

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Проектирование и эксплуатация
автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Автомобили и тракторы»

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Переднеприводный легковой автомобиль 2 класса. Модернизация
рулевого управления

Студент

В.П. Емельянов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Л.А. Черепанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.М. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.А. Головач

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И.о заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 _____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе описаны различные конструкции систем рулевого управления автомобиля, требования, предъявляемые к их конструкциям, дана классификация конструкций рулевого управления, произведен обзор основных тенденция в развитии систем рулевого управления, приведено обоснование выбранного проекта, выполнен тягово-динамический расчет автомобиля, проведена проверка существования зубчатого зацепления, рассчитана шестерня рулевого механизма, разработаны монтажные чертежи рулевого механизма и шестерни рулевого механизма, построены графики тягово-динамического расчета, разработана технологическая схема сборки, выполнен анализ конструктивных изменений влекущих за собой изменения в технологических процессах, выбраны сборочные работы, рассчитаны трудоемкости операций сборки, выбрана организационная форма производства, подтверждено соответствие нормам безопасности и экологических стандартов, приведено применяемое оборудование, классифицированы производственные факторы, выполнен расчет точки безубыточности, подтверждена экономическая эффективность проекта.

ABSTRACT

The title of the graduation work is «Front-wheel drive car of the second class. Modernization of steering system». The graduation work is about improvement the manageability of a car. The graduation work consists of 78 pages including an explanatory note, introduction, 11 figures, 24 tables, the list of 17 references including 5 foreign sources and 2 appendices, and the graphic part on 10 A1 sheets.

All five parts look toward improving the effectiveness of modernization steering system. The first part contains information on the design of the steering, an overview of the existing steering design, trends in the development of steering systems, the rationale for the chosen option. The second part contains the calculation of the vehicle's thrust calculation of the confirmation of the existence of the gear and the calculation of the gear of the steering gear. The third part contains an overview of the equipment used for assembly, the layout of the assembly room, the calculation of the assembly time and the development of the assembly diagram. The fourth part contains information on labor protection, lighting, ventilation, temperature regime, fire safety, environmental friendliness of the project. The fifth part consists of calculations of the basic and projected version, the calculation of the point of break-even, the calculation of the payback and the required investments, confirmation of the economic efficiency for the new project. The diploma work contains two applications in which there are schedules of traction calculation and specification for the new steering mechanism.

In conclusion we'd like to stress what after upgrading a car became better controlled on the road. This change reduces the number of accidents. The project complies with ecology standards. The project is efficient economically. Modernization will increase sales of cars and increase customer satisfaction. This result is consistent with task for graduation work.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Назначение рулевого управления	7
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления	7
1.3 Классификация конструкций рулевого управления	8
1.4 Основные тенденции развития систем рулевого управления	8
1.5 Обоснование выбранного проекта рулевого механизма	11
2 Конструкторская часть	13
2.1 Тяговый расчет автомобиля	13
2.2 Проверка существования зубчатого зацепления	27
2.3 Расчет параметров шестерни рулевого механизма	30
3 Технологическая часть	34
3.1 Технологическая схема процесса сборки модернизированного рулевого механизма	34
3.2 Технологичность конструкции рулевого механизма	35
3.3 Технологическая схема сборки рулевого механизма	35
3.3.1 Перечень сборочных работ	36
3.3.2 Расчет трудоемкости сборки рулевого механизма	38
3.3.3 Организационная форма производства	39
4 Безопасность и экологичность проекта	41
4.1 Оценка влияния модернизации рулевого механизма на безопасность транспортного средства	41
4.2 Описание рабочего места для сборки рулевого механизма	41
4.3 Опасные и вредные производственных факторов	42
4.4 Мероприятия по обеспечению безопасных условия труда	42
4.4.1 Защита от шума	43
4.4.2 Защита от отлетающих деталей	43
4.4.3 Обеспечение пажаробезопасности	43
4.4.4 Защита от утомляемости	44
4.4.5 Электробезопасность	44

4.5 Искусственное освещение	45
4.6 Вентиляция	47
4.7 Экологическая экспертиза проекта	47
4.8 Выводы	49
5 Анализ экономической эффективности проекта	50
5.1 Расчет себестоимости модернизируемой детали	50
5.2 Точка безубыточности проекта	55
5.3 Коммерческая эффективность проекта	57
5.4 Общественный эффект, получаемый в результате уменьшения вероятности попадания автомобиля в ДТП.	61
5.5 Выводы	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	71
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Графики тягового расчета	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спецификация	82

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль LADA GRANTA является одним из самых современных отечественных автомобилей в своем классе и ценовом диапазоне. Он имеет хорошее сочетание динамики, плавности хода и управляемости. Автомобиль предлагается с несколькими типами силового агрегата и коробок переключения передач.

Рулевое управление данного автомобиля реечное с электроусилителем в рулевой колонке. Также существуют версии без усилителя руля. Рулевая рейка расположена на щитке передка. Данное расположение рулевой рейки используется на всех переднеприводных автомобилях LADA начиная с модели ВАЗ-2108. Сочетание реечного рулевого механизма с усилителем расположенным в рулевой колонке является самым распространенным решением в сегменте бюджетных автомобилей, хотя и не лишено недостатков.

Современные потребители все больше внимания уделяют управляемости автомобиля и в частности чувствительности рулевого управления. Для удовлетворения запросов потребителей, необходимо доработать рулевой механизм, в частности изменить передаточное число, в результате получив более «острое» рулевое управление.

Предлагается в данной курсовой работе улучшить управляемость легкового автомобиля 2-го класса за счет доработки рулевого управления.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение рулевого управления

Рулевое управление служит для обеспечения нужной траектории движения по требуемому направлению, заданному водителем, для маневрирования на месте путем поворота управляемых колес. Рулевое управление включает в себя рулевой механизм, привод, электроусилитель. Рулевое управление - это система напрямую влияющая на безопасность эксплуатации автомобиля. Конструкция должна обеспечивать: точное движение заданное с помощью рулевого колеса водителем, малые усилия на рулевом колесе и минимально передаваемые воздействия от дорожного полотна на рулевое колесо, высокую надежность, стабилизацию управляемых колес.

Особенностью рулевого управления являются разные углы поворота передних колес для избегания бокового скольжения колес во время поворота. Внутреннее колесо всегда поворачивается на больший угол, чем внешнее.

Существует несколько видов рулевых механизмов, наиболее часто встречающихся на автомобилях: червяк-сектор, рейка-шестерня, червяк-ролик и винт-шариковая гайка.

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции рулевого управления

Законодательные требования ЕЭК ООН №79 регламентируют требования к деталям рулевого управления автомобиля. В данном регламенте содержатся преимущественно конструктивные требования к основным элементам. Большинство эксплуатационных требований по которым проверяют техническое состояние деталей рулевого управления, приведены в СТБ 1641-2006.

Основные параметры, оцениваемые при проверке: суммарный люфт в рулевом управлении, начало поворота управляемого колеса, натяжение ремня привода насоса усилителя рулевого управления и уровень рабочей

жидкости в баке системы ГУР, осевое перемещение и качание плоскости рулевого колеса, качание рулевой колонки, взаимные перемещения деталей рулевого привода, крепление картера рулевого механизма.

1.3 Классификация конструкций рулевого управления

Все конструкции систем рулевого управления по способу осуществления поворота подразделяются на:

- управляемыми колесами;
- складыванием звеньев;
- управляемой осью;
- бортовым поворотом.

По месту положения водителя в автомобиле:

- водитель справа – в странах с левосторонним движением;
- водитель слева – в странах с правосторонним движением.

Все рулевые механизмы по способу передачи момента подразделяются на:

- механические;
- гидравлические.

По передаточному числу рулевые механизмы делятся на:

- изменяемое;
- неизменяемое;
- обратимости;
- обратимый;
- на пределе обратимости.

Рулевые приводы по типу расположения подразделяются на:

- передний тип – механизм установлен перед управляемой осью;
- задний тип – механизм установлен за управляемой осью.

Рулевые приводы в зависимости от типа подвески подразделяются на:

- цельная – используются в конструкциях с зависимой подвеской;
- разрезная – используются в конструкциях с независимой подвеской.

1.4 Основные тенденции развития систем рулевого управления

Первым типом автомобильного управления было червячное, названо было так из-за применения червячной шестерни. Конструктивно устройство состоит из следующих элементов: рулевой вал, передача, «червяк-ролик», картер, рулевая сошка.

Усилие, прилагаемое для совершения оборота рулем, передается на червячный механизм, он в свою очередь заставляет вращаться шестерню, шестерня воздействует на рулевую сошку. Такой тип рулевого управления был распространен на автомобилях ВАЗ классической компоновки.

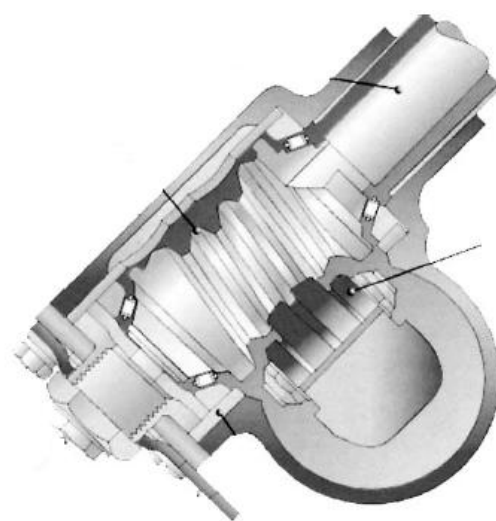


Рисунок 1.1 – Рулевой механизм червячного типа

Следующим типом рулевого управления было реечное, которое и сейчас остается наиболее популярным. В реечный рулевой механизм входят следующие элементы: корпус механизма и передача «шестерня-рейка». Принцип работы заключается в следующем: вращением рулевого колеса, через вал в рулевой колонке, момент передается на шестерню в рулевом механизме, та в свою очередь приводит в движение рейку. Движение рейки через рулевые тяги передается на поворотный кулак, т.о. происходит поворот управляемых колес.



Рисунок 1.2 – Реечный рулевой механизм

Одним из видов рулевого управления, применяемого в настоящее время – это винтовой рулевой механизм. Механизм состоит из следующих элементов: вал рулевого колеса с винтом, гайка, перемещаемая по винту, рейка зубчатая, нарезанная на гайке, зубчатая часть, с которым соединена рейка, рулевая сошка. Особенностью этого механизма является соединение с помощью шариков винта и гайки. За счет чего наблюдается меньшее трение и износ элементов. Данный тип рулевого управления используется на грузовых автомобилях, автобусах, тяжелых легковых автомобилях представительского класса и внедорожниках.

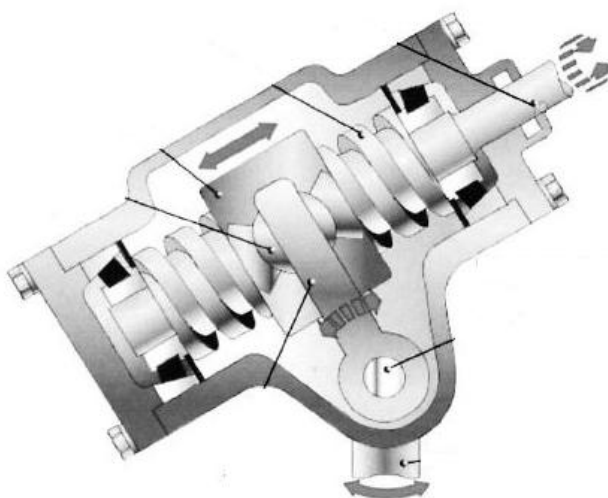


Рисунок 1.3 – Рулевой механизм винтового типа

Основное направление развития рулевого управления – это применение активных систем, повышающих безопасность и существенно облегчающих управление автомобилем. Данные системы позволяют реализовать такие функции, как удержание автомобиля в полосе движения с помощью автоматического подруливания.

Один из примеров таких систем – это система AFS, устанавливаемая на автомобили концерна BMW. Данная система обозначается аббревиатурой AFS — Active Front Steering (активная система управления передними колесами). В данной системе применен разрезной вал рулевого управления, обе части которого соединены с помощью планетарного редуктора. У корпуса редуктора имеется возможность поворота посредством электродвигателя, который активируется сигналом поступающим от ЭБУ соединенного с датчиком.

Система AFS проводя непрерывный анализ траектории движения транспортного средства, способна увеличить или уменьшить угол поворота управляющих колес, а также изменить их угловую скорость. Таким образом система осуществляет помощь водителю лучше управлять транспортным средством.

Непрерывное развитие электроники, делает возможным уже в ближайшем будущем реализовать электроуправление поворотом управляемых колес транспортного средства. Это позволяет исключить механическую связь между рулем и колесам. Применение данной системы позволит исключить транслирование в салон стуков и вибраций передаваемых в салон через рулевую колонку, что повысит комфорт транспортного средства. Такая система станет одним из шагов к полностью автономному управлению транспортным средством, где роль водителя будет сводиться к минимуму. При использовании такой системы в классическом рулевом колесе нет необходимости, оно может уступить место джойстику.

1.5 Обоснование выбранного проекта рулевого механизма

Предлагаемый проект рулевого механизма автомобиля LADA GRANTA представляет собой усовершенствованный рулевой механизм на базе серийного.

Базовый реечный рулевой механизм, представляет собой следующее: механизм, имеющий в своей конструкции шестерню, установленную на валу, которая сопряжена с рейкой и специальными тягами. Именно благодаря им и происходит процесс поворота автомобиля, путем преобразования движения рулем в горизонтальное отклонение передних колес в нужном водителю направлении. Таким образом передаточное число рулевого механизма зависит от двух деталей: шестерня и рейка.

Разработанный мною проект предусматривает расчет шестерни рулевого механизма, что позволит изменить передаточное отношение и улучшить управляемость транспортного средства, делать руль «острее».

С точки зрения экономических требований, стоимость усовершенствованного рулевого механизма возрастет, из-за необходимости применения нового инструмента и переналадки существующего оборудования.

2 Конструкторская часть

2.1 Тяговый расчет автомобиля

Динамический и тяговый расчет автомобиля

Исходные данные для расчета сведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Исходные данные:

Тип привода	Передний
Количество мест	5
Количество передач КПП	5
Длина	4350 мм.
Ширина	1680 мм.
Высота	1420 мм.
Масса в снаряженном состоянии	1088кг.
Шины	185/65 R14
Максимальная скорость	180 км/ч
Коэффициент аэродинамического сопротивления, C_x	0,32
Коэффициент сопротивления качению, f_0	0,012
Обороты силового агрегата	$\omega_e^{\min} = 1000 \text{ об/мин}$
	$\omega_e^{\max} = 6000 \text{ об/мин}$
	$\omega_N = 5600 \text{ об/мин}$

В тягово-динамическом расчете характеристик транспортного средства производится расчет внешнескоростной характеристики силового агрегата автомобиля, передаточных чисел коробки передач, ускорения соответствующей каждой передаче, тягового баланса, времени и пути разгона, динамической характеристики и мощностного баланса, топливно-экономической характеристики.

Данные используемые для тягового расчета

Масса полная автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} n + m_6, \quad (2.1)$$

$$m_a = 1088 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1513 \text{ кг}$$

Выбор типа шины:

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (2.2)$$

$$\frac{H}{B} = 0,65_{\text{мм}}$$

На дорогах с твердым покрытием $r_{\text{см}} \approx r_{\delta} \approx r_{\text{к}}$,

$$r_{\text{см}} = 0,5 \cdot 0,3556 + 0,65 \cdot 0,185 \cdot 0,65 = 0,276\text{м}$$

Расчет распределения нагрузки на каждую из осей автомобиля:

– принимаем нагрузку на переднюю ось 60%;

– принимаем нагрузку на заднюю ось 40%.

$$m_1 = 1513 \cdot 0,60 = 907,8 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1513 \cdot 0,40 = 605,2 \text{ кг}$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления:

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2} \quad (2.3)$$

$$\rho = 1,293$$

$$k = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,21$$

Площадь поперечного сечения транспортного средства:

$$F = 0,8 \cdot B_{\text{г}} \cdot H_{\text{г}}, \quad (2.4)$$

$$F = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,9 \text{ м}^2$$

КПД трансмиссии транспортного средства $\eta_{\text{тр}} = 0,92$.

Коэффициент сопротивления качению:

$$f = f_0 \cdot 1 + \frac{V^2}{2000} \quad (2.5)$$

$$V = \frac{180 \cdot 1000}{3600} = 50 \text{ м/с}$$

$$f = 0,012 \cdot 1 + \frac{50^2}{2000} = 0,027$$

Рассчитываем внешнюю скоростную характеристику

Мощность двигателя на максимальной скорости автомобиля:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} \cdot G_a \cdot \psi_v \cdot V_{\text{max}} + \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot F \cdot V_{\text{max}}^3 \quad (2.6)$$

Полная масса транспортного средства:

$$G_a = m_a \cdot g \quad (2.7)$$

$$G_a = 1513 \cdot 9,81 = 14842,53 \text{ Н}$$

$$\psi_v = f$$

$$\begin{aligned} N_v &= \frac{1}{0,92} \cdot 14842,53 \cdot 0,027 \cdot 50 + \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} \cdot 1,9 \cdot 50^3 = \\ &= 75145 \text{ Вт} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Мощность двигателя максимальная:

$$N_{\text{max}} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (2.9)$$

$$\omega_N = \frac{\omega_{\text{max}}}{\lambda}$$

$$\omega_N = \frac{586,43}{1,15} = 509,94 \text{ рад/сек}$$

$$N_{\text{max}} = \frac{75145}{1 \cdot 1,15 + 1 \cdot 1,15^2 - 1 \cdot 1,15^3} = 78965 \text{ Вт}$$

Определяем скоростную характеристику:

$$N_e = N_{max} \left(a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \frac{\omega_e^2}{\omega_N^2} - c \frac{\omega_e^3}{\omega_N^3} \right) \quad (2.10)$$

Строим кривую эффективного момента двигателя выполняя расчеты по формуле:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (2.11)$$

Выбираем значения в диапазоне $\omega_{min} \dots \omega_{max}$, определяем зависимость $N_e \omega_e$ и $M_e \omega_e$. Результаты объединяем в таблицу.

