

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

Тольяттинский государственный университет

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей  
(наименование кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Полноприводный легковой автомобиль 2-го класса.

Модернизация рулевого управления

Студент А.И. Лымарь

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководит И.Р. Галиев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

ель

Консульта А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

НТЫ

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий  
кафедрой

к.т.н., доцент А.В.

Бобровский

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

(личная  
подпись)

0

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта – Полноприводный легковой автомобиль второго класса. Модернизация рулевого управления.

Дипломный проект состоит из 104 страниц, включая введение, и главы конструкторской, экономической частей и глава по безопасности объекта. Также имеет графическую часть 8 листов А1.

В первой части рассматривается конструкция разрабатываемого узла, ее современные тенденции развития, а также классификация существующих типов конструкций.

Вторая часть проекта посвящена расчетам конструкции транспортного средства. В этой части представлены динамический расчет транспортного средства, расчет характеристик транспортного средства и расчет конструкции.

В третьей части дипломного проекта проведен анализ усовершенствованной конструкции автомобиля требованиям безопасности транспортных средств. Также представлен обзор производственной линии и перечень мероприятий, чтобы сделать сборочную линию безопасной в соответствии с требованиями безопасности и защиты окружающей среды.

В четвертой части представлены экономические расчеты себестоимости разрабатываемого узла. Представлен расчет точки безубыточности по данному проекту и расчет экономической эффективности.

Данная модернизация, описанная в дипломном проекте, может быть внедрена в массовое производство.

## **ABSTRACT**

The topic of the diploma paper is “All-wheel drive car of the second class. Modernization of steering”.

The diploma paper consists of 104 pages, including introduction, and head of design, technological, economic parts and the head of the security object. It also have a graphic part of 8 A1 sheets.

The first part presented with the design of the developed unit, its current development trends, as well as the classification of existing types of constructions.

The second part of the project is dedicated to vehicle design calculations. This part present the dynamic calculation of the vehicle, the calculation of the characteristics of the vehicle and the calculation of the design.

The third part of the diploma paper presented an analysis of improved on confirmation for vehicle safety legal requirements. Also presented overview of the production line, and a list of containment action to make the assembly line safe according to legal requirements in terms of safety and environment protection.

The forth part presented the economical calculations for piece-price of the developed product. Calculation is presented breakeven point for this project and evidence calculation for economic efficiency.

This modernization which is described in the diploma paper could be implemented into current mass production.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Состояние вопроса .....	6
1.1 Назначение усилителя рулевого управления.....	6
1.2 Требования предъявляемые к конструкции усилителя рулевого управления.....	6
1.3 Классификация усилителей рулевого управления.....	11
1.4 Обзор и тенденции развития конструкции электроусилителя .....	17
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта электроусилителя .....	24
2 Конструкторская часть.....	25
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	25
2.2 Расчет элементов усилителя и рулевой колонки.....	38
3 Безопасность и экологичность проекта.....	64
4 Экономическая эффективность проекта.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	90

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время российский автомобильный рынок достаточно плотно насыщен автомобилями. Кроме российских производителей на нем представлены и автомобили иностранных производителей. Расширение иностранных производителей удерживают таможенные сборы. Однако многие производители решают данную проблему, размещая производство или монтаж автомобилей в России или странах ближнего зарубежья. Другие производители, которые снижают цену своей продукции, также отнимают покупателей АвтоВАЗа.

Жесткая конкуренция на европейском рынке привела к тому, что оборудование, ранее установленное в автомобилях как опция за дополнительную плату, установленное в большинстве автомобилей как стандарт, существенно не увеличило их стоимость, в основном это касается подушек безопасности и рулевого управления.

Для успешной конкуренции на ВАЗе проводится ряд мероприятий для повышения конкурентоспособности продукции предприятия.

Одно из направлений работ - возможность более широкого оснащения продукции ВАЗа дополнительным оборудованием, в том числе и усилителями рулевого управления. Это относится и к автомобилю Шевроле-Нива.

И из эргономических, и из экономических соображений следует оснастить автомобиль Шевроле-Нива усилителем рулевого управления.

Из опроса дилеров, проведенного Российской Ассоциацией Маркетинга, следует, что интерес к усилителям рулевого управления на автомобилях российского производства при условии некоторого удорожания автомобилей существует и его следует поддерживать.

# **1 Состояние вопроса**

## **1.1 Назначение усилителя рулевого управления**

Усилитель рулевого управления предназначен для увеличения усилия, передаваемого от водителя к управляемым колесам с целью повышения комфорта и снижения утомляемости водителя, а также повышения активной безопасности. [1]

## **1.2 Требования предъявляемые к конструкции усилителя рулевого управления.**

Технические требования к рулевой колонке с установленным электрическим усилителем рулевого управления

1) Рулевая колонка, установленная на автомобиль и укомплектованная согласно спецификации на автомобиль, должна обеспечивать выполнение требований безопасности директивы 91/662 ЕЭК ООН (R12-03 ЕЭК ООН) (удар в куб, удар макетом туловища).

2) Прочность элементов рулевой колонки должна обеспечивать двухкратное приложение крутящего момента не менее 200 Нм к верхнему валу (с закрепленным промежуточным) без разрушения элементов рулевой колонки и с сохранением работоспособности.

3) Электроусилитель должен обеспечивать усилие на ободу рулевого колеса при парковании (без движения) на горизонтальной площадке с сухим асфальтовым покрытием не более 50...60 Н при температуре окружающего воздуха +20...25°C.

4) Конструкция электроусилителя должна обеспечивать величину усилия на ободу рулевого колеса не более 60...70 Н при скорости вращения рулевого колеса не менее 600 °/сек.

5) В случае неисправности или выхода усилителя из строя рулевое управление должно обеспечивать управляемость и безопасность движения (ГОСТ 21398-75).

6) Конструкция электроусилителя должна обеспечивать

соответствие усилия на ободе рулевого колеса скорости движения автомобиля.

7) Конструкция, материалы элементов электроусилителя должны обеспечивать надежную эксплуатацию автомобиля в диапазоне температур окружающего воздуха от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 90% при  $+20^{\circ}\text{C}$ .

8) Конструкция и материалы элементов рулевой колонки должны обеспечивать ресурс работы не менее 140 000 км пробега автомобиля.

9) Усилие на рукоятке узла стопорения рулевой колонки при регулировке ее положения по углу наклона не должны превышать 25 Н.

Кроме технических требований специалистами ВАЗа был подготовлен перечень рекомендаций к электрическому усилителю рулевого управления. Ниже приведены выдержки из них.

1) Электромеханический усилитель рулевого управления (здесь и далее ЭМУ) обязан обеспечить плавное, без провала характер управления рулевого колеса исходя из угла руля и какая скорость передвижения автотранспортного средства. [2]

2) Активный возврат рулевого колеса в центральное положение должен происходить плавно, без заброса и только для движущегося автомобиля. На стоящем на месте автомобиле активный возврат рулевого колеса в центральное положение недопустим.

3) ЭМУ должен осуществлять активное управляемое гашение поступающих на его ведомый вал ударов и пульсаций, вызванных взаимодействием колес автомобиля с дорогой.

4) ЭМУ должен функционировать:

а) при движении автомобиля с работающим двигателем;

б) при стоящем на месте автомобиле с работающим двигателем;

в) в течении 3...5 минут при неработающем двигателе и включенном зажигании.

5) ЭМУ должен сохранять работоспособность после пребывания в

неработающем состоянии при температуре - 60 °С.

6) При работе ЭМУ в салоне автомобиля не должно быть ощутимых шумов и вибраций, связанных с его функционированием. Уровень шума работающего ЭМУ не должен превышать 35 Дб на расстоянии  $300 \pm 10$  мм.

7) При всех допустимых техническими требованиями климатических факторов внешней среды ЭМУ должен быть готов к работе не позднее чем через 0,2...0,5 секунд после включения зажигания.

8) ЭМУ должен относиться к необслуживаемым неремонтируемым изделиям общего назначения вида 1 ГОСТ 27.003-90.

9) Девяностошестипроцентная наработка на отказ в рабочих условиях должна соответствовать не менее 8500 часов или не менее 200 000 километров.

10) ЭМУ должен обеспечивать надежное функционирование без изменения характеристик при непрерывной работе в течении 10 полных поворотов руля от упора до упора на стоящем на месте автомобиле и 10 парковок.

Требования к характеристикам компенсации и возврата рулевого колеса, обеспечиваемым усилителем рулевого управления.

Специалистами ВАЗа для автомобилей семейства ШЕВРОЛЕ-НИВА рекомендуется зависимость компенсационного момента усилителя от момента на рулевом колесе в зависимости от скорости движения автомобиля (см. Рисунок 1.1). Эта зависимость составлена путем анализа рекомендаций к гидроусилителям на автомобили класса ШЕВРОЛЕ-НИВА с учетом следующих условий:

1) Закон компенсации в определенном диапазоне значений момента на рулевом колесе может быть описан в первом приближении полиномом шестого порядка вида

Значения коэффициентов  $B_i$  приведены в таблице 1.1.

2) В диапазоне  $M_{рк} = 7,2...7,6$  Нм должен обеспечиваться рост  $M_{комп}$

со скоростью не ниже 65 Нм/Нм.

3) Должен быть плавный переход от закона компенсации 1) к 2).

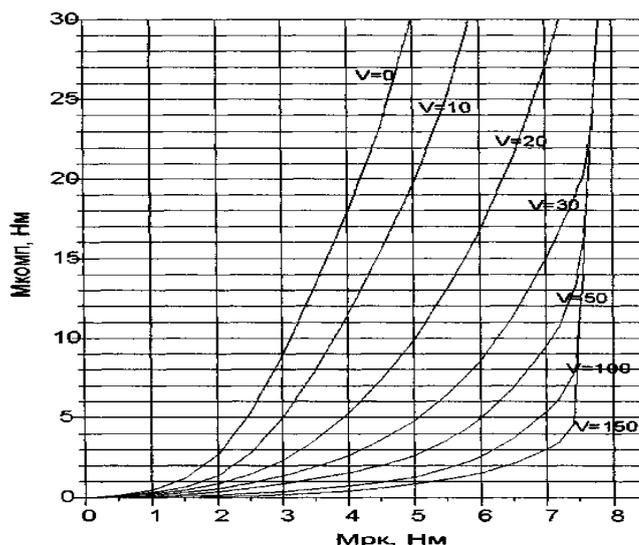


Рисунок 1.1 - Рекомендуемый закон компенсации усилия на рулевом колесе для автомобилей ВАЗ 2110, 2123, 1119.

Таблица 1.1 - Значения коэффициентов полинома, определяющего зависимость компенсационного момента от момента на рулевом колесе

Скорость автомобил я, км/ч	Диапазо н М <sub>рк</sub> ,	Коэффициенты полинома					
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>
0	0...5	0,0347	1,132	-1,499	1,039	-0,2428	0,0191
10	0..5,9	0,0106	0,867	-1,042	0,585	-0,114	0,00759
20	0...7.3	0,025	0,324	-0,21	0,0948	-0,014	0,00076
30	0...7,5	0,0258	0,0615	0,0685	-0,0239	0,00383	-0,00016
50	0...7,4	0,00326	- 0,0463	0,147	-0,0521	0,00731	-0,00031
100	0...7,3	-0,00739	0,0145	0,0339	-0,0116	0,00139	-0,000017
150	0...7,15	0,00354	0,0504	-0,0461	0,0199	-0,00326	0,0002

При этом по рекомендации Общества германских автопромышленников должна соблюдаться закономерность изменения компенсационного момента, отраженная на рисунке 1.2.

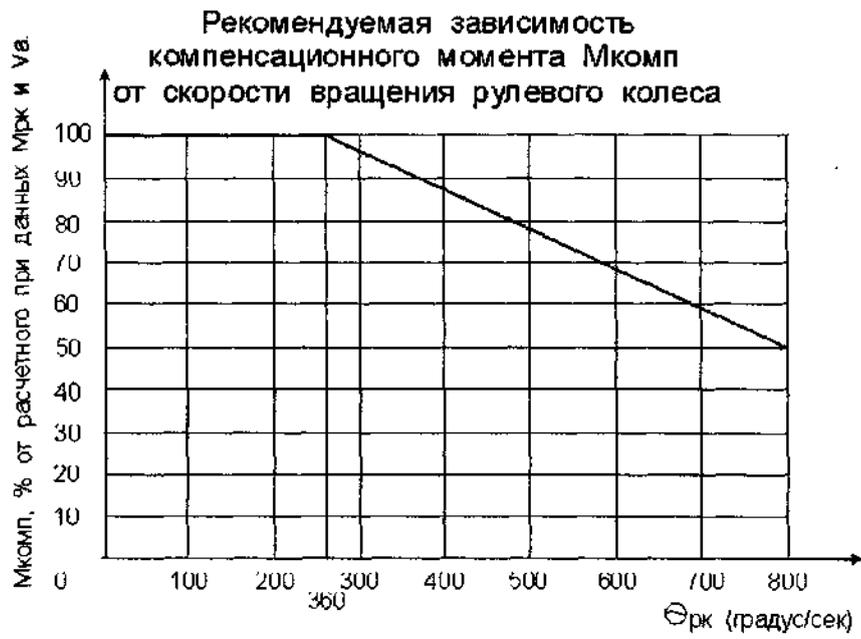


Рисунок 1.2 - Рекомендуемая зависимость компенсационного момента  $M_{\text{комп}}$  от скорости вращения рулевого колеса.

Рекомендуемые зависимости скорости возврата рулевого колеса и возвратного момента соответственно от скорости движения автомобиля и угла поворота рулевого колеса приведены на Рисунок 1.3 - 1.4.

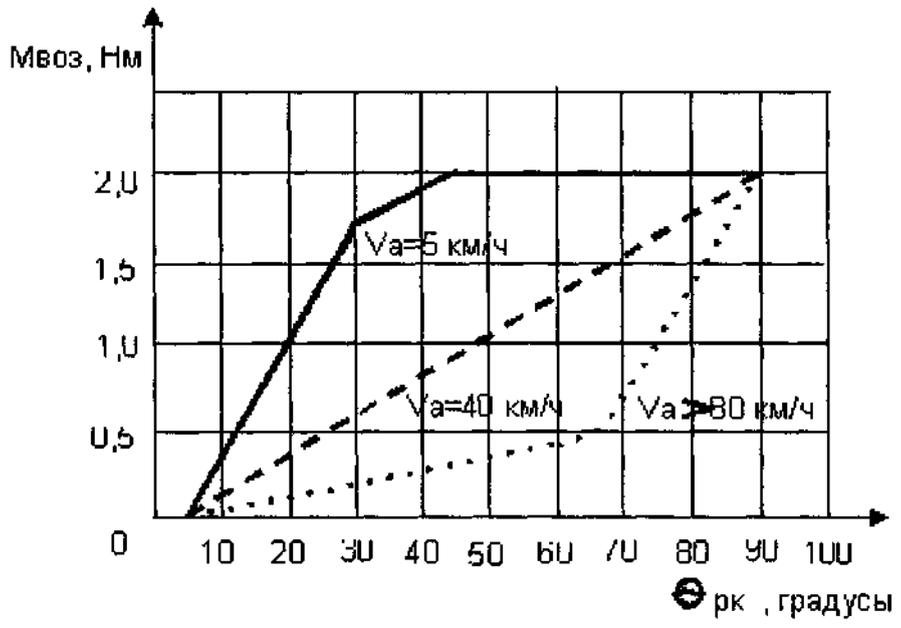


Рисунок 1.3 - Зависимость возвратного момента от угла поворота рулевого колеса.

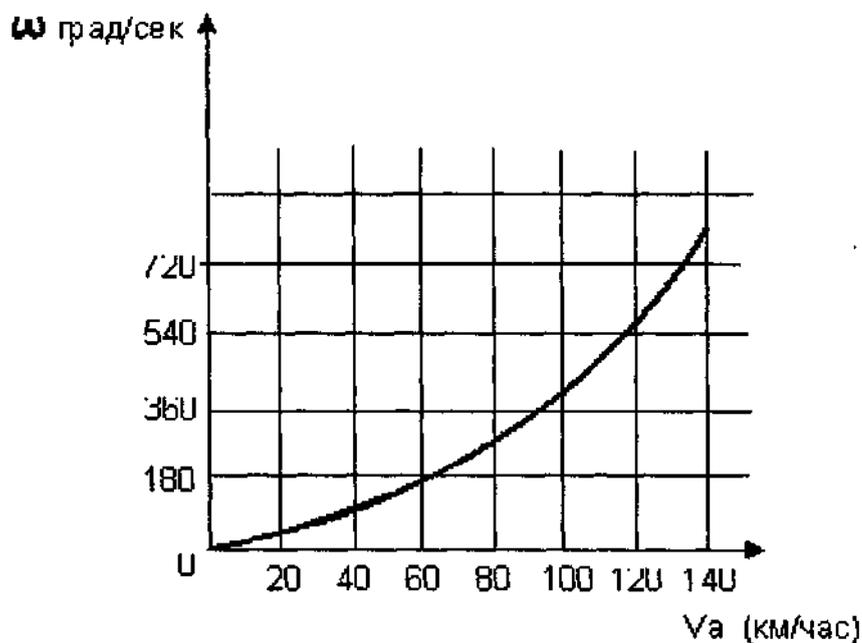


Рисунок 1.4 - Зависимость скорости возврата рулевого колеса от скорости движения автомобиля.

### 1.3 Классификация усилителей рулевого управления.

Конструктивно усилители рулевого управления подразделяются на следующие:

- 1) пневматический усилитель рулевого управления;
- 2) гидравлический усилитель рулевого управления;
- 3) электрический усилитель рулевого управления;
- 4) комбинированный усилитель рулевого управления.

Рассмотрим каждый из них более подробно.

Пневматический усилитель рулевого управления представляет собой силовой цилиндр, распределительный орган, компрессор и ресивер. При повороте рулевого колеса распределитель подает воздух из ресивера в силовой цилиндр; при достижении в цилиндре определенного давления поршень поворачивает связанные с ним управляемые колеса. Компрессор (как правило, поршневого типа) поддерживает в ресивере необходимое давление и обычно приводится в действие от коленчатого вала двигателя.

Преимущества пневматического усилителя рулевого управления:

- 1) относительная простота конструкции;
- 2) невысокая стоимость конструкции;

3) на автомобилях с пневматическим приводом тормозных механизмов используется штатная пневмоаппаратура.[3]

Недостатки пневматического усилителя рулевого управления:

1) большое время срабатывания (при давлении воздуха в пневмосистеме 0,6 - 0,8 МПа время срабатывания составляет 0,3 - 0,45 секунды);

2) крупные габариты и масса аппаратуры;

3) трудоемкость обслуживания;

4) высокий уровень шума при работе;

5) высокий расход топлива.

Вследствие указанных недостатков пневмоусилители рулевого управления на легковых автомобилях не применяются.

Гидравлический усилитель рулевого управления состоит из силового цилиндра, распределителя и насоса. Основные параметры этих устройств предусмотрены ОСТ 37.001.083-76. Насос приводится в действие непосредственно, тяговым двигателем автомобиля.

Существует следующая классификация гидравлических усилителей рулевого управления:

- По компоновочной схеме.

- По способу обеспечения кинематического слежения:

с обратной связью по перемещению управляемых колес или звеньев;

с дозированием объема жидкости, поступающей в гидроцилиндр;

с шаговыми гидроприводами,

- По виду соединения полостей гидроцилиндра с

распределителем: 3.1) прямого действия;

3.2) дифференциального действия.

- По числу независимых контуров: 4.1) одноконтурные;

4.2) многоконтурные.

В гидравлических усилителях рулевого управления используются различные типы распределителей. Их можно классифицировать по

следующим признакам:

1) по перекрытию дросселей в нейтральном положении:

1.1) проточные (наиболее распространены);

1.2) непроточные. Эти распределители позволяют повысить экономичность работы усилителей, но требуют повышенной точности изготовления пары золотник - гильза и тщательной фильтрации рабочей жидкости для обеспечения герметичности при нейтральном положении золотника.

2) По направлению относительного потока жидкости и рабочей кромки дросселя:

2.1) золотниковые распределители, в которых кромка дросселя движется перпендикулярно потоку жидкости;

2.2) клапанные распределители, в которых кромка дросселя движется вдоль потока жидкости.

3) По виду движения золотника:

3.1) осевые распределители (с поступательным движением золотника);

3.2) роторные распределители (с вращательным движением золотника).

4) По конструкции центрирующих и реактивных устройств:

4.1) с механическими (пружинными, торсионными) устройствами;

4.2) с гидравлическими (реактивными камерами, плунжерами или поршнями);

5) По конструкции привода золотника или гильзы:

5.1) с механическим приводом (обычно от рулевого вала);

5.2) с гидравлическим приводом;

5.3) с электрическим приводом;

5.4) с комбинированным приводом.

В качестве исполнительных устройств в усилителях используются цилиндры с односторонними или двухсторонними штоками, из которых односторонние обеспечивают лучшую компенсацию несимметричности

нагрузок при повороте вправо или влево, обладают большей компактностью, простотой и надежностью.

Насосы используются только объемные: лопастные, шестеренные, роликовые или поршневые с приводом от двигателя или трансмиссии.

Преимущество данного вида усилителя:

- 1) отработанная конструкция с достаточно высокой надежностью;
- 2) высокое быстродействие: время срабатывания 0,02 - 0,05 секунды.

