-экономическая оценка модернизируемого объекта

В данном дипломной проекте объектом модернизации является рулевой механизм легкового переднеприводного автомобиля 2-ого класса, а именно LADA KALINA (ВАЗ 2192). Данный рулевой механизм имеет высокий уровень надежности, что подтверждают испытания по методике правил ЕЭК ООН №79. Так же данный узел ремонтпригоден и обладает приемлемыми потребительскими свойствами.

Недостатком этой конструкции является большое количество оборотов рулевого колеса, что создает неудобства водителя при маневрировании на малых скоростях. В модернизируемом реечном механизме число оборотов рулевого колеса уменьшено, за счет изменения зацепления шестерни и рейка, а так же конструктивное изменение опоры рулевых тяг.

Lada Kalina относится к бюджетному сегменту, поэтому важно, чтобы затраты на данный проект значительно не увеличились, чтобы изменения не повлияли на рост цен автомобиля.

В данной главе дипломного проекта проведен анализ и расчет на реализацию и производство рулевого механизма, общественную и коммерческую эффективность данного изменения.

В данной главе дипломного проекта рассчитаем финансовые затраты на производство и реализацию рулевого механизма, общественную эффективность и будет вычислена коммерческая эффективность данного изменения.

5.1 Расчет себестоимости модернизированного агрегата

Значения для расчета себестоимости были получены при прохождении преддипломной практики на ПАО «АВТОВАЗ» и руководителя дипломного проекта. Занесем эти данные в таблицу 5.1

Таблица 5.1 - Расчёт себестоимости проектируемого узла.

Таблица 5.1

<i>Наименование показателей</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Ед.изм.</i>	<i>Источник</i>
Годовая программа выпуска изделия	$V_{ГОД} = 130000$	<i>Шт.</i>	<i>Руководитель проекта</i>
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	$K_{с.в.} = 0$	%	<i>Консультант каф." ЭоиУП"</i>
Коэффициент общезаводских расходов	$E_{ОБЗ АВ} = 125$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{КОМ} = 5$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.	$E_{ОБОР} = 200$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициенты транспортно-заготовительных расходов	$K_{ТЗР} = 3$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент цеховых расходов	$E_{ЦЕХ} = 175$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{ИНС} = 3$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{РЕНТ} = 40$	%	<i>Консультант каф." ЭоиУП"</i>
Коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве	$K_{ВЫП} = 10$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{ПРЕМ} = 30$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент возвратных отходов	$K_{ВОТ} = 1$	%	<i>ПЭОцеха</i>
Коэффициент капиталоборазующих инвестиций	$K_{ИНВ} = 7$	%	<i>Консультант каф." ЭоиУП"</i>

Расчет статьи затрат “Покупные изделия и полуфабрикаты” выполняется по формуле:

$$P_{и} = C_{i} \cdot n_{i} \cdot (1 + K_{ТЗ} / 100) \quad (5.1)$$

где - C_{i} – оптовая цена, руб.

n_i – количество, шт.

Таблица 5.2 - Расчет затрат на покупные изделия.

Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена _ руб.	Сумма руб.
Картер механизма	1	260	260
Рейка	1	360	360
Шестерня в сборе	1	420	420
Опора тягрулевой трапеци	1	50	50
Остальные комплектующие	30	40	1200
ИТОГО :			2290
Транспортно-заготовительные расходы		3%	69
ВСЕГО :			2359

Расчет покупных изделий для проекта:

Основная заработная плата сотрудников на производстве рассчитывается по формуле:

$$Z_o = Z_m(1 + K_{\text{прем}} / 100), \quad (5.2)$$

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

$$Z_m = C p_i \cdot T_i \quad (5.3)$$

где $C p_i$ – часовая тарифная ставка, руб.

T_i - индекс премий и доплат, связанных с работой на производстве

$K_{\text{прем}}$ - индекс премий и доплат, связанных с работой на производстве, %

Таблица 6.3 – Основная заработная плата производственных рабочих

Таблица 6.3

<i>Виды операций</i>	<i>Разряд работы</i>	<i>Трудоем- кость</i>	<i>Часовая тарифная ставка, руб.</i>	<i>Тарифная зарплата руб.</i>
Сборочные	4	0,17	72,24	12,28
Контрольные	5	0,03	79,89	2,4
ИТОГО :				14,68
Премииальные доплаты	30%			4,4
Основная з/п				19,08

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{ДОП.}} = Z_0 \cdot K_{\text{ВЫП.}}; \quad (5.4)$$

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

В данном дипломном проекте берем $K_{\text{ВЫП.}} = 10\%$

$$Z_{\text{ДОП.}} = 19,08 \cdot 0,1 = 1,91 \text{руб}$$

Определение значения отчислений страхового взноса производится по следующей формуле:

$$C_{\text{СТРАХ.В.}} = (Z_0 + Z_{\text{ДОП.}}) \cdot E_{\text{СТРАХ.В.}} \quad (5.5)$$

где $E_{\text{СТРАХ.В.}}$ - коэффициент отчислений страховых взносов, %

В данном проекте берем $E_{\text{СТРАХ.В.}} = 30\%$

$$C_{\text{СТРАХ.В.}} = (19,08 + 1,91) \cdot 0,3 = 6,3 \text{руб.}$$

Величина расходов на содержание и эксплуатацию оборудования определяется по формуле:

$$C_{\text{СОД.ОБОР.}} = 3o \cdot E_{\text{ОБОР.}} \quad (5.6)$$

где $E_{\text{ОБОР.}}$ - показатель отчислений на содержание и эксплуатацию оборудования, %

В данном проекте берем $E_{\text{ОБОР.}} = 200\%$

$$C_{\text{СОД.ОБОР.}} = 19,08 \cdot 2 = 38,16 \text{руб}$$

Определяем цеховые расходы по формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ.}} = 3o \cdot E_{\text{ЦЕХ.}}, \quad (5.7)$$

где $E_{\text{ЦЕХ.}}$ - показатель цеховых расходов, %

Берем $E_{\text{ЦЕХ.}} = 175\%$

$$C_{\text{ЦЕХ.}} = 19,08 \cdot 1,75 = 33,39$$

Расходы на инструмент и оснастку определяются по следующей формуле:

$$C_{\text{ИНСТР.}} = 3o \cdot E_{\text{ИНСТР.}} \quad (5.8)$$

где $E_{\text{ИНСТР.}}$ - показатель расходов на инструмент и оснастку, %

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

$$C_{\text{ИНСТР.}} = 19,08 \cdot 0,03 = 0,57$$

Цеховая себестоимость изделия равна сумме рассчитанных выше затрат:

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = \Pi u + 3o + C_{\text{СТРАХ.В.}} + C_{\text{СОД.ОБОР.}} + C_{\text{ЦЕХ.}} + C_{\text{ИНСТР.}} \quad (5.9)$$

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 2264,3 + 19,08 + 6,3 + 38,16 + 3,39 + 0,57 = 2458,41 \text{руб.}$$

Расчет величины общезаводских расходов выполняется по формуле:

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 3o \cdot E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} \quad (5.10)$$

где $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}$ - показатель общезаводских расходов, %

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

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 19,08 \cdot 1,25 = 23,85 \text{ руб.}$$

Вычисление общезаводской себестоимости узла выполняется по формуле:

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (5.11)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = 2482,41 + 23,85 = 2482,26 \text{ руб.}$$

Значение коммерческих расходов вычисляется следующим образом:

$$C_{\text{КОМ.}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} \cdot E_{\text{КОМ.}} \quad (5.12)$$

где $E_{\text{КОМ.}}$ - показатель коммерческих расходов, %

Для данной работы принимаем $E_{\text{КОМ.}} = 5\%$

$$C_{\text{КОМ.}} = 2387,56 \cdot 0,05 = 124,11 \text{ руб.}$$

Полной себестоимости изделия определяется по формуле:

$$C_{\text{ПОЛ.}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} + C_{\text{КОМ.}} \quad (5.13)$$

$$C_{\text{ПОЛ.}} = 2482,26 + 124,11 = 2606,37 \text{ руб.}$$

Расчет отпускной цены будет производиться как для начального узла, так и для проектного:

$$Ц_{\text{ОТП.}} = C_{\text{ПОЛ.}} \cdot (1 + K_{\text{РЕНТ.}}) \quad (5.14)$$

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

В данной работе принимаем $K_{\text{РЕНТ.}} = 40\%$

$$Ц_{\text{ОТП.Б.}} = 2606,37(1 + 0,4) = 3648,92 \text{ руб.}$$

$$Ц_{\text{ОТП.П.}} = Ц_{\text{ОТП.Б.}} \quad (5.15)$$

Полученные значения затрат на производство модернизируемого рулевого механизма заносим в таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Таблица 5.3

<i>Наименование показателей</i>	<i>Обозначе- ние</i>	<i>Затраты на _единицу изделия(база)</i>	<i>Затраты на _единицу изделия (проект)</i>
Стоимость комплектующих изделий	<i>Пи</i>	2359	2400
Основная заработная плата производственных рабочих	<i>Зо</i>	19,08	19,08
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	<i>З_{доп.}</i>	1,91	1,91
Страховые взносы	<i>С_{с.в.}</i>	31,01%	31,01%
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	<i>С_{сод.обор.}</i>	38,16	38,16
Цеховые расходы	<i>С_{цех.}</i>	33,39	33,39
Расходы на инструмент и оснастку	<i>С_{инстр.}</i>	0,57	0,57
Цеховая себестоимость	<i>С_{цех.с/с}</i>	2458,41	2499,41
Общезаводские расходы	<i>С_{об.завод.}</i>	23,85	23,85
Общезаводская себестоимость	<i>С_{об.завод.с/с.}</i>	2482,26	2523,26
Коммерческие расходы	<i>С_{ком.}</i>	124,11	126,16
Полная себестоимость	<i>С_{пол.}</i>	2606,37	2649,42
Отпускная цена	<i>Ц_{опт.}</i>	3648,92	3648,92

Рассчитать точку безубыточности можно по следующей формуле:

$$V_{KP} = \frac{Z_{ПОСТ.УД.} \cdot V_{МАХ}}{Ц_{ОПТ} - Z_{ПЕР.УД.}} \quad (5.16)$$

где $V_{МАХ}$ - максимальный объем выпуска данного проекта, шт.