Таблица 2.2 - Результаты внешне-скоростной характеристики

n, об/мин	800	1600	2400	3200	4000	4800
w	83,43	166,49	250,98	340,1	408,74	502,66
Ne	14754,7	31669,2	48646,5	63582,1	74378,6	78933
M	176,11	189,01	193,55	189,74	177,57	157,03

Построенную по рассчитанным значениям внешнюю характеристику двигателя приводим в Приложении А.

Рассчитываем передаточное число главной передачи:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{max}}{V_{max}} \quad (2.12)$$

$$n_{max} = 5600 \text{ об/мин}$$

$$\omega_{max} = \frac{5600 \cdot \pi}{30} = 586,43 \text{ рад/с}$$

$$U_k = 0,78$$

$$U_0 = \frac{0,276}{0,78} \cdot \frac{586,43}{50} = 4,15$$

Рассчитываем передаточные числа в коробке передач

Рассчитываем передаточное число первой передачи:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max}, \quad \text{или } U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (2.13)$$

Для исключения проворота колес тяговая сила на первой передаче не должна быть больше силы сцепления колес с дорогой:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \leq G_{\text{сц}} \cdot \varphi, \quad \text{или } U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (2.14)$$

$$G_{\text{сц}} = m_1 \cdot G_1 = 907,8 \cdot 9,81 = 8905,52$$

$$G_{\text{сц}} = 8905,52 \cdot 0,9 = 8014,97 \text{ Н}$$

$$U_1 \geq \frac{14842,53 \cdot (0,3 + 0,012) \cdot 0,276}{193,55 \cdot 0,92 \cdot 4,15} = 1,73$$

$$U_1 \leq \frac{8014,97 \cdot 0,7 \cdot 0,276}{193,55 \cdot 0,92 \cdot 4,15} = 2,1$$

Принимаем $U_1 = 2,0$.

Передаточные числа для коробки передач с пятью ступенями:

$$U_2 = \sqrt[3]{U_1^2} = 1,59 \quad (2.15)$$

$$U_3 = \sqrt[3]{U_1} = 1,28$$

$$U_4 = 1$$

$$U_5 = 0,78$$

$$U_{3X} = 1,2 \cdot U_1 = 2,4$$

Рассчитываем скорость автомобиля для каждой передачи:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_n}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Скорость автомобиля для каждой передачи

n, об/мин	1	2	3	4	5
800	2,79	3,5	4,46	5,57	7,14
1600	5,57	7,01	8,91	11,14	14,29
2400	8,36	10,51	13,37	16,71	21,43
3200	11,14	14,02	17,83	22,29	28,57
4000	13,93	17,52	22,29	27,86	35,72
4800	16,71	21,03	26,74	33,43	42,86
5600	19,5	24,53	31,2	39	50

Определение тягового баланса транспортного средства

Уравнение тягового баланса:

$$P_T = P_d + P_B + P_{\text{и}} \quad (2.17)$$

Для расчета силы тяги на ведущих колесах используем следующую формулу:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{\text{тр}}}{r_k} \quad (2.18)$$

Определяем тяговую силу на ведущих колесах автомобиля. Результат расчетов объединяем в таблицу 2.4.

По значениям силы тяги на ведущих колесах в таблице 2.4 разрабатываем график тягового баланса, показанный в Приложении А.

Таблица 2.4 – Расчет тяговой силы на ведущих колесах

п, об/мин	1	2	3	4	5
800	4872	3874	3045	2436	1900
1600	5229	4157	3268	2615	2039
2400	5355	4257	3347	2677	2088
3200	5249	4173	3281	2625	2047
4000	4913	3906	3070	2456	1916
4800	4344	3454	2715	2172	1694
5600	3545	2818	2216	1773	1399

Сила сопротивления дороги:

$$P_d = G_a \cdot \psi \quad (2.19)$$

$$\psi = i + f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right)$$

Сила сопротивления воздуха:

$$P_B = \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2}{2} \quad (2.20)$$

Определяем силу сопротивления воздуха и силу дорожного сопротивления. Данные объединяем в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Сила сопротивления и сила дорожного покрытия

п, об/мин	P_B	P_D	$P_{\text{сум}}$
800	20	178	198
1600	82	193	275
2400	183	223	406
3200	326	252	578
4000	509	297	806
4800	733	341	1074
5600	998	401	1399

Разгон транспортного средства

Ускорение при разгоне считаем для варианта движения транспортного средства по дороге с твердым покрытием, мощность двигателя максимальная, проскальзывание колес отсутствует [2]. Дорога горизонтальная ($i=0$).

Ускорение рассчитывают из выражения:

$$J = \frac{D - f \cdot g}{\delta_{\text{вр}}} \quad (2.21)$$

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \frac{I_M \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_{\text{тр}}^2 + I_K \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (2.22)$$

Рассчитываем коэффициент вращающихся масс по следующей формуле:

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2 \quad (2.23)$$

Принимаем $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$.

Определяем коэффициент вращающихся масс двигателя и колес на каждой передаче и результат объединим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 - Коэффициент вращения на каждой передаче.

1	2	3	4	5
1,2	1,14	1,1	1,08	1,06

Определяем коэффициент сопротивления качению на каждой из передач:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right) \quad (2.24)$$

$$f_0 = 0,012$$

Таблица 2.7 – Коэффициент сопротивления качению на каждой из передач

n, об/мин	1	2	3	4	5
800	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
1600	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013
2400	0,012	0,013	0,013	0,014	0,015
3200	0,013	0,013	0,014	0,015	0,017
4000	0,013	0,014	0,015	0,017	0,02
4800	0,014	0,015	0,016	0,019	0,023
5600	0,014	0,016	0,018	0,021	0,027

Определяем ускорения транспортного средства на каждой передаче, результаты объединим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Ускорение автомобиля на каждой передаче

п, об/мин	1	2	3	4	5
800	2,58	2,14	1,71	1,37	1,05
1600	2,77	2,29	1,83	1,45	1,09
2400	2,83	2,33	1,85	1,45	1,05
3200	2,76	2,26	1,77	1,35	0,91
4000	2,56	2,07	1,59	1,16	0,69
4800	2,22	1,77	1,31	0,89	0,38
5600	1,75	1,36	0,94	0,52	0,16

По рассчитанным результатам ускорений в таблице 2.8 разрабатываем график тягового баланса, показанный в Приложении А.

Определяем обратные ускорения.

На максимальных скоростях ускорение стремится к нулю, для определения обратных ускорений используют скорость:

$$V = (0,8 \dots 0,9)V_{max} \quad (2.25)$$

Таблица 2.9 – Значения обратного ускорения

п, об/мин	1	2	3	4	5
800	0,39	0,47	0,58	0,73	0,95
1600	0,36	0,44	0,55	0,69	0,91
2400	0,35	0,43	0,54	0,69	0,95
3200	0,36	0,44	0,57	0,74	1,1

4000	0,39	0,48	0,63	0,86	1,44
4800	0,45	0,56	0,76	1,13	2,6
5600	0,57	0,74	1,07	1,92	5

По результатам расчетов обратных ускорений в таблице 2.9 строим разрабатываем график тягового баланса, показанный в Приложении А.

Динамическая характеристика транспортного средства

Динамический фактор на соответствующей передаче:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (2.26)$$

Определяем динамический фактор на каждой передаче и результат объединим в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Расчет динамического фактора на каждой передаче

n, об/мин	1	2	3	4	5
800	0,331	0,259	0,203	0,179	0,13
1600	0,342	0,28	0,221	0,168	0,135
2400	0,367	0,279	0,224	0,165	0,131
3200	0,349	0,281	0,209	0,158	0,119
4000	0,33	0,25	0,189	0,146	0,09
4800	0,283	0,219	0,167	0,115	0,063
5600	0,231	0,169	0,119	0,069	0,027

Результаты выполненных расчетов объединяем в таблице. На основе данных силового баланса определяем и разрабатываем график динамической характеристики транспортного средства. Характеристика состоит из графического изображение зависимости динамического фактора от скорости движения на разных передачах в КП. Данный расчет проводится для полностью загруженного автомобиля [4].

Результаты выполненных расчётов сводим в таблицу. По приведенным значениям силового баланса рассчитываем и выполняем построение динамической характеристики транспортного средства. Данная характеристика графически изображает зависимости динамического фактора D от скорости движения. Характеристик показывает зависимость при различных передачах в КП и при полной загрузке автомобиля.

Строим динамическую характеристику транспортного средства. Основой для построения являются данные силового баланса. Характеристика графически отражает зависимость динамического фактора от скорости движения транспортного средства. Автомобиль движется на различных передачах в коробке передач. Загрузка автомобиля полная.

Путь и время разгона транспортного средства

Путь и время разгона транспортного средства рассчитываем графоаналитическим методом.

Интегрирование заменяем суммой конечных величин.

$$v_{\text{мин}} = 2,79 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{макс}} = 50 \text{ м/с}$$

$$50 - 2,79 = 47,21$$

$$47,21/8 = 5,90$$

Из графика обратных ускорений определяем величину $1/J$, значения объединяем в таблицу 2.11:

$$t = 0,35 \cdot 5,90 = 2,07 \text{ с} \quad (2.27)$$

$$t = 0,3 \cdot 5,90 + 2,07 = 3,84 \text{ с}$$

$$t = 0,45 \cdot 5,90 + 3,84 = 6,49 \text{ с}$$

$$t = 0,7 \cdot 5,90 + 6,49 = 10,62 \text{ с}$$

$$t = 1,1 \cdot 5,90 + 10,62 = 17,11 \text{ с}$$

$$t = 1,8 \cdot 5,90 + 17,11 = 27,74 \text{ с}$$

$$t = 2,95 \cdot 5,90 + 27,74 = 45,14 \text{ с}$$

$$t = 5 \cdot 5,90 + 45,14 = 74,65 \text{ с}$$

Таблица 2.11 – Значения диапазона скоростей от времени и обратного ускорения.

Диапазон скоростей, м/с	1/J	Время, с
0 - 8,69	0,34	2,06
0 - 14,59	0,31	3,83
0 - 20,49	0,44	6,48
0 - 26,40	0,71	10,61
0 - 32,30	1,15	17,1
0 - 38,20	1,81	27,73
0 - 44,10	2,94	45,13

Путь разгона:

$$v_{cp} = \frac{8,69}{2} = 4,35 \text{ м/с} \quad (2.28)$$

$$v_{cp} = \frac{(14,59 - 8,69)}{2} + 8,69 = 11,64 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(20,49 - 14,59)}{2} + 14,59 = 17,54 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(26,40 - 20,49)}{2} + 20,49 = 23,44 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(32,30 - 26,40)}{2} + 26,40 = 29,35 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(38,20 - 32,30)}{2} + 32,30 = 35,25 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(44,10 - 38,20)}{2} + 38,20 = 41,15 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(50,0 - 44,10)}{2} + 44,10 = 47,05 \text{ м/с}$$

Разрабатываем график зависимости времени разгона от скорости автомобиля, показанный на рисунке Приложения А.

Значение t берем из таблицы 2.11.

$$S = v_{cp} \cdot \Delta t \quad (2.29)$$

$$S_1 = 4,35 \cdot 2,07 = 9 \text{ м}$$

$$S_2 = 11,64 \cdot 3,84 - 2,07 + 9 = 29,6 \text{ м}$$

$$S_3 = 17,54 \cdot (6,49 - 3,84) + 29,6 = 76,1 \text{ м}$$

$$S_4 = 23,44 \cdot (10,62 - 6,49) + 76,1 = 172,9 \text{ м}$$

$$S_5 = 29,35 \cdot (17,11 - 10,62) + 172,9 = 363,4 \text{ м}$$

$$S_6 = 35,25 \cdot (27,74 - 17,11) + 363,4 = 738,1 \text{ м}$$

$$S_7 = 41,15 \cdot (45,14 - 27,74) + 738,1 = 1454,1 \text{ м}$$

$$S_8 = 47,05 \cdot (74,65 - 45,14) + 1454,1 = 2842,5 \text{ м}$$

Таблица 2.12 – Значение для графика путь разгона

V, м/с	S, м	Время, с
0 - 8,68	8,98	2
0 - 14,61	29,58	3,77
0 - 20,52	76,09	6,45
0 - 26,38	173	10,56
0 - 32,29	362,9	17,15
0 - 38,18	737,8	27,77
0 - 44,13	1453,7	45,03
0 - 50,07	2839,4	74,54

По данным из таблицы 2.12 выполняем построение графика зависимости пути разгона от скорости.

Топливо-экономическая характеристика

$$q_{\Pi} = \frac{k_{\text{СК}} \cdot k_{\text{И}} \cdot P_{\text{Д}} + P_{\text{И}} \cdot g_{\text{emin}} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{\text{T}} \cdot \eta_{\text{ТР}}} \quad (2.30)$$

Результаты расчетов объединяем в таблицу 2.13 и показываем графическим способом в виде зависимости путевого расхода топлива от скорости движения транспортного средства.

Таблица 2.13 – Путь расход топлива от движения автомобиля

U, м/с	7,04	14,39	21,52	28,46	34,99	42,51	50
$\square_{\text{В}}/\square_{\text{N}}$	0,15	0,31	0,49	0,64	0,81	0,99	1,13
$\underline{k}_{\text{СК}}$	1,11	1,03	0,97	0,95	0,94	1,01	1,11
$(N_{\text{В}} + N_{\text{Д}})/N_{\text{T}}$	0,1	0,14	0,18	0,29	0,43	0,65	1,03
$k_{\text{И}}$	2,51	2,46	2,01	1,54	1,26	0,93	1,01
q_{Π}	8,71	10,89	12,61	13,63	15,15	16,15	24,33

Мощностной баланс транспортного средства

Мощностной баланс определяем по следующей формуле:

$$N_{\text{T}} = N_{\text{е}} - N_{\text{ТР}} = N_{\text{f}} + N_{\text{П}} + N_{\text{В}} + N_{\text{И}} \quad (2.31)$$

Результаты расчета объединяем в таблицу 2.14 мощностного баланса.

Таблица 2.14 – Мощностного баланс

U, м/с	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50
$N_{\text{е}}$, тыс.Вт	14755	31669	48647	63582	74379	78933	75145
N_{T} , тыс.Вт	13574	29136	44755	58496	68428	72618	69133

N_B , тыс. Вт	142,87	1171,5	3921,6	9314,5	18179	31416	49901
-----------------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------

Продолжение таблица 2.14

N_D , тыс. Вт	1272,3	2756,5	4771,1	7209,3	10602	14631	20038
Сумма: $N_B + N_D$	1415,2	3927,9	8692,6	16524	28781	46047	69940
$(N_B + N_D)/N_T$	0,1	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01

По расчетным значениям таблицы 2.14 строим график мощностного баланса. График представлен в Приложении А.

2.2 Проверка существования зубчатого зацепления

Исходные данные в таблице 2.15.

Таблица 2.15 - Исходные данные

Параметр	Обозначение	Значение
Модуль зубьев шестерни, мм	m_n	1,85
Угол наклона зубьев шестерни	β_1	20
Коэффициент головки зуба инструмента шестерни	h_{aP01}^*	1,25
Коэффициент головки зуба инструмента рейки	h_{aP02}^*	0,575
Коэффициент радиального зазора шестерни	C_1^*	0,125
Коэффициент радиального зазора рейки	C_2^*	0,25

Угол профиля линии притупления	-	35°00'00"
--------------------------------	---	-----------

Для расчета выбираем передаточное отношение 55,92 мм/об, вместо действующего 48,14 мм/об.