Недостатки:

1) дорог (цена порядка 1500-2000 германских марок за один комплект);

2) не обеспечивает достаточное усилие при малой частоте работы двигателя вследствие малой частоты вращения насоса ("тяжелый руль" при парковке);

3) высокий дополнительный расход топлива (по сравнению с автомобилем без усилителя рулевого управления на 6...8% больше) вследствие постоянной жесткой связи с двигателем;

4) большой вес и габариты (для автомобиля Fiat Pimto масса агрегатов гидроусилителя составляет 13,14 кг);

5) использование рабочей жидкости означает необходимость контроля ее уровня, а также возможность течи.[4]

Усилители рулевого управления этого типа наиболее распространены в настоящее время.

Электрический усилитель рулевого управления начал устанавливаться на автомобили сравнительно недавно (до этого препятствием служила его высокая цена). Конструктивно состоит из электродвигателя, редуктора, блока управления и датчиков.

Электроусилители рулевого управления можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по компоновочной схеме. Различают:
  - 1.1) встроенный рулевой усилитель с совместным размещением блока управления, электродвигателя, редуктора и рулевого механизма (привода

рулевого управления);

1.2) отдельный рулевой усилитель, электродвигатель и блок управления у которого расположены отдельно от рулевого механизма с редуктором;

1.3) усилитель с размещением блока управления отдельно от рулевого механизма с редуктором и электродвигателем.

2) По размещению редуктора:

2.1) на приводе рулевого управления;

2.2) на рулевом механизме; при реечном рулевом механизме на шестерне или на рейке.

3) По параметрам, контролируемым блоком управления:

3.1) контролируется только усилие на рулевом колесе;

3.2) контролируется усилие на рулевом колесе и скорость автомобиля;

3.3) контролируется усилие на рулевом колесе, скорость автомобиля и положение рулевого колеса.

4) По типу электродвигателя:

4.1) постоянного тока;

4.2) переменного тока.

5) По соединению редуктора с ротором электродвигателя: 5.1) с расцепляющей муфтой;

5.2) ротор является ведущей шестерней (червяком) редуктора.

б) По типу редуктора:

6.1) червячный;

6.2) планетарный;

6.3) винт-гайка с шариками (при размещении редуктора на зубчатой рейке рулевого механизма).

Из комбинированных усилителей рулевого управления наибольшее распространение получил электрогидравлический усилитель рулевого управления. Конструктивно он отличается от гидравлического тем, что насос приводится

в действие электродвигателем, частота вращения ротора которого регулируется в зависимости от момента на рулевом валу (чем больше момент - тем больше частота вращения) и скорости движения автомобиля (чем выше скорость, тем ниже частота вращения ротора). Усилитель обладает следующими преимуществами: эффективная работа при малых оборотах двигателя;

1) снижение расхода топлива по сравнению с гидравлическим (на 1,5-2% больше, чем у автомобиля без усилителя).

В то же время электрогидравлическому усилителю присущи следующие недостатки:

- 1) высокая цена (на 25-30% дороже гидроусилителя);
- 2) большие масса и габариты (больше гидравлического);
- 3) не отпадает вероятность утечки рабочей жидкости.

Из вышеперечисленных конструкций усилителей рулевого управления наибольшее распространение на автомобилях второго класса получили гидравлические усилители. Однако за последние 3-5 лет наметилась тенденция к оснащению легковых автомобилей электрическими (электромеханическими)

Преимущества такого усилителя:

1) невысокая цена;

2) малые габариты и масса (масса электроусилителя рулевого управления для FIAT Punto составляет 10,3 кг, конструкция фирмы ZF для автомобилей среднего класса весит около 7 кг);

3) снижение дополнительного расхода топлива (на 0,5-1,0 % больше, чем при отсутствии усилителя).

Относительным недостатком является сложность контрольного блока, задающего зависимость момента на выходе (компенсационного момента) от параметров на входе усилителями рулевого управления.

Для установки на автомобиль Шевроле-Нива выбрали электрический усилитель рулевого управления как наиболее перспективный и обеспечивающий изменение компенсационного момента в зависимости от

различных факторов.

#### 1.4 Обзор и тенденции развития конструкции электроусилителя

Наиболее известные модели электроусилителей рулевого управления

Работы по разработке электроусилителей рулевого управления ведут многие фирмы, в том числе:

##### 1) Delphi Corporation

Усилитель представлен компанией осенью 1999 года и описан в периодической литературе. Общий вид этого усилителя представлен на Рисунок 1.5.

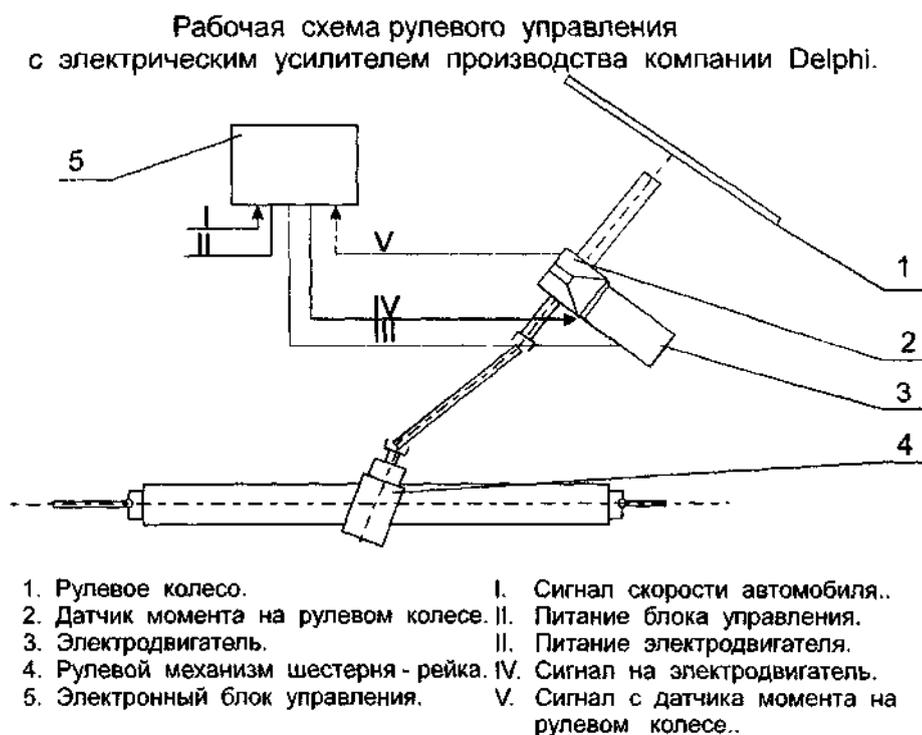


Рисунок 1.5 - Рабочая схема рулевого управления с электрическим усилителем производства компании Delphi Corporation

Блок управления размещен отдельно от редуктора с электродвигателем, которые размещены на верхнем рулевом валу. График изменения компенсационного момента от момента на рулевом колесе представлен на Рисунок 1.6. [5]

Этот усилитель спроектирован для автомобилей среднего класса сухой массой порядка 1500-1800 килограммов, для которых максимальный момент на шестерне (при реечном рулевом механизме) достигает 51 Н\*м.

Усилие на руле ограничили 6 Н\*м, что свидетельствует о том, что усилитель предназначен для легковых комфортных, а не для полноприводных или спортивных автомобилей. График изменения возвратного момента на рулевом управлении с таким усилителем от положения рулевого колеса представлен на Рисунок 1.7.

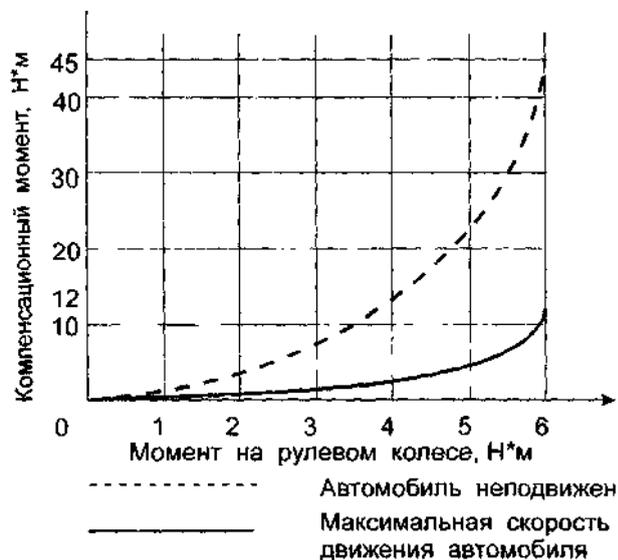


Рисунок 1.6 - Зависимость компенсационного момента для электроусилителя рулевого управления компании Delphi Corporation от момента на рулевом колесе с учетом скорости движения автомобиля

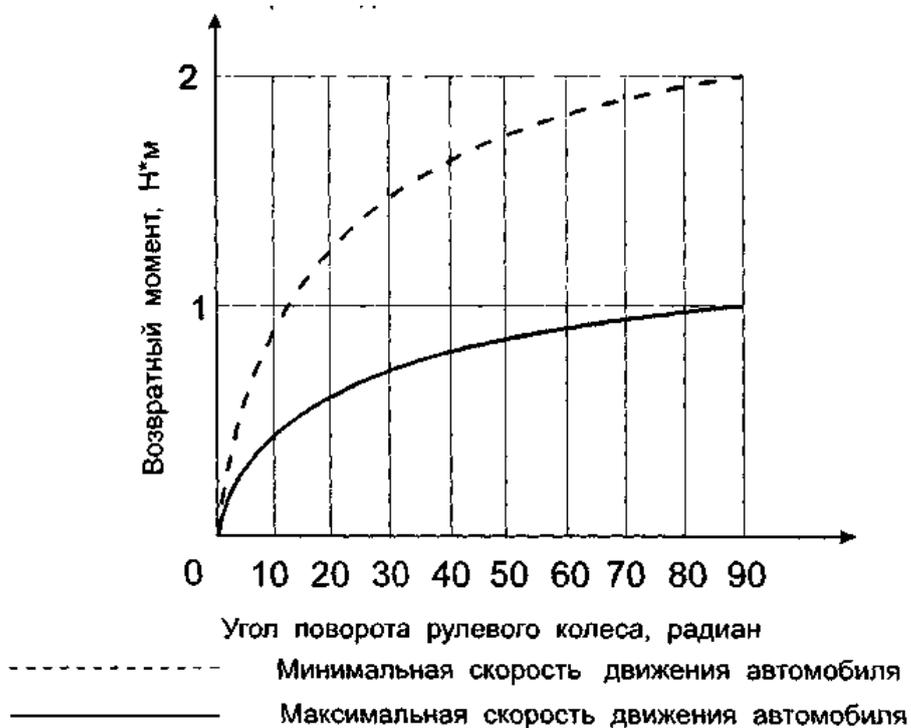


Рисунок 1.7 - Зависимость возвратного момента для электроусилителя рулевого управления компании Delphi Corporation от положения рулевого

колеса с учетом скорости движения автомобиля.

### 3)ZF.

Эта компания специализируется на рулевом управлении. Последний из предложенных этой фирмой усилителей имеет максимальный компенсационный момент 50 Нм. Усилитель - электродвигатель с червячным редуктором (передаточное число 17:1), червяк которого является ротором электродвигателя постоянного тока, и датчики момента на рулевом колесе и положения рулевого колеса.

Отличительной чертой является очень компактный блок управления, присоединенный к корпусу усилителя. При этом длина электродвигателя от продольной оси редуктора составляет всего 171 мм, а с учетом блока управления - 210,5 мм. Компенсационная характеристика этого усилителя показана на Рисунок1.8. [6]

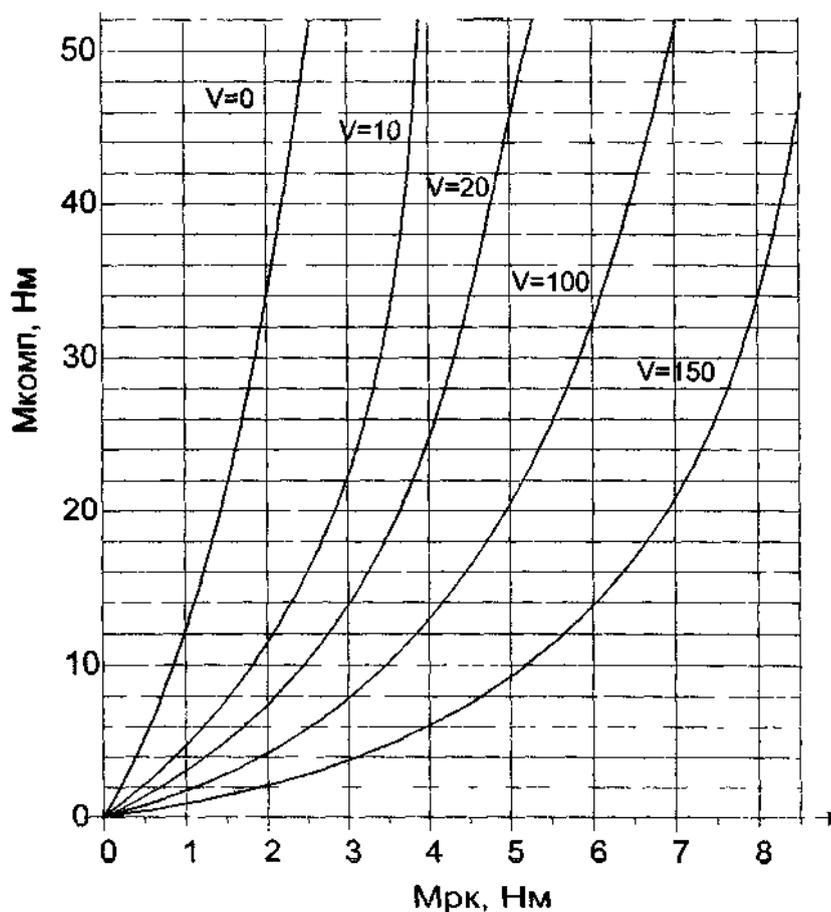


Рисунок 1.8 - Закон компенсации усилия на рулевом колесе усилителя фирмы ZF

### 4) Кооо.

Французское отделение японской компании Кою разработало наиболее широкую гамму электрических усилителей рулевого управления для автомобилей сухой массой от 700 до 1800 кг. Представляются три базовые конструкции: Column type, размещаемый на верхнем рулевом валу (см. Рисунок 1.9), представляет собой червячный редуктор с передаточным числом 1:16.5, червяк которого через расцепляющее устройство связан с ротором электродвигателя. Блок управления размещается отдельно. Конструкция разработана для легких автомобилей. В частности, такой усилитель был

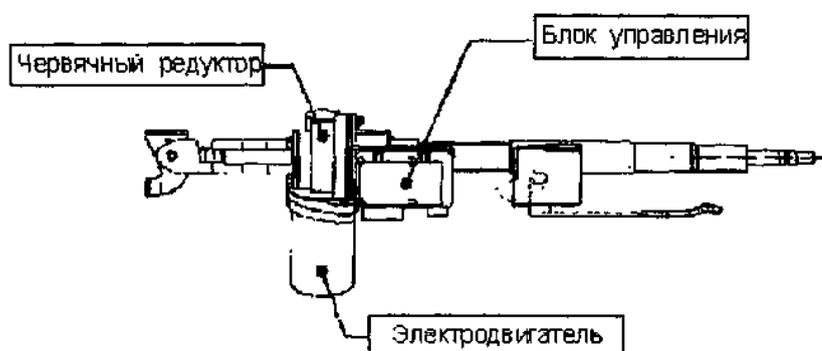


Рисунок 1.9 - Электрический усилитель рулевого управления компании Кою серии Column EPS.

установлен на автомобиль Renault Twingo, поступивший в свободную продажу.

Недостатки такой конструкции: наличие расцепляющего устройства и большие габариты у электродвигателя, что объясняется унификацией редукторов и использованием сменных электродвигателей. На последних вариантах расцепляющее устройство отсутствует.

б) Pinion type, размещаемый на шестерне реечного рулевого механизма (см. Рисунок 1.10), представляет собой планетарный редуктор (передаточное число 1:5), соединенный с червячным (передаточное число 1:2.6), через который передается добавочный момент на шестерню от ротора электродвигателя через расцепляющее устройство. Конструкция разработана для автомобилей среднего класса, серийно устанавливается на полноприводный автомобиль Toyota RAV4.

в) Усилитель, устанавливаемый на автомобиль Honda NSX. Усилитель рулевого управления размещается на рулевом механизме (реечном) и представляет собой редуктор типа винт-гайка с шариками, передающее дополнительное усилие на рейку от электродвигателя при подаче сигнала (Рисунок 1.11). Компенсационное усилие зависит от усилия на шестерне и скорости движения автомобиля.

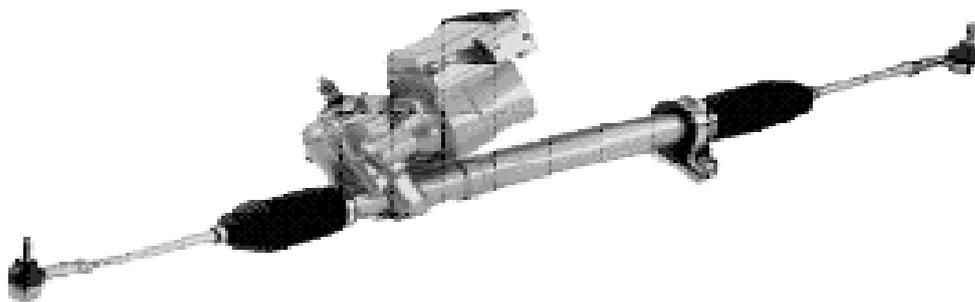


Рисунок 1.10 - Электрический усилитель рулевого управления компании Коюо серии Pinion type.

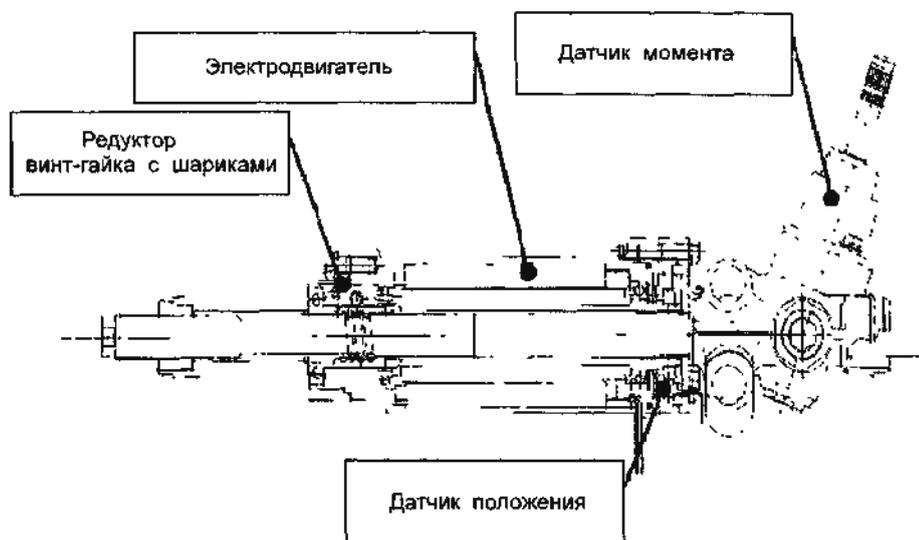


Рисунок 1.11 - Электрический усилитель рулевого управления компании Коюо, устанавливаемый на зубчатой рейке.

Для электроусилителей типов а) и б) возможна установка одного из нескольких электродвигателей силой тока 25, 35, 45, 55 и 65А мощностью от 167 до 425 Вт. Диапазон рабочих температур блока управления от -30 до +80 °С.

5) NSK Group.

Усилитель, производимый этой компанией, размещается на верхнем рулевом валу; червячный редуктор собран вместе с электродвигателем с расцепляющим устройством, контрольный блок расположен отдельно. Компенсационный момент изменяется в зависимости от момента на рулевом колесе и скорости транспортного средства. Этот усилитель рулевого управления устанавливается на автомобиль MGF компании Rover. По утверждению представителей компании, масса этого усилителя на 5 кило граммов меньше массы гидравлического усилителя с аналогичными характеристиками. Усилитель описан в периодическом издании. [7]

6) TRW.

Электроусилитель этой компании находится на зубчатой рейке рулевого механизма, дополнительное усилие на которую передается с электродвигателя (его ротор связан с рейкой через редуктор типа винт-гайка с шариками). Блок управления также находится на трубе рейки рулевого механизма (Рисунок 1.12). Данная система представлена весной 1997 года и описана в периодическом издании, техническая информация об усилителе отсутствует.

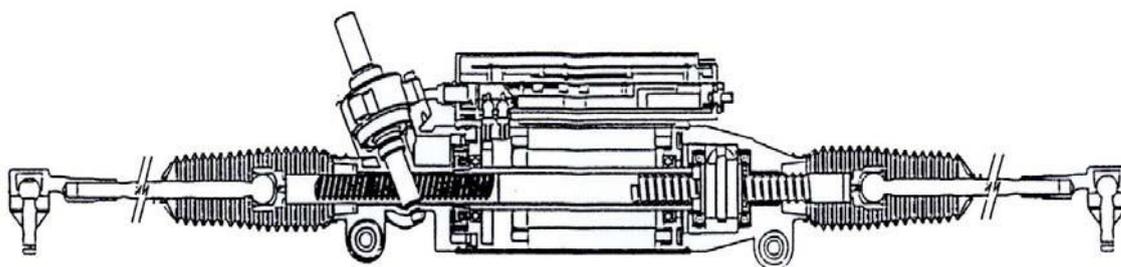


Рисунок 1.12 - Электрический усилитель рулевого управления компании TRW

7) А/О "Авиаагрегат" (г. Махачкала).