$Ц_{ОПТ}$ - отпускная цена узла, руб.

$Z_{ПОСТ.УД.}$ - удельные постоянные издержки на производство, руб

$Z_{ПЕР.УД.}$ - удельные переменные издержки на производство, руб

Указанные значения рассчитываются следующим образом:

Величина переменных затрат на единицу изделия вычисляется по следующей формуле:

Базовое изделие

$$Z_{ПЕР.УД.} = Пи + Зо + Z_{ДОП.} + C_{СОЦ.Н.} \quad (5.17)$$

$$Z_{ПЕР.УД.Б.} = 2359 + 19,08 + 1,91 + 6,3 = 2368,28$$

Проект

$$Z_{ПЕР.УД.П.} = 2400 + 19,08 + 1,91 + 6,3 = 2427,28$$

Переменные издержки на производство определяются следующим образом:

$$Z_{ПЕРЕМ.Н.} = Z_{ПЕРЕМ.УД.} \cdot V_{ГОД} \quad (5.18)$$

Базовое изделие

$$Z_{ПЕРЕМ.Н.Б.} = 2368,28 \cdot 130000 = 310216972 \text{руб}$$

Модернизируемый узел

$$Z_{ПЕРЕМ.Н.П.} = 2427,28 \cdot 130000 = 315546972 \text{руб}$$

Величина амортизационных отчислений рассчитывается по формуле:

$$A_{М.УД.} = (C_{СОД.ОБОР.} + C_{ИНСТР.}) \cdot H_A / 100 \quad (5.19)$$

где H_A - доля амортизационных отчислений, 15%

$$A_{M.UD.} = (38,16 + 0,57) \cdot 15/100 = 5,81 \text{руб}$$

Постоянные издержки на производство:

$$Z_{ПОСТ.УД.Н.} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР.}) \cdot (100 - H_A) / \\ / 100 + C_{ЦЕХ} + C_{ОБ.ЗАВОД.} + C_{КОМ} + A_{M.УД.} \quad (5.20)$$

Базовое изделие

$$Z_{ПОСТ.УД.Н.} = (38,16 + 0,57) \cdot (100 - 15) / 100 + 33,39 + 23,85 + 124,11 + 5,81 = 220,9 \text{руб}$$

Модернизируемый узел

$$Z_{ПОСТ.УД.Н.} = (38,16 + 0,57) \cdot (100 - 15) / 100 + 33,39 + 23,85 + 126,16 + 5,81 = 222,14 \text{руб}$$

Постоянные издержки для годовой программы рассчитываются по формуле:

$$Z_{ПОСТ.} = Z_{ПОСТ.УД.} \cdot V_{ГОД} \quad (5.21)$$

Базовое изделие

$$Z_{ПОСТ.Б.} = 220,09 \cdot 130000 = 286110812 \text{руб}$$

Модернизируемый узел

$$Z_{ПОСТ.П.} = 222,14 \cdot 130000 = 288775812 \text{руб}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия производится по формуле:

$$C_{ПОЛ.Г.} = C_{ПОЛ.Н.} \cdot V_{ГОД} \quad (5.22)$$

Базовое изделие

$$C_{ПОЛ.Г.Б.} = 2606,37 \cdot 130000 = 3388280532 \text{руб}$$

Модернизируемый узел

$$C_{\text{ПОЛ.Г.П.}} = 2649.42 * 130000 = 3444245532 \text{ руб}$$

Расчет величины выручки от реализации изделия производится по формуле:

$$\text{Выручка.н.} = C_{\text{ОП.Н.}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (5.23)$$

Базовое изделие

$$\text{Выручка.н.} = 3648,92 \cdot 130000 = 47435927448 \text{ руб}$$

Маржинальный доход рассчитывается по следующей формуле:

$$D_{\text{МАРЖ}} = \text{Выручка} - Z_{\text{ПЕРЕМ.Н.}} \quad (5.24)$$

Базовое изделие

$$D_{\text{МАРЖ}} = 47435927448 - 310216972 = 16414230248$$

Модернизируемый узел

$$D_{\text{МАРЖ}} = 47435927448 - 315546972 = 15881230248$$

Формула расчет критического объема продаж имеет следующий вид:

$$A_{\text{КРИТ.}} = Z_{\text{ПОСТ.Н.}} / (C_{\text{ОП.Н.}} - Z_{\text{ПЕРЕМ.Н.}}) \quad (5.25)$$

$$A_{\text{КРИТ.}} = 288775812 / (648,92 - 2427,28) = 2363851$$

Число объема продаж округлим в большую сторону до 23 640 штук. Освоение данного количество модернизированного узла, обеспечит закрытие всех расходов на изготовление и сборку при годовой программе в 130 000 единиц.

Наглядно покажем результат графическим методом (График 5.1):

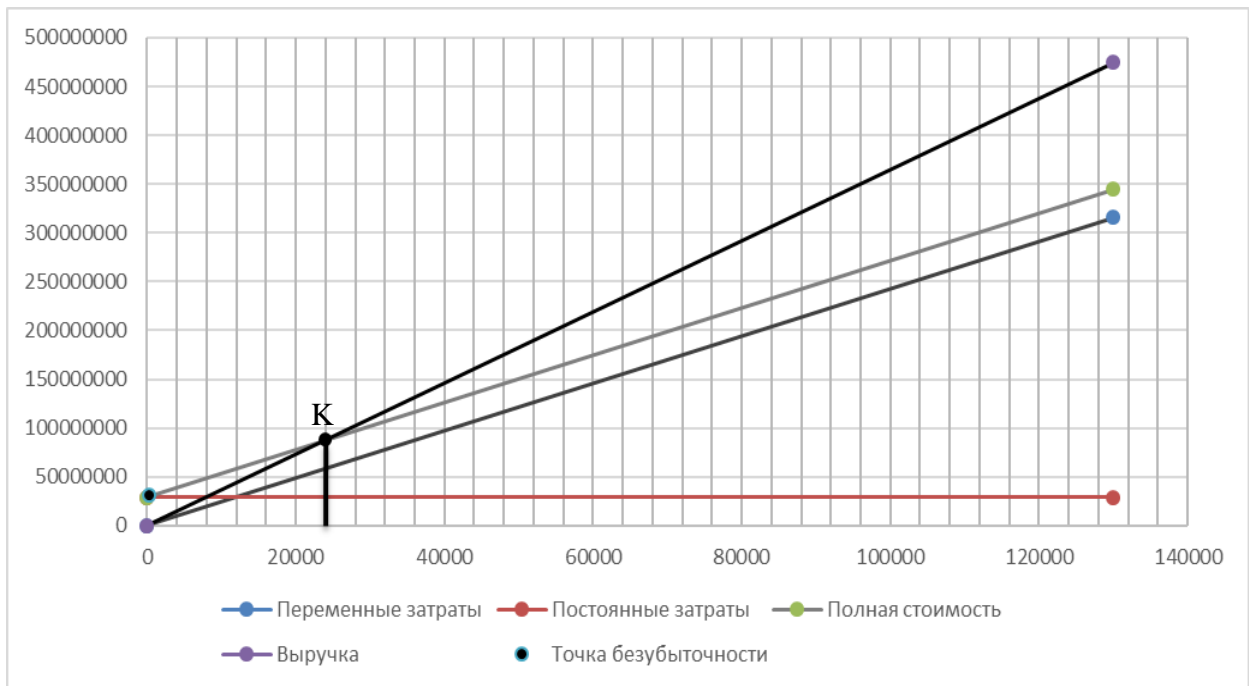


График 5.1 – График точки безубыточности

5.2 Расчет коммерческого эффективности проекта

Коммерческая эффективность — это пропорция доходов и затрат, создающая необходимую норму дохода данного проекта. Для расчета данного параметра, нам нужны следующие значения: чистый доход, чистый дисконтированный доход, показатели доходности затрат и инвестиций и срок окупаемости данного проекта.

Увеличение объемов производства, этого проекта ежегодно на определенное число. Это значение мы определим по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1} \quad (5.26)$$

где V_{MAX} - максимальный объем продукции, шт.

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

n – количество лет, с учетом подготовки производства

$$\Delta = \frac{130000 - 23640}{6 - 1} = 21272$$

Величина продаж и выручки для каждого года находятся только для проектного узла. Далее эти значения будут использованы, и для базового и для проектного варианта.

Вычисляем выручку от продаж, для последующего года.

$$B_i = C_{\text{ОПТ}} \cdot V_{\text{ПРОД.}i} \quad (5.27)$$

где $V_{\text{ПРОД.}i}$ - объем продаж в i -году.