Угол наклона зуба шестерни для минимального угла профиля зуба рейки α_{\min} и число зубьев шестерни

$$\beta_{1\min} = \arcsin\left(\frac{\sin \beta_{1-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ}{\cos \alpha_{\min}}\right) = \arcsin\left(\frac{0,342 \cdot 0,939}{0,951}\right) = 19,6942 \quad (2.32)$$

$$z_1 = \frac{H_{\min} \cdot \cos \alpha_{\min} \cdot \cos(\alpha_{\min} - \beta_{1\min})}{\pi \cdot m_{n-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ} = \frac{55,9259 \cdot 0,951}{5,4586} = 10 \quad (2.33)$$

Наклон зуба шестерни для максимального угла профиля зуба рейки α_{\max} и максимальное передаточное число рулевого механизма H_{\max}

$$\beta_{1\max} = \arcsin\left(\frac{\sin \beta_{1-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ}{\cos \alpha_{\max}}\right) = \arcsin\left(\frac{0,342 \cdot 0,939}{0,819}\right) = 23,0852 \quad (2.34)$$

$$H_{\max} = \frac{\pi \cdot m_{n-20^\circ} \cdot z_1 \cdot \cos 20^\circ}{\cos \beta_{1\max} \cdot \cos \alpha_{\max}} = \frac{3,14 \cdot 1,85 \cdot 10 \cdot 0,939}{0,9199 \cdot 0,819} = 72,41 \quad (2.35)$$

Минимальный коэффициент смещения исходного контура шестерни $x_{n1\min}$

$$\begin{cases} x_{n1\min}^{(1)} = h_{aP01}^* - \frac{\left[1 - \frac{1}{1 + (\operatorname{tg} 20^\circ / \cos \beta_{1-20^\circ})^2}\right] \cdot z_1}{2 \cdot \cos \beta_{1-20^\circ}} - C_2^* = 0,31 \\ x_{n1\min}^{(2)} = h_{aP01}^* - 0,2 \cdot (1 - \sin 20^\circ) - \frac{\sin^2 \alpha_{wt} \cdot z_1}{2 \cdot \cos \beta_{1-20^\circ}} = 0,9714 \end{cases} \quad (2.36)$$

$$\alpha_{wt} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos \beta_{1-20^\circ}} = \operatorname{arctg} \frac{0,3639}{0,9396} = 21,17 \quad (2.37)$$

Выбираем $x_{n1-\min} = 0,9714$

Максимальный коэффициент смещения исходного контура шестерни

$x_{n1-\max}$

Диаметр основной окружности шестерни

$$d_{b1} = \frac{m_{n-20^\circ} \cdot z_1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 20^\circ + \cos^2 \beta_{1-20^\circ}}} = \frac{1,85 \cdot 10}{\sqrt{0,1324 + 0,8828}} = 18,36 \quad (2.38)$$

Угол наклона зуба шестерни на основной окружности

$$\beta_{b1} = \arcsin \left(\cos \alpha_0 \cdot \sin \beta_{1-20^\circ} \right) = \arcsin(0,9396 \cdot 0,342) = 18,74 \quad (2.39)$$

Диаметр начальной окружности шестерни

$$d_{01} = \frac{z_1 \cdot m_{n-20^\circ}}{\cos \beta_{1-20^\circ}} = \frac{10 \cdot 1,85}{0,9396} = 19,679 \quad (2.40)$$

Параметры зубьев шестерни

Толщина зуба на основной окружности в торцовом сечении

$$S_{bt1} = \frac{m_{n-20^\circ} \cdot \cos \alpha_{wt} \cdot \left(2 \cdot x_{n1-\max} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + 0,5 \cdot \pi \right)}{\cos \beta_{1-20^\circ}} + d_{b1} \cdot \operatorname{inv} \alpha_{wt} =$$
$$\frac{1,85 \cdot 0,9325 \cdot (2 \cdot 1 \cdot 0,3639 + 0,5 \cdot 3,14)}{0,9396} + 18,36 \cdot 0,0177 = 4,54 \quad (2.41)$$

Диаметр вершин зубьев шестерни

$$d_{a1} = 2 \cdot m_{n-20^\circ} \cdot \left(a_{p02}^* - C_1^* + x_{n1-\max} \right) + d_{01} = 2 \cdot 1,85 \cdot (1,25 \cdot 0,125 + 1) + 19,689 = 23,967$$

Угол наклона зуба на диаметре головки зуба шестерни

$$\beta_{a1} = \arctan \frac{\operatorname{tg} \beta_b \cdot d_{a1}}{d_{b1}} = \arctan \frac{0,3392 \cdot 19,689}{18,36} = 19,98 \quad (2.42)$$

Угол зацепления в торцовом сечении на окружности головки зуба шестерни

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} = \arccos \frac{18,36}{19,689} = 21,17 \quad (2.43)$$

Толщина головки зуба шестерни в нормальном сечении

$$S_{an1} = \left(\frac{S_{b1}}{d_{b1}} - \operatorname{inv} \alpha_{ta} \right) \cdot d_{a1} \cdot \cos \beta_a = \left(\frac{4,54}{18,36} - 0,0177 \right) \cdot 19,689 \cdot 0,9398 = 0,74 \quad (2.44)$$

Проверяем выполнение условий

$d_{a1} > d_{a1 \max}$ - условие выполнено,

$$\frac{d_{b1}}{\cos \alpha_{MI}} + 2 \cdot \rho_{\min} > 2 \cdot m_{n-20^\circ} \cdot \left(\overset{*}{\curvearrowright}_{aP02} + x_{n1} \right) \cdot d_{01} \quad (2.45)$$

$$\frac{18,36}{0,743} + 2 \cdot 0,65 > 2 \cdot 1,85 \cdot \left(0,25 + 1,264 \right) \cdot 19,689$$

28,9 > 26,11 – условие выполнено

Текущее значение угла зацепления на головке зуба шестерни

$$\operatorname{inv} \alpha_{MI} = \frac{S_{b1}}{d_{b1}} - \frac{2 \cdot \rho_{\min}}{z_1 \cdot m_{n-20^\circ} \cdot \cos 20^\circ} = \frac{4,54}{18,36} - \frac{2 \cdot 0,65}{10 \cdot 1,85 \cdot 0,9396} = 0,172 \quad (2.46)$$

$$\alpha_{MI} = 42^\circ$$

На основе выполненного расчета, делаем вывод о возможности получения зацепления с удовлетворительными параметрами.

Принимаем коэффициент $x_{n1}=0,97$

Диаметр впадин зубьев шестерни d_{f1}

$$\begin{aligned}
 d_{f1} &= \left(z_1 \cdot x_{n1} \cdot \cos \beta_{1-20^\circ} + z_1 \right) \cdot \frac{m_{n-20^\circ}}{\cos \beta_{1-20^\circ}} - 2 \cdot h_{ap01}^* \cdot m_{n-20^\circ} = \\
 &= \left(0,97 \cdot 0,939 + 10 \right) \cdot \frac{1,85}{0,939} - 2 \cdot 1,25 \cdot 1,85 = 18,66
 \end{aligned} \quad (2.47)$$

Рассчитанная шестерня имеет 10 зубьев, вместо 12 в исходном варианте.

2.3 Расчет параметров шестерни рулевого механизма

Коэффициент высоты головки зуба шестерни

$$h_{a1}^* = h_{ap02}^* - C_1^* = 0,575 - 0,125 = 0,45 \quad (2.48)$$

Угол зацепления в торцовом сечении (торцовый угол)

$$\alpha_{wt} = \arctg(\operatorname{tg} 20^\circ / \cos \beta_1) = \arctg(0,3639 / 0,9398) = 21,16 \quad (2.49)$$

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

$$d_{a1} = d_{01} + 2 \cdot m_n \cdot \left(x_{n1} + h_{a1}^* \right) = 19,689 + 2 \cdot 1,85 \cdot (0,45 + 0,07) = 24,943 \quad (2.50)$$

Диаметр активной окружности ножки зуба шестерни d_{Nf1} определяется в зависимости от коэффициента B :

$$\begin{aligned}
 B &= 0,5 \cdot d_{01} \cdot \sin \alpha_{wt} - \frac{m_n}{\sin \alpha_{wt}} \cdot \left(h_{ap01}^* - x_{n1} - C_2^* \right) = \\
 &= 0,5 \cdot 19,689 \cdot \sin 21,17 - \frac{1,85}{\sin 21,17} \cdot (1,25 - 0,97 - 0,25) = 3,38
 \end{aligned} \quad (2.51)$$

Если $B \geq 0$, d_{Nf1} рассчитываем по формуле:

$$d_{Nf1} = 2 \cdot \sqrt{B^2 + \left(0,5 \cdot d_{01} \right)^2} = 2 \cdot \sqrt{3,38^2 + (0,5 \cdot 19,689)^2} = 19,56 \quad (2.52)$$

Высота зуба шестерни

$$h_1 = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{2} = \frac{42,943 - 18,66}{2} = 3,14 \quad (2.53)$$

Угол α_{ta} при принятом коэффициенте смещения исходного контура x_{n1} :

$$\alpha_{ta} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} = \arccos \frac{18,36}{24,943} = 42,6 \quad (2.54)$$

Торцовый модуль

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta_1} = \frac{1,85}{0,9396} = 1,97 \quad (2.55)$$

Радиальный зазор шестерни

$$C_1 = m_n \cdot C_1^* = 1,85 \cdot 0,125 = 0,23125 \quad (2.56)$$

Шаг на основной окружности

$$P_b = \pi \cdot m_n \cdot \cos 20^\circ = 3,14 \cdot 1,85 \cdot 0,9396 = 5,46 \quad (2.57)$$

Коэффициент смещения исходного контура в торцовом сечении

$$x_{t1} = x_{n1} \cdot \cos \beta_1 = 0,97 \cdot 0,9396 = 0,9114 \quad (2.58)$$

Толщина зуба на основной окружности в торцовом сечении

$$\begin{aligned} S_{bt1} &= \pi \cdot x_{n1} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + 0,5 \cdot \pi \cdot m_{t1} \cdot \cos \alpha_{wt} + d_{b1} \cdot \operatorname{inv} \alpha_{wt} = \\ &= 2 \cdot 0,97 \cdot 0,3639 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,97 \cdot 0,9325 + 18,36 \cdot 0,0177 = 4,506 \end{aligned} \quad (2.59)$$

Угол наклона зуба шестерни на окружности головки зуба

$$\beta_{a1} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \beta_b \cdot d_{a1}}{d_{b1}} = \operatorname{arctg} \frac{0,339 \cdot 23,967}{18,36} = 23,84 \quad (2.60)$$

Толщина головки зуба шестерни в нормальном сечении

$$S_{an1} = \left(\frac{S_{bt1}}{d_{b1}} - \text{inv} \alpha_{ta} \right) d_{a1} \cos \beta_{a1} = \left(\frac{4,506}{18,36} - 0,176 \right) \cdot 24,943 \cdot 23,84 = 1,583 \quad (2.61)$$

Толщина зуба шестерни на начальной окружности в нормальном сечении

$$S_{n01} = (0,5 \cdot \pi + 2 \cdot x_{n1} \cdot \text{tg} 20^\circ) \cdot m_n = (0,5 \cdot 3,14 + 2 \cdot 0,97 \cdot 0,3639) \cdot 1,85 = 4,21 \quad (2.62)$$

Толщина зуба шестерни на начальной окружности в торцовом сечении

$$S_{t01} = \frac{S_{n01}}{\cos \beta_1} = \frac{4,21}{0,9396} = 4,4812 \quad (2.63)$$

Измеряемое число зубьев шестерни при измерении общей нормали

$$\begin{aligned} z' &= \frac{\sqrt{0,25 \cdot \left(\frac{S_{bt1}}{d_{b1}} + d_{a1} \right)^2 - d_{b1}^2 - S_{bt1} \cos^2 \beta_{b1}}}{P_b \cos \beta_{b1}} + 1 = \\ &= \frac{\sqrt{0,25 \cdot \left(\frac{4,506}{18,36} + 24,943 \right)^2 - 18,36^2 - 4,506 \cdot 0,8966}}{5,46 \cdot 0,9469} + 1 = 3 \end{aligned} \quad (2.64)$$

Полученное значение числа зубьев округляется в меньшую сторону.

Длина общей нормали

$$W = (z' - 1) \cdot P_b + S_{bt1} \cdot \cos \beta_{b1} = (3 - 1) \cdot 5,46 + 4,506 \cdot 0,9469 = 15,186 \quad (2.65)$$

Минимальная активная ширина шестерни

$$\begin{aligned} b_{N1} &= \frac{2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot d_z^2 - \left[-0,5 \cdot d_{a1} \cos \left(\alpha_{ta} - \alpha_{wt} \right) \right]^2}}{\cos \delta} + d_{a1} \cdot \sin \left(\alpha_{ta} - \alpha_{wt} \right) \cdot \text{tg} \delta = \\ &= \frac{2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot 30^2 - \left[-0,5 \cdot 23,967 \cos \left(\alpha_{ta} - \alpha_{wt} \right) \right]^2}}{1} + 23,967 \cdot \sin 0 \cdot \text{tg} 0 = 29,19 \end{aligned} \quad (2.66)$$

Таким образом, были рассчитаны параметры шестерни для передаточного отношения 55,92 мм/об, вместо действующего 48,14 мм/об.

3 Технологическая часть

3.1 Технологическая схема процесса сборки модернизированного рулевого механизма

В настоящее время в автомобильной отрасли очень актуальна тенденция снижения затрат при сохранении качества и увеличения объемов производства. Повышающийся темп сборки требует применение автоматических линий, что минимизирует человеческий фактор. Для обеспечения синхронности операций необходимо снизить такт и ритм выпуска. Время, используемое на каждую операцию должно быть кратно такту выпуска или равняться ему. При модернизации желательно сохранить действующий сборочный процесс.

Решения, используемые при выполнении данного проекта по модернизации рулевого механизма, не вызывает необходимости в изменении действующего технологического процесса, что положительно скажется на экономике проекта из-за отсутствия дополнительных затрат [6].

Состав модернизируемого и серийного рулевого механизма одинаков. Рулевой механизм состоит из следующих деталей и узлов:

- картер рулевого механизма;
- крышка картера рулевого механизма;
- сепаратор с роликами в сборе;
- пружина упора рейки;
- шестерня рулевого механизма в сборе;
- гайка упора рейки;
- рейка рулевого механизма;
- вкладыш упора рейки;
- упор рейки;
- колпак защитный правый/левый;

- чехол рейки рулевого механизма;
- тяга рулевой трапеции правая/левая в сборе.

3.2 Технологичность конструкции рулевого механизма

Технологичность конструкции необходимо прорабатывать на стадии разработки изделия. В данном процессе задействованы конструкторы и технологи. Технологичность характеризует не только показатели влияющие на сборку на заводе, но и удобство обслуживания и ремонта изделия в условиях дилерской сети с минимальными затратами материалов и времени. Критерии технологичности отражены в ГОСТ 14.201-83 и ГОСТ 18831-83. Процесс сборки должен реализовывать не только удобство и минимальные затраты времени, но и обеспечивать заданный уровень качества. Правильно организованный процесс сборки позволяет минимизировать затраты на контрольные операции и соответственно экономить человеческие ресурсы. При проектировании изделия необходимо использовать уже имеющиеся в производстве материалы, закладывать допуски на размеры и шероховатость исходя из возможностей имеющегося оборудования.

Крепеж необходимо использовать в минимально возможном количестве и только стандартизованный [8],[13]. Моменты затяжки должны быть стандартными и подобраны с учетом действующего оборудования сборочной линии. Процесс сборки должен быть максимально автоматизирован, а труд оператора максимально механизирован.

Серийный процесс применяется на заводе с 1987 года, хорошо изучен, достаточно оптимизирован и удовлетворяет вышеизложенным требованиям.

3.3 Технологическая схема сборки рулевого механизма

Процессом производства называют совокупность действий, в результате которых сырье превращается в готовую продукцию. Деятельность человека в результате которой сырье и материалы превращаются в готовую продукцию называют процессом труда.

Производственные процессы классифицируются на основные, вспомогательные и обслуживающие.

Под основным технологическим процессом понимают процесс производства продукции в конечном итоге реализуемой предприятием.

Под вспомогательным технологическим процессом понимают процессы ремонта оснастки, инструмента, оборудования и других объектов, применяемых для обеспечений технологического процесса.

Под обслуживающими процессами понимают энергообеспечение, логистику, хранение, складские операции.

3.3.1 Перечень сборочных работ

Все операции, их длительность приводим в таблице с учетом их последовательности.