Электроусилитель, предложенный АО "Авиаагрегат" (Рисунок 1.13),

представляет собой червячный редуктор с передаточным числом 1: 24, червяк которого 8 одновременно является ротором электродвигателя 7. Контроль момента на рулевом колесе осуществляется датчиком момента

токовихревого типа 5. Датчик контролирует угол закручивания торсиона 2, оба конца которого закреплены на входном 1 и выходном 11 валах усилителя, по углу относительного поворота детекторных колец 4 и 6, причем кольцо 4 жестко связано с ведущим валом усилителя, а кольцо 6 - с ведомым. Торсион изготавливается из стали 60С2А-5-2 ГОСТ 14959-79.

Электроусилитель изменяет компенсационный момент в зависимости от следующих факторов:

1. от величины момента на входящем рулевом валу (на рулевом колесе). Чем больше прикладываемый водителем к рулевому колесу крутящий момент, тем больший компенсационный момент передается на выходной вал усилителя;

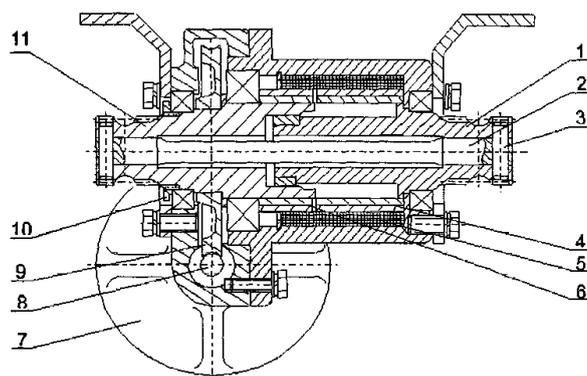


Рисунок 1.13 - Продольный разрез электроусилителя рулевого управления АОАвиаагрегат

2. от скорости автомобиля. Чем выше скорость движения автомобиля, тем меньше компенсационный момент. Это сделано с целью повышения активной безопасности автомобиля, т.к. при движении на высокой скорости небольшой момент на рулевом колесе, который может быть вызван случайным движением руки, приводит к большому поперечному смещению автомобиля; при снижении компенсационного усилия уменьшается поперечное смещение от того же момента на входе. При скорости порядка 90 км/ч усилитель рулевого управления отключается;

Преимуществами данного усилителя являются:

1) высокая компактность;

2) прогрессивная конструкция электродвигателя - без расцепляющего узла, что позволяет получить высокую надежность и стабильность работы при высоких оборотах и увеличивает компактность;

2) возможность быстрой адаптации конструкции, т.к. предприятие заинтересовано в сотрудничестве с АвтоВАЗом. В настоящее время в АО "Авиаагрегат" ведутся работы по установке менее мощного электродвигателя, с которым усилитель обеспечит характеристики, затребованные АО "АвтоВАЗ". Недостатки:

1) двигатель переменного тока обладает большим временем срабатывания по сравнению с электродвигателем постоянного тока (время срабатывания около 0,03 секунд);

2) высокое передаточное число редуктора повышает инерционное влияние редуктора на работу усилителя (паразитный доворот рулевого колеса при прекращении приложения усилия к рулевому колесу).

Данный усилитель рулевого управления находится в разработке и в его конструкцию возможно внесение изменений.

### **1.5 Выбор и обоснование принятого варианта электроусилителя.**

Для установки на автомобиль Шевроле-Нива был принят усилитель рулевого управления на базе усилителя, предложенного АО "Авиаагрегат" (г. Махачкала). Использование этого усилителя рулевого управления позволило снизить наибольшее усилие на рулевом колесе при повороте на месте. Значительное возрастание стоимости автомобиля компенсируется повышением комфорта управления автомобилем, снижением утомляемость водителя и вероятности совершения дорожно-транспортного происшествия, а также повышением престижа автомобилей ВАЗ на внутреннем и, особенно, на внешнем рынке. Следует заметить, что возрастание стоимости автомобиля, оснащенного электрическим усилителем рулевого управления, ниже соответствующего автомобиля с гидравлическим усилителем. [8]

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

#### 2.1.1 Исходные данные

Кол-во приводных колес.....	$n_k = 4$
Собст-й вес, кг.....	$m_o = 1400$
Места в автомобиле.....	5
Макс-я ск-ть, м/с.....	$V_{max} = 40,28$
Макс-я част. вр-я дв-ля, рад/с.....	$\omega_{max} = 600$
Мин-я част. вр-я дв-ля, рад/с.....	$\omega_{min} = 95$
Коэфф-т аэродин-го сопр-я.....	$C_x = 0,46$
Величина макс-й преод-й подъем.....	$\alpha_{max} = 0,32$
Коэфф-т полезного действ. трансм.....	$\eta_{TP} = 0,93$
Площ. попер-го сеч-я, м <sup>2</sup> .....	$H = 2,34$
Коэфф-т сопр-я кач-ю.....	$f_{ko} = 0,014$
Кол-во пер. в КПП.....	5
Распр-е массы авто-ля, % :	
Передн. ось.....	45
Задн. ось.....	55
Плотн-ть возд, кг/м <sup>3</sup> .....	$\rho = 1,293$
Плотн-ть топл, кг/л.....	$\rho_t = 0,72$

#### 2.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта [2]

а) Определение полного веса и его распределение по осям

$$G_A = G_o + G_n + G_B, \quad (2.1)$$

$G_o$  – собств-й вес авто-ля;

$G_n$  - вес пассажиров;

$G_0$  - вес багажа;

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1400 \cdot 9,807 = 13730 \text{ Н} \quad (2.2)$$

$$G_{II} = G_{II1} \cdot 5 = m_{II1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678 \text{ Н} \quad (2.3)$$

$$G_B = G_{B1} \cdot 5 = m_{B1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490 \text{ Н} \quad (2.4)$$

$$G_A = 13730 + 3678 + 490 = 17898 \text{ Н} \quad (2.5)$$

$$G_1 = G_A \cdot 45 = 17898 \cdot 45 = 8054 \text{ Н} \quad (2.6)$$

$$G_2 = G_A \cdot 55 = 17898 \cdot 55 = 9844 \text{ Н} \quad (2.7)$$

б) Подбор шин 205/75 R15.

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (2.8)$$

$r_k$  – рад. кач-я кол.;

$r_{CT}$  – стат-й рад. кол.;

$B = 205$  – шир. проф., мм;

$\kappa = 0,75$  – отн-е выс. про. к шир. проф.;

$d = 381$  – посад-й диам., мм;

$\lambda = 0,85$  – коэфф-т типа шины

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 381 + 0,75 \cdot 0,85 \cdot 205) \cdot 10^{-3} = 0,321 \text{ м} \quad (2.9)$$

2.1.3 Определение передаточного числа главной передачи [2]

$$U_0 = \frac{r_k}{U_K \cdot U_{PK}} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (2.10)$$

$U_k$  - пер-ое число высш. пер. в КПП, на кот. обесп-я макс-я скор-ть.

Число высшей передачи КП равным 0,800;

$U_{PK}$  - пер-е число разд-й КП, примем равным 1,2

$$U_0 = (0,321 \cdot 600) / (0,800 \cdot 1,2 \cdot 40,28) = 4,885 \quad (2.11)$$

#### 2.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left( G_A \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (2.12)$$

$\psi_v$  - коэфф-т сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.

$$\psi_v = f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (2.13)$$

$$\psi_v = 0,014 \cdot (1 + 40,28^2 / 2000) = 0,025 \quad (2.14)$$

$$N_v = (17898 \cdot 0,025 \cdot 40,28 + 0,46 \cdot 1,293 \cdot 2,34 \cdot 40,28^3 / 2) / 0,93 = 68549 \text{ Вт}$$

$$N_{MAX} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (2.15)$$

$a, b, c$  – эмпирические коэфф-ты (для легковых автомобилей с карбюраторным двигателем  $a, b, c = 1$ ),  $\lambda = \omega_{MAX} / \omega_N$  (примем  $\lambda = 1,05$ ).

$$N_{MAX} = 68549 / (1 \cdot 1,05 + 1 \cdot 1,05^2 - 1 \cdot 1,05^3) = 68902 \text{ Вт} \quad (2.16)$$

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[ C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (2.17)$$

$C_1 = C_2 = 1$  - коэфф-ты характеризующие тип двигателя.

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (2.18)$$

Таблица 2.1 - Внешняя скоростная характеристика

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

$n_e$  - обороты двигателя, об/мин;

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi} \quad (2.19)$$

### 2.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач

$$1) U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{ГП}}; \quad (2.20)$$

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

$$(\psi_{MAX} = f_{V_{max}} + \alpha_{MAX} = \psi_V + \alpha_{MAX}); \quad (2.21)$$

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

$$\psi_{MAX} = 0,025 + 0,32 = 0,345 \quad (2.22)$$

$$U_1 \geq 17898 \cdot 0,345 \cdot 0,321 / (150,7 \cdot 0,93 \cdot 4,885 \cdot 2,1) = 1,353 \quad (2.23)$$

$$2) U_1 \leq \frac{G_{СИ} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{ГП}}, \quad (2.24)$$

$G_{СИ}$  - сцепной вес автомобиля ( $G_{СИ} = G_1 \cdot m_1 = 8054 \cdot 0,9 = 7249$  Н,  $m_1$  - коэффициент перераспределения нагрузки на передние колёса),  $\varphi$  - коэффициент сцепления ( $\varphi = 0,8$ ).

$$U_1 \leq 7249 \cdot 0,8 \cdot 0,315 / (150,7 \cdot 0,93 \cdot 4,885 \cdot 2,1) = 3,135 \quad (2.25)$$

Примем значение первой передачи равным:  $U_1 = 3,100$ .

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (3,100 / 0,800)^{1/4} = 1,403 \quad (2.26)$$

$$U_2 = U_1 / q = 3,100 / 1,403 = 2,209; \quad (2.27)$$

$$U_3 = U_2 / q = 2,209 / 1,403 = 1,575; \quad (2.28)$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,575 / 1,403 = 1,122; \quad (2.29)$$

$$U_5 = 0,800. \quad (2.30)$$

Дальнейшие расчёты проводятся для высшей ступени раздаточной коробки передач.

### 2.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах [2]

$$V_A = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{U_{КП} \cdot U_0} \quad (2.31)$$

Таблица 2.2 - Скорость автомобиля на различных передачах

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

### 2.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{К.П.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (2.32)$$

Таблица 2.3 - Тяговый баланс

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

2.1.8 Силы сопротивления движению

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_x \cdot \frac{V_A^2}{2}. \quad (2.33)$$

$$F_f = G_A \cdot f_k; \quad (2.34)$$

$$f_k = f_0 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_A^2). \quad (2.35)$$

Таблица 2.4 - Силы сопротивления движению

Скор-ть, м/с	F сопр. возд, Н	F сопр. кач-ю, Н	$\Sigma$ F сопр. движ-ю, Н
0	0	251	251
5	17	254	271
10	70	263	333
15	157	279	435
20	278	301	579
25	435	329	764
30	626	363	990

Продолжение таблицы 2.4

Скор-ть, м/с	F сопр. возд, Н	F сопр. кач-ю, Н	$\Sigma$ F сопр. движ-ю, Н
35	852	404	1257
40	1113	451	1564
45	1409	504	1913
50	1740	564	2304
55	2105	630	2735
60	2505	702	3207
65	2940	780	3720

### 2.1.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A}, \quad (2.36)$$

$$D_\varphi = \frac{G_{СИ} \cdot \varphi}{G_A}, \quad (2.37)$$

Таблица 2.5 - Динамический фактор на передачах

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

### 2.1.10 Ускорения автомобиля

$$j = \frac{(D - \Psi) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (2.38)$$

$\delta_{BP}$  - коэфф-т учета вращающихся масс,

$\Psi$  - коэфф-т суммарного сопротивления дороги.

$$\Psi = f + i \quad (2.39)$$

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

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{KIT}^2), \quad (2.40)$$

где -  $\delta_1$  - коэфф-т учёта вращающихся масс колёс;  $\delta_2$  - коэфф-т учёта вращающихся масс двигателя:  $\delta_1 = \delta_2 = 0,015$ .

Таблица 2.6 - Коэфф-т учета вращающихся масс

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

Таблица 2.7 - Ускорение автомобиля на передачах

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

### 2.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

Таблица 2.8 – Величины обратные ускорениям автомобиля

Обор двс, об/мин	Обр.ускор . на 1пер, с2/м	Обр.ускор . на 2пер, с2/м	Обр.ускор . на 3пер, с2/м	Обр.ускор . на 4пер, с2/м	Обр.ускор . на 5пер, с2/м
907	0,30	0,40	0,55	0,79	1,16
1300	0,29	0,38	0,53	0,76	1,13
1650	0,28	0,37	0,52	0,75	1,13
2000	0,27	0,37	0,51	0,74	1,14
2350	0,27	0,36	0,51	0,74	1,16
2700	0,27	0,36	0,51	0,75	1,21
3050	0,27	0,36	0,51	0,76	1,29
3400	0,27	0,37	0,52	0,78	1,39
3750	0,28	0,38	0,53	0,82	1,55
4100	0,29	0,39	0,55	0,86	1,78
4450	0,30	0,40	0,58	0,93	2,15
4800	0,31	0,42	0,61	1,01	2,83
5150	0,33	0,44	0,65	1,13	4,33
5500	0,35	0,48	0,71	1,30	10,45
5730	0,37	0,50	0,76	1,46	-

### 2.1.12 Время и путь разгона

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (2.41)$$

$$\left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (2.42)$$

$k$  – порядковый номер интервала.

$$\Delta t = \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (2.43)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k. \quad (2.44)$$

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

$t_2$  – время разгона до скорости  $V_2$ .

Таблица 2.9 - Время разгона автомобиля

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

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \quad (2.45)$$

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

Путь разгона от скорости  $V_0$

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

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

до скорости  $V_n$ :  $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$

Таблица 2.10 - Путь разгона автомобиля

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

### 2.1.13 Мощностной баланс

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (2.46)$$

$N_f$  – мощн-ть, затрач-ая на преод-ие сопр-я кач-ю;

$N_B$  – мощн-ть, затрач-ая на преод-ие сопр-я воздуха;

$N_{II}$  – мощн-ть, затрач-ая на преод-ие сопр-я подъема ( $N_{II} = 0$ );

$N_j$  – мощн-ть, затрач-ая на уск-ие авто-ля ( $N_j = 0$ ).

Таблица 2.11 - Мощностной баланс

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

Таблица 2.12 - Мощность сопротивления движению

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

## 2.1.14 Топливоно-экономическая характеристика

$$Q_s = \frac{1.1 \cdot g_{e \min} K_H \cdot K_E (N_f + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (2.47)$$

$g_{e \min} = 290$  г/(кВт·ч) – минимальный удельный расход топлива.

$$K_H = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523 \quad (2.48)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227 \quad (2.49)$$

$$I = \frac{N_f + N_B}{N_T}; \quad (2.50)$$

$$E = \frac{w_e}{w_{eN}} \quad (2.51)$$

Таблица 2.13 - Путевой расход топлива на высшей передаче

Обор. двс, об/мин	Скор., м/с	Значен ие И	Значен ие Е	Значен ие К <sub>И</sub>	Значен ие К <sub>Е</sub>	Значен ие Q <sub>□</sub>
907	6,4	0,149	0,166	1,291	1,166	5,7
1300	9,1	0,162	0,238	1,274	1,128	6,1
1650	11,6	0,178	0,302	1,251	1,098	6,6
2000	14,1	0,201	0,367	1,223	1,072	7,2
2350	16,5	0,228	0,431	1,189	1,051	7,8
2700	19,0	0,262	0,495	1,150	1,034	8,6
3050	21,4	0,302	0,559	1,107	1,022	9,4
3400	23,9	0,349	0,623	1,060	1,014	10,2
3750	26,4	0,405	0,687	1,012	1,010	11,1
4100	28,8	0,471	0,751	0,965	1,010	12,0
4450	31,3	0,549	0,816	0,922	1,015	13,1
4800	33,7	0,642	0,880	0,888	1,025	14,3
5150	36,2	0,754	0,944	0,875	1,038	16,0

## 2.2 Расчет элементов усилителя и рулевой колонки

2.2.1 Расчет момента на рулевом колесе при повороте на месте для рулевого управления Шевроле-Нива без усилителя

2.2.1.1 Момент трения скольжения отпечатка шины по опорной поверхности:

$$M_{\varphi} = 2 \cdot 0,375 \cdot G_k \cdot \varphi \cdot \frac{(S_{ш})^{0,5}}{\eta_{шк}} = 2 \cdot 0,375 \cdot 4027 \cdot 0,8 \cdot \frac{(0,0487)^{0,5}}{0,95} = 635,91 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.52)$$

$G_k$  - нагрузка на одно управляемое колесо;  $G_k = 4027 \text{ Н}$  при конструктивной нагрузке и распределении нагрузки по осям 50/50 %;

$\varphi$  - коэфф-т сцепления колес с дорогой;  $\varphi = 0,8$  (асфальтовое покрытие);

$S_{ш}$  - площадь контактного отпечатка шины;

$$S_{ш} = B \cdot l = 0,205 \cdot 0,2495 = 0,0487 \text{ м}^2 \quad (2.53)$$

$B$ - ширина шины;  $B = 0,205 \text{ м}$  для регламентируемых для Шевроле-Нива шин 205/75 R 15;

$l$  - длина опорной поверхности шины;

$$l = 2 \cdot (r_{ce}^2 - r_{cm}^2)^{0,5} = 2 \cdot (0,381^2 - 0,321^2)^{0,5} = 0,2495 \text{ м} \quad (2.54)$$

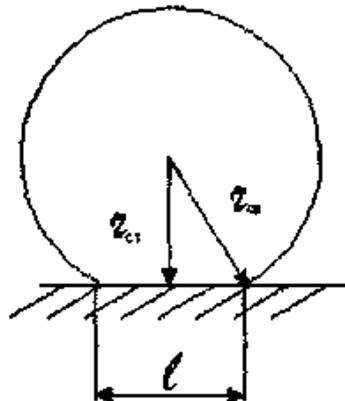


Рисунок 2.1 - К расчету усилия на рулевом колесе при повороте на месте.

$r_{св}$  - свободный радиус шины;  $r_{св} = 0,381$  м для шины 205/75 R 15;

$r_{см}$  - статический радиус шины;  $r_{см} = 0,321$  м при конструктивной нагрузке;

$\eta_{шк}$  - КПД привода;  $\eta_{np} = 0,95$ .

2.2.1.2 Момент сопротивления повороту колеса:

$$M_f = \left| 2 \cdot G_k \cdot f \cdot \frac{(r_u - r_{см} \cdot (\gamma + \beta))}{\eta_{np}} \right| = \left| 2 \cdot 4562,5 \cdot 0,014 \cdot \frac{(0,065 - 0,321 \cdot (0 + 0,2356))}{0,95} \right| = 3,33 \text{ Нм} \quad (2.55)$$

$G_k$  - нагрузка на одно управляемое колесо;  $G_k = 4562,5H$  при конструктивной нагрузке и распределении нагрузки по осям 50/50 %;

$f$  - коэфф-т сопротивления качению;  $f = 0,014$  для асфальтового покрытия;

$r_u$  - длина цапфы колеса;  $r_u = 0,065$  м;

$r_{см}$  - статический радиус шины;  $r_{см} = 0,381$  м при конструктивной нагрузке;

$\gamma$  - угол развала колеса; для Шевроле-Нива  $\gamma = 0^\circ \pm 30^\circ$  принимаем  $\gamma = 0^\circ$ ;

$\beta$  - поперечный угол наклона шкворня;  $\beta = 13^\circ 30' = 0,2356$  радиана;

$\eta_{np}$  - КПД привода;  $\eta_{np} = 0,95$ .

2.2.1.3 Стабилизирующий момент от вертикальной нагрузки на колесах:

$$\begin{aligned} M_{см} &= 2 \cdot G_k \cdot (a + r_{см} \cdot \tan \beta) \cdot \left\{ \frac{1 + \tan^2 \xi}{1 + \tan^2 \xi + \tan^2 \beta} \right\}^{0,5} \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta \cdot \cos \xi \cdot \eta_{np} = \\ &= 2 \cdot 4027 \cdot (-0,01 + 0,321 \cdot \tan 0,2356) \cdot \left\{ \frac{1 + \tan^2 0,026}{1 + \tan^2 0,026 + \tan^2 0,2356} \right\}^{0,5} \cdot \sin 0,2356 \cdot \\ &\cdot \sin 30^\circ \cdot \cos 0,026 \cdot 0,95 = 80,12 \text{ Нм} \end{aligned} \quad (2.56)$$

$G_k$  - нагрузка на одно управляемое колесо;  $G_k = 4027$  Н при конструктивной нагрузке и распределении нагрузки по осям 45/50 %;

$a$  - плечо обкатки; для Шевроле-Нива  $a = +0,02$  м;

$r_{cm}$  - статический радиус шины;  $r_{cm} = 0,321$  м при конструктивной нагрузке;

$\beta$  - поперечный угол наклона шкворня;  $\beta = 0,242$  радиана;

$\xi$  - продольный угол наклона оси шкворня;  $\beta = 3^\circ 30' = 0,061$  радиан;

$\theta$  - средний угол поворота колес; принимаем  $\theta = 30^\circ$ ;

$\eta_{np}$  - кпд привода;  $\eta_{np} = 0,95$ .