Объем продаж в первый год производства рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{ПРОД.}i} = V_{\text{КРИТ.}} + \Delta \quad (5.28)$$

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

$$V_{\text{ПРОД.}1} = 23640 + 21272 = 44912$$

$$V_{\text{ПРОД.}2} = 66184$$

$$V_{\text{ПРОД.}3} = 87456$$

$$V_{\text{ПРОД.}4} = 108728$$

$$V_{\text{ПРОД.}5} = 130000$$

Аналогично величина выручки:

$$B_1 = 3648,92 \cdot 44910 = 16387582123 \text{ руб}$$

$$B_2 = 24149668454 \text{ руб}$$

$$B_3 = 31911754785 \text{ руб}$$

$$B_4 = 39673841117 \text{ руб}$$

$$B_5 = 47435927448 \text{ руб}$$

Переменные затраты по годам:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} + V_{\text{ПРОД.}} \quad (5.29)$$

Базовое изделие

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б.1.}} = 2386,28 \cdot 44910 = 10716995378 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б.2.}} = 157931707,58 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б.3.}} = 20863946239 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б.4.}} = 25945473879 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б.5.}} = 310216972 \text{ руб}$$

Модернизируемый узел

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П.1.}} = 2427,28 \cdot 44910 = 10901129577 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П.2.}} = 16064521483 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П.3.}} = 21227913389 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П.4.}} = 26391305294 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П.1.}} = 315546972 \text{ руб}$$

Постоянные затраты по:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД.}} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (5.30)$$

Базовое изделие

$$Z_{\text{ПОСТ.Б.}} = 220,09 \cdot 130000 = 286110812 \text{ руб}$$

Модернизируемый узел

$$Z_{\text{ПОСТ.П.}} = 222,14 \cdot 130000 = 288775812 \text{ руб}$$

Амортизация:

$$A_M = A_{\text{М.УД.}} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (5.31)$$

$$A_M = 5,81 \cdot 130000 = 7552818 \text{ руб}$$

Полная себестоимость:

$$C_{\text{ПОЛ.и.}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.и.}} + Z_{\text{ПОСТ}} \quad (5.32)$$

Базовое изделие

$$C_{\text{ПОЛ.1.}} = 107172797,23 + 28610812 = 13578387843 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.2.}} = 18654492212 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.3.}} = 23730596581 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.4.}} = 288066531 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.5.}} = 3388280532 \text{ руб}$$

Модернизируемый узел

$$C_{\text{пол.1.}} = 10901418909 + 288775812 = 13789177029 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.2.}} = 18952496602 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.3.}} = 24115816175 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.4.}} = 29279135747 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.5.}} = 3444245532 \text{ руб}$$

Налогооблагаемая прибыль по годам:

$$Pr_{\text{обл.}i} = B_i - C_{\text{пол.}i} \quad (5.33)$$

Базовое изделие

$$Pr_{\text{обл.1.}} = 16388017074 - 13578387843 = 2809629231 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.2.}} = 5495502455 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.3.}} = 8181375679 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.4.}} = 10867296744 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.5.}} = 13553122128 \text{ руб}$$

Модернизируемый узел

$$Pr_{\text{обл.1.}} = 16388017074 - 13789177029 = 2598840044 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.2.}} = 5197498065 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.3.}} = 7796156086 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.4.}} = 10394814107 \text{ руб}$$

$$Pr_{\text{обл.5.}} = 12993472128 \text{ руб}$$

Налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам:

$$H_{\text{ПР.}i} = \text{Пр}_{\text{ОБЛ.}i} \cdot 0.2 \quad (5.34)$$

Базовое изделие

$$H_{\text{ПР.}1.} = 0,2 \cdot 2809629231 = 561925846 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}2.} = 1099100491 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}3.} = 1636275136 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}4.} = 2173459349 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}5.} = 2710624426 \text{руб}$$

Модернизируемый узел

$$H_{\text{ПР.}1.} = 0,2 \cdot 2598840044 = 519768009 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}2.} = 1039499613 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}3.} = 1559231217 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}4.} = 2078962821 \text{руб}$$

$$H_{\text{ПР.}5.} = 2598694426 \text{руб}$$

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

$$\text{Пр}_{\text{ч.}i} = \text{Пр}_{\text{ОБЛ.}i} - H_{\text{ПР.}i} \quad (5.35)$$

Базовое изделие

$$\text{Пр}_{\text{ч.}1.} = 2809629231 - 561925846 = 2247703385 \text{руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.}2.} = 4396401964 \text{руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.}3.} = 6445100544 \text{руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.}4.} = 8693837395 \text{руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.}5.} = 10842497702 \text{руб}$$

Модернизируемый узел

$$Pr_{ч.1.} = 2598840044 - 519768009 = 2079072035 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.2.} = 4157998452 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.3.} = 6236924869 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.4.} = 8315851286 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.5.} = 10394777702 \text{ руб}$$

5.3 Расчет экономии от повышения надежности и долговечности проектируемого узла

Данная модернизация узла повысит долговечность рейки и шестерни. Следует уменьшение затрат в эксплуатации, из-за этого можем рассчитать прибыль по формуле:

$$Pr_{ож.д.i} = \left(C_{отп} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{отп} \right) \cdot V_T \quad (5.36)$$

Где D_1 и D_2 - долговечность зубчатого зацепления по начальному и модернизированному варианту. $D_1 = 100000$; $D_2 = 120000$. В вычислениях будем брать сумму цен зубчатой рейки и шестерни: $C_{отп} = 780 \text{ руб}$

$$Pr_{ож.д.1} = (780 \cdot 120000 / 100000 - 780) \cdot 44912 = 700627149 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д.2} = 4301959842 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д.3} = 5684639895 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д.4} = 7067319947 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д.5} = 54500000 \text{ руб}$$

Предполагаемая прибыль от увеличения надежности узла вычисляется по формуле:

$$Pr_{ож.н} = (H_{рем.б} \cdot Z_{рем.б} - H_{рем.п} \cdot Z_{рем.п}) + (T_{пр.б} - T_{пр.п}) \cdot C_{отп} \quad (5.37)$$

где $H_{рем.б}$ и $H_{рем.п}$ - значение отказов рулевого механизма в год по начальному и модернизированному варианту;

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

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

$$Pr_{\text{ож.н}} = (70 \cdot 780 - 10 \cdot 780) + (140 - 20) \cdot 780 = 136800$$

Общественно значимая экономия определяется суммированием полученных эффектов.

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}i} = Pr_{\text{ож.д}} + Pr_{\text{ож.н}} \quad (5.38)$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}1} = 700627149 + 136800 = 714307149 \text{руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}2} = 4315639842 \text{руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}3} = 5698319895 \text{руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}4} = 7080999947 \text{руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}5} = 84636800 \text{руб}$$

Следовательно текущий чистый доход (накопленное сальдо) составит:

$$ЧД_i = Pr_{\text{ч.и.п}} - Pr_{\text{ч.и.б}} + A_M + \mathcal{E}_{\text{общ}} \quad (5.39)$$

$$ЧД_1 = 2079072035 - 2247703385 + 7552818 + 744307149 = 62120398 \text{руб}$$

$$ЧД_2 = 4152764510 \text{руб}$$

$$ЧД_3 = 5656724 \text{руб}$$

$$ЧД_4 = 6778542018 \text{руб}$$

$$ЧД_5 = 809148818 \text{руб}$$

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

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

$$\alpha_i = 1/(1 + E)^t \quad (5.40)$$

$$\alpha_1 = 0.909$$

$$\alpha_2 = 0.826$$

$$\alpha_3 = 0.753$$

$$\alpha_4 = 0.683$$

$$\alpha_5 = 0.621$$

$$ЧДД(i) = ЧД(i) \cdot \alpha_i \quad (5.41)$$

$$ЧДД(1) = 62120398 \cdot 0,909 = 564674418 \text{ руб}$$

$$ЧДД(2) = 3430183485 \text{ руб}$$

$$ЧДД(3) = 4115651317 \text{ руб}$$

$$ЧДД(4) = 4629741198 \text{ руб}$$

$$ЧДД(5) = 502481416 \text{ руб}$$

Расчёт суммарного ЧДД:

$$\sum ЧДД(i) = 17765067578 \text{ руб}$$

Зависимость в капиталобразующих инвестициях вычисляется по следующей формуле:

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum C_{пол} \quad (5.42)$$

где $K_{инв}$ - показатель капиталобразующих инвестиций. Для данного проекта принимаем $K_{инв} = 7\%$

$$J_0 = 0.07 \cdot 120579080874 = 8440535661 \text{ руб}$$

Чистый дисконтированный доход:

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ЧДД(i) - J_0 \quad (5.43)$$

$$ЧДД = 17765067578 - 8440535661 \text{ руб}$$

Вычисляем показатель доходности инвестиций

$$JD = ЧДД / J_0 \quad (5.44)$$

$$JD = 1,1$$

Временной промежуток окупаемости данного проекта

$$T_{OKUP} = Jo / ЧДД \quad (5.45)$$

$$T_{OKUP} = 0,91$$

Вычисленная коммерческая эффективность модернизированного изделия вносится в таблицу 5.4

Таблица 5.4

Наименование показателя	ГОДЫ					
	0	1	2	3	4	5
Объем продаж $V_{ПРОД.i}$ (шт.)		44912	66187	87456	108728	130000
Отпускная цена за единицу продукции $C_{ОТП}$ (руб.)		3648.92				
Выручка (руб.)		163880170.74	241499946.67	319119722.61	396739498.54	474359247.48
Переменные затраты $Z_{ПЕРЕМ.Б.}$ (руб.)		107172797.23	157933840.92	208694884.61	259455449.9	310216972
$Z_{ПЕРЕМ.П.}$ (руб.)		109014189.09	160647384.82	212280580.55	263913776.27	315546972
Амортизация A_M (руб.)		755281.8				
Постоянные затраты $Z_{ПОСТ.Б.}$ (руб.)		18611081.2				
$Z_{ПОСТ.П.}$ (руб.)		28877581.2				
Полная себестоимость $C_{ПОЛ.Б.}$ (руб.)		135783878.43	186544922.12	237305965.81	288066531.1	338828053.2
$C_{ПОЛ.П.}$ (руб.)		137891770.29	189524966.02	241158161.75	292791357.47	344424553.2
Общественная эффективность $\mathcal{E}_{ОБЩ.}$ (руб.)		7143071.49	43156398.42	56983198.95	70809999.47	84636800