Таблица 3.1 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
1	2
1. Сборка рулевого механизма	
Визуальный осмотр картера рулевого механизма	0.3
Произвести установку картера в специальной оснастке.	0.6
Выполнить монтаж втулки на картере.	0.4
Произвести осмотр рейки рулевого механизма	0.4
Выполнить нанесение смазки на цилиндрическую и зубчатую часть. Использовать пластичную смазку.	0.6
Произвести монтаж рейки в картер.	0.4

Продолжение таблицы 3.1

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
1	2
Произвести монтаж крышки картера рулевого механизма в сборе на шестерню. Использовать специальную оправку.	0.6
Подготовить болты крепления крышки картера к установке путем установки шайб на болты и их наживлению.	0.3
Завернуть болты гайковертом.	0.5
Произвести монтаж вкладыша упора рейки в картер.	0.4
Произвести монтаж уплотнительного кольца на упор.	0.4
Произвести монтаж гайки упора рейки. Затянуть гайку.	0.5
Произвести монтаж заглушки в гайку упора рейки.	0.3
Произвести монтаж колпака защитного левого в картере.	0.4
Зафиксировать хомутом левый защитный колпак.	0.4
Произвести монтаж опоры тяг рулевой трапеции на рейке.	0.3
Зафиксировать скобой опору тяг.	0.4
Произвести монтаж чехла защитного рейки рулевого механизма.	0.5
Зафиксировать хомутами чехол рейки рулевого механизма.	0.5
Произвести монтаж гайки упора рейки. Затянуть гайку.	0.5
Произвести монтаж заглушки в гайку упора рейки.	0.3

Продолжение таблицы 3.1

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
1	2
Произвести монтаж пластины на чехол рейки. Обеспечить соосность отверстий на пластине и чехле.	0.3
Произвести монтаж тяги рулевой трапеции левой на пластине. Обеспечить соосность отверстий пластины и шарнира тяги.	0.3
Произвести монтаж тяги рулевой трапеции правую на пластине. Обеспечить соосность отверстий пластины и шарнира тяги.	0.3
Произвести монтаж пластин на рулевые тяги. Обеспечить соосность отверстий пластины и шарниров рулевых тяг.	0.3
Произвести монтаж стопорной пластины. Обеспечить соосность отверстий стопорной пластины и пластины рулевых тяг.	0.3

3.3.2 Расчет трудоемкости на сборку рулевого механизма

Исходные данные приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 - Исходные данные для расчета трудоемкости

Обозначение	Значение	Название
$t_{оп}$	См.таблицу 3.1	Время затрачиваемое на каждую операцию
α	2%	часть опер.времени на орган.но-техн.ое обл.раб.места
β	4%	Часть оперативного

		времени на отдых в процентах
--	--	------------------------------

Суммарное время, затрачиваемое на сборку модернизированного рулевого механизма определяем по формуле:

$$t_{\text{общоп}} = \Sigma t_{\text{оп}} = 13,5 \text{ мин.}, \quad (3.1)$$

Суммарную трудоемкость сборочного процесса определяем по формуле:

$$t_{\text{общшт}} = t_{\text{общоп}} + t_{\text{общоп}} \cdot (\alpha + \beta)/100, \quad (3.2)$$

$$t_{\text{общшт}} = 13,5 + 13,5 \cdot (2 + 4)/100 = 14,31 \text{ мин.}$$

3.3.3 Организационная форма производства

В крупном производстве характерно применение высокопроизводительных линий, снижающих трудоемкость сборки и необходимость в привлечении высококвалифицированного персонала.

В данном случае используется поточная сборка, т.к. изделие собирается в массовом производстве и это позволяет снизить его себестоимость [11].

Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.3

Таблица 3.3 – Исходные данные для расчета

Обозначение	Значение	Название
Nr	150000	Годовой объем выпуска
Фд	3794	Годовой фонд рабочего времени
Др	247	Количество рабочих смен в году
c	2	Количество рабочих смен в сутки
Tсм	8	Длительность рабочей смены
η_p	0,96	Коэффициент времени на ремонт оборудования

Годовой фонд рабочего времени:

$$\Phi_{\text{д}} = D_{\text{р}} \cdot c \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{р}}, \quad (3.3)$$

$$\Phi_{\text{д}} = 247 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,96 = 3794$$

Такт выпуска определяем по формуле:

$$T = (\Phi_{\text{д}} \cdot 60) / Nr, \text{ мин} \quad (3.4)$$

$$T = (3794 \cdot 60) / 150000 = 1,5 \text{ мин.}$$

Из результатов расчетов видно, что время сборки и время такта кратны. Это означает, что условие для потоковой сборки выполнено.

4 Безопасность и экологичность проекта

4.1 Оценка влияния модернизации рулевого механизма на безопасность транспортного средства.

Автомобили в современном мире используются для большого перечня задач, начиная от перевозки пассажиров, перемещения грузов, а также в спортивных целях и т.д. Транспортные средства используются как в личных целях, так и в коммерческих. В том числе для перевозки большого числа людей или опасных грузов. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что автомобиль не только является средством передвижения приносящим пользу, но и является источником повышенной опасности. Требования к безопасности перевозок ужесточаются постоянно и регулируются множеством международных и региональных законодательных актов [13].

В данной дипломной работе проводится модернизация рулевого механизма транспортного средства, а именно шестерни рулевого механизма. Данное изменение должно улучшить управляемость автомобиля.

Требования к рулевому управлению транспортных средств изложены в ГОСТ Р 41.79-99 (Правила ЕЭК ООН №79) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении механизмов рулевого управления». Согласно данного ГОСТа, при изменении в рулевом управлении транспортного средства, необходимо оценить следующие параметры:

- усилие на рулевом колесе;
- время управления;
- стабилизация управляемых колес при выходе из круга;
- поперечная статическая устойчивость;
- управляемость и устойчивость при «переставке».

4.2 Описание рабочего места для сборки рулевого механизма.

К месту сборки рулевого механизма предъявляются определенные требования по безопасности. Участок по сборке находится в закрытом

помещении площадью 400 м². Схема участка сборки представлена на рисунке 4.1

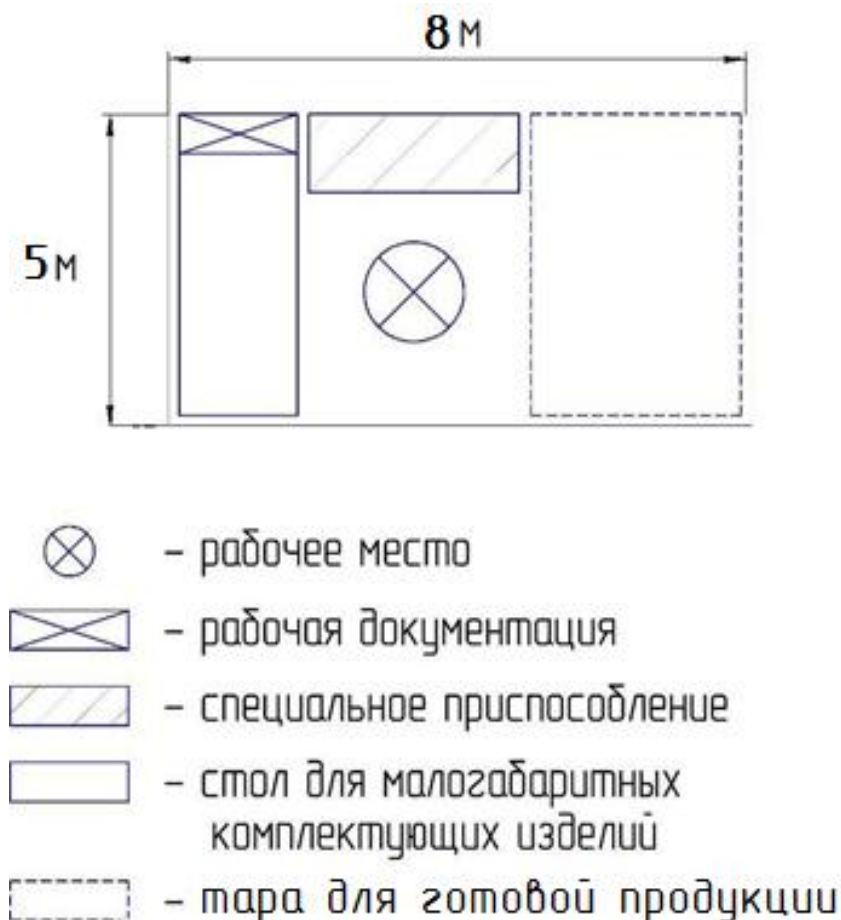


Рисунок 4.1 – Схема места сборки

4.3 Идентификация опасных и вредных производственных факторов.

Опасные и вредные производственные факторы проанализированы и приведены таблице 4.1. Данный анализ необходим для предупреждения профессиональных заболеваний и снижения производительности за счет нахождения работника в простое по причине заболеваний [14]. Также данный анализ необходим для идентификации рисков которые могут повлиять на качество продукции. При соблюдении требований по охране труда данное рабочее место можно считать безопасным.

Таблица 4.1 – Опасные и вредные производственные факторы

Наименование фактора	Работы и оборудования, операций при которых встречается фактор
Недостаточная освещенность	При сборке на всех операциях
Передвигающиеся машины и механизмы	При перевозке собранных механизмов
Уровень шума	При работе молотком и пневмоинструментом
Опасность пожара	При смазки

4.4 Мероприятия по обеспечению безопасных условия труда

4.4.1 Защита от шума

Шум негативно действует на нервную систему, слух, способен оказывать раздражительное воздействие, вызывает повышенную утомляемость и потерю внимания, препятствует восприятию окружающих сигналов.

Главным источником шума при сборке данного изделия являются используемый молоток и пневмогайковерт.

Защита от шума может быть коллективными средствами или средствами индивидуальной защиты.

Для снижения уровня шума можно использовать такое коллективное средство защиты как звукоизолирующие перегородки. Они состоят из жестких корпусных панелей с внутренним наполнением из войлока, мастик или специальной пены. Такими перегородки целесообразно устанавливать вокруг наиболее сильных источников шума. Они позволяют снизить шумность на 15 – 30 дБ.

Для снижения влияния шума на рабочих необходимо использования средств индивидуальной защиты. Наиболее распространенные СИЗ – это наушники и протвошумные вкладыши. Их использование позволяет снизить воспринимаемый шум на 10 – 25 дБ.

4.4.2 Защита от отлетающих деталей

При сборочных работах есть вероятность отлета деталей и осколков деталей или инструмента. Для предотвращения риска травмирования на участке применяются такие средства индивидуальной защиты, как очки, маски, перчатки и спецодежда.

4.4.3 Обеспечение пожарной безопасности

Основные причины пожаров в производстве связаны с замыканиями в электрических сетях и курением в неположенном месте, а также выполнение сварочных работ с нарушением требований к их организации.

При возникновении пожара разработан алгоритм действия:

- обесточить участок;
- вызвать противопожарную службу;
- сообщить непосредственному руководителю о происшествии;
- попытаться локализовать пожар своими силами;
- организовать эвакуацию.

Для выполнения данных требований на участке имеются огнетушители в достаточном количестве, пожарные гидранты, телефон для вызова экстренных служб, информационные листовки с алгоритмом действия при пожаре, план эвакуации людей.

Огнетушители располагаются в местах исключаяющих воздействие прямых солнечных лучей и отопительных приборов. На участке находятся порошковые и углекислотные огнетушители. Помещение оборудовано системой автоматического пожаротушения с датчиками температуры и задымленности. На участке запрещено складирование горюче-смазочных материалов, бумаги, картона, использованной ветоши. Все пути эвакуации должны быть свободны, запирающие на ключ эвакуационных дверей не допустимо.

Согласно законодательным требованиям, к пожароопасным работам (сварка, работа с нагревательными приборами) допускаются рабочие

ознакомившиеся с инструкциями и получившие документы определенной формы.

4.4.4 Защита от утомляемости

Основные мероприятия заключаются в рациональной организации рабочих мест, перерывах в работе каждые два часа, обеденного перерыва. На утомляемость влияют шум, освещение, температурный и питьевой режимы и т.д.

4.4.5 Электробезопасность

Под данным определением понимают комплекс мероприятий по защите человека от воздействия электрического тока, электромагнитного поля и других явлений вызванных использованием электричества.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности:

- изоляция и недоступность токопроводящих частей оборудования;
- заземление – это соединение с землей электропроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Любое оборудование, используемое в производстве, потенциально, может иметь угрозу для человека. Опасность усугубляется тем что, человек не может обнаружить наличие напряжения на оборудовании органами чувств.

Подсоединение нового оборудования должно осуществляться только при полном обесточивании электросетей и специально обученным специалистом. Ремонт оборудования запрещается проводить без предварительного обесточивания.

При работе с электрооборудованием следует придерживаться следующих правил:

- квалификация персонала должна быть не ниже третьей группе электробезопасности;
- не допускать работу на электрооборудовании имеющем повреждения изоляции, замыкания, локальный перегрев и т.д;
- не допускать соприкосновение с открытыми токоведущими частями;

- не допускать работу на оборудовании без предохранителей.

4.6 Искусственное освещение

Правильное и достаточное освещение является одним из самых важных условий труда. При правильном освещении снижается утомляемость, нормализуется нервная деятельность, снижается нагрузка на глаза. При недостаточном освещении человек быстрее утомляется, качество работы снижается, увеличивается вероятность ошибок, что может привести к травматизму и профессиональным заболеваниям [16]. Согласно исследованиям, около 6% выявленной близорукости является профессиональным заболеванием из-за недостаточной освещенности.

Основным видом ламп, применяемых для освещения на производственных участках являются газоразрядные. Газоразрядные лампы бывают низкого давления (люминесцентные) и высокого давления (ртутные дуговые люминесцентные лампы). Основное преимущество ламп газоразрядных является экономичности. Световая отдача составляет 30-80 лм/Вт, по данному показателю газоразрядные лампы в 3 раза превышают светоотдачу ламп накаливания.

4.7 Экологическая экспертиза проекта

Под данным термином понимают комплексную оценку вероятных экологических и социальных рисков разрабатываемого проекта, направленную на предупреждение их негативного воздействия на окружающую среду и минимального использования природных ресурсов.

Соблюдение нормативных и законодательных требования является основной задачей экспертизы.

4.8 Выводы

На основе вышеизложенных данных и расчетов можно сделать вывод о соответствии данного проекта всем требованиям по безопасности и экологичности. Организация труда на рабочем месте сводит к минимуму риск получения травм и профессиональных заболеваний работником.

Освещение и вентиляция соответствует требованиям. Реализованы все мероприятия по пожарной безопасности и электрозащите.

5 Анализ экономической эффективности проекта

Данный раздел отражает экономическую эффективность от модернизации рулевого управления. В качестве базового узла выбрана шестерня рулевого механизма. Деталь соответствует всем требованиям по надежности. Имеются аналоги, имеющие более высокую надежность и соответствующие более современным техническим требованиям.

Целью данного дипломного проекта является модернизация рулевого управления за счет изменения шестерни рулевого механизма, что повлечет увеличение передаточного отношения и улучшит управляемость автомобиля.

5.1 Расчет себестоимости модернизируемой детали

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Исходные данные

Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Годовая программа выпуска изделия	V _{год.}	шт.	150000
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	Кс.в.	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	Еобзав.	%	215
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	Еком.	%	5
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.	Еобор.	%	194
Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов	Ктзр.	%	1,45

Продолжение таблицы 5.1

Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	Квып.	%	1,12
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	Кпрем.	%	1,23
Коэффициент возвратных отходов	Квот	%	1
Оптовая цена используемого материала	Цм	руб.	28
Коэффициент цеховых расходов	Ецех	%	183
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	Еинс.	%	3
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	Крент.	%	30
Норма расхода материала	Qм	Кг.	1

В связи с тем, что в составе изделия «Рулевой механизм с тягами в сборе» меняется шестерня рулевого механизма, то расчет статьи «Сырье и материалы» производим только для этой детали, по формуле:

$$\Sigma M = \Sigma Ц_{mi} \cdot Q_{mi} + (K_{тзр}/100 - K_{вот}/100) \quad (5.1)$$

$Ц_{mi}$ – оптовая цена материала i – го вида, руб. ,

Q_{mi} – норма расхода материала i – го вида, кг, м.

$K_{тзр}$ – коэффициент транспортно – заготовительных расходов, %

$K_{вот}$ – коэффициент возвратных отходов, %.

Результат расчета приводим в таблице 5.2

Таблица 5.2 - Результат расчета затрат на сырье и материалы

Наименование материалов	Норма расхода	Средняя цена за ед. изм., руб.	Сумма, руб.
Круг 25 ГОСТ 2590-2006	1 кг	28	28
ИТОГО:			28
Транспортно-заготовительные расходы		1,45%	0,406
Возвратные отходы		1%	0,28
ВСЕГО:			28, 686

Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты определяем по формуле:

$$\Sigma\Pi = \Sigma Ci \cdot ni + K_{тзр}/100 \quad (5.2)$$

Ci – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i – го вида, руб.

ni – количество покупных изделий и полуфабрикатов i – го вида, шт.

Результат расчетов приводим в таблице 5.3

Таблица 5.3 - Результат расчетов затрат на покупные изделия

Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Картер рулевого механизма в сборе	1	837	837
Крышка картера рулевого механизма в сборе	1	425	425
Сепаратор с роликами в сборе	1	75	75
Пружина упора рейки	1	2	2
Гайка упора рейки	1	7,25	7,25
Рейка рулевого механизма	1	768	768
Вкладыш упора рейки	1	15	15
Упор рейки	1	22	22
Колпак защитный левый	1	7, 87	7, 87

Колпак защитный правый	1	7,87	7,87
Чехол рейки рулевого механизма	1	13,49	13,49

Продолжение таблицы 5.3

Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Тяга рулевой трапеции правая в сборе	1	212,84	212,84
Тяга рулевой трапеции левая в сборе	1	212,84	212,84
ИТОГО:			2606,16
Транспортно-заготовительные расходы		1,45%	37,79
ВСЕГО:			2643,95

Затраты на заработную плату производственных рабочих определяем по формуле:

$$Z_0 = Z_T(1 + K_{\text{прем}}/100) \quad (5.3)$$

Z_T – тарифная заработная плата, руб., которая рассчитывается по формуле:

$$Z_T = C_p \cdot i \cdot T_i \quad (5.4)$$

$C_p \cdot i$ – часовая тарифная ставка, руб.,

T_i – трудоемкость выполнения операции, час.