#### 2.2.1.4 Суммарный момент сопротивления повороту управляемых колес

$$M_c = M_\varphi + M_f + M_{cm} = 635,91 + 3,33 + 80,12 = 719,36 \text{ Н} \quad (2.57)$$

$M_\varphi$  - момент трения скольжения отпечатка шины по опорной поверхности на одно колесо;  $M_\varphi = 635,91$  Нм по расчету (2.52);

$M_f$  - момент сопротивления повороту колеса;  $M_f = 3,33$  Нм по расчету (2.55);

$M_{cm}$  - стабилизирующий момент от вертикальной нагрузки на колесах;

$M_{cm} = 80,12$  Нм по расчету (2.56).

#### 2.2.1.5 Момент на рулевом колесе

$$M_{pk} = \frac{M_c}{\eta_{py} \cdot u} = \frac{719,36}{0,85 \cdot 20} = 33,85 \text{ Нм} \quad (2.58)$$

$M_c$  - суммарный момент сопротивления повороту управляемых колес;

$$M_c = 390,82 \text{ Н по} \quad (2.57)$$

$\eta_{py}$  - кпд рулевого управления;  $\eta_{py} = 0,85$ ;

$u$  - передаточное число рулевого управления в целом;  $u = 20$ .

### 2.2.1.6 Усилие на рулевом колесе

$$P_{pk} = \frac{M_{pk}}{r_{pk}} = \frac{33,85}{0,19} = 178,16 \text{ Н} \quad (2.59)$$

$M_{pk}$  - момент на рулевом колесе; из формулы (2.2.7)  $M_{pk} = 33,85 \text{ Нм}$ ;  $r_{pk}$  - радиус рулевого колеса; для Шевроле-Нива  $r_{pk} = 0,19 \text{ м}$ .

На рисунке 2.2 представлено изменение величины момента на рулевом колесе в зависимости от угла поворота рулевого колеса для рулевого управления Шевроле-Нива без усилителя и с электрическим усилителем, характеристика компенсации которого описана ниже.

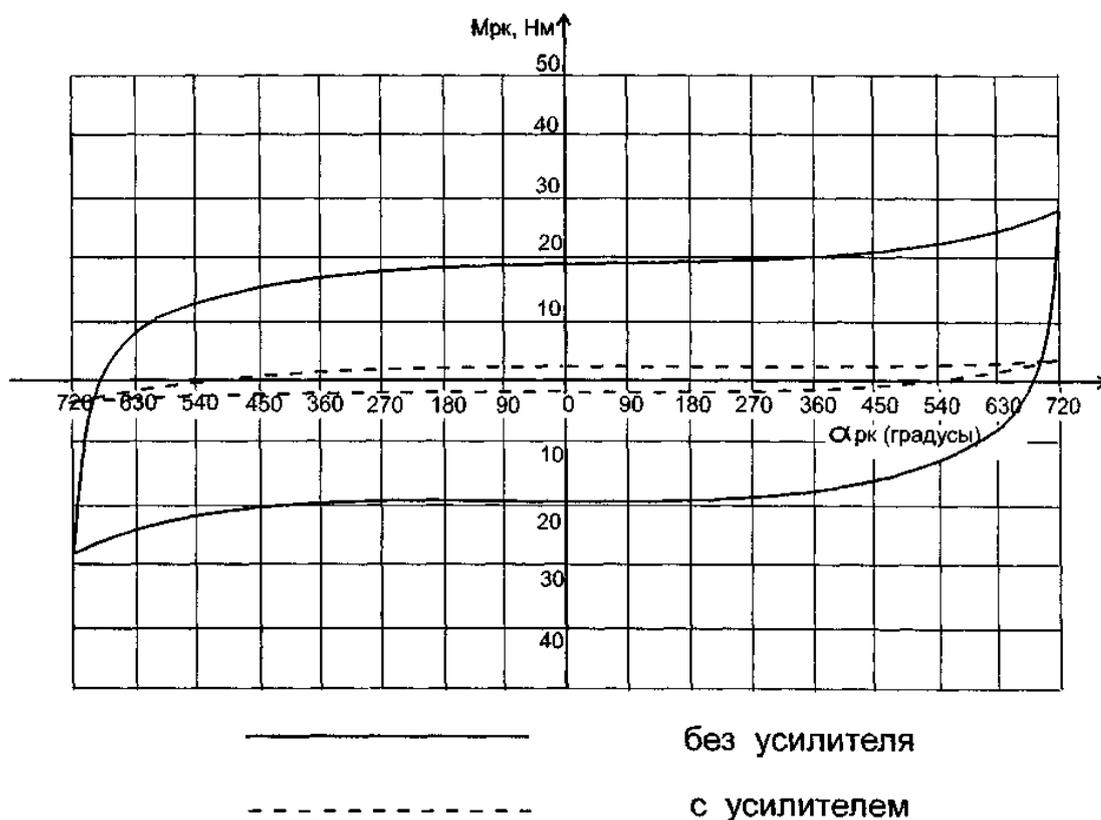


Рисунок 2.2 - Зависимость усилия на рулевом колесе ШЕВРОЛЕ-НИВА (рулевой механизм с переменным передаточным числом) от угла поворота рулевого колеса

### 2.2.2 Расчет червячного редуктора

#### 2.2.2.1 Выбор передаточного числа

Исходя из мощности электродвигателя (250 Вт) и величины требуемого момента компенсации (30 Нм) выбираем передаточное число редуктора  $u = 24$ . Для плавной передачи крутящего момента в переходных режимах принимаем число зубьев червячного колеса  $Z_2 = 48$ , тогда число витков червяка [8]

$$Z_1 = \frac{Z_2}{u} = \frac{48}{24} = 2. \quad (2.60)$$

### 2.2.22 Выбор материалов червячного колеса и червяка

Редуктор должен работать продолжительное время (не менее 8500 часов по техническим требованиям (см. п.2.2.2.1), режим работы неравномерный. Исходя из этого, для червячного колеса принимаем оловянную бронзу Бр. ОФ 6,5-0,15 (ГОСТ 10025-78) с допустимым напряжением растяжения  $\sigma_B = 370$  МПа, метод изготовления колеса - центробежное литье.

Для червяка выбираем сталь 40Х с закалкой ТВЧ до HRC = 50...55 и последующей шлифовкой.

### 2.2.23 Расчет межосевого расстояния редуктора из условия контактной прочности

$$A \geq \left( \frac{Z_2}{q} + 1 \right) \cdot \left\{ \left( 169 \cdot \frac{q}{Z_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{F_k}} \right)^2 \cdot M_2 \cdot K \right\}^{\frac{1}{3}} = \left( \frac{48}{6} + 1 \right) \cdot \left\{ \left( 169 \cdot \frac{6}{48} \cdot \frac{1}{290} \right)^2 \cdot 30000 \cdot 1.3 \right\}^{\frac{1}{3}} = 40.43 \text{ мм} \quad (2.61)$$

$Z_2$  - число зубьев червячного колеса;  $Z_2 = 48$ ;

$q$  - относительная толщина червяка; в целях уменьшения габаритов редуктора принимаем  $q = 6$ ;

$\sqrt{F_k}$  - допускаемые контактные напряжения для червячного колеса:

$$\sigma_{\text{к}}^- = C \cdot \sigma_{\text{в}} \cdot k_{\text{рн}} = 0,9 \cdot 370 \cdot 0,872 = 290 \text{ МПа}, \quad (2.62)$$

$C$  - эмпирический коэфф-т; по данным  $C = 0,9$  для червяков с  $\text{HRC} > 45$ ;

$\sigma_{\text{в}}^-$  - допустимое напряжение растяжения материала колеса; для Бр.ОФ6,5-0,15,  $\sigma_{\text{в}}^- = 370 \text{ МПа}$ ;

$k_{\text{рн}}$  - коэфф-т режима нагрузки;

$$k_{\text{рн}} = \left(\frac{10^6}{N_{\text{ц}}}\right)^{1/8} = \left(\frac{10^6}{3 \cdot 10^6}\right)^{1/8} = 0,872, \quad (2.63)$$

$N_{\text{ц}}$  - число циклов нагружения для редуктора за весь срок службы; по техническим требованиям срок службы усилителя 8500 часов =  $3 \cdot 10^6$  секунд, предполагая один цикл включения в секунду, принимаем  $N_{\text{ц}} = 3 \cdot 10^6$ ;

$M_2$  - наибольший момент на червячном колесе;  
 $M_2 = M_{\text{кoмн}} = 30 \text{ Нм} = 30000 \text{ Нмм}$ ;

$K$  - коэфф-т нагрузки; для неравномерной нагрузки  $K = 1,3$ . Принимаем  $A = 40,5$  без обращения к ГОСТ 2144-66, т.к. редуктор не является самостоятельным агрегатом.

#### 2.2.24 Осевой модуль зацепления

$$m_s = 2 \cdot \frac{A}{(Z_2 + q)} = 2 \cdot \frac{40,5}{48 + 6} = 1,5, \quad (2.64)$$

$A$  - межосевое расстояние редуктора; принято  $A = 40,5 \text{ мм}$ ;  $Z_2$  - число зубьев червячного колеса;  $Z_2 = 48$ ;  $q$  - относительная толщина червяка;  $q = 6$ .

По ГОСТ 2144-66 принимаем  $m_s = 1,5$ .

#### 2.2.25 Основные геометрические размеры червяка

а) диаметр делительной окружности

$$d_{01} = q \cdot m_s = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ мм} \quad (2.65)$$

$q$  - относительная толщина червяка;  $q=6$ ;  $m_s$  - осевой модуль зацепления;

$$m_s = 1,5.$$

б) диаметр выступов

$$D_{el} = m_s \cdot (q+2) = 1,5 \cdot (6+2) = 12 \text{ мм}, \quad (2.66)$$

$m_s$  - осевой модуль зацепления;  $m_s = 1,5$ ;  $q$  - относительная толщина червяка;  $q = 6$ .

в) диаметр по впадинам

$$D_{il} = D_{el} - 2 \cdot h \cdot m_s = 12 - 2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 9 \text{ мм}, \quad (2.67)$$

г) длина нарезанной части

$$L = (11 + 0,06 \cdot Z_2) \cdot m_s = (11 + 0,06 \cdot 48) \cdot 1,5 = 16,7 \text{ мм}, \quad (2.68)$$

$Z_2$  - число зубьев червячного колеса;  $Z_2 = 48$ ;

$m_s$  - осевой модуль зацепления;  $m_s = 1,5$ .

Принимаем зону под закалку  $L_2 = 20$  мм, длину нарезанной части

$L_H = 40$  мм (с учетом технологии).

2.2.26 Основные геометрические размеры червячного колеса

а) диаметр делительной окружности

$$d_{d2} = Z_2 \cdot m_s = 48 \cdot 1,5 = 72 \text{ мм}, \quad (2.69)$$

$Z_2$  - число зубьев червячного колеса;  $Z_2 = 48$ ;

$m_s$  - осевой модуль зацепления;  $m_s = 1,5$ .

б) диаметр выступов

$$D_{el} = m_s (Z_2 + 2) = 1,5 \cdot (48 + 2) = 75 \text{ мм}, \quad (2.70)$$

$m_s$  - осевой модуль зацепления;  $m_s = 1,5$ ;

$Z_2$  - число зубьев червячного колеса;  $Z_2 = 48$ .

в) ширина зубчатого венца

$$0,75 \cdot D_{el} = 0,75 \cdot 75 = 56 \text{ мм} > b, \quad (2.71)$$

из условий компоновки принимаем  $b = 10$  мм.

### 3.2.27 Скорость скольжения

$$V_{ск} = \omega_1 \cdot \frac{d_{д1}}{2000 \cdot \cos \lambda_d} = 336 \cdot \frac{9}{2000 \cdot \cos 26^{\circ}56'28''} = 1,7 \text{ м/с} \quad (2.72)$$

$\omega_1$  - скорость вращения червяка:

$$\omega_1 = \omega_{рк} \cdot u = 14 \cdot 24 = 336 \text{ рад/сек}, \quad (2.73)$$

$\omega_{рк}$  - наибольшая скорость вращения рулевого колеса; принимаем

$\omega_{рк} = 800$  градусов/сек =  $14$  рад/сек;

$u$  - передаточное число редуктора;  $u = 24$ ;

$d_{д1}$  - делительный диаметр червяка;  $d_{д1} = 9$  мм;

$\lambda_d$  - угол подъема витков червяка; принимаем  $\lambda_d = 26^{\circ}56'28''$  для червяка с  $Z_1=2$  и  $q = 6$  по ГОСТ 2144-60.

### 2.2.28 Расчетный коэффициент полезного действия (кпд) передачи

$$\eta = \eta_n^n \cdot \eta_p \cdot \eta_{зз} \cdot \eta_{\omega} = (0,995)^2 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,92 = 0,92, \quad (2.74)$$

$\eta_n$  - КПД одной пары подшипников;  $\eta_n = 0,995$  для подшипников качения;

$n$  - число пар подшипников;  $n = 2$ ;

$\eta_p$  - КПД с учетом потерь на перемешивание смазки;  $\eta_p = 0,99$  для пластической смазки;

$\eta_{зз}$  - КПД с учетом потерь в зубчатом зацеплении; при хорошей приработке зубьев колеса к виткам червяка  $\eta_{зз} = 0,98$ ;

$\eta_{ен}$  - КПД с учетом потерь в винтовой паре:

$$\eta_{ен} = \frac{\operatorname{tg} \lambda_o}{\operatorname{tg}(\lambda_o + p)} = \frac{\operatorname{tg} 26^\circ 56'28''}{\operatorname{tg}(26^\circ 56'28'' + 2^\circ)} = 0,92, \quad (2.75)$$

$\lambda_o$  - угол подъема витков червяка;  $\lambda_o = 26^\circ 56'28''$ ;

$p$  - угол трения; по таблице 8.4 (2) для  $V_{ск} = 1,7$  м/с  $p = 2^\circ$ .

#### 2.2.29 Эквивалентное число зубьев колеса

$$Z_{э2} = Z_2 / \cos^3 \lambda_o = 48 / \cos^3 26^\circ 56'28'' = 67,75, \quad (2.76)$$

$Z_2$  - число зубьев червячного колеса;  $Z_2 = 48$ ;

$\lambda_o$  - угол подъема витков червяка;  $\lambda_o = 26^\circ 56'28''$ .

По таблице 6.6. (2) выбираем коэфф-т формы зуба  $y_{э2} = 0,476$ .

#### 2.2.210 Расчетное напряжение изгиба в основании зуба колеса

$$\sigma_{-lu} = \frac{1,2 \cdot M_2 \cdot K \cdot \gamma}{y_{э2} \cdot m_s \cdot d_{o1} \cdot d_{o2}} = \frac{1,2 \cdot 30000 \cdot 1,3 \cdot 1,3}{0,476 \cdot 1,5 \cdot 9 \cdot 72} = 59,79 \text{ МПа}, \quad (2.77)$$

$M_2$  - наибольший момент на червячном колесе;

$M_2 = M_{кoмn} = 30 \text{ Нм} = 30000 \text{ Нмм}$ ;

$K$  - коэфф-т нагрузки; для неравномерной нагрузки  $K = 1,3$ ;

$\gamma$  - коэффицент износа зубьев; принимаем  $\gamma = 1,3$ ;

$y_{э2}$  - коэфф-т формы зуба;  $y_{э2} = 0,476$ ;

$m_s$  - осевой модуль зацепления;  $m_s = 1,5$ ;

$d_{д1}$  - делительный диаметр червяка;  $d_{д1} = 9$  мм;

$d_{д2}$  - делительный диаметр червячного колеса;  $d_{д2}$  - 72 мм.

### 2.2.211 Допустимое напряжение изгиба

$$[\sigma_{-1}]_{и} = 0,2 \cdot \sigma_B \cdot k_{рн} = 0,2 \cdot 370 \cdot 0,872 = 64,53 \text{ МПа}, \quad (2.78)$$

$\sigma_B$  - допустимое напряжение растяжения для червячного колеса;  $\sigma_B = 370$  МПа;

$k_{рн}$  - коэфф-т режима нагрузки;  $k_{рн} = 0,872$ .

Поскольку  $[\sigma_{-1}]_{и} = 64,53 \text{ МПа} > \sigma_{-1} = 59,79 \text{ МПа}$ , то условие прочности по изгибу зуба червячного колеса выполняется.

### 2.2.31 Расчет ведущего вала электрического усилителя рулевого управления на прочность и угол скручивания.

Проведем расчет верхнего вала рулевого управления на прочность и определим угол закручивания.

Расчетная схема представлена на рисунке 2.3 для упрощения расчетов вал разбит на девять участков.

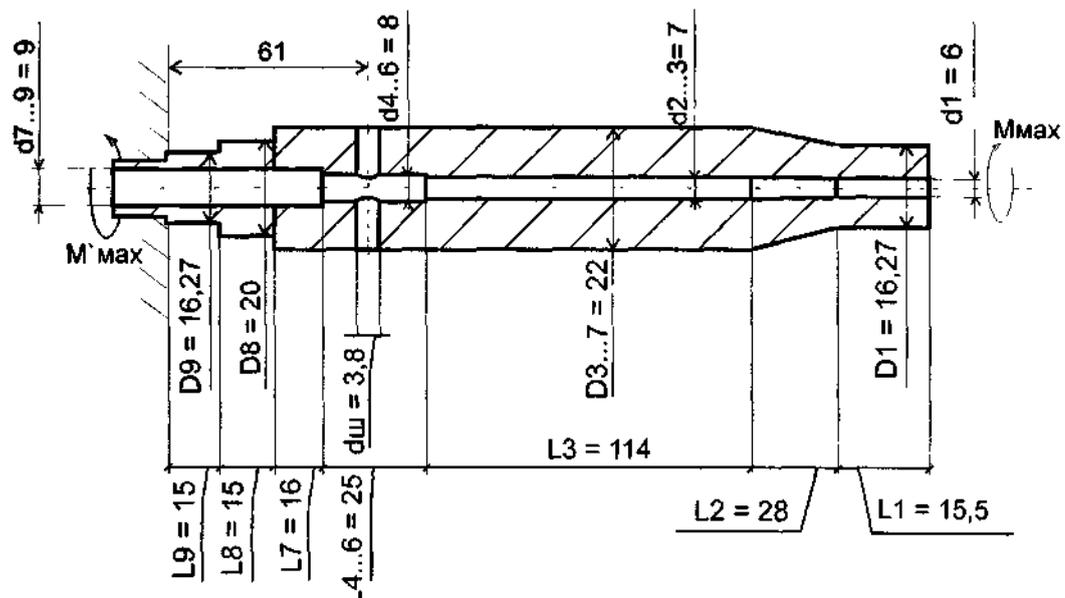


Рисунок 2.3 - Схема для расчета ведущего вала электроусилителя на кручение

Максимальный момент  $M_{\max}$ , нагружающий верхний вал рулевого управления, принимается равным 200 Нм.

Материал рулевого вала - сталь 40Х.

Наибольшее касательное напряжение скручивания на каждом участке:

$$\tau_{\max 1} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_1}{3,14 \cdot (D_1^4 - d_1^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,0163 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,0163^4 - 0,006^4)} = 240 \text{ МПа}, \quad (2.79)$$

$$\tau_{\max 2} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_2}{3,14 \cdot (D_2^4 - d_2^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,01915 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,01915^4 - 0,007^4)} = 148 \text{ МПа}, \quad (2.80)$$

$$\tau_{\max 3} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_3}{3,14 \cdot (D_3^4 - d_2^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,022 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,007^4)} = 96,6 \text{ МПа}, \quad (2.81)$$

$$\tau_{\max 4} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_4}{3,14 \cdot (D_4^4 - d_3^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,022 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,008^4)} = 97,4 \text{ МПа} \quad (2.82)$$

$$\begin{aligned} \tau_{\max 5} &= \frac{M_{\max}}{3,14 \cdot \frac{D_5^3}{16} - b \cdot t \cdot \frac{(D_5 - t)^2}{D_5} - 3,14 \cdot \frac{d_3^3}{16}} = \\ &= \frac{200}{3,14 \cdot \frac{0,022^3}{16} - 0,0038 \cdot 0,008 \cdot \frac{(0,022 - 0,008)^2}{0,022} - 3,14 \cdot \frac{0,008^3}{16}} = 116 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.83)$$

$$\tau_{\max 6} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_7}{3,14 \cdot (D_6^4 - d_3^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,022 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,009^4)} = 98,4 \text{ МПа} \quad (2.84)$$

$$\tau_{\max 7} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_8}{3,14 \cdot (D_7^4 - d_4^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,02 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,009^4)} = 98,4 \text{ МПа} \quad (2.85)$$

$$\tau_{\max 8} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_8}{3,14 \cdot (D_8^4 - d_4^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,02 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,02^4 - 0,009^4)} = 132,8 \text{ МПа} \quad (2.86)$$

$$\tau_{\max 9} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_9}{3,14 \cdot (D_9^4 - d_4^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,01627 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,01627^4 - 0,009^4)} = 261 \text{ МПа} \quad (2.87)$$

$M_{max}$  - наибольший момент на рулевом валу;  $M_{max} = 200\text{Нм}$  при начале движения от бордюра;

$D_{1...9}$  - диаметры соответственного участка вала;  $D_1 = 0,0163$  м (диаметр по впадинам зубьев),  $D_2 = (D_1 + D_3)/2 = (0,0163 + 0,022)/2 = 0,01915$  м,  $D_3 = D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = 0,022$  м,  $D_8 = 0,02$  м,  $D_9 = 0,0163$  м (по впадинам зубьев шлицев);

$d_1, d_2, d_3, d_4$  - внутренний диаметры участков рулевого вала;

$d_1 = 0,006$  м (после обжатия),  $d_2 = d_3 = 0,007$  м;  $d_4 = d_5 = d_6 = 0,008$  м,

$d_7 = d_8 = d_9 = 0,009$  м.