Продолжение таблицы 5.4

Наименование показателя	ГОДЫ					
	0	1	2	3	4	5
Чистый поток реальных денег <i>ЧД(руб.)</i>		6212039.8	41587645.1	54656724	67785420.18	80914881.8
Коэффициент дисконтирования при E_{CT}		0,909	0,826	0,753	0,683	0,621
Чистый дисконтированный доход <i>ЧДД(руб.)</i>		5646744.18	34301834.85	41156513.17	46297441.98	50248141.6
Капиталообrazующие инвестиции <i>Jo(руб.)</i>	84405356,61					
Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег (с учетом капиталообrazующих инвестиций) $\sum ЧДД(руб.)$		177650675,78				
Индекс доходности <i>JD</i>	1,10					
Срок окупаемости проекта <i>T_{ОКУП}</i>	0,91					

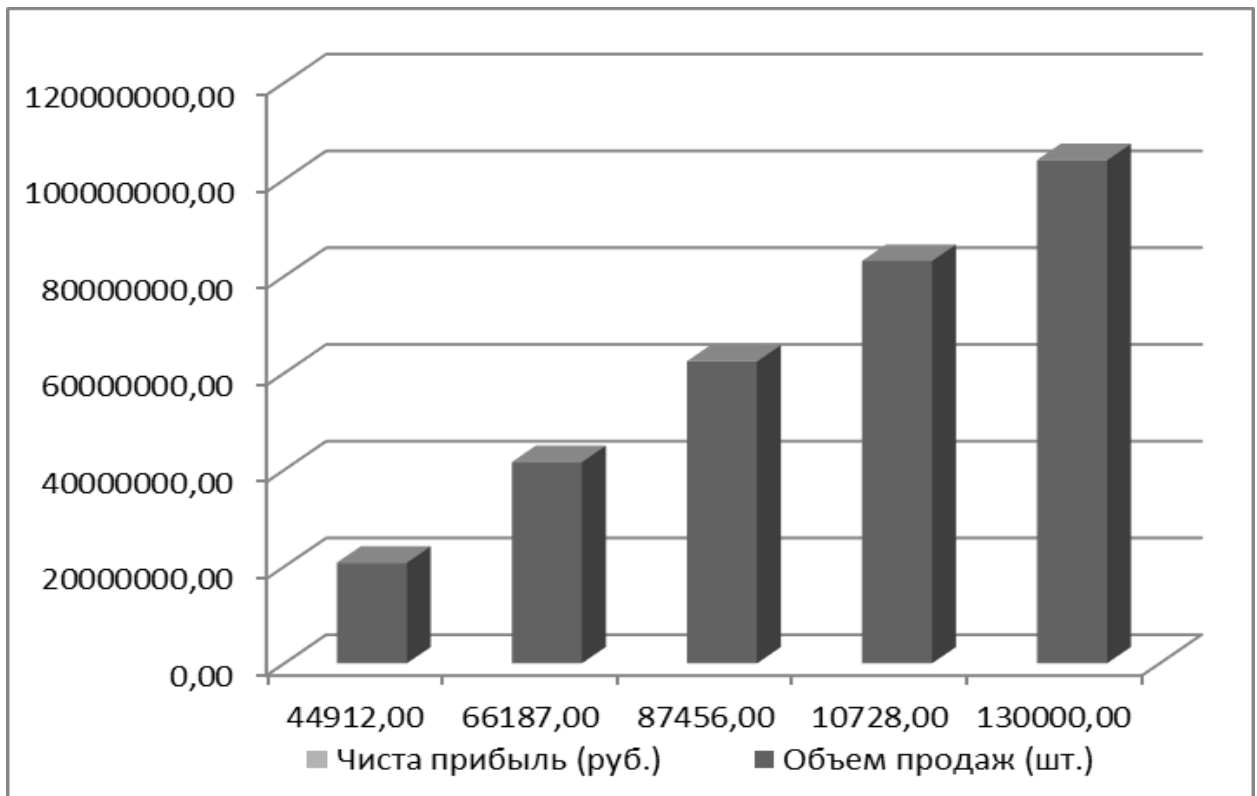


График 5.1 – Коммерческая эффективность

5.3 Заключение

Цель данного расчета показать, что данный проект экономически эффективен. Данную оценку могут дать следующие значения. Индекса доходности равен 1.1, т.е. выше единицы, а время окупаемости сравнительно небольшой в рамках жизненного цикла автомобиля и составляет 0.91 года.

6 Безопасность и экологичность технического объекта

6.1 Анализ конструктивной и утилизационной безопасности проектируемой рулевого управления.

В данном проекте представлен вариант модернизированной конструкции рулевого управления. Изменения включают себя рулевой механизм, рейку и опору тяг рулевой трапеции. Данная конструкция позволит улучшить ее прочность и долговечность, а также комфорт водителя. Предлагаемая конструкция аналогична, по всем требованиям безопасности, серийному образцу производства ПАО «АВТОВАЗ». Узел применяется в автомобилях семейства на платформе LADA Kalina.

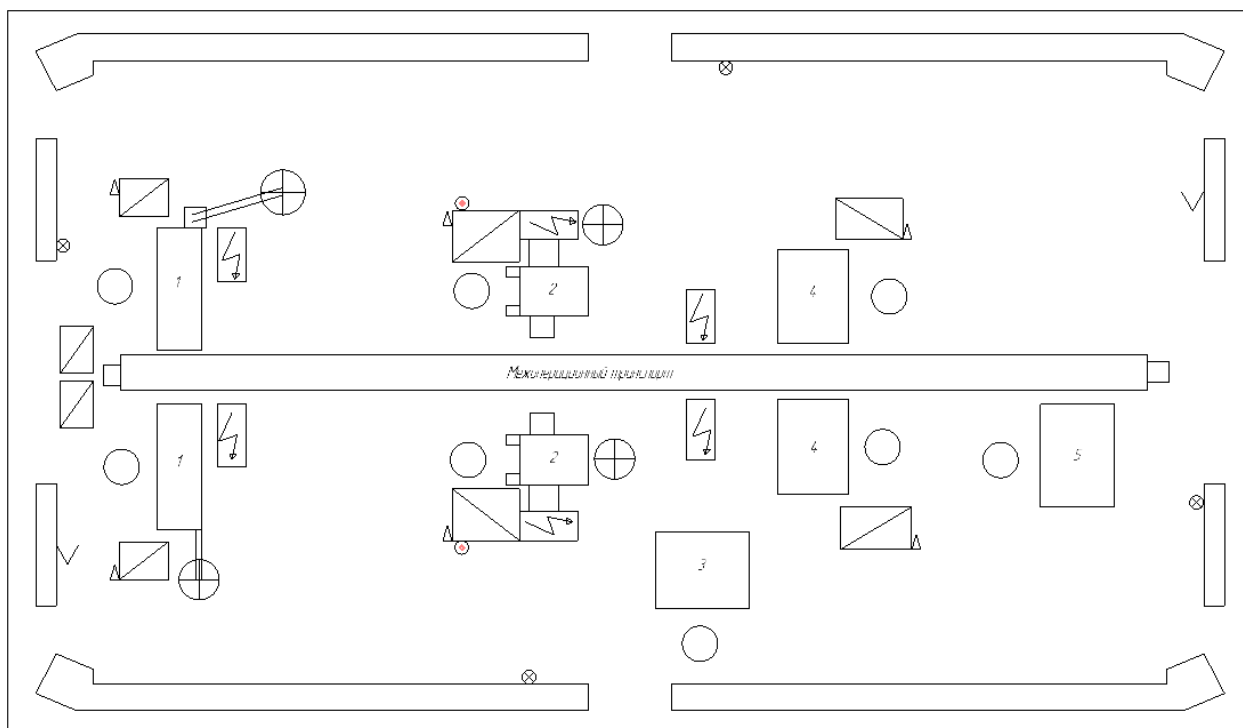
Рулевое управление данной конструкции успешно применяется уже много времени, так как удовлетворяет всем требованиям стандартов ЕЭК ООН и УТАС.

Утилизация этого рулевого управления безопасна, так как основные материалы – это металл и резина. Металлические детали отправляются на переплавку, а резиновые на переработку, для дальнейшего использования в различных отраслях.

6.1 Описание производственного участка.

Участок производственный по сборке рулевого механизма с тягами представлен на рисунке 5.1. На участке используются насосы для подачи смазки, стенды с зажимами, система для перемещения узла по линии «Спутник» между постами операций. Детали и комплектующие поставляются на участок в коробках электропогрузчиками. Упаковочная тара впоследствии утилизируется. Отправка готовых узлов так же осуществляется при помощи электропогрузчиков. Детали, перемещаемые операторами, имеют массу до 10 кг., что соответствует ГОСТ 12.3.020-80. ССБТ. «Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности».

Рисунок 6.1 – Схема производственного участка сборки рулевого механизма с тягами.



1 - сборочный стенд с двуручным управлением, для установки и смазки рулевого механизма в картер; 2 – сборочный стенд с двуручным управлением, для установки на шестерню сепаратора с роликами; 3 – стол рабочий, для распаковки деталей; 4 – сборочный стенд с двуручным управлением, установки рейки в картер; 5 – Распаковка рулевой рейки и комплектующих к ней; Δ – огнетушитель; \otimes - пожарная сигнализация; \odot - пожарный инструмент; v - пожарный гидрант.