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

Результат расчетов приводим в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Результат расчетов затрат на заработную плату

Операций	Разряд	Трудоемкость	Часовая ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Сборочная	4	0,25	72,24	18,06
Слесарная	5	0,0145	79,89	1,16
Контрольная	4	0,03	72,24	2,17
ИТОГО:				21,39

Премииальные	1,23			4,92
Основная з/п				26,31

Затраты на дополнительную заработную плату производственных рабочих определяем по формуле:

$$\text{Здоп.} = \text{Зо} \cdot \text{Квып} \quad (5.5)$$

$K_{\text{вып}}$ – коэффициент доплат и выплат не связанных с выполнением основных производственных работ, %

$$\text{Здоп.} = 26,31 \cdot 0,12 = 3,16$$

Затраты на страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС определяем по формуле:

$$\text{Сс. в.} = (\text{Зо} + \text{Здоп.}) \cdot \text{Ксв}/100, \quad (5.6)$$

$K_{\text{св}}$ – коэффициент страховых взносов, %

$$\text{Сс. в.} = (26,31 + 3,16) \cdot 30\% = 8,84$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования определяем по формуле:

$$\text{Ссод. обор} = \text{Зо} \cdot \text{Еобор}/100, \quad (5.7)$$

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

$$\text{Ссод. обор} = 26,31 \cdot 1,94 = 51,04$$

Затраты на цеховые расходы определяем по формуле:

$$\text{Сцех} = \text{Зо} \cdot \text{Ецех}/100, \quad (5.8)$$

Ецех – коэффициент цеховых расходов, %

$$Сцех = 26,31 \cdot 1,83 = 48,15$$

Затраты на инструмент и оснастку определяем по формуле:

$$Синстр = З_о \cdot Еинстр/100, \quad (5.9)$$

Еинстр – коэффициент расходов на инструмент и оснастку, %

$$Синстр = 26,31 \cdot 0,03 = 0,79$$

Цеховую себестоимость определяем по формуле:

$$Сцех \frac{с}{с} = М + П_и + З_о + З_{доп} + С_{с.в.} + С_{сод.обор} + Сцех + Синстр \quad (5.10)$$

$$\begin{aligned} Сцех \text{ с/с} &= 28,686 + 2643,95 + 26,31 + 3,16 + 8,84 + 51,04 + 48,15 + 0,79 \\ &= 2810,9 \end{aligned}$$

Общезаводские расходы определяем по формуле:

$$Соб. завод = З_о \cdot Еоб. завод/100, \quad (5.11)$$

Еоб. завод – коэффициент общезаводских расходов, %

$$Соб. завод = 26,31 \cdot 2,15 = 56,57$$

Общезаводскую себестоимость определяем по формуле:

$$Соб. завод \text{ с/с} = Соб. завод + Сцех \text{ с/с} \quad (5.12)$$

$$Соб. завод \text{ с/с} = 56,57 + 2810,9 = 2867,47$$

Коммерческие расходы определяем по формуле:

$$Ском = Соб. завод \text{ с/с} \cdot Еком/100 \quad (5.13)$$

Еком – коэффициент коммерческих расходов, %

$$Ском = 2867,47 \cdot 0,05 = 143,37$$

Полную себестоимость определяем по формуле:

$$Спол = Соб. завод \text{ с/с} + Ском \quad (5.14)$$

$$Спол = 2867,47 + 143,37 = 3010,84$$

Отпускную цену для базового и проектируемого рулевых механизмов

определяем по формуле:

$$\text{Цотпб} = \text{Сполб} \cdot (1 + \text{Крент}/100), \quad (5.15)$$

Крент – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %

$$\text{Цотпб} = 3010,84 \cdot (1 + 0,3) = 3914,09$$

$$\text{Цотпб} = \text{Цотпп} = 3914,09$$

Затраты на производство базового и проектируемого вариантов рулевого механизма приводим в таблице 5.5

Таблица 5.5 – Себестоимость базового и проектируемого рулевых механизмов. Сравнительный анализ

Наименование показателя	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
Стоимость основных материалов	<i>M</i>	25,35	28,686
Стоимость комплектующих изделий	<i>П_и</i>	2643,95	2643,95
Основная заработная плата производственных рабочих	<i>З_{о.}</i>	26,31	26,31
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	<i>З_{доп.}</i>	3,16	3,16
Страховые взносы	<i>С_{с.в.}</i>	8,84	8,84
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	<i>С_{сод.обор}</i>	51,04	51,04
Цеховые расходы	<i>С_{цех}</i>	48,15	48,15
Расходы на инструмент и оснастку	<i>С_{инстр}</i>	0,79	0,79
Цеховая себестоимость	<i>С_{цех с/с}</i>	2807,6	2810,9
Общезаводские расходы	<i>С_{об.завод}</i>	56,57	56,57
Общезаводская себестоимость	<i>С_{обз. с/с}</i>	2864,2	2867,47
Коммерческие расходы	<i>С_{ком}</i>	143,2	143,37
Полная себестоимость	<i>С_{пол}</i>	3007,4	3010,84
Отпускная цена	<i>Ц_{отп}</i>	3909,6	3914,09

5.2 Точка безубыточности проекта

Точка безубыточности рассчитывается для фиксированного объема продаж, при которых предприятие осуществляет покрытие расходов без получения прибыли. Точку безубыточности определяют двумя способами: графическим и аналитическим.

Точка безубыточности зависит от трех факторов:

- продажной цены производимого продукта;
- переменных издержек производства, реализации и управления;
- фиксированных издержек производства, реализации и управления.

В точке критического объема (точке безубыточности производства) прибыль равна нулю, а объем продаж покрывает переменные ($Z_{\text{пер}}$) и постоянные ($Z_{\text{пост}}$) издержки.

Точку безубыточности определяем по формуле:

$$Ц_{\text{отп}} \cdot V_{\text{год}} = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер уд}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (5.16)$$

$Ц_{\text{отп}}$ – цена продукции;

$V_{\text{год}}$ – объем производства;

$Z_{\text{пост}}$ – постоянные издержки;

$Z_{\text{пер уд}}$ – переменные удельные издержки.

Для определения точки безубыточности необходимо определить ряд показателей.

Переменные затраты определяем по формуле:

На единицу изделия:

$$Z_{\text{перем. уд}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{доп}} + \text{Сс. в.} \quad (5.17)$$

$$Z_{\text{перем. уд}} = 28,686 + 2643,95 + 26,31 + 3,16 + 8,84 = 2710,95$$

На годовую программу выпуска изделия:

$$Z_{\text{перем. н.}} = Z_{\text{перем. уд}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.18)$$

$$Z_{\text{перем. н.}} = 2710,95 \cdot 150000 = 406642500$$

Постоянные затраты определяем по формуле:

На единицу изделия:

$$\text{Зпост. уд.} = \text{Ссод. обор.} + \text{Синстр} + \text{Ссех} + \text{Соб. завод} + \text{Ском} \quad (5.19)$$

$$\text{Зпост. уд.} = 51,04 + 0,79 + 48,15 + 56,57 + 143,37 = 299,92$$

На годовую программу выпуска изделия:

$$\text{Зпост. бн} = \text{Зпост. уд.} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.20)$$

$$\text{Зпост. бн} = 299,92 \cdot 150000 = 44988000$$

Амортизационные отчисления определяем по формуле:

$$\text{Ам. уд} = (\text{Ссод. обор} + \text{Синстр}) \cdot \text{На}/100, \text{руб} \quad (5.21)$$

На – доля амортизационных отчислений, %

$$\text{Ам. уд} = (51,04 + 0,79) \cdot 15/100 = 7,77$$

Полную себестоимость годовой программы определяем по формуле:

$$\text{Спол. г.} = \text{Спол.} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.22)$$

$$\text{Спол. г.} = 3010,84 \cdot 150000 = 451626000$$

Расчет выручки от реализации изделия определяем по формуле:

$$\text{Выручка. н.} = \text{Цотп. н.} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.23)$$

$$\text{Выручка. н.} = 3914,09 \cdot 150000 = 587113500$$

Маржинальный доход определяем по формуле:

$$\text{Дмарж} = \text{Выручка} - \text{Зперем} \quad (5.24)$$

$$\text{Дмарж} = 587113500 - 406642500 = 180471000$$

Выполняем расчет критического объема продаж:

$$\text{Акрит} = \text{Зпост. бн} / (\text{Цотп} - \text{Зперем. уд}) \quad (5.25)$$

$$\text{Акрит} = 44988000 / (3914,09 - 2710,95) = 37392$$

Определяем точку безубыточности графическим методом.

Графический метод определения критической точки объема производства проектируемого изделия представлен на рис. 4.1

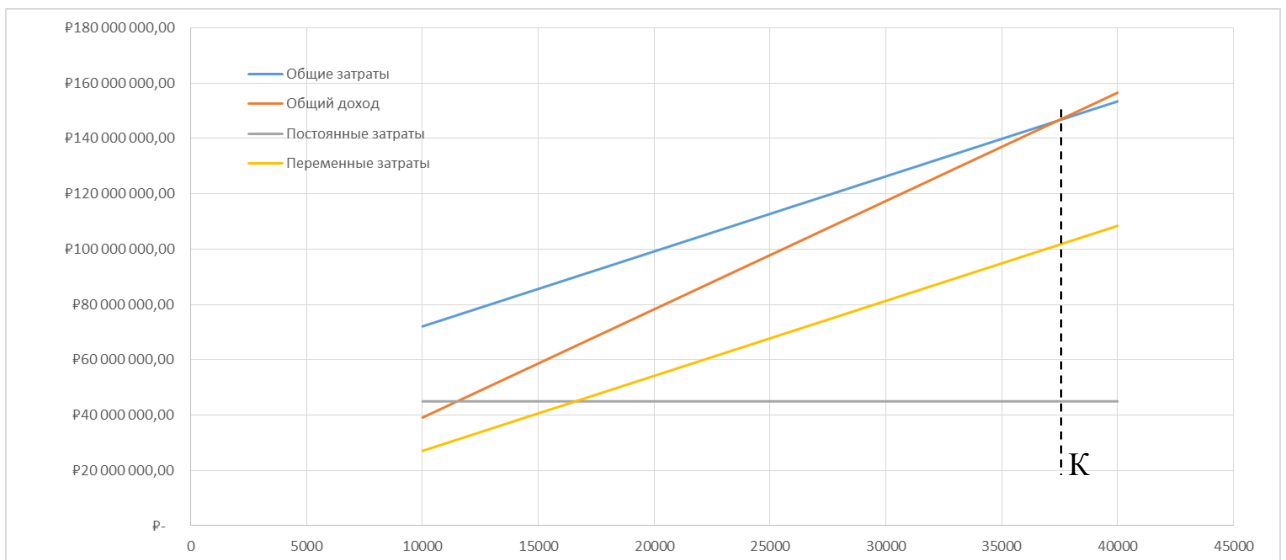


Рисунок 5.1 – Точка безубыточности

5.3 Коммерческая эффективность проекта

В качестве основных показателей, рассчитываемых для подтверждения эффективности инвестиционного проекта используем:

- Чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- индексы доходности, затрат и инвестиций;
- срок окупаемости.

Объем продукции увеличивается нарастающим итогом равномерно с каждым годом на

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

$V_{\text{МАК}}$ = $V_{\text{год}}$ – максимальный объем продукции, шт;

$A_{\text{КРИТ}}$ – критический объем продаж проектируемого изделия, шт;

n – количество лет, с учетом предпроизводственной подготовки.

$$\Delta = \frac{150000 - 37392}{6 - 1} = 22521$$

Выручка по годам. Для сопоставимости расчетных данных, объем продаж рассчитывается только для проекта и используется для дальнейших вычислений.

$$\text{Выручка}_i = \text{Цотп} \cdot V_{\text{прод}_i}, \quad (5.27)$$

$$V_{\text{прод}_i} = \text{Акрит} + \Delta \quad (5.28)$$

$$V_{\text{прод}1} = 37392 + 1 \cdot 22521 = 59913$$

$$V_{\text{прод}2} = 37392 + 2 \cdot 22521 = 82434$$

$$V_{\text{прод}3} = 37392 + 3 \cdot 22521 = 104955$$

$$V_{\text{прод}4} = 37392 + 4 \cdot 22521 = 127476$$

$$V_{\text{прод}5} = 37392 + 5 \cdot 22521 = 150000$$

Определяем выручку по годам.

Проектный вариант:

$$\text{Выручка}_1 = 3914,09 \cdot 59913 = 234504874,17$$

$$\text{Выручка}_2 = 3914,09 \cdot 82434 = 322654095,06$$

$$\text{Выручка}_3 = 3914,09 \cdot 104955 = 410803315,95$$

$$\text{Выручка}_4 = 3914,09 \cdot 127476 = 498952536,84$$

$$\text{Выручка}_5 = 3914,09 \cdot 150000 = 587113500$$

Базовый вариант:

$$\text{Выручка}_1 = 3909,6 \cdot 59913 = 234235864,8$$

$$\text{Выручка}_2 = 3909,6 \cdot 82434 = 322283966,4$$

$$\text{Выручка}_3 = 3909,6 \cdot 104955 = 410332068$$

$$\text{Выручка}_4 = 3909,6 \cdot 127476 = 497997741,6$$

$$\text{Выручка}_5 = 3909,6 \cdot 150000 = 586440000$$

Переменные затраты по годам определяем по формуле:

$$Z_{\text{перем}_i} = Z_{\text{перем.уд}} \cdot V_{\text{прод}_i} \quad (5.29)$$

Проектный вариант:

$$Z_{\text{перем}1} = 2710,95 \cdot 59913 = 162421147,35$$

$$Z_{\text{перем}2} = 2710,95 \cdot 82434 = 223474452,3$$

$$Z_{\text{перем}3} = 2710,95 \cdot 104955 = 284527757,25$$

$$Z_{\text{перем}4} = 2710,95 \cdot 127476 = 345581062,2$$

$$Z_{\text{перем}5} = 2710,95 \cdot 150000 = 406642500$$

Базовый вариант:

$$\text{Зперем1} = 2707,6 \cdot 59913 = 162221037,9$$

$$\text{Зперем2} = 2707,6 \cdot 82434 = 223199122,7$$

$$\text{Зперем3} = 2707,6 \cdot 104955 = 284177207,6$$

$$\text{Зперем4} = 2707,6 \cdot 127476 = 345155292,4$$

$$\text{Зперем5} = 2707,6 \cdot 150000 = 406141500$$

Амортизацию для проектного варианта определяем по формуле:

$$A_m = A_{m.уд.} \cdot V_{год} \quad (5.30)$$

$$A_m = 7,77 \cdot 150000 = 1165500$$

Постоянные затраты по годам определяем по формуле:

$$Z_{пос} = Z_{пос.уд.} \cdot V_{прод} \quad (5.31)$$

Проектный вариант:

$$Z_{пос} = 299,92 \cdot 150000 = 44988000$$

Базовый вариант:

$$Z_{пос} = 299,75 \cdot 150000 = 44962500$$

Полную себестоимость по годам определяем по формуле:

$$C_{пол.i} = Z_{перем.i} + Z_{пост} \quad (5.32)$$

Проектный вариант:

$$C_{пол.1} = 162421147,35 + 44988000 = 207409147,4$$

$$C_{пол.2} = 223474452,3 + 44988000 = 268462452,3$$

$$C_{пол.3} = 284527757,25 + 44988000 = 329515757,3$$

$$C_{пол.4} = 345581062,2 + 44988000 = 390569062,2$$

$$C_{пол.5} = 406642500 + 44988000 = 451630500$$

Базовый вариант:

$$C_{пол.1} = 162221037,9 + 44962500 = 207183537,9$$

$$C_{пол.2} = 223199122,7 + 44962500 = 268161622,7$$

$$C_{пол.3} = 284177207,6 + 44962500 = 329139707,6$$

$$C_{пол.4} = 345155292,4 + 44962500 = 390117792,4$$

$$C_{пол.5} = 406141500 + 44962500 = 451104000$$

Налогооблагаемую прибыль по годам определяем по формуле:

$$\text{Пр. обл. } i = (\text{Выручка.} - \text{Спол.}) \quad (5.33)$$

Проектный вариант:

$$\text{Пр. обл. 1} = 234504874,17 - 207409147,4 = 27095726,77$$

$$\text{Пр. обл. 2} = 322654095,06 - 268462452,3 = 54191642,76$$

$$\text{Пр. обл. 3} = 410803315,95 - 329515757,3 = 81287558,65$$

$$\text{Пр. обл. 4} = 498952536,84 - 390569062,2 = 108383474,64$$

$$\text{Пр. обл. 5} = 587113500 - 451630500 = 135483000$$

Базовый вариант:

$$\text{Пр. обл. 1} = 234235864,8 - 207183537,9 = 27052326,9$$

$$\text{Пр. обл. 2} = 322283966,4 - 268161622,7 = 54122343,7$$

$$\text{Пр. обл. 3} = 410332068 - 329139707,6 = 81192360,4$$

$$\text{Пр. обл. 4} = 497997741,6 - 390117792,4 = 107879949,2$$

$$\text{Пр. обл. 5} = 586440000 - 451104000 = 135336000$$

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

$$\text{Нпр. } i = \text{Пр. обл. } i \cdot 0,2 \quad (5.34)$$

Проектный вариант:

$$\text{Нпр. 1} = 27095726,77 \cdot 0,2 = 5419145,354$$

$$\text{Нпр. 2} = 54191642,76 \cdot 0,2 = 10838328,55$$

$$\text{Нпр. 3} = 81287558,65 \cdot 0,2 = 16257511,73$$

$$\text{Нпр. 4} = 108383474,64 \cdot 0,2 = 21676694,93$$

$$\text{Нпр. 5} = 135483000 \cdot 0,2 = 27096600$$

Базовый вариант:

$$\text{Нпр. 1} = 27052326,9 \cdot 0,2 = 5410465,38$$

$$\text{Нпр. 2} = 54122343,7 \cdot 0,2 = 10824468,74$$

$$\text{Нпр. 3} = 81192360,4 \cdot 0,2 = 16238472,08$$

$$\text{Нпр. 4} = 107879949,2 \cdot 0,2 = 21575989,84$$

$$\text{Нпр. 5} = 135336000 \cdot 0,2 = 27067200$$

Прибыль чистую по годам определяем по формуле:

$$\text{Пр. ч. } i = \text{Пр. обл. } i - \text{Нпр. } i \quad (5.35)$$

Проектный вариант:

$$\text{Пр. ч. } 1 = 27095726,77 - 5419145,354 = 21676581,42$$

$$\text{Пр. ч. } 2 = 54191642,76 - 10838328,55 = 43353314,21$$

$$\text{Пр. ч. } 3 = 81287558,65 - 16257511,73 = 65030046,92$$

$$\text{Пр. ч. } 4 = 108383474,64 - 21676694,93 = 86706779,71$$

$$\text{Пр. ч. } 5 = 135483000 - 27096600 = 108386400$$

Базовый вариант:

$$\text{Пр. ч. } 1 = 27052326,9 - 5410465,38 = 21641861,52$$

$$\text{Пр. ч. } 2 = 54122343,7 - 10824468,74 = 43297874,96$$

$$\text{Пр. ч. } 3 = 81192360,4 - 16238472,08 = 64953888,32$$

$$\text{Пр. ч. } 4 = 107879949,2 - 21575989,84 = 86303959,36$$

$$\text{Пр. ч. } 5 = 135336000 - 27067200 = 108268800$$

5.4 Общественный эффект, получаемый в результате уменьшения вероятности попадания автомобиля в ДТП.