Наибольшее напряжение - на девятом участке (по шлицам):

$\tau_{max9} = 261\text{МПа}$  . Допускаемое нормальное напряжение:

$$\sigma_{\tau} = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{900\text{МПа}}{2,0} = 450\text{МПа} \quad (2.88)$$

$\sigma_T$  - напряжение текучести,  $\sigma_T = 900\text{МПа}$  для стали 40Х (стр. 648 (9));

$n_T$  - запас по напряжению текучести, принимается  $n_T = 2,0$ . Допускаемое напряжение текучести:

$$\sigma_{\tau} = 0,6 \cdot \sigma_{\tau} = 0,6 \cdot 450\text{МПа} = 270\text{МПа} \quad (2.89)$$

$\sigma_{\tau}$  - допустимое нормальное напряжение;  $\sigma_{\tau} = 450\text{МПа}$ .

$\tau_{max1} = 261\text{МПа} < \sigma_{\tau} = 270\text{МПа}$  , следовательно, вал проходит по прочности.

Определим угол закручивания рулевого вала:

$$\varphi = M_{max} \cdot \frac{L}{G \cdot J_p} \quad (2.90)$$

$G$  - модуль упругости второго рода; для Стали 30ХГСА

$G = 7,9 \cdot 10^4\text{МПа}$  (стр.165, табл. 10 (9));

$J_p$  - полярный момент сечения вала:

$$J_p = 3,14 \cdot (D^4 - d^4) / 32, \quad (2.91)$$

$D_i$  - наружный диаметр  $i$  - участка вала, м;

$d_j$  - внутренний диаметр вала, м. Подставляя формулу (2.2.33) в формулу (2.2.32), получаем

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{M_{\max} \cdot L_i \cdot 32}{G \cdot 3,14 \cdot (D_i^4 - d_j^4)} = \frac{200 \cdot L_i \cdot 32}{7,9 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot (D_i^4 - d_j^4)} = \frac{2,58 \cdot 10^{-8} \cdot L_i \cdot 180}{3,14 \cdot (D_i^4 - d_j^4)} = \\ &= \frac{1,48 \cdot 10^{-6} L_i}{D_i^4 - d_j^4} \end{aligned} \quad (2.92)$$

$L_i$  - длина  $i$  - участка вала;  $L_1 = 0,0155$  м,  $L_2 = 0,028$  м,  $L_3 = 0,114$  м,  $L_{4-6} = 0,025$  м;  $L_7 = 0,016$  м,  $L_8 = 0,015$  м,  $L_9 = 0,015$  м;

$D_i$  - наружный диаметр вала;  $D_1 = 0,0163$  м,  $D_2 = 0,01915$  м,  $D_3 = D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = 0,022$  м,  $D_8 = 0,02$  м,  $D_9 = 0,0163$  м (по впадинам зубьев шлицев);

$d_j$  - внутренний диаметр вала;  $d_1 = 0,006$  м (после обжатия),  $d_2 = d_3 = 0,007$  м;  $d_4 = d_5 = d_6 = 0,008$  м,  $d_7 = d_8 = d_9 = 0,009$  м:

$$\varphi_1 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0155}{(0,0163)^4 - (0,006)^4} = 0,331 \text{ градуса} \quad (2.93)$$

$$\varphi_2 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,028}{0,01915^4 - 0,007^4} = 0,314 \text{ градуса}; \quad (2.94)$$

$$\varphi_3 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,114}{0,022^4 - 0,007^4} = 0,728 \text{ градуса}; \quad (2.95)$$

$$\varphi_{4-6} = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,025}{0,022^4 - 0,008^4} = 0,161 \text{ градуса}; \quad (2.96)$$

$$\varphi_7 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6}}{0,022^4 - 0,009^4} = 0,104 \text{ градуса}; \quad (2.97)$$

$$\varphi_8 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,015}{0,02^4 - 0,009^4} = 0,145 \text{ градуса}; \quad (2.98)$$

$$\varphi_9 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,015}{0,0163^4 - 0,009^4} = 0,347 \text{ градуса}. \quad (2.99)$$

Суммарный максимальный угол закручивания вала:

$$\varphi_{\Sigma} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 + \varphi_5 + \varphi_6 + \varphi_7 + \varphi_8 + \varphi_9 = 0,331 + 0,314 + 0,728 + 0,161 + 0,104 + 0,145 + 0,147 = 2,13 \text{ градуса} < [\varphi] = 3 \text{ градуса} \quad (2.100)$$

$[\varphi]$  - допустимый угол закручивания вала,  $[\varphi] = 3$  градуса

2.2.32 Проверка шлицев ведущего вала электрического усилителя рулевого управления на прочность.

Треугольные шлицы проверяют на смятие (см. Рисунок 2.4)

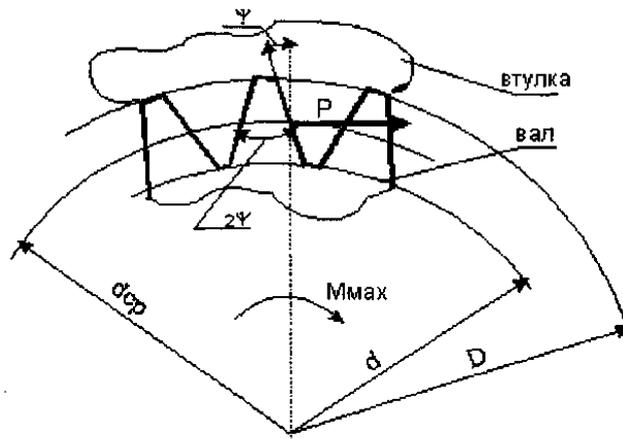


Рисунок 2.4 - Схема к расчету шлицев вала рулевого управления на смятие.

Принимаем, что по боковым поверхностям нагрузка распределена равномерно, из-за неточности изготовления по шагу в зацеплении участвуют 0,75 общего числа зубьев.

Средний диаметр шлицевого соединения:

$$d_{cp} = (D + d) / 2 = (17,43 + 16,27) / 2 = 16,85 \text{ мм}, \quad (2.101)$$

$D$  - диаметр по вершинам шлицев;  $D = 17,43$  мм по чертежу (см. графическую часть);

$d$  - диаметр по впадинам шлицев;  $d = 16,27$  мм по чертежу (см. графическую часть),

а) Расчет шлицев на заднем конце вала (под рулевое колесо).

Усилие, передаваемое одним зубом:

$$P = \frac{2 \cdot M_{\max}}{0.75 \cdot z \cdot d_{cp}} = \frac{2 \cdot 200}{0.75 \cdot 36 \cdot 0.01685} = 879 \text{ Н} \quad (2.102)$$

$M_{\max}$  - максимальный момент, прикладываемый водителем к валу;

$M_{\max} = 200$  Н из требований к рулевой колонке с усилителем;

$z$  - число шлицев;  $z = 36$ ;

$d_{cp}$  - средний диаметр;  $d_{cp} = 16,85$  мм = 0,01685 м.

Площадь смятия:

$$F_{cm} = \frac{1 \cdot (D - d)}{2 \cdot \cos \psi} = \frac{12 \cdot (17.43 - 16.27)}{2 \cdot \sin 40} = 9 \text{ мм}^2 \quad (2.103)$$

$l$ -длина шлицев;  $l = 12$  мм;

$D$  - диаметр шлицев по вершинам;  $D = 17,43$  мм;

$d$  - диаметр шлицев по впадинам;  $d = 16,27$  мм

$\psi$  - половина угла при вершине шлица;  $\psi = 40$  градусов.

Напряжение смятия:

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{F_{cm}} = \frac{879}{9} = 97,8 \text{ МПа} \quad (2.104)$$

$P$  - усилие, передаваемое одним зубом;  $P = 879$  Н по расчету (2.2.37);

$F_{cm}$  - площадь смятия;  $F_{cm} = 9 \text{ мм}^2$  по расчету (2.2.38).

Предельно допустимое напряжение смятия:

$$\sigma_{см} = 2 \cdot \sigma = 2 \cdot 100 = 200 \text{ МПа} \quad (2.105)$$

$\sigma$  - предельно допустимое напряжение сжатия;  $\sigma = 100$  мПа для стали легированной.

$\sigma_{см} = 97,8 \text{ МПа} < \sigma_{см} = 200 \text{ МПа}$ , таким образом, условие прочности на смятие для шлицев под рулевое колесо ведущего вала электрического усилителя рулевого управления выполняется,

б) Расчет шлицев на переднем конце вала (под втулку).

Усилие, передаваемое одним зубом:

$$P = \frac{2 \cdot M_{\max}}{0.75 \cdot z \cdot d_{cp}} = \frac{2 \cdot 170}{0.75 \cdot 36 \cdot 0.01685} = 747 \text{ Н} \quad (2.106)$$

$M_{\max}$  - максимальный момент, передаваемый шлицевым соединением на втулку;  $M_{\max} = 170 \text{ Н}$  при  $M_{\max} = 200 \text{ Нм}$  и моменте на скручивание торсионного вала  $M_{кmax} = 30 \text{ Нм}$  (торсион скручен до предела,  $M_{\max}$  передается с ведущего вала на ведомый через втулку на шлицах);

$z$  - число шлицев;  $z = 36$ ;

$d_{cp}$  - средний диаметр;  $d_{cp} = 16,85 \text{ мм} = 0,01685 \text{ м}$ .

Площадь смятия:

$$F_{см} = l \cdot (D - d) / (2 \cdot \cos \psi) = 8 \cdot (17,43 - 16,27) / (2 \cdot \sin 40) = 7,2 \text{ мм}^2, \quad (2.107)$$

$l$  - рабочая длина шлицев;  $l = 8 \text{ мм}$  по чертежу (см. графическую часть);

$D$ -диаметр шлицев по вершинам;  $D = 17,43 \text{ мм}$ ;

$d$  - диаметр шлицев по впадинам;  $d = 16,27 \text{ мм}$ ;

$\psi$  - половина угла при вершине шлица;  $\psi = 40$  градусов.

Напряжение смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{см}} = \frac{747}{7,2} = 104 \text{ МПа} , \quad (2.108)$$

$P$  - усилие, передаваемое одним зубом;  $P = 747$  Н по расчету (2.2.41);

$F_{см}$  - площадь смятия;  $F_{см} = 7,2 \text{ мм}^2$  по расчету (2.2.42).

Предельно допустимое напряжение смятия:

$$\bar{\sigma}_{см} = 2 \cdot \bar{\sigma} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ МПа} , \quad (2.109)$$

$\bar{\sigma}$  - предельно допустимое напряжение сжатия;  $\bar{\sigma} = 100$  мПа для стали легированной;

$\sigma_{см} = 104 \text{ МПа} < \bar{\sigma}_{см} = 200 \text{ МПа}$  , таким образом, условие прочности на смятие для шлицев под втулку ведущего вала электрического усилителя рулевого управления выполняется.

2.2.33 Расчет требуемой жесткости пружин устройства регулировки рулевой колонки по углу наклона

Жесткость пружин устройства регулировки рулевой колонки по углу наклона должна быть такой, чтобы при расстопоривании стопорного устройства в верхнем положении колонка не упала в нижнее положение без воздействия на нее водителя. [9]

Определим момент от веса рулевой колонки, стремящийся опустить колонку:

$$M_{вс} = G_э \cdot h_1 + G_k \cdot h_2 + G_{рк} \cdot h_3 = 68,67 \cdot 0,097 + 9,81 \cdot 0,176 + 11,77 \cdot 0,286 = 11,75 \text{ Нм} , \quad (2.110)$$

$G_э$ ,  $G_k$  и  $G_{рк}$  - вес соответственно электрического усилителя в сборе, кожуха рулевого управления с замком зажигания в сборе и рулевого колеса:

$$G_э = m_э \cdot g = 7 \cdot 9,81 = 68,67 \text{ Н} , \quad (2.111)$$

$$G_k = m_k \cdot g = 1 \cdot 9,81 = 9,81 \text{ Н} , \quad (2.112)$$

$$G_{pk} = m_{pk} \cdot g = 1,2 \cdot 9,81 = 11,77 \text{ Н}, \quad (2.113)$$

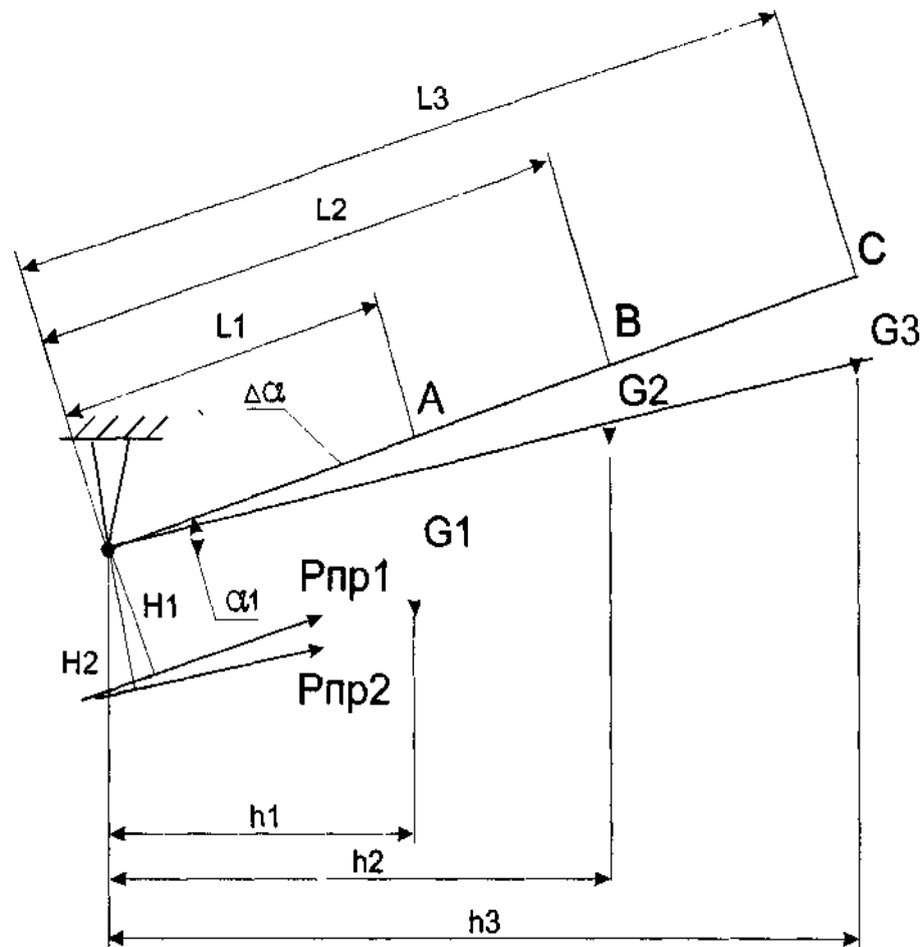


Рисунок 2.5 - К расчету жесткости пружин устройства регулировки рулевой колонки по углу наклона.

$m_э$  - масса электрического усилителя в сборе;  $m_э = 7$  кг;

$m_k$  - масса кожуха рулевой колонки с замком зажигания;  $m_k = 1$  кг;

$m_{pk}$  - масса рулевого колеса;  $m_{pk} = 1,2$  кг

$g$  - ускорение свободного падения;  $g = 9,81$  Н;

$h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  - плечи действия весов соответственно электрического усилителя в сборе, кожуха рулевой колонки с замком зажигания и рулевого колеса:

$$h_1 = L_1 \cdot \cos \alpha_1 = 0,11 \cdot \cos 28,5 = 0,097 \text{ м}, \quad (2.114)$$

$$h_2 = L_2 \cdot \cos \alpha_1 = 0,20 \cdot \cos 28,5 = 0,176 \text{ м}, \quad (2.115)$$

$$h_3 = L_3 \cdot \cos \alpha_1 = 0,325 \cdot \cos 28,5 = 0,286 \text{ м}, \quad (2.116)$$

$L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$  - расстояния от оси поворота рулевой колонки до центра тяжести соответственно электрического усилителя в сборе, кожуха рулевой колонки с замком зажигания и рулевого колеса;  $L_1 = 0,11$  м,  $L_2 = 0,20$ ,  $L_3 = 0,325$  м выбираем по чертежу (см. графическую часть);

$\alpha_1$  - угол наклона оси электроусилителя относительно горизонтали в верхнем положении рулевой колонки;  $\alpha_1 = 28,5^\circ$  по чертежу (см. графическую часть).

Массы элементов и положение их центров масс взяты приблизительно.

Момент действия веса рулевой колонки  $M_{в\text{ес}} = 11,75$  Нм должен быть уравновешен действием двух пружин, жесткость которых требуется определить.

По чертежу (см. графическую часть) определяем плечо действия силы упругости пружин в верхнем и нижнем положении рулевой колонки:  $H_1 = 0,070$ ,  $H_2 = 0,076$  м. Определим силу, с которой каждая пружина должна сопротивляться падению рулевой колонки под действием веса:

$$F_n = \frac{M_{в\text{ес}}}{2 \cdot H} = \frac{11,75}{2 \cdot 0,072} = 81,6 \text{ Н}, \quad (2.117)$$

$M_{в\text{ес}}$  - момент действия веса рулевой колонки;  $M_{в\text{ес}} = 11,75$  Нм по расчету;

$H$  - плечо действия силы упругости пружины; принимаем, что пружины останавливают падение рулевой колонки при деформации 2 мм (полная величина деформации пружины при переводе рулевой колонки из верхнего положения в нижнее составляет 5 мм), при этом плечо действия сил упругости пружин составит  $H = 0,072$  м.

Жесткость пружин (при линейной характеристике):

$$C = \frac{F_n}{\delta} = \frac{81,6}{0,002} = 40800 \text{ Н / м} = 40,8 \text{ кН / м} , \quad (2.118)$$

$F_n$  - сила упругости пружин;  $F_n = 81,6 \text{ Н}$  по расчету (2.2.48);

$\delta$  - величина деформации пружины;  $\delta = 0,002 \text{ м}$ .

Принимаем жесткость пружин  $40 \text{ кН/м}$ .

Усилие, которое должен приложить водитель к рулевому колесу, чтобы опустить рулевую колонку в нижнее состояние:

$$F_{pk} = 2 \cdot \delta_n \cdot C \cdot \frac{H}{L_3} = 2 \cdot 0,003 \cdot 40000 \cdot \frac{0,076}{0,286} = 63,8 \cong 64 \text{ Н} , \quad (2.119)$$

$\delta_n$  - величина, на которую нужно деформировать пружину, чтобы опустить рулевую колонку из положения равновесия в нижнее положение;  $\delta_n = 0,003 \text{ м}$  (т.к. полная деформация  $0,005 \text{ м}$ , начальная деформация  $0,002 \text{ м}$ );

$C$  - жесткость пружин; приняли  $C = 40 \text{ 000 Н/м}$ ;

$H$  - плечо действия силы упругости пружин в нижнем положении;  $H = 0,076 \text{ м}$ ;

$L_3$  - плечо действия силы от водителя;  $L_3 = 0,286 \text{ м}$ .

Жесткость пружины 2123-3403061, используемой в рулевой колонке ШЕВРОЛЕ-НИВА без усилителя, составляет  $9,3 \text{ кН/м}$ , что меньше требуемой  $40 \text{ кН}$ . Следовательно, использовать пружину 2123-3403061 в рулевой колонке с электрическим усилителем рулевого управления при выбранной компоновочной схеме нельзя, требуется изготовление оригинальной. [10]

2.2.34 Нагрузки и напряжения сжатия во втулке распорной оси поворота рулевой колонки.

Сила, воздействующая на втулку при работе усилителя (Рисунок 2.6)

$$R = \frac{M_p}{L} = \frac{30}{0,14} = 214,3 \text{ Н} , \quad (2.120)$$

$M_p$  - наибольший реактивный момент при работе усилителя;

$$M_p = 30 \text{ Нм};$$

$L$  - плечо момента;  $L=0,14$  м по Рисунок 2.6

Удельное давление во втулке (предполагая, что нагрузка распределена по поверхности втулки равномерно):

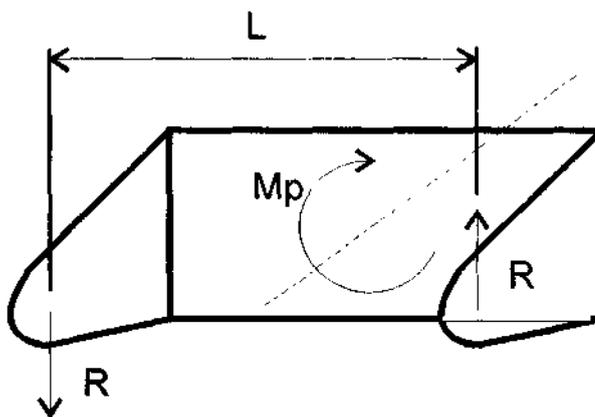


Рисунок 2.6 - К расчету нагрузок на втулке распорной оси поворота рулевой колонки

$$P_y = \frac{R}{S} = \frac{214,3}{0,00004} = 5,35 \text{ МПа}, \quad (2.121)$$

$R$  - сила, действующая на втулку;  $R=214,3$  Н по расчету;

$S$  - площадь втулки, на которую оказывается давление;

$$S = d \cdot l = 0,016 \cdot 0,0025 = 0,00004 \text{ м}^2, \quad (2.122)$$

$d$  - диаметр внутренней поверхности втулки;  $d = 0,016$  м;

$l$  - ширина втулки, подвергающаяся смятию;  $l = 0,0025$  м.