Рисунок 6.1. – Схема производственного участка сборки рулевого механизма с тягами.

Выполнение операций работником выполняются стоя, потому рабочий процесс регламентируется ГОСТ 12.2.033-78. Безопасность прессов и конвейеров обеспечивается конструкцией данных механизмов, СИЗ для работников, и регламентируется ГОСТ 12.1.019 – 79 и ГОСТ 12.1.030 – 81. Перемещение грузов регламентируется ГОСТ 12.3.020-80.

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

6.1.1 Технический объект характеризуется прилагаемым технологическим паспортом (см. табл. 6.1.1).

Таблица 6.1- Технологический паспорт производственного объекта

Технологический процесс	Вид выполняемых работ на технологической операции	Должность сотрудника на объекте	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Установка рулевого картера	Закрепить рейку в сборе	Слесарь механосборочных работ	Межоперационный транспорт "спутник"	Металл, смазка, пластичная
Установка рулевого механизма	Смазать шестерню и запрессовать в картер	Слесарь механосборочных работ	Электромеханический пресс Kistler 2151a	Металл, смазка, пластичная
Установка рулевой рейки	Смазать рейку и установить в картер	Слесарь механосборочных работ	Электромеханический пресс Kistler 2151a	Металл, смазка, пластичная
Установка опоры рулевых тяг		Слесарь механосборочных работ	Электрогайковерт BOSCH 3D55-1	Металл

6.2 Идентификация профессиональных рисков

Список выявленных профессиональных рисков сведен в таблицу (см. табл. 3.2).

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Производственные вид работ на объекте	Опасные факторы для работников	Источники и причины опасных факторов
Установка узла на стенд и его транспортировка	Движущиеся элементы производственного оборудования; высокая степень шума на рабочем месте; монотонность труда, напряжения в электрической сети	Межоперационный транспорт “спутник”
Установка шестерни и рейки в картер	Движущиеся элементы производственного оборудования; высокая степень шума на рабочем месте; монотонность труда, напряжения в электрической сети	Пресс Kistler 2151a

6.3. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 6.3 – Организационные технические способы и производственные объекты (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных.

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные и технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты сотрудника
Движущиеся детали	Соблюдение техники безопасности	Спецодежда, перчатки, очки защитные, спецобувь

Продолжение таблицы 6.3

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные и технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты сотрудника
Острые части, углы, уступы, шероховатость на поверхности заготовок	Применение индивидуальных средств защиты	Спецодежда, перчатки, очки защитные, спецобувь
Подвижные части производственного оборудования	Проведение техники безопасности	Спецодежда, спецобувь, перчатки, очки защитные
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Применение индивидуальных средств защиты от шума	Применение беруш, наушников
Монотонность труда	Выделение времени для отдыха, перерывов.	
Напряжение в электрической сети	Соблюдение техники безопасности	Перчатки резиновые, спецодежда, спецобувь

6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Местоположение подразделения	Техническое оборудование объекта	Классификация пожара	Факторы поражения	Последующие проявления факторов пожара
Участок установки рулевого механизма в картер	Пресс Kistler 2151a	Д	пламя и искры, понижение видимости в дыму,	Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических объектах, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
	Сборочные стенды с двуручным управлением	Д	повышенная концентрация токсичных продуктов	
	Межоперационный транспорт Спутник	Д	горения и термического разложения, повышенная температура окружающей среды.	

Таблица 6.5 – Техничко-пожарные элементы по обеспечению пожарной безопасности.

Средства пожаротушения первой необходимости	Компактные средства пожаротушения	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушитель ОП-5	Пожарные машины	Гидрант пожарный	Противогазы	Топор, лом	Звуковые и световые системы оповещения

В соответствии с требованиями Федерального закона № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности» (ст. ст. 25, 37) руководители организаций обязаны доносить до сотрудников противопожарную пропаганду, как и своевременное обучение работников правилам пожарной безопасности. Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций проводится по программам противопожарного инструктажа и (или) пожарно-технического минимума.

В зависимости от вида реализуемой программы обучение мерам пожарной безопасности работников организаций проводится непосредственно по месту работы и (или) в организациях, осуществляющих образовательную деятельность.

Правила пожарной безопасности процессов перемещения и транспортировка твердых материалов:

- конвейеры должны иметь предохраняющие устройства, отключающие приводы при перегрузке;

- конвейеры, транспортирующие порошкообразные пылящие материалы, а также материалы, выделяющие пары и газы, или материалы с высокой температурой, должны оборудоваться системами пылеподавления, вентиляции или аспирации и тепловой защитой в зависимости от физико-химических свойств материалов и конструкции конвейера;

- контроль натяжений и транспортных линий необходимо осуществлять, так как при буксовании линии, устранение ее осуществляется путем натяжки соответствующей ленты натяжным устройством после очистки ленты и барабанов. Подсыпать канифоль и другие материалы для устранения данной проблемы, запрещается;

- все приводы, расположенные под уклоном обеспечить оборудованием автоматического торможения линии, исключающий обратное движение при обрыве цепи;

- запрещенная перегрузка, завал или перекос конвейерных линии как главные причины заклинивания;

- для предотвращения возгорания транспортной линии конвейера должны быть оборудованы датчиками тепловыми, которые обеспечивают блокирование привода конвейера;

Таблица 6.6 - Организационно-техническое мероприятие для обеспечения пожарной безопасности.

Вид технологической операции, применяемое оборудование в составе производственного объекта	Организационно-технические мероприятия	Предъявляемые нормативные требования для обеспечения пожарной безопасности
Сборка рулевого механизма	Установление противопожарного режима	Должны быть определены и оборудованы места для курения; определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции; определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня; регламентированы: порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ; действия работников при обнаружении пожара; определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму
Сборка рулевого механизма	Назначение лиц, ответственных за пожарную безопасность	Своевременное выполнение требований пожарной безопасности; ведение необходимой документации.

Продолжение таблицы 6.6

Вид технологической операции, применяемое оборудование в составе производственного объекта	Организационно-технические мероприятия	Предъявляемые нормативные требования для обеспечения пожарной безопасности
Сборка рулевого механизма	Проведение регулярных проверок противопожарного оборудования	Противопожарное оборудование должно содержаться в рабочем состоянии.
	Проведение учебных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, а также обучения по технике безопасности.	Все работники, задействованные в производстве должны знать минимум по обеспечению пожарной безопасности, а также свои действия при пожарной ситуации.

6.5 Проведение технико-экологической безопасности производства

Таблица 6.7 – Выявление отрицательных технико-экологических факторов производственного объекта.

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта	Негативное экологическое воздействие на атмосферу	Негативное экологическое воздействие на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Сборка рулевого механизма	Картер, шестерня, рейка	При правильной утилизации негативное воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу отсутствуют.		

3.6 Заключение

В данном разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» произведен анализ конструктивной и утилизационной безопасности проектируемого рулевого механизма. Был описан участок для сборки данного узла. К техническому объекту был составлен технологический паспорт, проведена идентификация профессиональных рисков, а также описаны методы и средства для устранения негативного воздействия опасных и вредных факторов.

Произведенный анализ позволяет обеспечить пожарную безопасность производственного объекта, вид пожаропасности определён, как и факторы. Составлен список противопожарных технических средств. Размещение данных средств отражено на схеме участка сборки. Проведен анализ экологической безопасности технического объекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача данного проекта являлась разработка модернизированного рулевого управления с оптимальным количеством оборотов рулевого колеса для автомобиля LADA Kalina (BA3 2192). В процессе выполнения дипломного проекта были произведены следующие работы:

- описано назначение, классификация рулевого механизма и предъявляемые к нему требования;

- выполнен обзор данной конструкции рулевого управления и показаны тенденции развития;

- сделан анализ, существующий типов рулевых механизмов и выбор конструкции для модернизации узла;

- произведен тягово-динамического расчет автомобиля LADA Kalina (BA3 2192)

- выполнен расчет параметров зацепления рулевого механизма «шестерня-рейка» и опор рулевых тяг;

- разработан и описан технологический процесс сборки рулевого механизма;

- подтверждена коммерческая эффективность данного проекта и определены затраты на производство;

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

11 Sadjyot Biswal, Design and Optimization of the Steering, System of a Formula SAE Car Using, Solidworks and Lotus Shark: Proceedings of the World Congress on Engineering 2016 Vol II; [Текст] 2016. – 5с.

12 Otto Lappi, Pursuit Eye-Movements in Curve Driving Differentiate, between Future Path and Tangent Point Models: PLOS ONE, [Текст] 2013 -16с.

13 Dragos Macaveiu and Oana Antimia, The geometric and constructive solution for vehicle steering gear box with variable transmitting ratio and testing stand; [Текст] 2008. – 8с.

14 Karin Kocurova, Microstructure and fractographic, analysis of damage reasons of cogwheel; [Текст] Materials Engineering - Materiálové inžinierstvo, 2012. -6с.

15 Telkomnika: Indonesian Journal of Electrical Engineering [Текст]

16 Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть. [Текст] Под ред. А.И. Гришкевича – Мн.: Высш.шк., 1987. -200с.

17 Лукин П.П. и др. “Конструирование и расчет автомобиля” [Текст]. М.: Машиностроение, 1984. -376 с.

18 Щипанов, А.В. Разработка технологических процессов сборки узлов и изделий: Учебно-методическое пособие для выполнения курсовых проектов, работ и технологической части дипломных проектов по дисциплине «Технология автотракторостроения» [Текст]/ А.В. Щипанов, Тольятти: ТГУ, 2008. – 56 с.