Среднестатистический автомобиль проезжает в год около 20 тыс.км.

Исходя из годовой программы выпуска, получаем:

$$Li = L_{\text{ср}} \cdot Vi, \text{ км} \quad (5.36)$$

$L_{\text{ср}}$ – величина пробега среднестатистического автомобиля в год, км;

Li – величина пробега реализованных в i – м году автомобилей;

Vi – объем реализации автомобилей в i – м году.

$$L1 = 20000 \cdot 59913 = 1198260000$$

$$L2 = 20000 \cdot 82434 = 1648680000$$

$$L3 = 20000 \cdot 104955 = 2099100000$$

$$L4 = 20000 \cdot 127476 = 2549520000$$

$$L5 = 20000 \cdot 150000 = 3000000000$$

Среднестатистический водитель попадает в дорожно-транспортное происшествие (ДТП) с ранением одного из пассажиров через 380000 км

(ДТПр), со смертельным исходом для одного из участников – через 1400000 км. (ДТПс).

Возможное количество человек получающих ранения в результате ДТП определяем по формуле:

$$Ч_p = Li/ДТПр \quad (5.37)$$

$$Ч_{p1} = 1198260000/380000 = 3153$$

$$Ч_{p2} = 1648680000/380000 = 4339$$

$$Ч_{p3} = 2099100000/380000 = 5524$$

$$Ч_{p4} = 2549520000/380000 = 6709$$

$$Ч_{p5} = 3000000000/380000 = 7895$$

Возможное количество человек погибших в результате ДТП определяем по формуле:

$$Ч_{ci} = Li/ДТПс \quad (5.38)$$

$$Ч_{c1} = 1198260000/1400000 = 856$$

$$Ч_{c2} = 1648680000/1400000 = 1178$$

$$Ч_{c3} = 2099100000/1400000 = 1499$$

$$Ч_{c4} = 2549520000/1400000 = 1821$$

$$Ч_{c5} = 3000000000/1400000 = 2143$$

Возможное количество травм из-за неисправного исследуемого механизма базового автомобиля:

$$Ч_{p.m.i} = Ч_p \cdot i \cdot kc.t, \quad (5.39)$$

где *kc.t.* – доля статистических травм людей попавших в ДТП из – за неисправного исследуемого механизма базового автомобиля.

$$Ч_{p.m.1} = 3153 \cdot 0,1 = 315$$

$$Ч_{p.m.2} = 4339 \cdot 0,1 = 434$$

$$Ч_{p.m.3} = 5524 \cdot 0,1 = 552$$

$$Ч_{p.m.4} = 6709 \cdot 0,1 = 671$$

$$Ч_{p.m.5} = 7895 \cdot 0,1 = 789$$

Возможное количество смертей из-за неисправного исследуемого механизма базового автомобиля:

$$\text{Чс. м. } i = \text{Чс. } i \cdot k_{\text{с.с}} \quad (5.40)$$

$k_{\text{с.с}}$ – доля статистических смертей людей попавших в ДТП из – за неисправного исследуемого механизма базового автомобиля.

$$\text{Чс. м. } 1 = 856 \cdot 0,2 = 171$$

$$\text{Чс. м. } 2 = 1178 \cdot 0,2 = 236$$

$$\text{Чс. м. } 3 = 1499 \cdot 0,2 = 300$$

$$\text{Чс. м. } 4 = 1821 \cdot 0,2 = 364$$

$$\text{Чс. м. } 5 = 2143 \cdot 0,2 = 429$$

Потери Национального дохода в результате гибели одного человека:

$$\Delta \text{Нд} = \text{Пр} / \text{Чт. н.} \cdot (L2 - L1) \quad (5.41)$$

Пр – прибыль, полученная во всех отраслях экономики, млн. руб. ;

Чт. н. – количество трудоспособного населения, млн. чел. ;

$L1 = 35$ – средний возраст водителей, попадающих в ДТП;

$L2 = 60$ – пенсионный возраст.

$$\Delta \text{Нд} = 100000000 / 83,7 \cdot (60 - 35) = 29868578$$

Для дальнейшего расчёта проведём классификацию ранений по степени тяжести:

Легкие ранения – повреждения, вызывающие заболевания длительностью до 28 дней [17].

Тяжелые ранения – телесные повреждения, вызывающие заболевания длительностью свыше 8 дней или утратой трудоспособности более чем на 35 % [1];

Смертельные – повреждения, вызывающие смерть на месте ДТП или не позднее 7 суток после ДТП [17],[19].

Для расчета общественного эффекта необходимо оценить процент снижения пострадавших в ДТП после внедрение нового механизма.

Расчет общественного эффекта приводим в таблице 5.6.

Повреждения	Соотношение тяжести ран	Число пострадавших		Уменьшение числа пострадавших	Коэффициент тяжести последствий	Потери, приведенные на одного пострадавшего, тыс. руб.	Экономия по группам ранений, тыс.руб.
		до мероприятия	После мероприятия				
Первый год							
Ранения	100 %	3153	315	2838			
Легкие	71 %	2239	224	2015	0,015	448,02	902594,5
Тяжелые	29 %	914	91	823	0,36	10752,48	8853269,5
Смертельные		856	171	685	1	29868	20459580,0
Итого:							30215444,0
Второй год							
Ранения	100 %	4339	434	3905			
Легкие	71 %	3081	308	2773	0,015	448,02	1242220,6
Тяжелые	29 %	1258	126	1132	0,36	10752,48	12175140,6
Смертельные		1178	236	942	1	29868	28135656,0
Итого:							41553017,2
Третий год							
Ранения	100 %	5524	552	4972			
Легкие	71 %	3922	383	3539	0,015	448,02	1585560,7
Тяжелые	29 %	1602	160	1442	0,36	10752,48	15504646,1
Смертельные		1499	300	1199	1	29868	35811732,0
Итого:							52901938,8
Четвертый год							
Ранения	100 %	6709	671	6038			
Легкие	71 %	4763	476	4287	0,015	448,02	1920836,5
Тяжелые	29 %	1946	195	1751	0,36	10752,48	18823399,0
Смертельные		1821	364	1457	1	29868	43517676,0
Итого:							64261911,5
Пятый год							
Ранения	100 %	7895	789	7106			
Легкие	71 %	5605	560	5045	0,015	448,02	2260462,5
Тяжелые	29 %	2290	229	2061	0,36	10752,48	22156022,7
Смертельные		2143	429	1714	1	29868	51193752,0
Итого:							75610237,2

Текущий чистый доход (накопленное сальдо) определяем по формуле:

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр. ч. } i \text{ н} - \text{Пр. ч. } i \text{ б} + \text{Ам} + \text{Эобщ.} \quad (5.42)$$

$$\begin{aligned} \text{ЧД}_1 &= 21676581,42 - 21641861,52 + 1165500 + 264542548,6 \\ &= 265742768,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ЧД}_2 &= 43353314,21 - 43297874,96 + 1165500 + 264542548,6 \\ &= 265763487,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ЧД}_3 &= 65030046,92 - 64953888,32 + 1165500 + 264542548,6 \\ &= 265784207,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ЧД}_4 &= 86706779,71 - 86303959,36 + 1165500 + 264542548,6 \\ &= 266110869,0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ЧД}_5 &= 108386400 - 108268800 + 1165500 + 264542548,6 \\ &= 265825648,6 \end{aligned}$$

Дисконтирование денежного потока на m -м шаге осуществляется путем умножения его значения на коэффициент дисконтирования α_m , рассчитываемый по формуле:

$$\alpha_i = 1 \setminus (1 + E)^t \quad (5.43)$$

E – норматив дисконтирования;

t – год приведения затрат и результатов (расчетный год)

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,751$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

Определяем дисконтированное сальдо суммарного потока:

$$\text{ДСП} = \text{ЧД}_i \cdot \alpha_i (E) \quad (5.44)$$

$$\text{ДСП}_1 = 265742768,5 \cdot 0,909 = 241560176,6$$

$$\text{ДСП}_2 = 265763487,9 \cdot 0,826 = 219520641$$

$$\text{ДСП}_3 = 265784207,2 \cdot 0,751 = 199603939,6$$

$$\text{ДСП4} = 266110869,0 \cdot 0,683 = 181753723,5$$

$$\text{ДСП5} = 265825648,6 \cdot 0,621 = 165077727,8$$

Определяем суммарное дисконтированное сальдо:

$$\Sigma \text{ДСП}(i) = \Sigma \text{ДСП}(i)t \quad (5.45)$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ДСП}(i) &= 241560176,6 + 219520641 + 199603939,6 + 181753723,5 \\ &+ 165077727,8 = 1007516208 \end{aligned}$$

Определяем потребность в капиталобразующих инвестициях:

$$J_0 = \text{Кинв} \cdot \Sigma \text{Спол. н. } i \quad (5.46)$$

Кинв. – коэффициент капиталобразующих инвестиций.

$$J_0 = 0,22 \cdot 1647586919 = 362469122,2$$

Определяем чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \Sigma \text{ДСП} - J_0 \quad (5.47)$$

$$\text{ЧДД} = 1007516208 - 362469122,2 = 645047086,2$$

Определяем индекс доходности:

$$JD = \text{ЧДД} / J_0 \quad (5.48)$$

$$JD = 645047086,2 / 362469122,2 = 1,78$$

Определяем срок окупаемости:

$$\text{Токуп} = J_0 / \text{ЧДД} \quad (5.49)$$

$$\text{Токуп} = 362469122,2 / 645047086,2 = 0,56$$

Расчеты коммерческой эффективности проектируемого изделия сводим в таблицу 5.7

Таблица 5.7 – Расчет коммерческой эффективности изделия

	ГО Д Ы					
	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Объем продаж, шт.		59913	82434	104955	127476	150000
Отпускная цена за единицу продукции, руб.		3914,09				
Выручка, руб.		234504 874,17	322654 095,06	410803 315,95	498952 536,84	587113 500
Переменные затраты для базового варианта, руб.		162221 037,9	223199 122,7	284177 207,6	345155 292,4	406141 500
Переменные затраты для проектного варианта, руб.		162421 147,35	223474 452,3	284527 757,25	345581 062,2	406642 500
Амортизация, руб.		1165500				
Постоянные затраты для базового варианта, руб.		44962500				
Постоянные затраты для проектного варианта, руб.		44988000				
Полная себестоимость для базового варианта, руб.		207183 537,9	268161 622,7	329139 707,6	390117 792,4	451104 000
Полная себестоимость для проектного варианта, руб.		207409 147,4	268462 452,3	329515 757,3	390569 062,2	451630 500
Налогооблагаемая прибыль, руб.		270957 26,77	541916 42,76	812875 58,65	108383 474,64	135483 000
Налог на прибыль, руб.		541914 5,354	108383 28,55	162575 11,73	216766 94,93	270966 00
1	2	3	4	5	6	7
Прибыль чистая, руб.		216765 81,42	433533 14,21	650300 46,92	867067 79,71	108386 400
Чистый поток реальных денег, руб.		265742 768,5	265763 487,9	265784 207,2	266110 869,0	265825 648,6
Коэффициент дисконтирования		0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
Чистый дисконтированный поток реальных денег, руб.		241560 176,6	219520 641	199603 939,6	181753 723,5	165077 727,8

Продолжение таблицы 5.7

1	Г О Д Ы					
	0	1	2	3	4	5
	2	3	4	5	6	7
Капиталообразующие инвестиции, руб.	362469122,2					
Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег, руб.	1007516208					
Индекс доходности, ID	1,78					
Срок окупаемости проекта, год.	0,56					
Чистый дисконтированный доход, ЧДД, руб.	645047086,2					

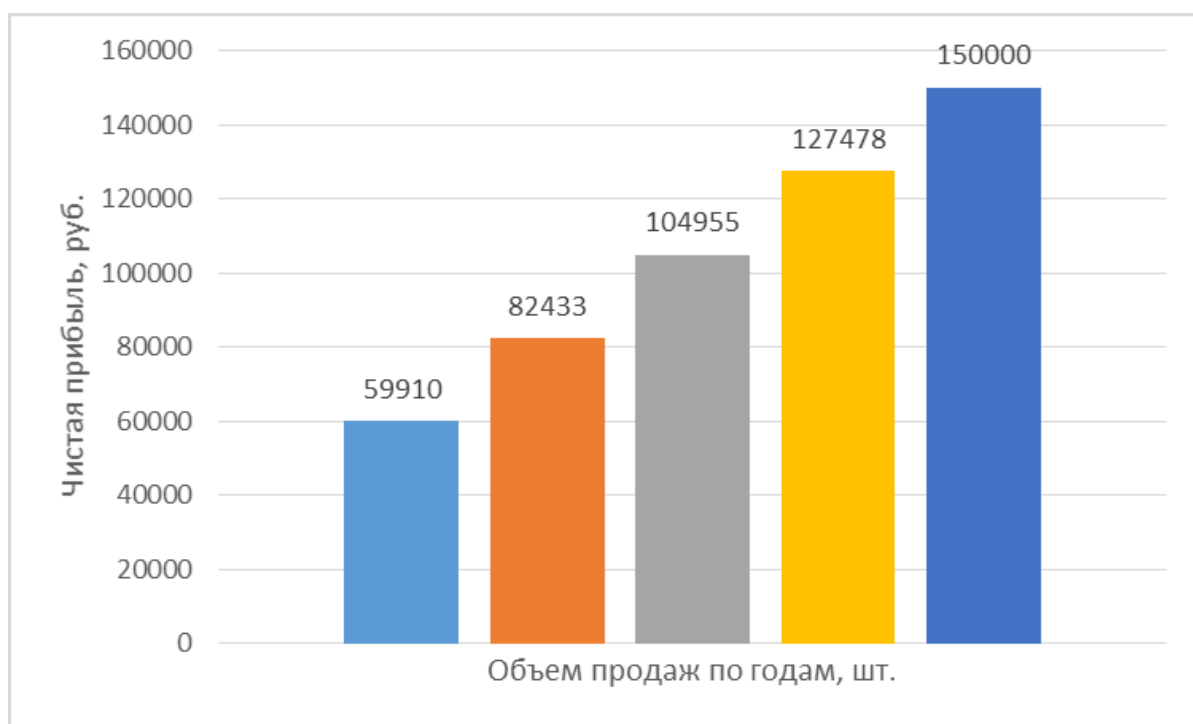


Рисунок 5.2 – График соотношения объема производства и прибыли

5.5 Выводы

Чистый приведенный доход положителен и равен 645047086,2 руб., индекс доходности >1 и равен 1,78 – что свидетельствует о эффективности проекта, срок окупаемости равен 0,56 года. Отпускная цена проектируемого изделия выше чем базового, однако модернизированный узел снижает вероятность попадания автомобиля в ДТП.

На основе выполненных экономических расчетов можно сделать выводы о коммерческой эффективности проекта по модернизации конструкции рулевого механизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью проекта была модернизация рулевого управления для улучшения управляемости и потребительских качеств автомобиля.