Для втулки колонки ШЕВРОЛЕ-НИВА, изготовленной из угленаполненного полиамида ПА66 допустимое напряжение сжатия  $\bar{\sigma}_- = 70$  МПа (таб.18(9)), следовательно, обеспечивается запас прочности

$$K = \frac{\bar{\sigma}_-}{P_y} = \frac{70}{5,35} = 13. \quad (2.123)$$

Вывод: допускается использование втулки распорной 2123-3403179 в проектируемой рулевой колонке с электрическим усилителем рулевого управления.

### 2.2.35 Расчет усилия затяжки стопорного устройства

Максимальное вертикальное усилие в узле стопорения:

$$F_{\max} = F_1 \cdot \frac{L_1}{L_2} = 200 \cdot \frac{0,354}{0,162} = 437 \text{ Н} , \quad (2.124)$$

$F_1$ - наибольшее вертикальное усилие, приложенное к рулевому колесу;  
 $F_1=200$  Н, что принято на основании опыта специалистами ВАЗа;  $L_1$ - плечо действия силы  $F_1$ ;  $L_1= 0,354$  м по Рисунок 3.7;  $L_2$ -плечо действия силы  $F_{\max}$ ;  $L_2=0,162$ м по Рисунок 2.7.

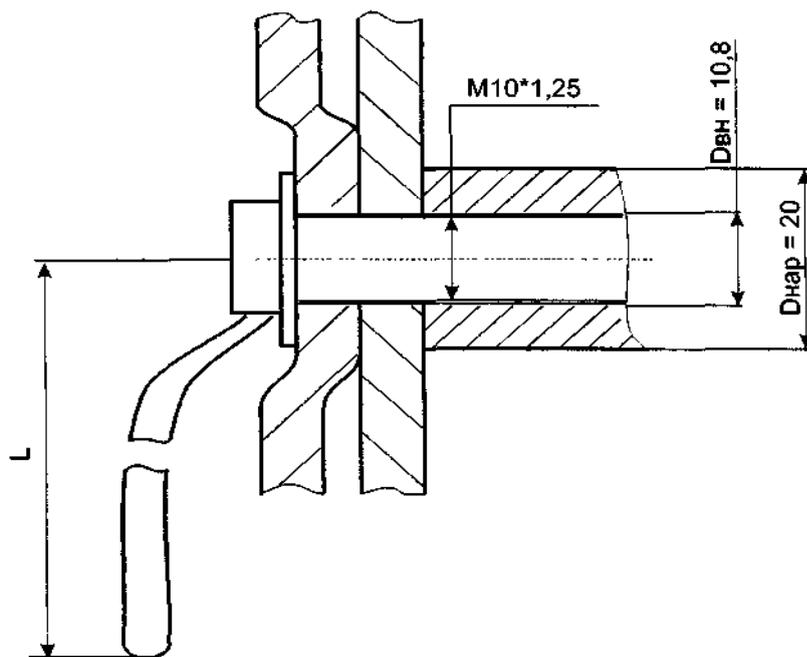


Рисунок 2.7 - Схема к расчету узла стопорения и регулировки положения рулевой колонки

Требуемая величина осевого сжатия:

$$P_{сж} = \frac{F_{\max}}{f \cdot n} = \frac{437}{0,08 \cdot 4} = 1365,6 \text{ Н} , \quad (2.125)$$

$F_{max}$  - максимальное требуемое вертикальное усилие в стопорном устройстве;  $F_{max} = 437$  Н по расчету;

$f$  - коэффициент трения металла по металлу;  $f = 0,08...0,1$ ;  $n$  - число пар трения;  $n = 4$  без учета взаимного трения кронштейнов.

Момент затяжки:

$$M_{зат} = P_{сж} \cdot \frac{0,161 \cdot P + 0,583 \cdot \mu_{общ} \cdot d_2 + 0,25 \cdot \mu_{общ} \cdot (D_{нар} - D_{вн})}{1000} =$$

$$= 1365,6 \cdot \frac{0,161 \cdot 1,25 + 0,583 \cdot 0,17 \cdot 9,188 + 0,25 \cdot 0,17 \cdot (20 - 10,8)}{1000} = 2,05 \text{ Нм}$$
(2.126)

$P_{сж}$  - требуемая величина осевого сжатия;

$P_{сж} = 1365,6$  Н по расчету

$P$  - шаг резьбы;  $P = 1,25$  мм для используемой резьбы;

$\mu_{общ}$  - коэффициент, учитывающий попадание смазки в резьбу; принимаем  $\mu_{общ} = 0,17$ ;

$d_2$  - средний диаметр резьбы; для резьбы М10·1,25  $d_2 = 9,188$  мм;

$D_{нар}$  - наружный диаметр поверхности трения (втулки и шайбы);

$D_{нар} = 20$  мм (см. Рисунок 2.8);

$D_{вн}$  - внутренний диаметр поверхности трения (диаметр отверстия под винт);  $D_{вн} = 10,8$  мм (см. Рисунок 2.8).

Усилие на рукоятке:

$$P_p = \frac{M_{зат}}{L} = \frac{2,05}{0,11} = 18,64 \text{ Н},$$
(2.127)

$M_{зат}$  - момент затяжки;  $M_{зат} = 2,05$  Нм по расчету;

$L$  - длина рукоятки стопорного устройства;  $L = 0,11$  м (рукоятка стопорного устройства рулевой колонки 2123-3403041).

### 2.2.36 Расчет винтов крепления кронштейна к корпусу усилителя

Вследствие возникновения реактивного момента при работе усилителя он будет стремиться провернуться в сторону противоположную вращению

рулевого вала. При этом будут значительно нагружаться винты, соединяющие кронштейн крепления рулевой колонки в сборе с каркасом кузова и корпус усилителя рулевого управления. Винты будут подвергаться воздействию поперечной силы, вызывающей возникновение напряжений среза. Подбираем требуемый диаметр винтов. Максимальный реактивный момент  $M_p = 30$  Нм.[11]

$r_i$  - расстояние от оси выходного вала усилителя до оси винта (см. Рисунок 2.8).

$$r_1 = (x_1^2 + y_1^2)^{0,5} = (52^2 + 20^2)^{0,5} = 55,7 \text{ мм} = 0,0557 \text{ м}, \quad (2.128)$$

$$r_2 = (x_2^2 + y_2^2)^{0,5} = (30^2 + 22^2)^{0,5} = 37,20 \text{ мм} = 0,0372 \text{ м}, \quad (2.129)$$

$$r_3 = (x_3^2 + y_3^2)^{0,5} = (32^2 + 18^2)^{0,5} = 36,72 \text{ мм} = 0,0367 \text{ м}, \quad (2.130)$$

где  $x$  и  $y$  - координаты оси винта (смотри Рисунок 2.8).

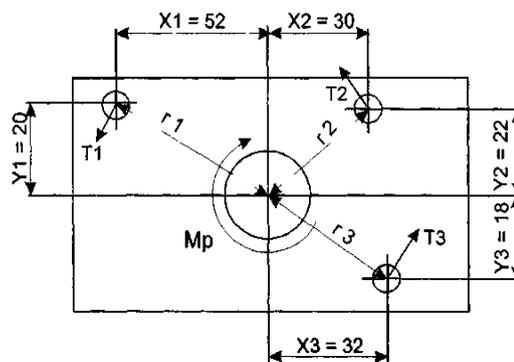


Рисунок 2.8 - Расчетная схема для определения размеров винтов

Наиболее нагружен винт 3, подбираем размер винтов из условия нагруженности всех трех винтов поперечной силой:

$$T = T_3 = M_p / r_3 = 30 \text{ Нм} / 0,0367 \text{ м} = 817,4 \text{ Н}, \quad (2.131)$$

$M_p$  - наибольший реактивный момент при работе усилителя;

$M_p = 30$  Нм;

$r_3$  - расстояние от оси выходного вала усилителя до оси винта 3;  
 $r_{i3}=0,0367\text{м}$ .

Допускаемое напряжение растяжения:

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T}{[n_m]} = \frac{785 \text{ МПа}}{7,5} = 104,67 \text{ МПа} , \quad (2.132)$$

$\sigma_T$  - предел текучести для стали 35Х,  $\sigma_T = 785$  МПа;

$[n_m]$  - коэфф-т прочности;  $[n_m] = 7,5$  из условия, что болты изготовлены из стали, нагрузка на болты переменная, наружный диаметр резьбы находится в интервале 6-16 мм.

Необходимое усилие затяжки винтов:

$$V = \frac{T \cdot k}{f \cdot i \cdot z} = \frac{817,4\text{Н} \cdot 1,5}{0,15 \cdot 1 \cdot 3} = 2724 \text{ Н} = 2,72 \text{ кН} , \quad (2.133)$$

$T$  - поперечное усилие, действующее на каждый винт;  $T = 817,4\text{Н}$ ;

$k$  - коэфф-т запаса по сдвигу деталей;  $k = 1,5$ ;

$f$  - коэфф-т трения,  $f = 0,15$ ;

$i$  - число стыков;  $i = 1$ ;

$z$  - число винтов;  $z = 3$ .

Расчетное усилие затяжки винта

$$V_{\text{расч}} = 1,3 \cdot V = 1,3 \cdot 2,72 \text{ кН} = 3,54 \text{ кН} . \quad (2.134)$$

Внутренний диаметр резьбы:

$$d \geq \frac{4 \cdot V_{\text{расч}}}{(\pi \cdot [\sigma_{\text{доп}}])^{0,5}} = \frac{4 \cdot 3540\text{Н}}{(3,14 \cdot 104,67 \text{ МПа})^{0,5}} \geq 6,56 \text{ мм} . \quad (2.135)$$

Принимаем по ГОСТ 9150-59 резьбу М8.

### 2.2.37 Подбор материала для штифтов соединения вал - торсионный вал

Материал подбирается из условия прочности на срез:  $\sigma_{\text{ср}}^- \geq \tau_{\text{ср}}$

$\sigma_{\text{ср}}^-$  - предельно допустимое напряжение среза:

$$\sigma_{\text{ср}}^- = 0,3 \cdot \sigma_T, \quad (2.136)$$

$\tau_{\text{ср}}$  - напряжение текучести материала штифта;

$\tau_{\text{ср}}$  - напряжение среза в штифте:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot M}{D \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 30}{0,008 \cdot 3,14 \cdot 0,004^2} = 298415518 \text{ Па} = 300 \text{ МПа}, \quad (2.137)$$

$M$  - наибольший крутящий момент, передаваемый шпонкой;

$M = 30 \text{ Нм}$ ;

$D$  - диаметр торсиона;  $D = 0,008 \text{ м}$  (см. Рисунок 2.9);

$d = 0,004 \text{ м}$ .

Из формулы следует:

$$\sigma_T = \frac{\sigma_{\text{ср}}^-}{0,3}. \quad (2.138)$$

Принимая  $\sigma_{\text{ср}}^- = \tau_{\text{ср}} = 300 \text{ МПа}$ ,

где  $\tau_{\text{ср}}$  - напряжение среза;

$\tau_{\text{ср}} = 300 \text{ МПа}$  по формуле; получаем

$$\sigma_T = \frac{\sigma_{\text{ср}}^-}{0,3} = \frac{300}{0,3} = 1000 \text{ МПа} \quad (2.139)$$

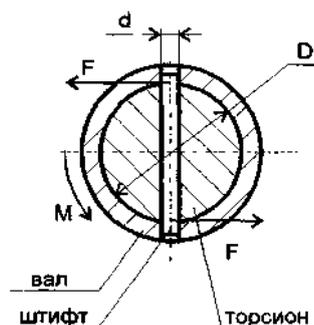


Рисунок 2.9 - К расчету штифтов на срез

## **3 Безопасность и экологичность объекта**

### **3.1 Анализ разработанной конструкции узла с точки зрения**

#### **активной и пассивной безопасности автомобиля.**

При езде по неровностям дорожного покрытия колебания от ведущих колес передаются на рулевое колесо, что создает дискомфортные ощущения у водителя, повышает утомляемость вождения, и снижает управляемость автомобиля, т.е. влияет на пассивную безопасность автомобиля.

В данном дипломном проекте предлагается использовать электроусилитель рулевого управления, который позволяет несколько снизить обратный КПД рулевого управления, т.е. снизить ощущения водителя колебаний исходящих от ведущих колес, но не настолько, насколько снижает его гидроусилитель рулевого управления, при котором практически теряется так называемое чувство дороги и который гораздо дороже в экономическом плане и сложнее с технологической точки зрения. В том числе конструкция электроусилителя позволяет менять усилие на рулевом колесе, вплоть до полного его отключения при езде на высоких скоростях. Использование электроусилителя рулевого управления позволило снизить наибольшее усилие на рулевом колесе при повороте на месте с 33 Н·м до порядка 4,6Н·м, а поскольку нормой усилия на рулевом колесе считается 15 Нм, то данная модернизация отвечает требованиям директивы ЕС70/311 - Усилие на рулевом колесе.[13]

Применение на автомобиле электроусилителя рулевого управления характеризуется повышением комфорта управления автомобилем, снижением утомляемость водителя и вероятности совершения дорожно-транспортного происшествия, также в приводе рулевого управления используется травмобезопасная рулевая колонка, которая при ударе складываясь, защищает водителя от удара о рулевое колесо. Таким образом рассматриваемый вариант рулевого управления отвечает требования директивы ЕС74/297 -

Травмобезопасность рулевого управления.

На территории ВАЗа, в испытательном корпусе автомобили оснащенные, электроусилителем рулевого управления, периодически проходят краш-тесты в соответствии с европейскими правилами ЕЭК ООН N94 /фронтальный удар в деформируемое препятствие с 40 % перекрытием, и испытания на управляемость и устойчивость отвечающим всем техническим требованиям по ОСТ 37.001.471- 88, ОСТ 37.001.487-89.

Таким образом данный электроусилитель рулевого управления отвечает всем перечисленным требованиям и обеспечивает простоту обслуживания, надежную работу, повышает управляемость автомобиля, и его безопасность.

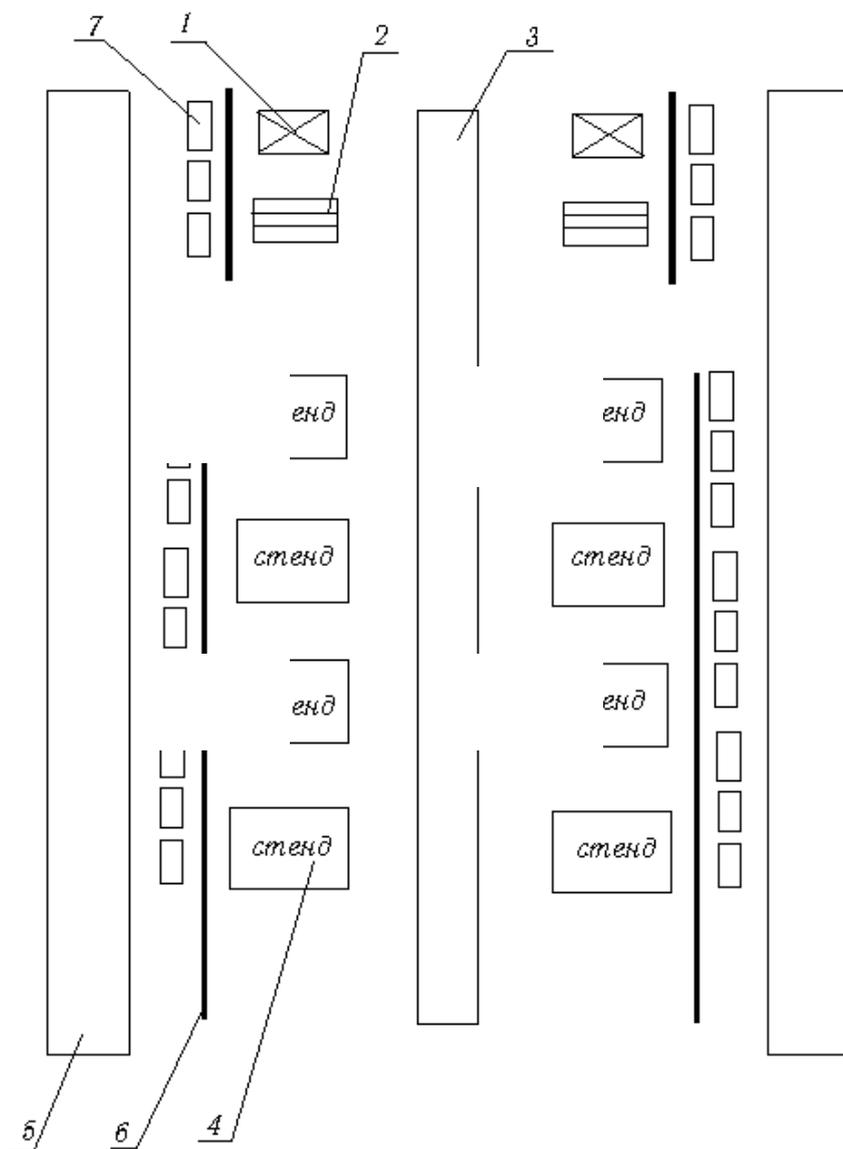
### **3.2 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции**

Сборку электроусилителя рулевого управления планируется расположить на площадях АО "АвтоВАЗ" г.Тольятти.

Таблица 3.1 - Спецификация оборудования, инструментов для производственного участка

Названия технического оснащения рабочего места	Стадии сборки выполняемые с применением данного технического оснащения
Пресс гидравлический	1. Запрессовка подшипника роликового в картер. 2. Запрессовка подшипника шарикового в картер.
Верстак	1. Установка втулки опорной в картер рулевого механизма.

<p>Сборочный стенд для сборки рулевого механизма,  Пневматический гайковерт модели ЦП-3112А  Ключ для гайки упора рейки</p>	<p>1 .сборка рулевого механизма с электроусилителем.  2 .Заворачивание болтов крепления крышки шестерни к картеру, корпуса</p>
---	--



1 – пресс гидравлический, 2 - спецустановка для фиксации деталей, 3 - линия сборки ленточно-конвейерного типа, 4 - спецустановка для сборки узлов, 5 - дорога для поставки боксов с деталями, 6 – забор, 7 - боксы с деталями

Рисунок 3.1 - План участка по сборке электрического усилителя рулевого управления

### 3.3 Опасные и вредные производственные факторы, имеющие место при выполнении операции сборки электрического усилителя рулевого управления.

Таблица 3.2 – Опасные и вредные производственные факторы

Названия вредных факторов	Влияние вредных факторов на организм
<p>Повышенное увеличение уровня шумности.</p> <p>Повышенное увеличение уровня колебательных эффектов.</p> <p>Увеличивающиеся показатели напряжения в электрической сети.</p> <p>Двигающиеся перемещающиеся объекты и элементы на производстве.</p>	<p>Негативное действие на слух, мозг и сердце.</p> <p>Нарушения ориентации мозга, вызывает резонанс, негативно влияет на сердце и сосуды.</p> <p>Температурные электрические бионические</p> <p>Травматичность.</p> <p>Усталость</p>
<p>строта краев деталей и заусенцы на них.</p> <p>Монотонность труда</p>	
<p>Повышенное увеличение уровня шумности</p> <p>Повышенное увеличение уровня колебательных эффектов</p> <p>Увеличиваю</p> <p>щиеся показатели напряжения в электрической сети.</p> <p>Двигающиеся перемещающиеся объекты и элементы на производстве.</p>	<p>Негативное действие на слух, мозг и сердце.</p> <p>Нарушение вестибулярного аппарата, вызывает резонанс, воздействует на сосуды.</p> <p>Термическое электролитическое биологическое</p> <p>Травматизм</p>

Продолжение таблицы 3.2

Названия вредных факторов	Влияние вредных факторов на организм
<p>Острые кромки и заусенцы. Монотонность труда.</p>	<p>Утомляемость, сонливость, снижение внимания.</p>
<p>Физическое перенапряжение</p>	<p>Утомляемость, стресс.</p>
<p>Двигающиеся перемещающиеся объекты и элементы на производстве. Напряжение зрительных анализаторов.</p>	<p>Травматизм. Ухудшение всех систем и органов всего организма человека</p>
<p>Повышенное увеличение уровня шумности.  Повышенное увеличение уровня колебательных эффектов.</p>	<p>Негативное на слух, мозг и сердце. Нарушения вестибулярного аппарата, вызывает резонанс,</p>
<p>Увеличивающиеся показатели напряжения в электрической цепи.  Двигающиеся</p>	<p>воздействует на сосуды. Температурные (ожоги участков тела), электрическое (разложение крови и плазмы), бионические (возбуждение и раздражение тканей)</p>

Продолжение таблицы 3.2

Названия вредных факторов	Влияние вредных факторов на организм
<p>перемещающиеся объекты и элементы на производстве</p> <p>Острота краев деталей и заусенцы на них.</p> <p>Завышенная температура поверхности детали.</p> <p>Повышенная металлическая пыльность.</p> <p>Перегрузка мышц</p> <p>Усталость глаз</p>	<p>организма, как следствие- судорожные сокращения мышц, прекращение деятельности дыхания и кровообращения).</p> <p>Ранения мягких тканей</p> <p>Ранения мягких тканей</p> <p>Обгорание кожи человека-ожоги</p> <p>Раздражители</p> <p>Отравление токсинами,</p> <p>Усталость нервной системы</p> <p>9) Снижение зрения, переутомление глаз, головная боль,раздражительность, нервное перенапряжение, стресс.</p>

### 3.4 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Мероприятия по предотвращению несчастных случаев и стихийных бедствий

- а) сигнал тревоги пожара.
- б) сигнал тревоги о стихиях.