19 Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]/ Под ред. Е.Я. Юдина. 2013. – 43с.

20 Calculation the torque moment of the clutch elastic and safety roller. Part 1. [Текст] 2012. Volume XI (XXI). P. 36 – 38.

21 Modeling and Stability Analysis of Wedge Clutch System. [Текст] 2014. Volume 2014 (2014). – 12 p.

22 Yaseen D. T. Graphical user interface (GUI) for design of passenger car suspension system using random road profile [Текст] / International Journal of Energy and Environment, 2016. – 3 p.

23 Ziobro, J. Analysis of suspension element of car body on the example silentblock [Текст] / Advances in Science and Technology Research Journal, 2015. – 1 p.

24 Lucian R. Mathematical model and software simulation of suspension's system from opel cars [Текст] / Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014. – 1 p.

25 Dainius, L., Vilius B., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods [Текст] / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. – 2 p.

26 Catalin, A., Totu V., Method for the multi-criteria optimization of car wheel suspension mechanisms [Текст] / Ingeniería e Investigación, 2016. – 1 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягового расчета

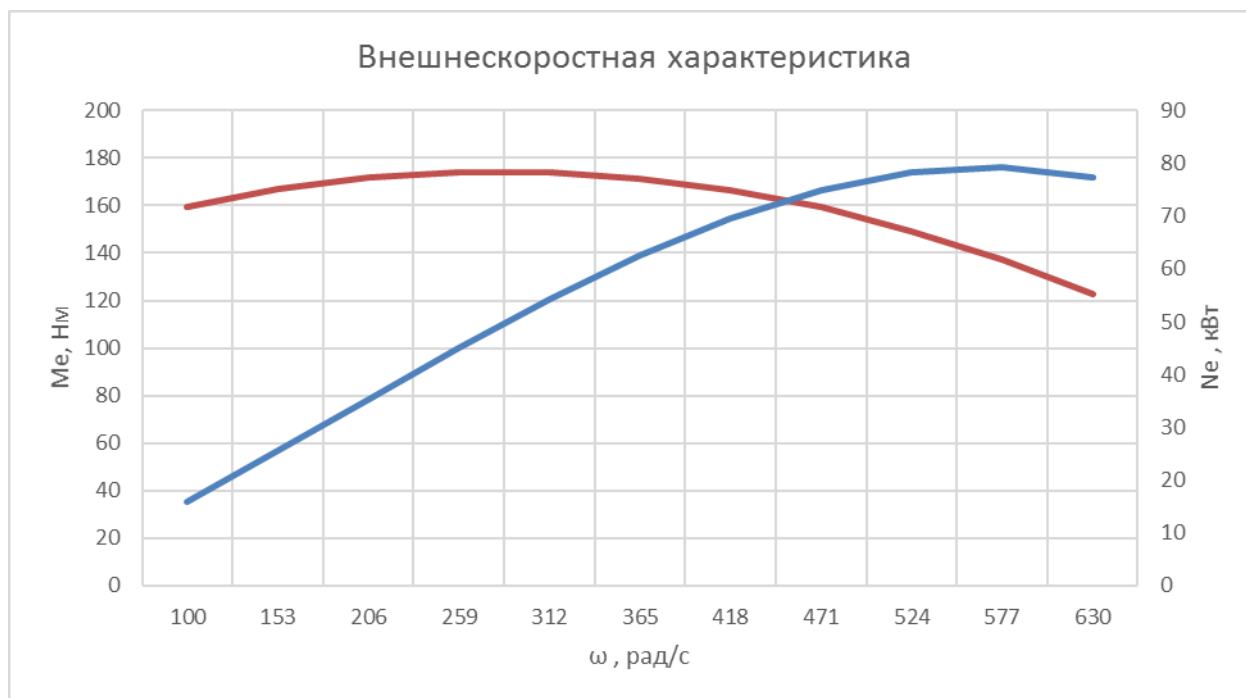


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика

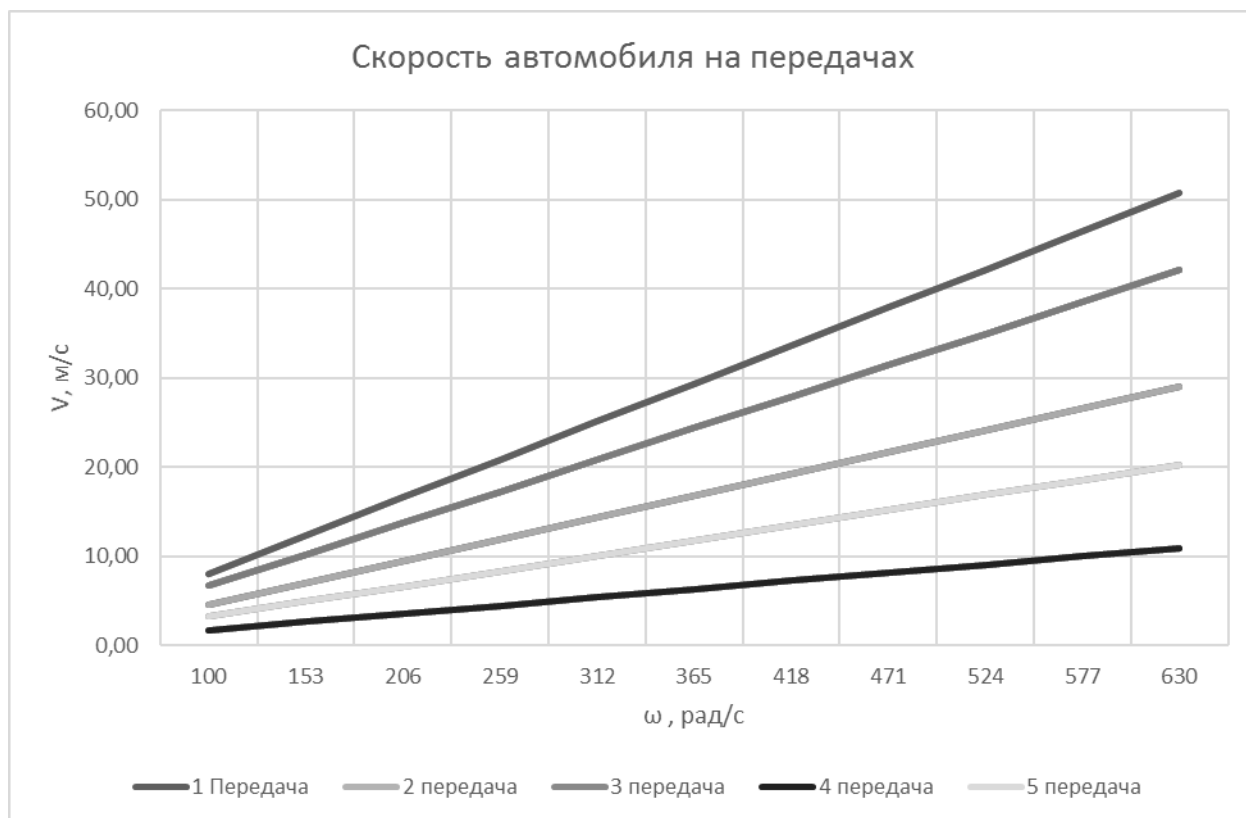


Рисунок А.2 – Скорость автомобиля на передачах

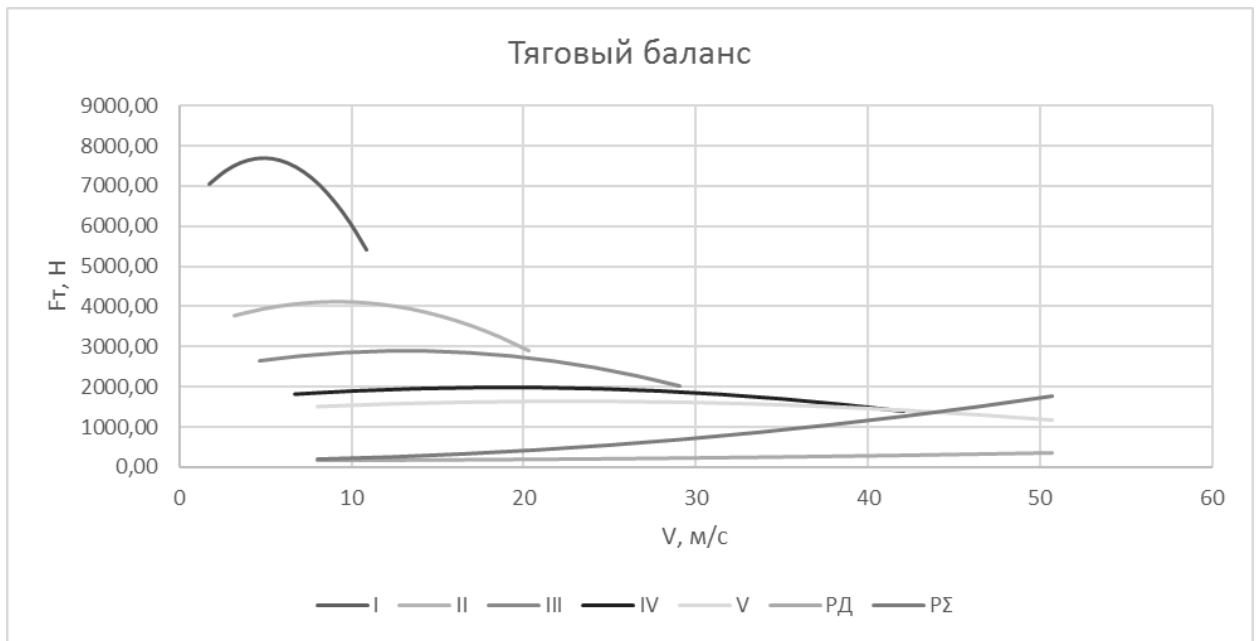


Рисунок А.4 – Тяговый баланс