В данной дипломной работе приведены и выполнены:

- обзор конструкций рулевого управления, предъявляемые к ним требования, основные тенденции в их развитие, выбор и обоснование проектируемого варианта;

- выполнен тягово-динамический расчет транспортного средства, выполнена проверка существования зубчатого зацепления и рассчитаны параметры шестерни рулевого механизма;

- разработан процесс сборки рулевого механизма;

- разработаны мероприятия по обеспечению безопасных условий труда и экологичности проекта;

- выполнены экономические расчеты, определена точка безубыточности и срок окупаемости, подтверждена экономическая эффективность проекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления [Текст] / В.Н. Лата. – М. : ТГУ, 2016. - 125 с.
2. Чайковский, И.П. Рулевые управления автомобилей [Текст] / И.П. Чайковский, П.А. Саломатин - М. : Машиностроение, 1987. - 176с.
3. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [Текст] / Й. Раймпель. – М. : Машиностроение, 1983. - 356 с.
4. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. ТЗ [Текст] / Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М. : Автополис-плюс, 2005. - 560 с.
5. Успенский, И.Н. Проектирование подвески автомобиля [Текст] / И.Н. Успенский – М. : Машиностроение, 1976. - 168с.
6. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] / В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М. : Машиностроение, 1973. - 490 с.
7. Валхламов, В.К. «Автомобили. Основы конструкции» [Текст] / В.К. Валхламов – М. : Академия, 2008. - 529с.
8. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник [Текст] / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов – М. : Машиностроение, 2004.-704 с.
9. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [Текст] /Л.А. Черепанов. – М. : ТГУ, 2001. - 41 с.
10. Черемисин, А.С. Разработка технологических процессов сборки в автостроении: методические указания к технологической части дипломного проекта для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение» [Текст] / А.С. Черемисин. - М. : ТГУ, 2005. – 32 с.
11. Беклешова, В.К. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов [Текст] / В.К. Беклешова – М. : Высшая школа, 1991. – 124 с.
12. Ершов, В.Ф. Экономика предприятия. Часть 3. Продукция предприятия [Текст] / В.Ф. Ершов, Р.Н. Камалетдинов, Г.А. Краюхин - М. : СПб, СПбГИЭУ, 2001. – 184 с.

13. Гордиенко, В. А. Экология. Базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов [Текст] / В. А. Гордиенко, К. В. Показеев, М. В. Старкова. – М. : Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 633 с. : ил. - Библиогр.: с. 626-627. - Краткий глоссарий: с. 585-612. - Персоналии: с. 613-625. - ISBN 978-5-8114-1523-6 .
14. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие [Текст] / А.Г. Егоров., В.Г. Виткалов., Г.Н. Уполовникова., И.А. Живоглядова – М. : ТГУ, 2013. – 46 с.
15. Грачев, В.А. Средства индивидуальной защиты органов дыхания пожарных (СИЗОД) [Текст] / В. А. Грачев – М. : 2-е изд., перераб. - Москва : ПожКнига, 2012. - 190 с. - (Пожарная техника). - ISBN 978-5-98629-039-3.
16. Горина, Л. Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие [Текст] / Л. Н. Горина, Т. Ю. Фрезе – М. : ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 153 с. : ил. - Библиогр.: с. 119-120. - Прил.: с. 121-153. - 79-47.
17. Fossier, S. “An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates” [Text] / S.Fossier – М. : Accident Analysis and Prevention, vol. 24, no. 6, 1992. - 612 p.
18. Wang, C.H. Modal analysis of car the steering column based on ANSYS [Text] / C.H. Wang, G.Y. Meng, Z.W. Zhou – М. : J Green Sci Technol 2009. – 263 p.
19. Van Schoor. O Mechanical failures as a contributing cause to motor vehicle accidents—South Africa [Text] / O. Van Schoor, J.L. Van Niekerk, B. Grobbelaar – М. : Accident Analysis and Prevention, vol. 33, no. 6, 2001. – 721 p.

20. Gillespie, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers [Text] / T.D. Gillespie – M. : Vogel – Buchverlag, 1992. – 140 p.
21. Dixon, J. C., Tyres. Suspension and Handling [Text] / J.C. Dixon - M. : Society of Automotive Engineers, Michigan, Mich, USA, 1996. 356 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягового расчета

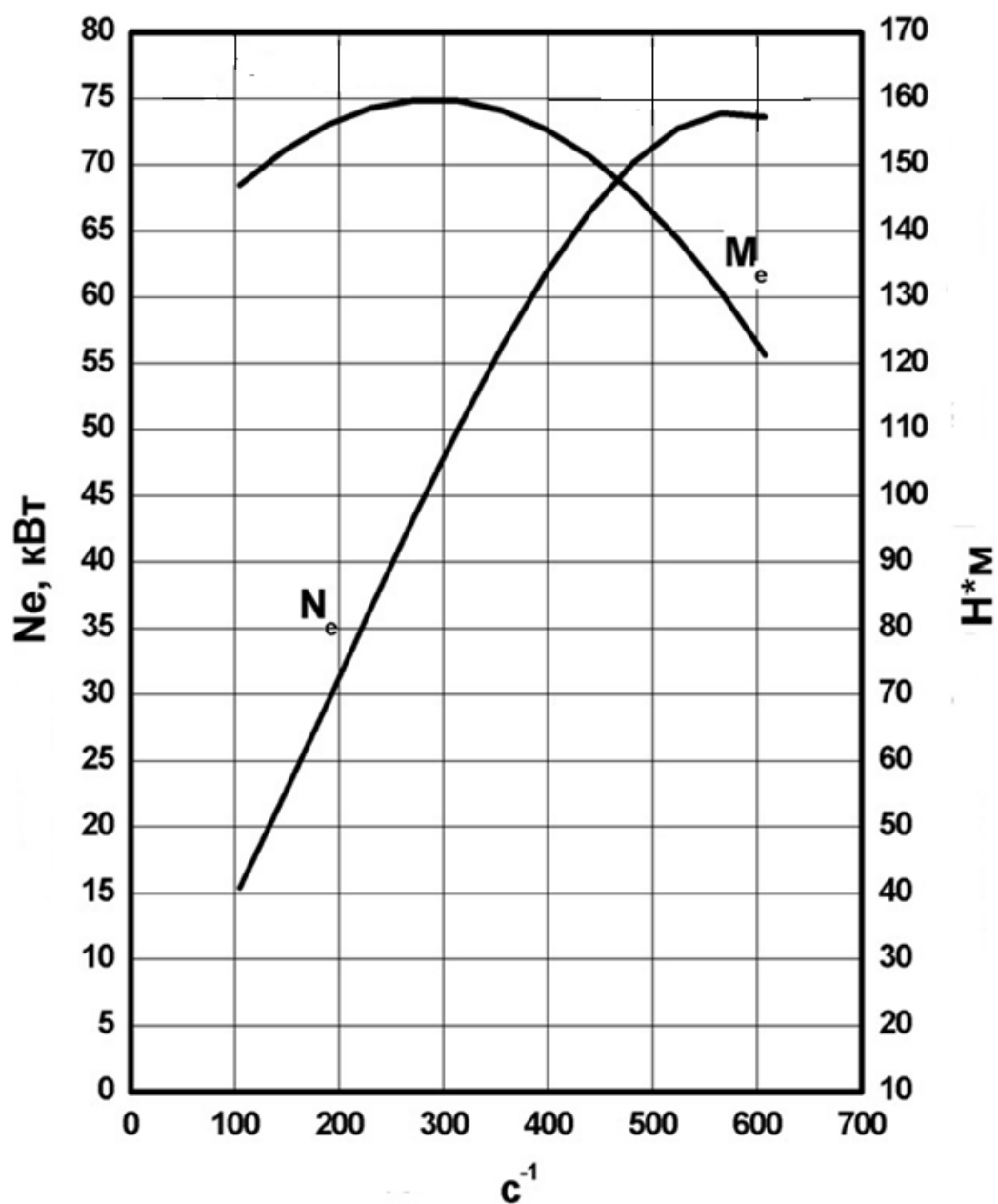


Рисунок А.1 – ВСХ двигателя

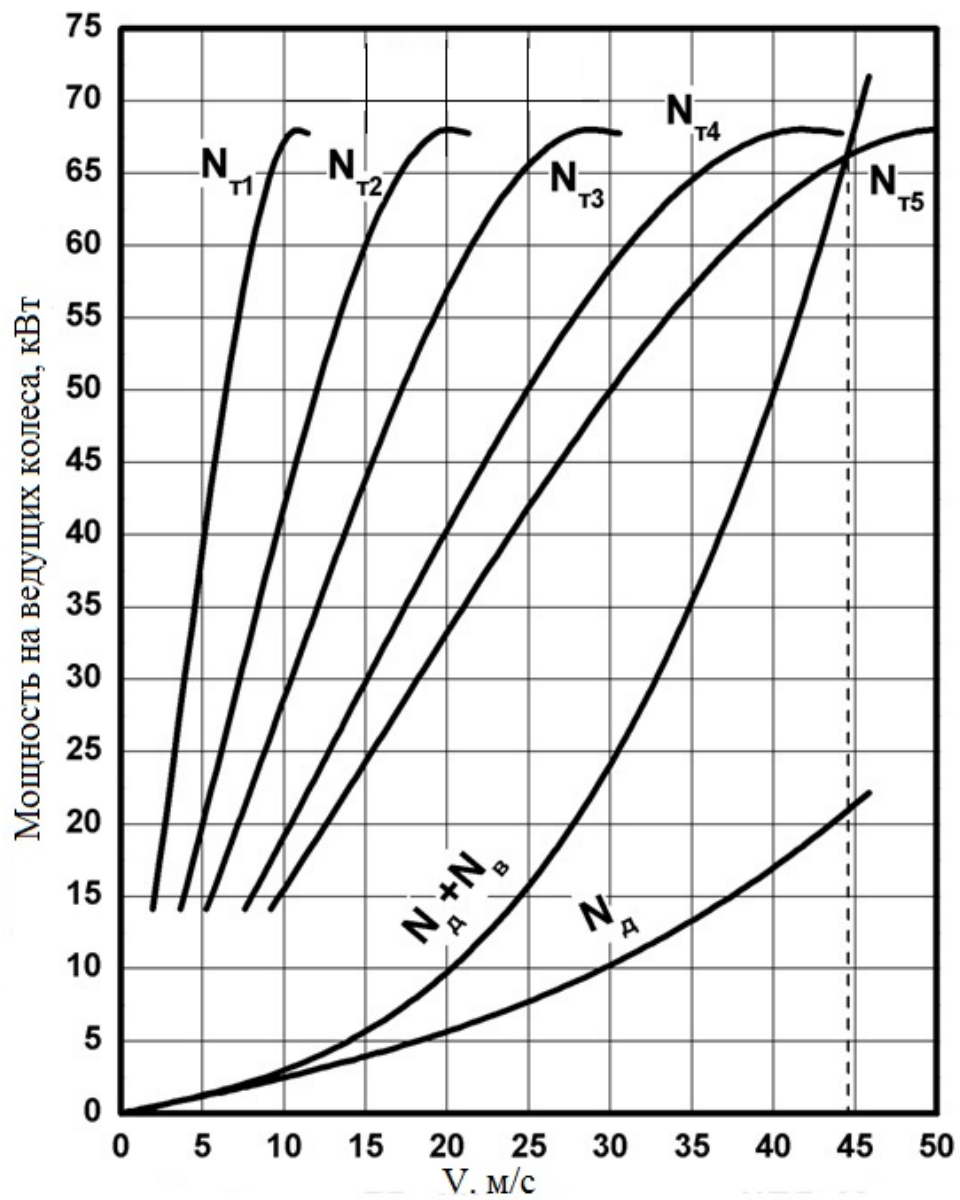


Рисунок А.2 – Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

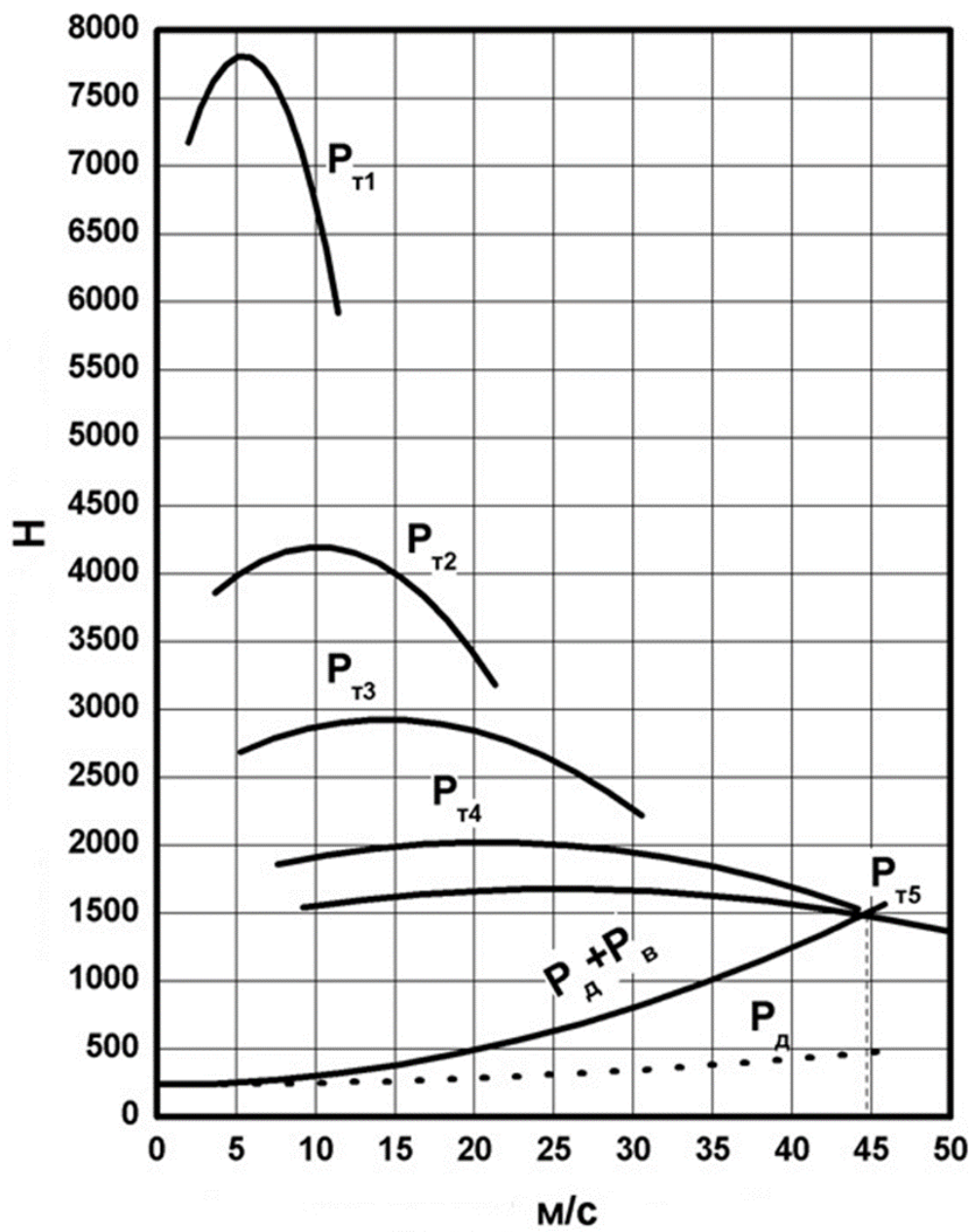


Рисунок А.3 – Тяговый баланс автомобиля на различных передачах

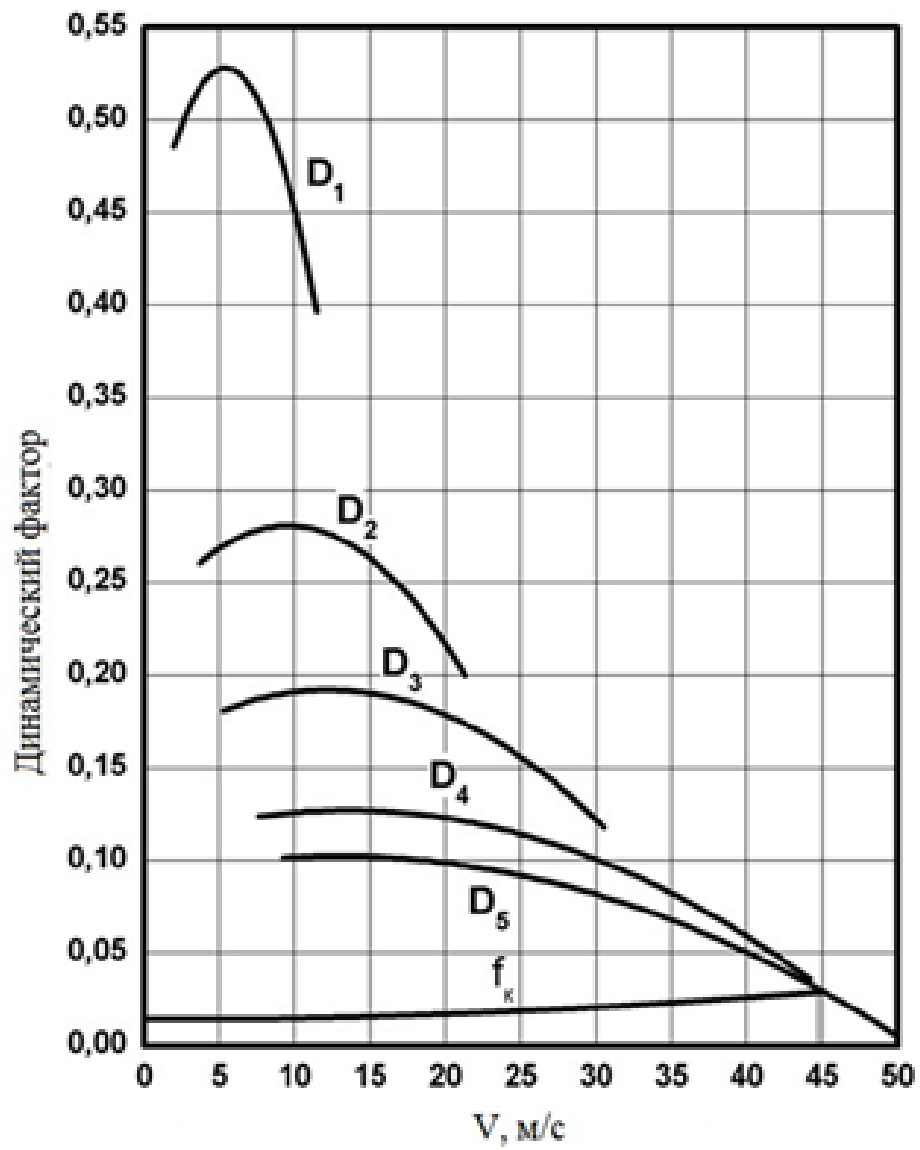


Рисунок А.4 – Динамический фактор автомобиля на различных передачах

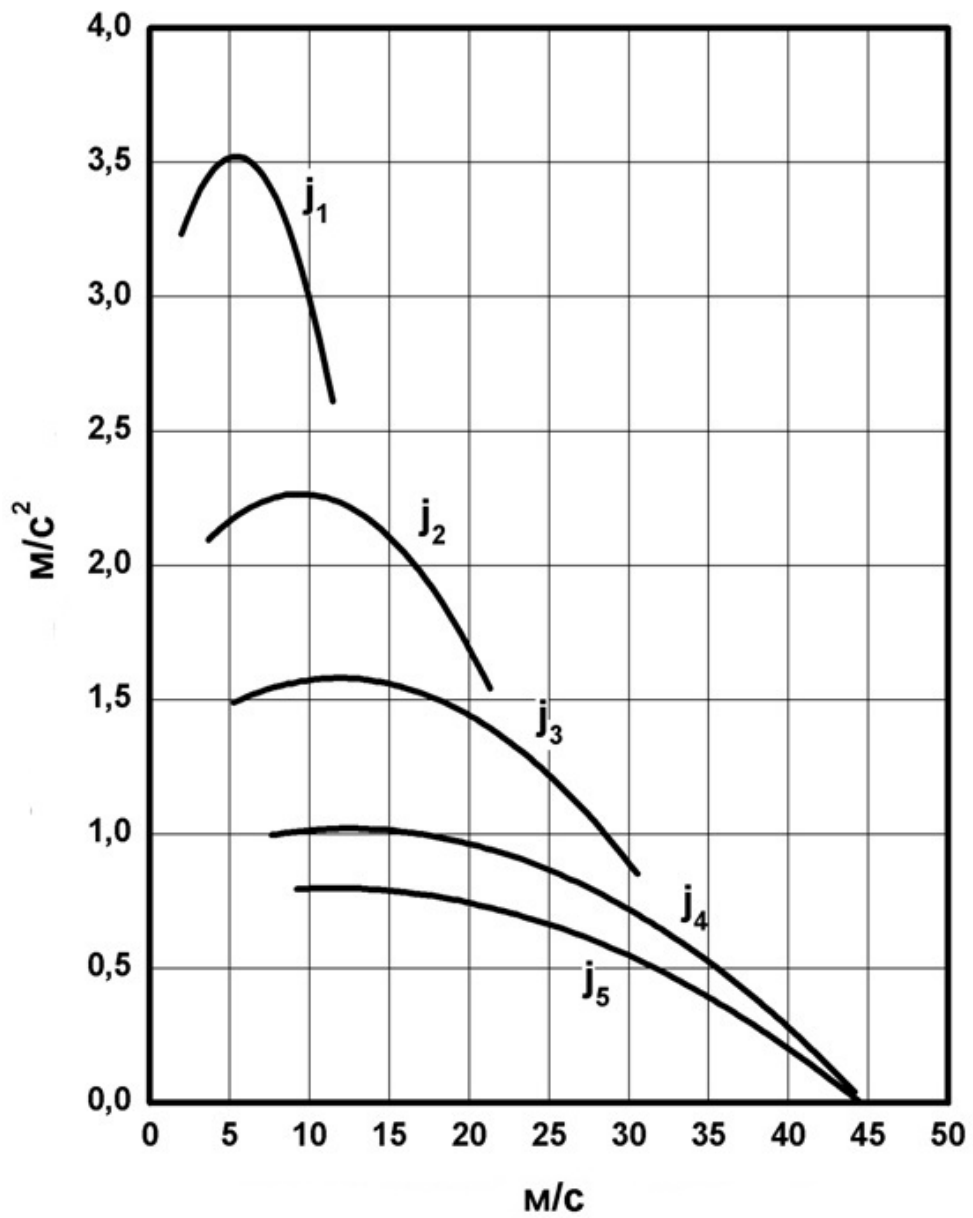


Рисунок А.5 – Ускорение автомобиля на различных передачах

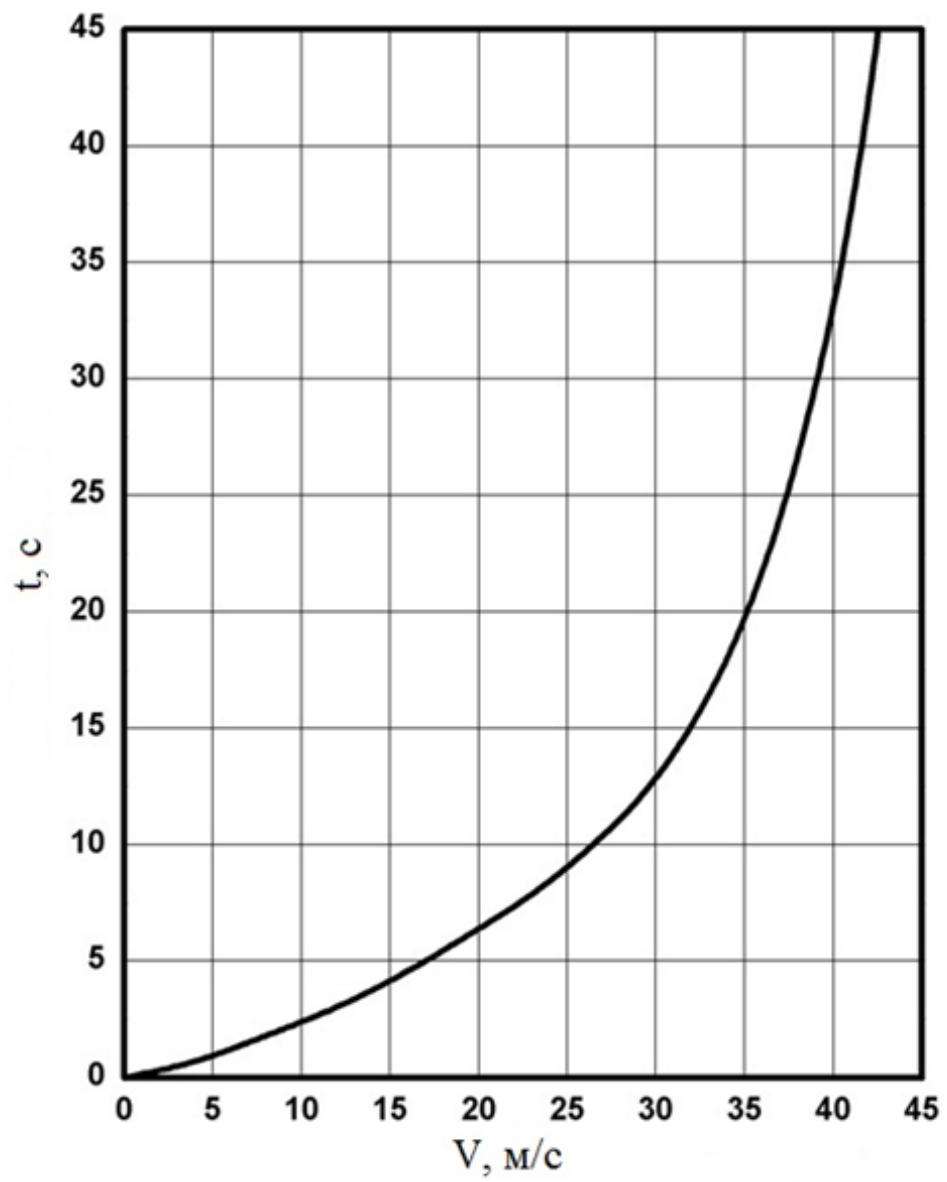


Рисунок А.6 – Время разгона

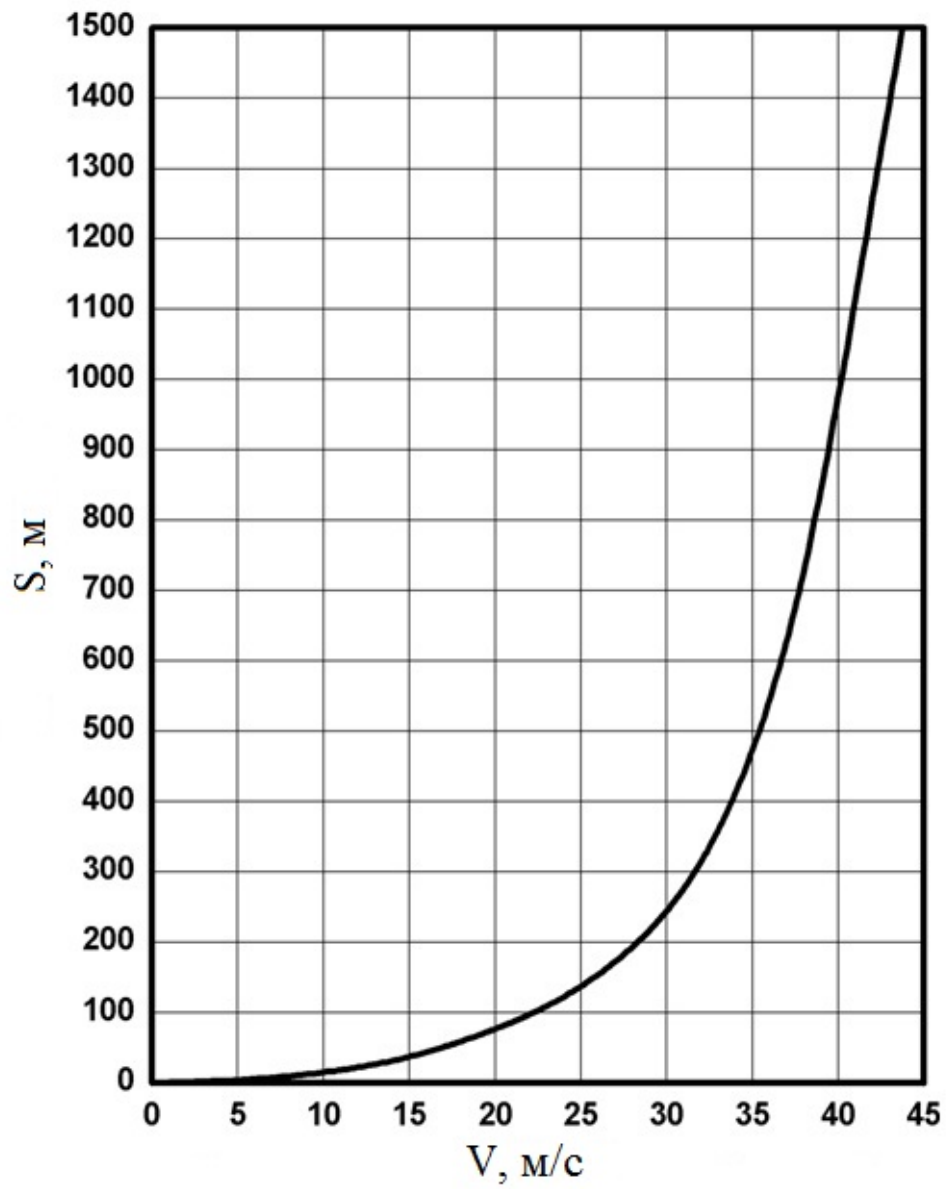


Рисунок А.7 – Путь разгона

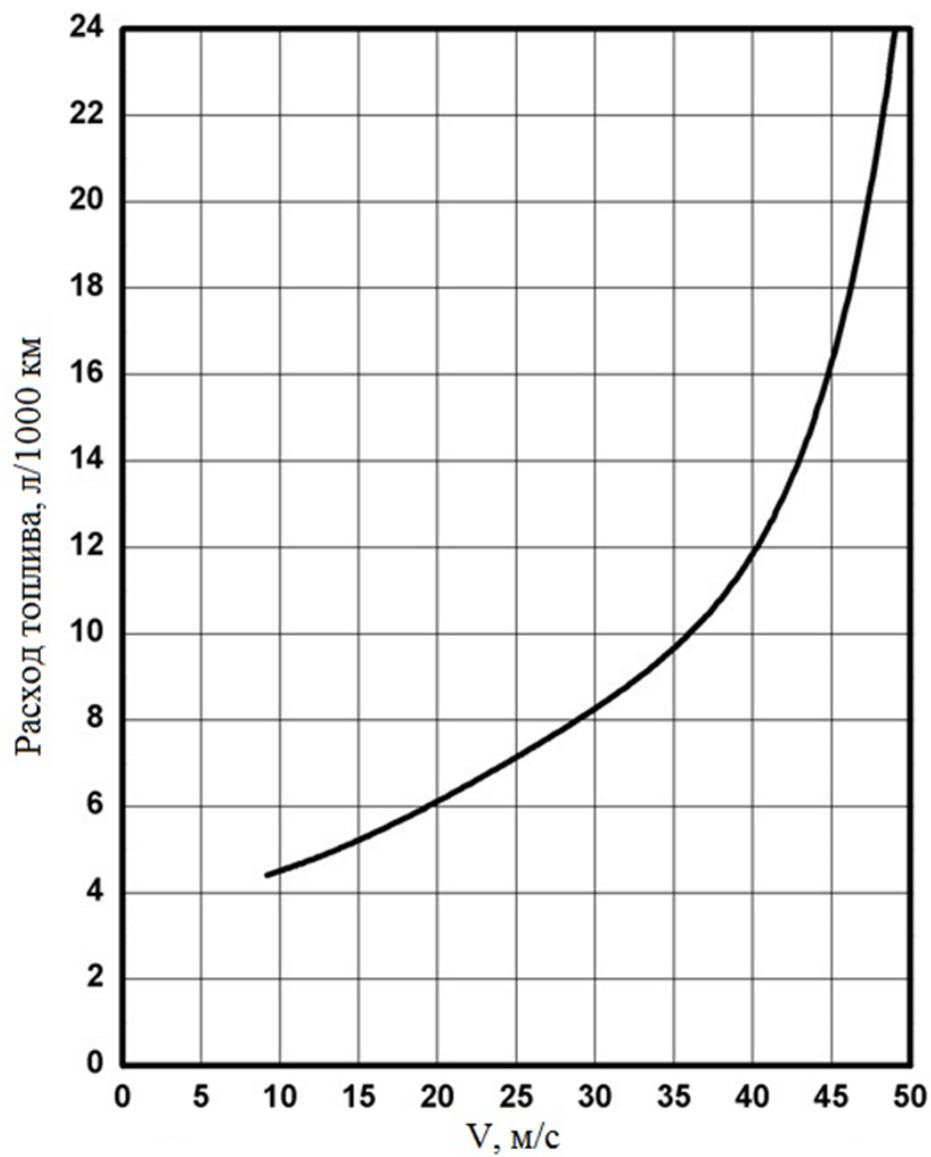


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спецификация

Формат	Зона	Лаз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Перв. примен.</i>							
				<u>Документация</u>			
			18.ДП.ПчЭА.325.01.000	Монтажный чертёж			
<i>Справ. №</i>							
				<u>Сборочные единицы</u>			
		1	18.ДП.ПчЭА.325.02.000 СБ	Механизм рулевой с опорами и скобой в сборе	1		
<i>Подп. и дата</i>							
				<u>Детали</u>			
		2	18.ДП.ПчЭА.325-34.03086	Кожух защитный чехла рейки рулевого механизма	1		
		5	18.ДП.ПчЭА.325-34.01155	Болт крепления картера рулевого управления	1		
		4	18.ДП.ПчЭА.325-34.14078	Гайка шарового пальца тяг рулевой трапеции	2		
<i>Взам. инв. №</i>							
<i>Инд. № дудл.</i>							
<i>Стандартные изделия</i>							
		3	1/05170/70	Шайба 12	1		
<i>Подп. и дата</i>							
18.ДП.ПчЭА.325.01.000							
Изм. Лист		№ док.им.		Подп.		Дата	
Разраб.		Емельянов В.П.					
Пров.		Черепанов Л.А.					
Н.контр.		Егоров А.Г.					
Утв.		Бобровский А.В.					
Установка рулевого механизма с тягами в сборе					Лит.	Лист	Листов
					1	1	2
					ТГУ ИМ гр. АТ-1301		
<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>		