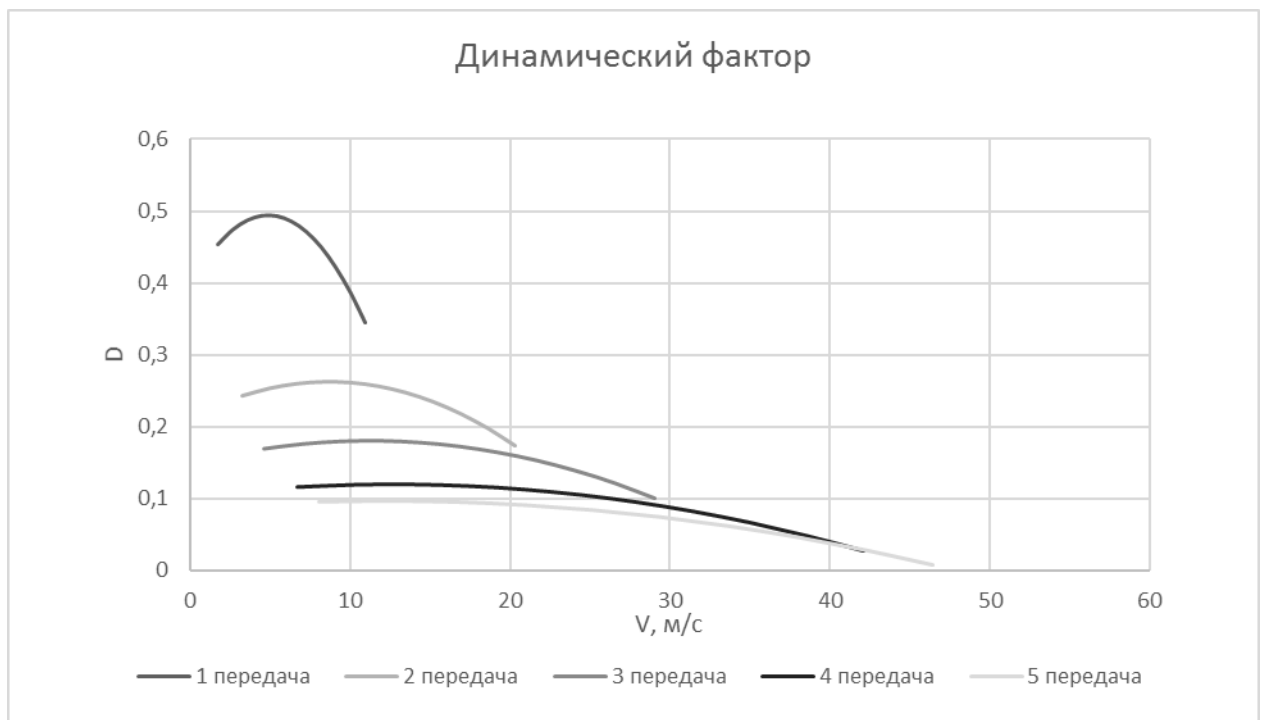


Рисунок А.5 –Динамический фактор

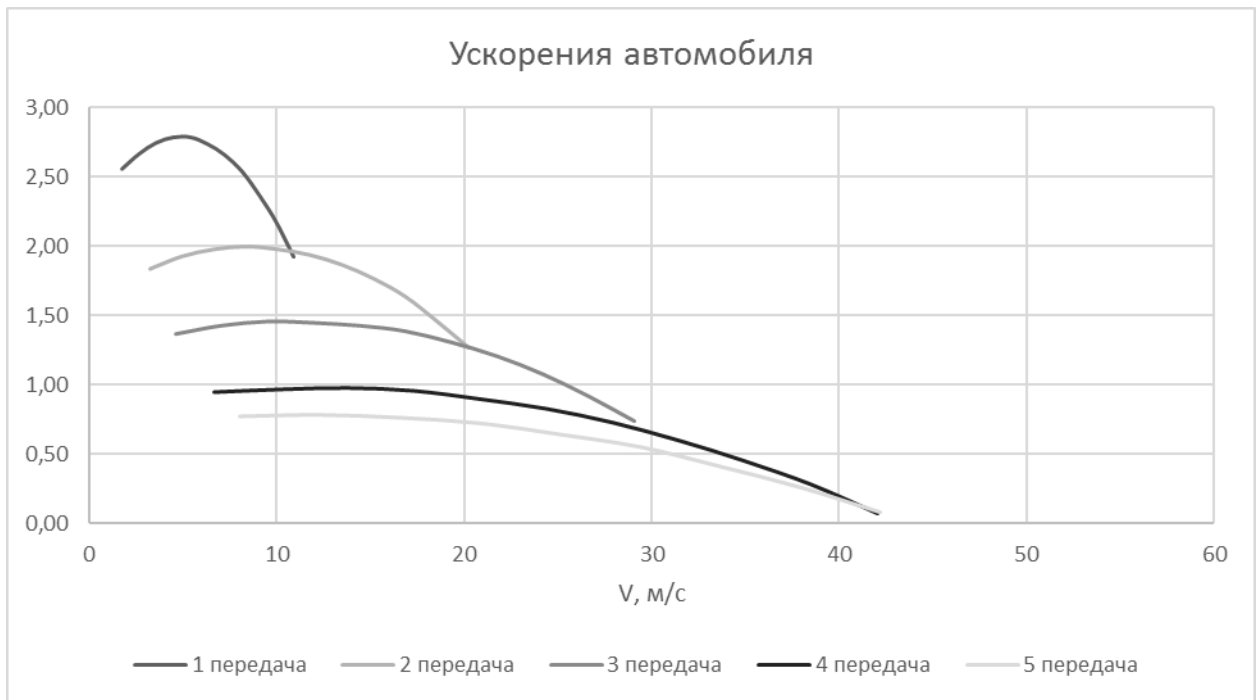


Рисунок А.6– Ускорения автомобиля

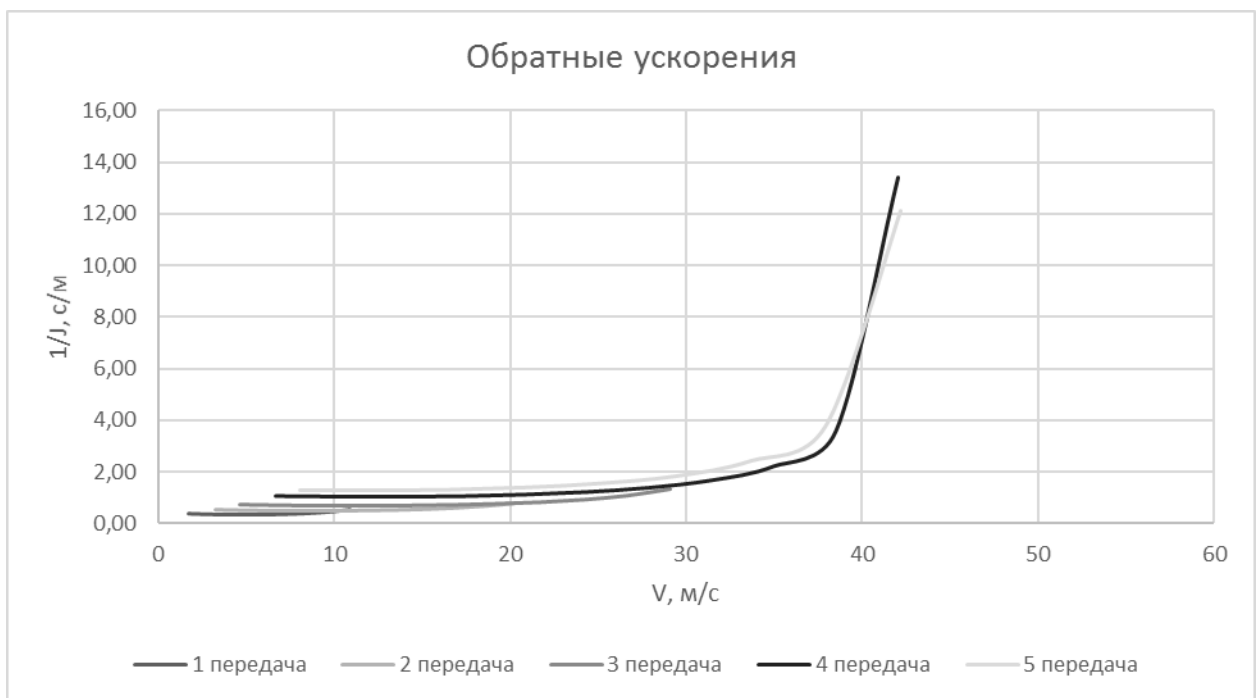


Рисунок А.7 – Обратные ускорения



Рисунок А.8 – Время разгона



Рисунок А.9 – Путь разгона

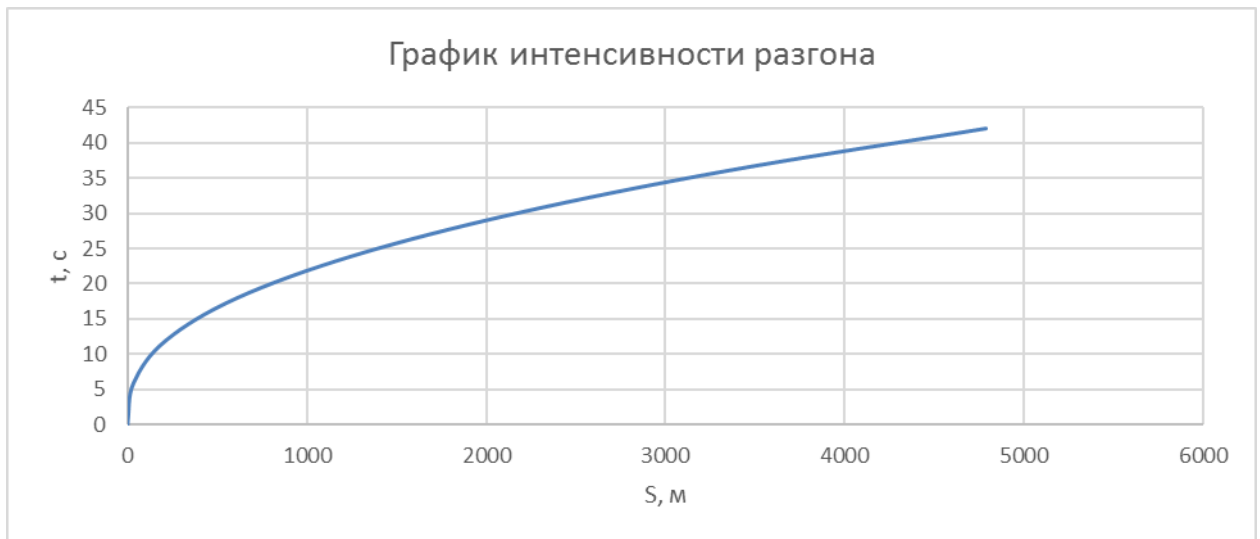


Рисунок А.10 – График интенсивности разгона

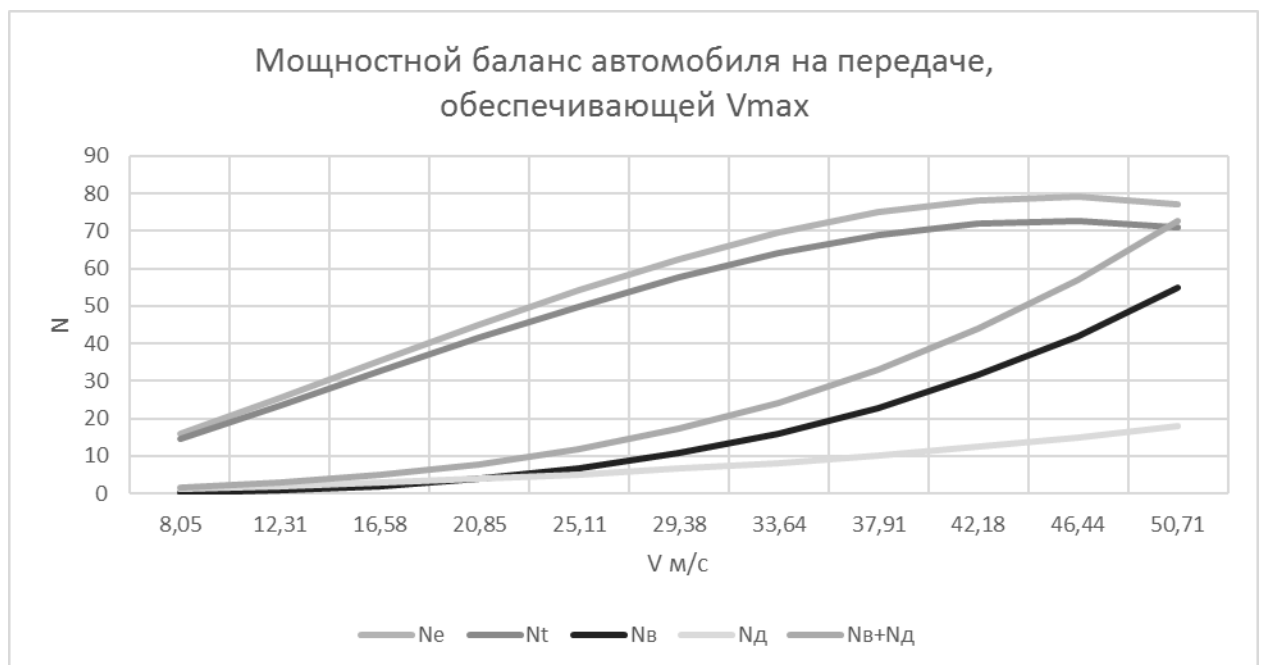


Рисунок А.11 – Мощностной баланс автомобиля на передаче, обеспечивающей V_{max}

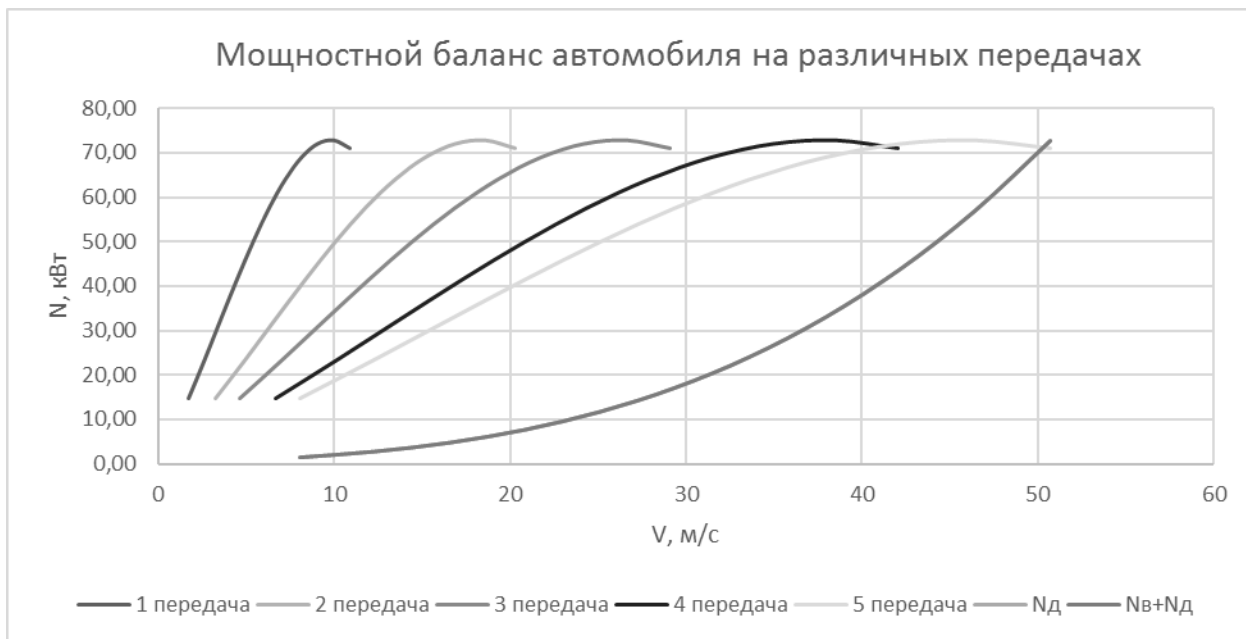


Рисунок А.11 – Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

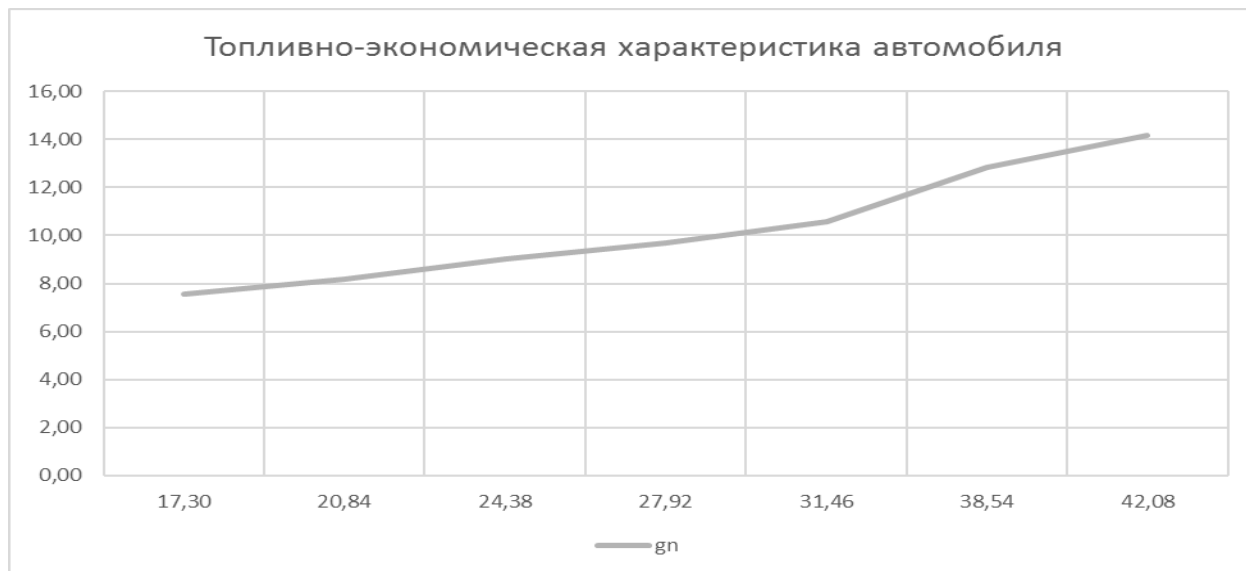


Рисунок А.12– Топливо-экономическая характеристика автомобиля