Необходимость заранее проинформированности о предстоящей катастрофе и доставлены в безопасное место. Все электрические устройства должны быть отключены в этом случае.

Меры по нейтрализации разрушений.

Нейтрализация местных пожаров должна начаться работниками с использованием противопожарных средств, сразу после обнаружения пожаров должна быть пожарная охрана и эвакуация незаселенных в пожарной службе работников.

## 4 Экономическая эффективность проекта

Для успешной конкуренции ВАЗа на внутреннем и на мировом рынке проводится ряд мероприятий для повышения конкурентоспособности продукции предприятия.

Целью дипломного проекта является уменьшение усилия на рулевом колесе автомобиля Шевроле-Нива. Использование усилителя рулевого управления позволило снизить наибольшее усилие на рулевом колесе при повороте на месте. Следует заметить, что себестоимость автомобиля, оснащенного электрическим усилителем рулевого управления, ниже себестоимости соответствующего автомобиля с гидравлическим усилителем; кроме того, электрический усилитель имеет еще ряд преимуществ, например, меньшие габариты и возможность изменения момента компенсации от большего количества факторов.

Модернизация осуществляется для перспективного автомобиля, который конкурировал бы на мировом рынке на равных с другими автомобилями зарубежных производителей, поэтому данный автомобиль в любом случае будет комплектоваться усилителем рулевого управления, в следствии чего за базовый вариант будет взят автомобиль с гидроусилителем.

В данном дипломном проекте разработан и спроектирован рулевой механизм типа глобоидный червяк – ролик, с электроусилителем.

#### 4.1 Расчет себестоимости проектируемого узла автомобиля

Таблица 4.1 - Исходные данные

Наименование	Обозначение	Ед.изм.	Значение
Годовая программа выпуска изделия	<i>V<sub>год.</sub></i>	шт.	120000
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	<i>E<sub>соц.н.</sub></i>	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	<i>E<sub>обзав.</sub></i>	%	197
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	<i>E<sub>ком.</sub></i>	%	0,29
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	<i>E<sub>обор.</sub></i>	%	194
Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов	<i>K<sub>тзр.</sub></i>	%	1,45
Коэффициент цеховых расходов	<i>E<sub>цех.</sub></i>	%	172
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	<i>E<sub>инстр.</sub></i>	%	3
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	<i>K<sub>рент.</sub></i>	%	30
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	<i>K<sub>вып.</sub></i>	%	14
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	<i>K<sub>прем.</sub></i>	%	12
Коэффициент возвратных отходов	<i>K<sub>вот.</sub></i>	%	1
Часовая тарифная ставка 5-го разряда	<i>C<sub>p5</sub></i>	руб.	95,29
Часовая тарифная ставка 6-го разряда	<i>C<sub>p6</sub></i>	руб.	99,44
Часовая тарифная ставка 7-го разряда	<i>C<sub>p7</sub></i>	руб.	103,53
Коэффициент капиталообразующих инвестиций	<i>K<sub>инв.</sub></i>	%	0,086

Расчет статьи затрат "Сырьё и материалы"

$$\Sigma M = \Sigma C_{mi} \cdot Q_{mi} + (K_{тзр}/100 - K_{вот}/100) \quad (4.1)$$

где -  $C_{mi}$  - 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, %.

Таблица 4.2 - Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование	Ед. изм	Цена за ед.изм,руб	Норма расхода	Сумма, руб
Литье СЧ-21	кг	145,5	2,54	369,57
Прокат Сталь 3	кг	47,36	2,17	102,77
Поковка 20ХГНМ	кг	130,07	2,98	387,61
Бронза (отходы)	кг	3,1	1,1	3,41
Штамповка Сталь 20	кг	134,72	1,87	251,93
Черные металлы (отходы)	кг	4,7	1,44	6,77
Итого				1122,05
<i>Ктзр</i>		1,45		16,27
<i>Квот</i>		1		11,22
Всего				1149,54

$M = 1149,54$  руб.

Расчет статьи затра "Покупные изделия" производится по формуле:

$$\Sigma P_{и} = \Sigma C_{и} \cdot n_{и} + K_{тзр} / 100 \quad (4.2)$$

где -  $C_{и}$  - оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов

$n_{и}$  - количество покупных изделий и полуфабрикатов  $i$ -го вида, шт.

Таблица 4.3 - Покупные изделия

Наименование	Ед. изм	Цена за ед.,руб	Кол-во, шт	Сумма, руб
Гофр защитный	шт.	157,58	2	315,16
Хомут	шт.	85,54	4	342,16
Колпачек защитный	шт.	15,87	6	95,22
Втулка направляющая	шт.	452,87	2	905,74
Болт крепления	шт.	65,21	4	260,84
Гайка	шт.	25,84	4	103,36
Итого				2022,48
<i>Ктзр</i>		1,45		29,33
Всего				2051,81

$P_{и} = 2051,81$  руб.

Основная заработная плата производственных рабочих

$$Z_o = Z_t (1 + K_{прем} / 100) \quad (4.3)$$

где -  $Z_t$  - тарифная заработная плата, руб.

$$Z_m = C_p \cdot i \cdot T_i \quad (4.4)$$

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

$T_i$  – трудоемкость выполнения операции, час.

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

Таблица 4.4 - Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд работы	Трудоёмкость	Часовая тарифная ставка, руб	Тарифная зарплата, руб
Заготовительная	5	0,87	95,29	82,90
Токарная	6	0,54	99,44	53,70
Фрезерная	5	0,25	95,29	23,82
Термообработка	7	0,35	103,53	36,24
Шлифовальная	5	0,41	95,29	39,07
Сборочная	7	1,17	103,53	121,13
Итого				356,86
$K_{прем}$		12		42,82
Всего				399,68

$$Z_o = 399,68 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата производственных рабочих

$$Z_{доп} = Z_o \cdot K_{вып} \quad (4.5)$$

где -  $K_{вып}$  - коэффициент доплат или выплат

$$Z_{доп} = 399,68 \cdot 0,14 = 55,96 \text{ руб.}$$

Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС

$$C_{соц.н.} = (Z_o + Z_{доп}) \cdot E_{соц.н.} / 100 \quad (4.6)$$

где -  $E_{соц.н.}$  - коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС, %

$$C_{соц.н.} = (399,68 + 55,96) \cdot 0,3 = 136,69 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

$$C_{сод.обор.} = Z_o \cdot E_{обор.} / 100 \quad (4.7)$$

где -  $E_{обор.}$  - коэффициент расходов на содержание

$$C_{\text{сод.обор.}} = 399,68 \cdot 1,94 = 775,38 \text{ руб.}$$

Расчет статьи затрат Цеховые расходы выполняются по формуле:

$$C_{\text{цех}} = Z_0 \cdot E_{\text{цех}} / 100 \quad (4.8)$$

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

$$C_{\text{цех}} = 399,68 \cdot 1,72 = 687,449 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{инстр.}} = Z_0 \cdot E_{\text{инстр.}} / 100 \quad (4.9)$$

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

$$C_{\text{инстр.}} = 399,68 \cdot 0,03 = 11,99 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех.с.с.}} = M + \Pi + Z_0 + C_{\text{соц.н.}} + Z_{\text{доп.}} + C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{инстр.}} \quad (4.10)$$

$$C_{\text{цех.с.с.}} = 1149,54 + 2051,81 + 399,68 + 136,69 + 55,96 + 775,38 + 687,449 + 11,99 = 5268,49 \text{ руб.}$$

Расчет статьи затрат Общезаводские расходы

$$C_{\text{обзав.}} = Z_0 \cdot E_{\text{обзав.}} / 100 \quad (4.11)$$

где -  $E_{\text{обзав.}}$  - коэффициент общезаводских расходов, %

$$C_{\text{обзав.}} = 399,68 \cdot 1,97 = 787,37 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{об.зав.с.с.}} = C_{\text{обзав.}} + C_{\text{цех.с.с.}} \quad (4.12)$$

$$C_{\text{об.зав.с.с.}} = 787,37 + 5268,49 = 6055,86 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ком.}} = C_{\text{об.зав.с.с.}} \cdot E_{\text{ком.}} / 100 \quad (4.13)$$

где -  $E_{\text{ком.}}$  - коэффициент коммерческих расходов

$$C_{\text{ком.}} = 6055,86 \cdot 0,0029 = 17,56 \text{ руб.}$$

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле:

$$\text{Сполн.с.с.} = \text{Соб.зав.с.с.} + \text{Ском.} \quad (4.14)$$

$$\text{Сполн.с.с.} = 6055,86 + 17,56 = 6073,43 \text{ руб.}$$

Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия

$$\text{Цотп.б.} = \text{Сполн.с.с.} \cdot (1 + \text{Крент}/100) \quad (4.15)$$

где - *Крент.* - коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %

$$\text{Цотп.б.} = 6073,43 \cdot (1 + 0,3) = 7895,45 \text{ руб.}$$

Таблица 4.5 - Сравнительная калькуляция себестоимости

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
Стоимость основных материалов	<i>М</i>	1264,50	1149,54
Стоимость покупных изделий	<i>Пи</i>	2051,81	2051,81
Основная заработная плата производственных	<i>Зо</i>	399,68	399,68
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	<i>Здоп.</i>	55,96	55,96
Страховые взносы	<i>Ссоц.н.</i>	136,69	136,69
Расходы на содержание и эксплуатацию	<i>Ссод.обор.</i>	775,38	775,38
Цеховые расходы	<i>Сцех.</i>	687,45	687,45
Расходы на инструмент и оснастку	<i>Синстр.</i>	11,99	11,99
Цеховая себестоимость	<i>Сцех.с.с.</i>	5383,45	5268,49
Общезаводские расходы	<i>Собзав.</i>	787,37	787,37
Общезаводская себестоимость	<i>Соб.зав.с.с.</i>	6170,82	6055,86
Коммерческие расходы	<i>Ском.</i>	17,90	17,56
Полная себестоимость	<i>Сполн.с.с.</i>	6188,71	6073,43
Отпускная цена	<i>Цотп.</i>	8045,33	8045,33

## 4.2 Расчет точки безубыточности

Определение переменных затрат:

$$Z_{\text{перем.уд.б.}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{соц.н.}} \quad (4.16)$$

$$Z_{\text{перем.уд.пр.}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{соц.н.}} \quad (4.17)$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{перем.уд.б.}} &= 1264,50 + 2051,81 + 399,68 + 55,96 + 136,69 = \\ &= 3908,63 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{перем.уд.пр.}} &= 1149,54 + 2051,81 + 399,68 + 55,96 + 136,69 = \\ &= 3793,68 \text{ руб.} \end{aligned}$$

на годовую программу выпуска изделия:

$$Z_{\text{перем.б.}} = Z_{\text{перем.уд.б.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.18)$$

$$Z_{\text{перем.пр.}} = Z_{\text{перем.уд.пр.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.19)$$

где -  $V_{\text{год}}$  - объём производства

$$Z_{\text{перем.б.}} = 3908,63 \cdot 120000 = 469035635,71 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перем.пр.}} = 3793,68 \cdot 120000 = 455241101,38 \text{ руб.}$$

Определение постоянных затрат:

$$Z_{\text{пост.уд.б.}} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{обзав.}} + C_{\text{ком.}} \quad (4.20)$$

$$Z_{\text{пост.уд.пр.}} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{обзав.}} + C_{\text{ком.}} \quad (4.21)$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{пост.уд.б.}} &= 775,38 + 11,99 + 687,45 + 787,37 + 17,90 = \\ &= 2280,08 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{пост.уд.пр.}} &= 775,38 + 11,99 + 687,45 + 787,37 + 17,56 = \\ &= 2279,75 \text{ руб.} \end{aligned}$$

на годовую программу выпуска изделия:

$$Z_{\text{пост.б.}} = Z_{\text{пост.уд.б.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.22)$$

$$Z_{\text{пост.пр.}} = Z_{\text{пост.уд.пр.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.23)$$

$$З_{\text{пост.б.}} = 2280,08 \cdot 120000 = 273609915,77 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пост.пр.}} = 2279,75 \cdot 120000 = 273569911,62 \text{ руб.}$$

Определение амортизационных отчислений:

$$А_{\text{м.уд.}} = (С_{\text{сод.обор.}} + С_{\text{инстр.}}) \cdot Н_A / 100 \quad (4.24)$$

где -  $H_A$  - доля амортизационных отчислений, %

$$H_A = 12 \%$$

$$А_{\text{м.уд.}} = (775,38 + 11,99) \cdot 12 / 100 = 94,48 \text{ руб.}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия:

$$С_{\text{полн.год.пр.}} = С_{\text{полн.с.с.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.25)$$

$$С_{\text{полн.год.пр.}} = 6073,43 \cdot 120000 = 728811012,99 \text{ руб.}$$

Расчет выручки от реализации изделия:

$$В_{\text{ыручка}} = Ц_{\text{отп.пр.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.26)$$

$$В_{\text{ыручка}} = 8045,33 \cdot 120000 = 965439216,92 \text{ руб.}$$

Расчет маржинального дохода:

$$Д_{\text{марж.}} = В_{\text{ыручка}} - З_{\text{перем.пр.}} \quad (4.27)$$

$$Д_{\text{марж.}} = 965439216,92 - 455241101,38 = 510198115,55 \text{ руб.}$$

Расчет критического объема продаж:

$$А_{\text{крит.}} = З_{\text{пост.пр.}} / (Ц_{\text{отп.пр.}} - З_{\text{перем.уд.пр.}}) \quad (4.28)$$

$$А_{\text{крит.}} = 273569911,62 / (8045,33 - 3793,68) = 64344,40 \text{ руб.}$$

$$А_{\text{крит.}} = 64345 \text{ руб.}$$

### График точки безубыточности

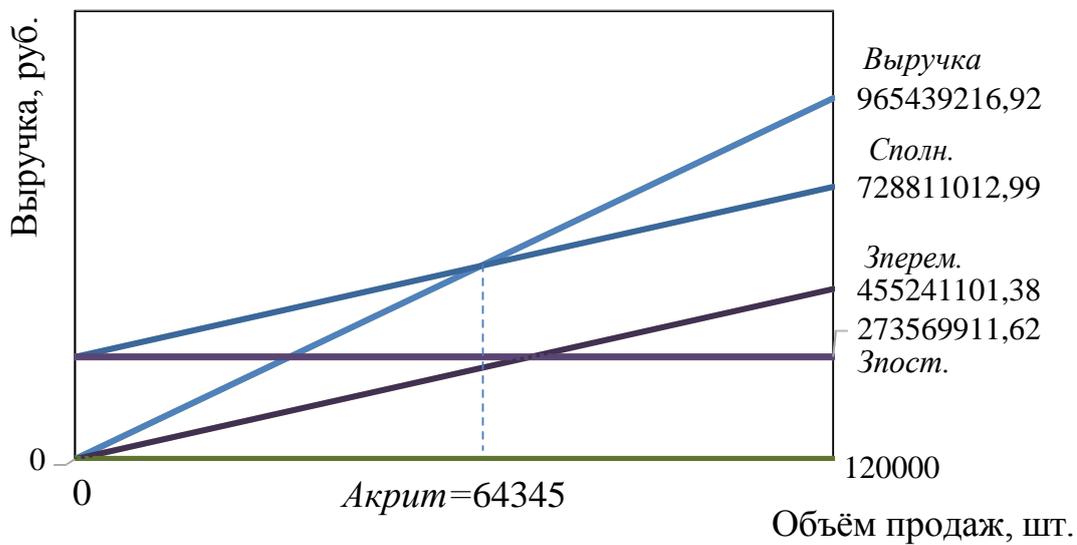


Рисунок 4.1 - График точки безубыточности

### 4.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

$$\Delta = \frac{V_{\text{мак}} - A_{\text{крит}}}{n - 1} \quad (4.29)$$

где –  $V_{\text{мак}} = V_{\text{год}}$  – максимальный объём продукции, шт.

$A_{\text{крит}}$  – критический объём продаж проектируемого изделия, шт.

$n$  – количество лет, с учётом предпроектной подготовки.

$$\Delta = \frac{120000 - 64345}{6 - 1} = 11131 \text{ шт.}$$

Объём продаж по годам:

$$V_{\text{прод.}i} = A_{\text{крит}} + i\Delta \quad (4.30)$$

где –  $V_{\text{прод.}i}$  – объём продаж в  $i$  - году, шт.

$$V_{\text{прод.}1} = 64345 + 1 \cdot 11131 = 75476 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}2} = 64345 + 2 \cdot 11131 = 86607 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}3} = 64345 + 3 \cdot 11131 = 97738 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}4} = 64345 + 4 \cdot 11131 = 108869 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{прод.}5} = 64345 + 5 \cdot 11131 = 120000 \text{ шт.}$$

Выручка по годам:

$$\text{Выручка.}i = \text{Цотп.} \cdot V_{\text{прод.}i} \quad (4.31)$$

$$\text{Выручка.}1 = 8045,33 \cdot 75476 = 607229086,14 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка.}2 = 8045,33 \cdot 86607 = 696781618,83 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка.}3 = 8045,33 \cdot 97738 = 786334151,53 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка.}4 = 8045,33 \cdot 108869 = 875886684,23 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка.}5 = 8045,33 \cdot 120000 = 965439216,92 \text{ руб.}$$

Переменные затраты по годам

для базового варианта:

$$З_{перем.б.i} = З_{перем.уд.б.} \cdot V_{прод.i} \quad (4.32)$$

$$З_{перем.б.1} = 3908,63 \cdot 75476 = 295007780,34 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.б.2} = 3908,63 \cdot 86607 = 338514744,18 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.б.3} = 3908,63 \cdot 97738 = 382021708,03 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.б.4} = 3908,63 \cdot 108869 = 425528671,87 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.б.5} = 3908,63 \cdot 120000 = 469035635,71 \text{ руб.}$$

для проектного варианта:

$$З_{перем.пр.i} = З_{перем.уд.пр.} \cdot V_{прод.i} \quad (4.33)$$

$$З_{перем.пр.1} = 3793,68 \cdot 75476 = 286331478,06 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.пр.2} = 3793,68 \cdot 86607 = 328558883,89 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.пр.3} = 3793,68 \cdot 97738 = 370786289,72 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.пр.4} = 3793,68 \cdot 108869 = 413013695,55 \text{ руб.}$$

$$З_{перем.пр.5} = 3793,68 \cdot 120000 = 455241101,38 \text{ руб.}$$

Амортизация (определяется только для проектного варианта):

$$Ам. = Ам.уд. \cdot V_{год} \quad (4.34)$$

$$Ам. = 94,48 \cdot 120000 = 11338114,52 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость по годам

для базового варианта:

$$С_{полн.б.i} = З_{перем.б.i} + З_{пост.б} \quad (4.35)$$

$$С_{полн.б.1} = 295007780,34 + 273609915,77 = 568617696,11 \text{ руб.}$$

$$С_{полн.б.2} = 338514744,18 + 273609915,77 = 612124659,95 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполн.б.3} = 382021708,03 + 273609915,77 = 655631623,79 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполн.б.4} = 425528671,87 + 273609915,77 = 699138587,64 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполн.б.5} = 469035635,71 + 273609915,77 = 742645551,48 \text{ руб.}$$

для проектного варианта:

$$\text{Сполн.пр.}i = \text{Зперем.пр.}i + \text{Зпост.пр.} \quad (4.36)$$

$$\text{Сполн.пр.1} = 286331478,06 + 273569911,62 = 559901389,68 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполн.пр.2} = 328558883,89 + 273569911,62 = 602128795,51 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполн.пр.3} = 370786289,72 + 273569911,62 = 644356201,34 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполн.пр.4} = 413013695,55 + 273569911,62 = 686583607,17 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполн.пр.5} = 455241101,38 + 273569911,62 = 728811012,99 \text{ руб.}$$

Налогооблагаемая прибыль по годам:

$$\text{Пр.обл.}i = (\text{Выручка} - \text{Сполн.пр.}i) - (\text{Выручка} - \text{Сполн.б.}i) \quad (4.37)$$

$$\text{Пр.обл.1} = (607229086,14 - 559901389,68) - (607229086,14 - 568617696,11) = 8716306,43 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.2} = (696781618,83 - 602128795,51) - (696781618,83 - 612124659,95) = 9995864,44 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.3} = (786334151,53 - 644356201,34) - (786334151,53 - 655631623,79) = 11275422,46 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.4} = (875886684,23 - 686583607,17) - (875886684,23 - 699138587,64) = 12554980,47 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.обл.5} = (965439216,92 - 728811012,99) - (965439216,92 - 742645551,48) = 13834538,48 \text{ руб.}$$

Налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам

$$\text{Нпр.}i = \text{Пр.обл.}i \cdot 0,20 \quad (4.38)$$

$$\text{Нпр.1} = 8716306,43 \cdot 0,20 = 1743261,29 \text{ руб.}$$

$$\text{Нпр.2} = 9995864,44 \cdot 0,20 = 1999172,89 \text{ руб.}$$

$$Нпр.3 = 11275422,46 \cdot 0,20 = 2255084,49 \text{ руб.}$$

$$Нпр.4 = 12554980,47 \cdot 0,20 = 2510996,09 \text{ руб.}$$

$$Нпр.5 = 13834538,48 \cdot 0,20 = 2766907,70 \text{ руб.}$$

Прибыль чистая по годам

$$Пр.ч.i = Пр.обл.i - Нпр.i \quad (4.39)$$

$$Пр.ч.1 = 8716306,43 - 1743261,29 = 6973045,14 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч.2 = 9995864,44 - 1999172,89 = 7996691,55 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч.3 = 11275422,46 - 2255084,49 = 9020337,97 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч.4 = 12554980,47 - 2510996,09 = 10043984,38 \text{ руб.}$$

$$Пр.ч.5 = 13834538,48 - 2766907,70 = 11067630,79 \text{ руб.}$$

Расчет экономии от повышения надежности

$$Пр.ож.д. = Цотп. \cdot Д2/Д1 - Цотп. \quad (4.40)$$

где -  $Д1$  и  $Д2$  - долговечность изделия

$$Д1 = 100000 \text{ циклов}$$

$$Д2 = 120000 \text{ циклов}$$

$$Пр.ож.д. = 8045,33 \cdot 120000 / 100000 - 8045,33 = 1609,07 \text{ руб.}$$

Следовательно, текущий чистый доход (накопленное сальдо) составит:

$$ЧДi = Пр.ч.i + Ам + Пр.ож.д. \cdot Vпрод.i \quad (4.41)$$

$$ЧД1 = 6973045,14 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 75476 = 139756976,89 \text{ руб}$$

$$ЧД2 = 7996691,55 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 86607 = 158691129,84 \text{ руб}$$

$$ЧД3 = 9020337,97 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 97738 = 177625282,79 \text{ руб}$$

$$ЧД4 = 10043984,38 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 108869 = 196559435,75 \text{ руб}$$

$$ЧД5 = 11067630,79 + 11338114,52 + 1609,07 \cdot 120000 = 215493588,70 \text{ руб}$$

Дисконтирование денежного потока.

$$\alpha_{ti} = 1/(1 + Ecm.i)t \quad (4.42)$$

где -  $Ecm.i$  - процентная ставка на капитал

$t$  - год приведения затрат и результатов

$$Ecm. = 5 \%$$

$$\alpha_1 = 0,952 \quad \alpha_2 = 0,907 \quad \alpha_3 = 0,864 \quad \alpha_4 = 0,823 \quad \alpha_5 = 0,783$$

$$ДСП_i = ЧД_i \cdot \alpha_i \quad (4.43)$$

$$ДСП_1 = 139756976,89 \cdot 0,952 = 133048642,00 \text{ руб.}$$

$$ДСП_2 = 158691129,84 \cdot 0,907 = 143932854,77 \text{ руб.}$$

$$ДСП_3 = 177625282,79 \cdot 0,864 = 153468244,33 \text{ руб.}$$

$$ДСП_4 = 196559435,75 \cdot 0,823 = 161768415,62 \text{ руб.}$$

$$ДСП_5 = 215493588,70 \cdot 0,783 = 168731479,95 \text{ руб.}$$

Суммарное дисконтированное сальдо суммарного потока

$$\Sigma ДСП = \Sigma ДСП_i \quad (4.44)$$

$$\Sigma ДСП = 133048642,00 + 143932854,77 + 153468244,33 +$$

$$+ 161768415,62 + 168731479,95 = 760949636,67 \text{ руб.}$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях составляет:

$$J_0 = K_{инв} \cdot \Sigma Сполн.пр.i \quad (4.45)$$

где -  $K_{инв}$ . – коэффициент капиталобразующих инвестиций.

$$J_0 = 0,086 \cdot ( 559901389,68 + 602128795,51 + 644356201,34 +$$

$$+ 686583607,17 + 728811012,99 ) = 277073166,57 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход равен:

$$\text{ЧДД} = \Sigma \text{ДСП} - J_0 \quad (4.46)$$

$$\text{ЧДД} = 760949636,67 - 277073166,57 = 483876470,10 \text{ руб.}$$

Индекс доходности определяется по следующей формуле:

$$JD = \text{ЧДД} / J_0 \quad (4.47)$$

$$JD = 483876470,10 / 277073166,57 = 1,75$$

Срок окупаемости проекта

$$\text{Токуп.} = J_0 / \text{ЧДД} \quad (4.48)$$

$$\text{Токуп.} = 277073166,57 / 483876470,10 = 0,57$$

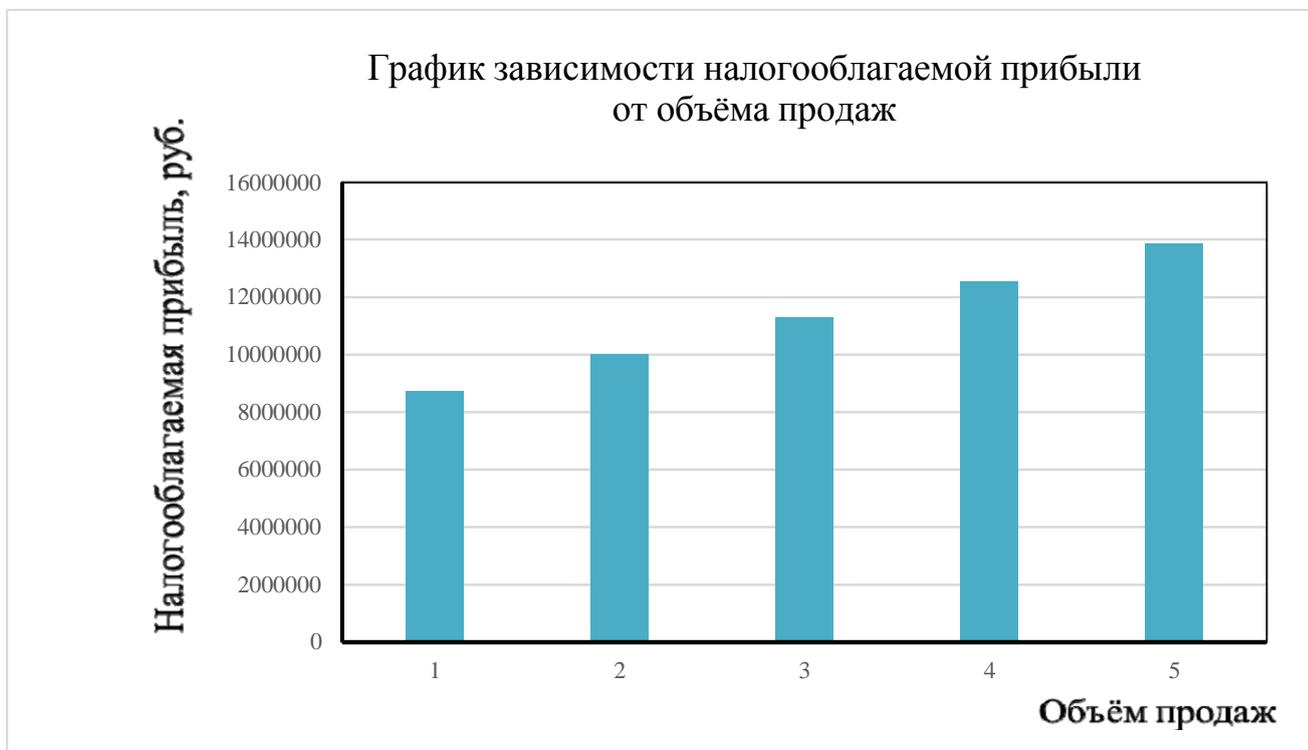


Рисунок 4.2 - График зависимости налогооблагаемой прибыли от объёма продаж.

## Выводы и рекомендации

В результате проведения совокупности конструкторских мероприятий увеличился ресурс проектируемого узла автомобиля при одновременном положительном экономическом эффекте  $ID = 1,75$  .

При расчете экономических показателей по внедрению проектного узла автомобиля в массовое производство было определено, что себестоимость проектного варианта ниже, чем себестоимость для базового варианта, и в результате увеличения ресурса проектной конструкции ожидается увеличение продаж, что является положительным экономическим показателем. Для этого произведен расчет на общественную эффективность проекта и была вычислена ожидаемая прибыль от внедрения проекта в производство.

Чистый дисконтированный доход от внедрения модернизированного узла автомобиля составляет 483876470,10 рублей.

Срок окупаемости данного проекта равен 0,57 года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его применении в новых конструкциях автомобилей.

Таблица 4.6 - Показатели коммерческой эффективности проекта

Наименование показателей	Годы					
	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Объем продаж V <sub>прод.</sub> (шт)		75476	86607	97738	108869	120000
Отпускная цена за единицу		8045,33				
Выручка.н.		607229	696782	786334	875887	965439
Переменные затраты (тыс. руб)		295008	338515	382022	425529	469036
Зперем.н.		286331	328559	370786	413014	455241
Амортизация, Ам (тыс. руб.)		11338				
Постоянные затраты,(тыс. руб)		273610				
Зпост.н.		273570				
Полная себестоимость, (тыс.		568618	612125	655632	699139	742646
Спол.н.		559901	602129	644356	686584	728811
Налогооблагаемая прибыль, б		38611	84657	130703	176748	222794
Налогооблагаемая прибыль, н		47328	94653	141978	189303	236628
Налог на прибыль, б (тыс. руб)		7722	16931	26141	35350	44559
Налог на прибыль, н		9466	18931	28396	37861	47326
Прибыль чистая, б		30889	67726	104562	141398	178235
Прибыль чистая, н		37862	75722	113582	151442	189303
Чистый поток реальных денег		139757	158691	177625	196559	215494
Коэф дисконтир at1 при Ест.1		0,952	0,907	0,864	0,823	0,783
Чистый дисконтированный		133049	143933	153468	161768	168731
Капиталообразующие	277073					
дисконтированный поток реальных денег. сумма ЧДД		483876				
Индекс доходности,JD		1,75				
Срок окупаемости проекта		0,57				

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Выводы:

- предложены требования к электрическому усилителю рулевого управления;
- проведена адаптация электрического усилителя рулевого управления
- проведены прочностные расчеты измененных элементов рулевой колонки и электрического усилителя рулевого управления;
- разработан технологический процесс сборки редуктора усилителя рулевого управления;
- разработаны меры по обеспечению экологической безопасности работ по сборке электрического усилителя рулевого управления.

### Предложения:

Дальнейшие работы следует вести в более подробной и многовариантной (под конкретные группы потребителей) разработке требований к характеристикам компенсации и стабилизации управляемых колес, обеспечиваемым электрическим усилителем рулевого управления с возможностью перепрограммирования блока управления. Требуется решение и размещение блока управления и электрических разъемов усилителя. Развитие микроэлектроники уже позволяет разместить блок управления на корпусе электрического усилителя; в связи с этим рекомендуется передавать сигналы с датчиков усилителя на блок управления и питание с блока управления на электродвигатель усилителя без проводов (блок управления оснащается разъемом, жестко подключающимся к разъему усилителя). Эти работы повысят потребительские качества рулевого управления, надежность его работы и компактность, возможно снижение стоимости электрического усилителя. Следует заметить, что электрический усилитель рулевого управления потребует нового генератора большей мощности и аккумуляторной батареи большей емкости.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, - М. : Машиностроение, 2004. - 704 с: ил. - Библиогр. : с. 696. – Прил. : с. 483-695.
2. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. - Тольятти: ТолПИ, 2001.-40 с: ил. - Библиогр. : с. 39.
3. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. Легковые автомобили. / Б.В. Кисуленко, – М. : Автополис-плюс, 2005. - 482 с.
4. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П. Лукин;. – М. : Машиностроение, 1984. -376 с.
5. Анурьев, В.И. Справочник технолога машиностроителя / В.И. Анурьев;. – М. : Машиностроение, 1980. – 688 с.
6. Егоров, А.Г. Методические указания к выполнению дипломных проектов технического направления / А.Г. Егоров;. - Тольятти 1988. - 35 с.
7. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасности труда на производстве / Л.Н. Горина;. - Тольятти 2002. – 34 с.
8. Капрова, В.Г. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов специальности 150100 – “Авто-мобиле- и тракторостроение”. / В.Г.Капрова;. Тольятти: ТГУ. 2003. – 50 с.
9. Куклин, Н.Г. Детали машин / Н.Г. Куклин;. – М. : Высшая школа, 1973. - 384с.
10. Кузнецов, Б.А Краткий автомобильный справочник / Б.А. Кузнецов. - М. : Транспорт, 1984. – 250 с.
11. Гришкевич, А.И. Конструкция, конструирование и расчет автомобиля / А.И. Гришкевич;. - М. : Высшая школа, 1987.–377 с.
12. Малкин, В.С. Конструкция и расчет автомобиля / В.С. Малкин; - КуАИ, 1978. – 195 с.
13. Лысов, М.И. Машиностроение / М.И. Лысов;. - М. :

Машиностроение, 1972.-233 с.

14. Осепчугов, В.В.; Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета / В.В. Осепчугов; А.К. Фрумкин; - М. : Машиностроение, 1989.-304с.
15. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко; - Киев: Наукова думка, 1988.-736с.
16. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 39, 2003; Информационный фонд НТЦ "Система".
17. Раскин, А.М., Основы расчета и указания к дипломному проектированию агрегатов шасси автомобиля / А.М. Раскин; А.Ф. Яшин; - Саратов: Ротапринт, 1975.-68с.
18. Родионов, В. Ф., Легковые автомобили / В.Ф. Родионов; Б.М. Фиттерман; - М. : Машиностроение, 1971.-376с.
19. Фчеркан, Н. С. Детали машин. Справочник. Т.3. / Н.С. Фчеркан;. - М. : Машиностроение, 1969. – 355с.
20. Чайковский, И.П. Рулевые управления автомобилей / И.П. Чайковский; П.А. Саломатин;. - М. : Машиностроение, 1987.-176с.
21. Duna, Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car system using random road profile / Tariq Yaseen, Duna;. - International Journal of Energy and Environment, 2016. – 97s.
22. Jan, Ziobro. Analysis of element car body on the example silentblock / Ziobro Jan;. - Advances in Science and Technology Research Journal, 2015. - 37s.
23. Lucian, Roman, Mathematical model and software simulation of system from opel cars / Roman, Lucian;. - Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014. -77s.
24. Dainius, Luneckas. Vilius Bartulis, Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Luneckas, Dainius. Bartulis, Vilius;. - Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. -85s.
25. Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - Ingeniería e

Investigación, 2016. – 137s.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Графики тягово-динамического расчета

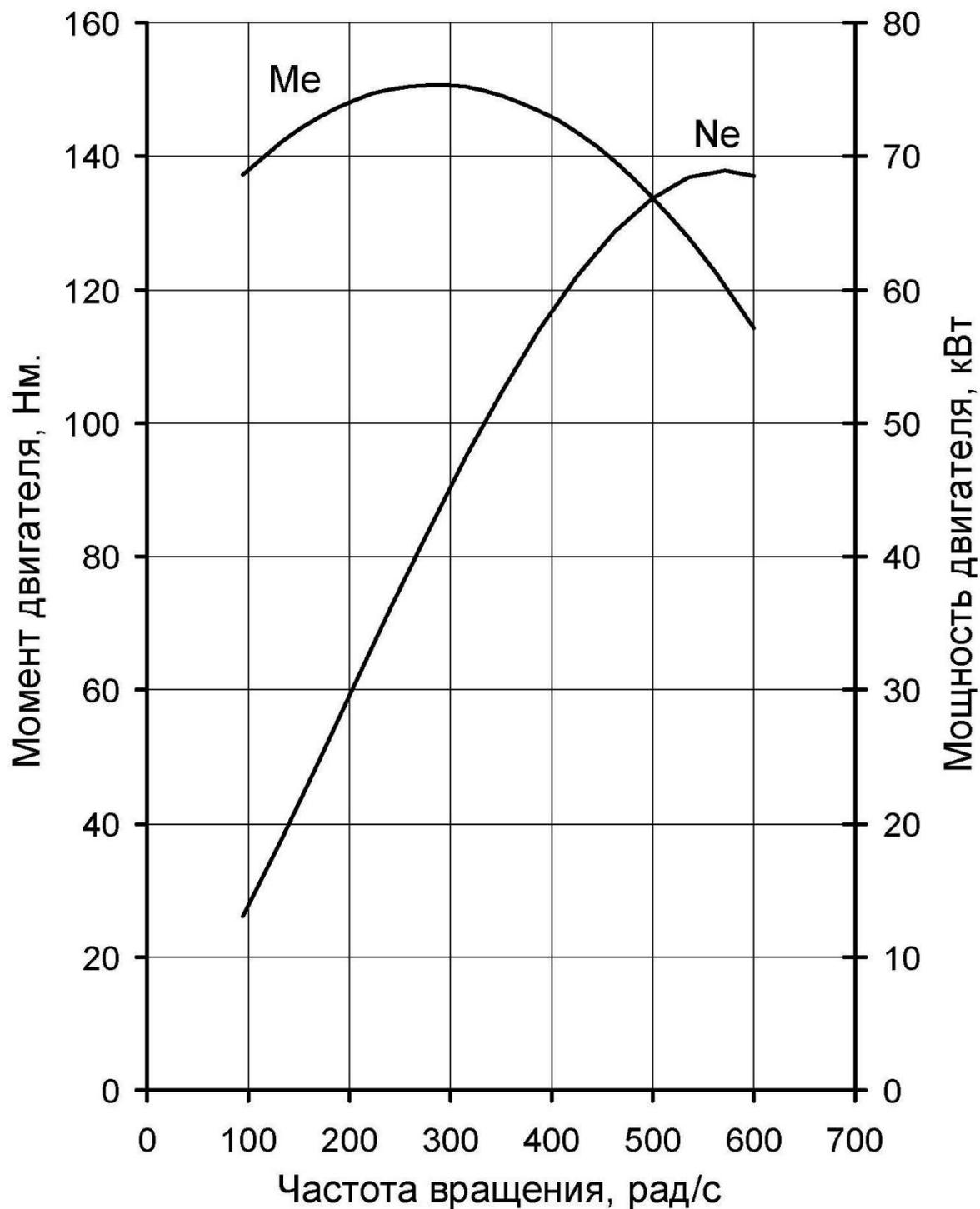


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика

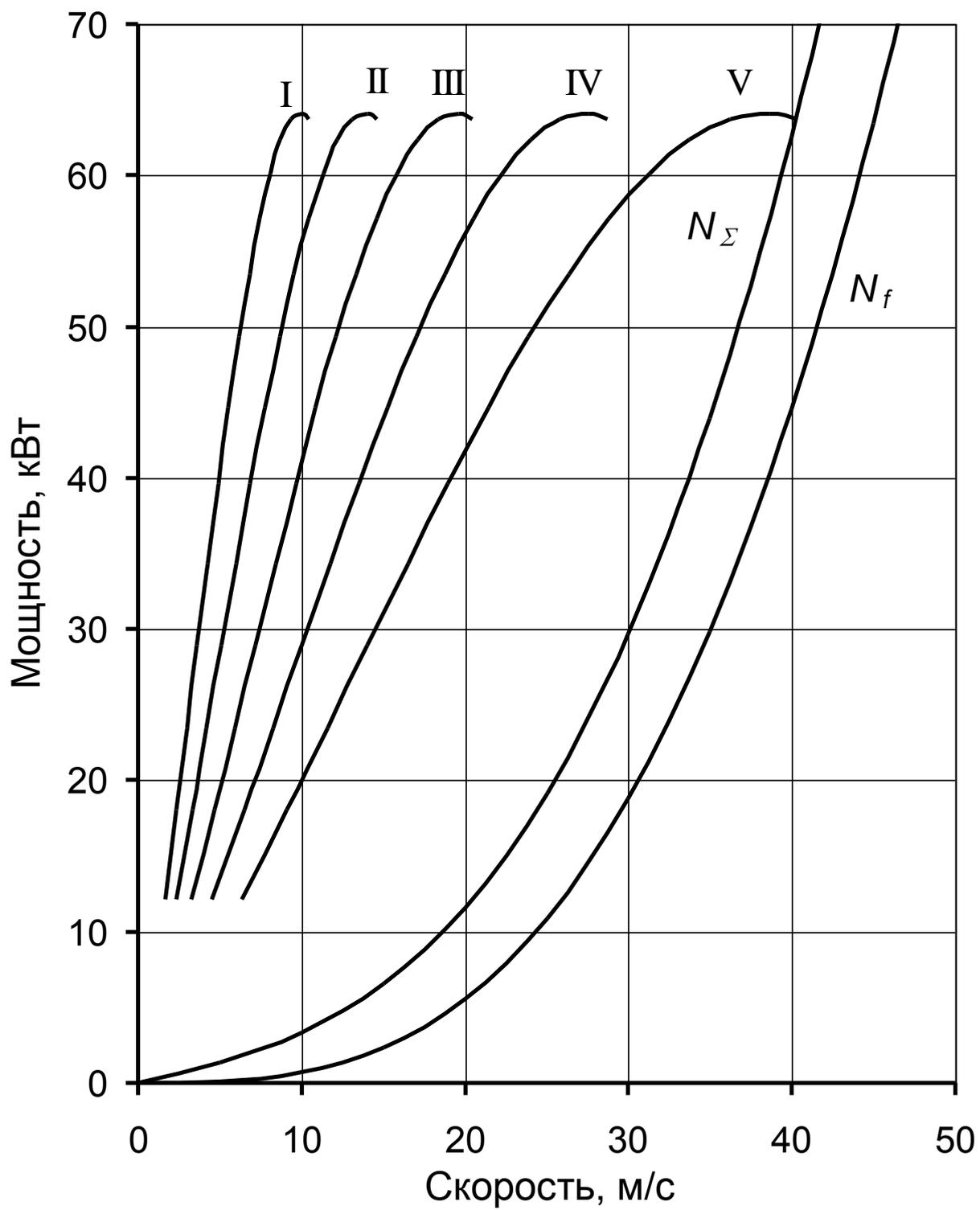


Рисунок А.2 – Баланс мощностей

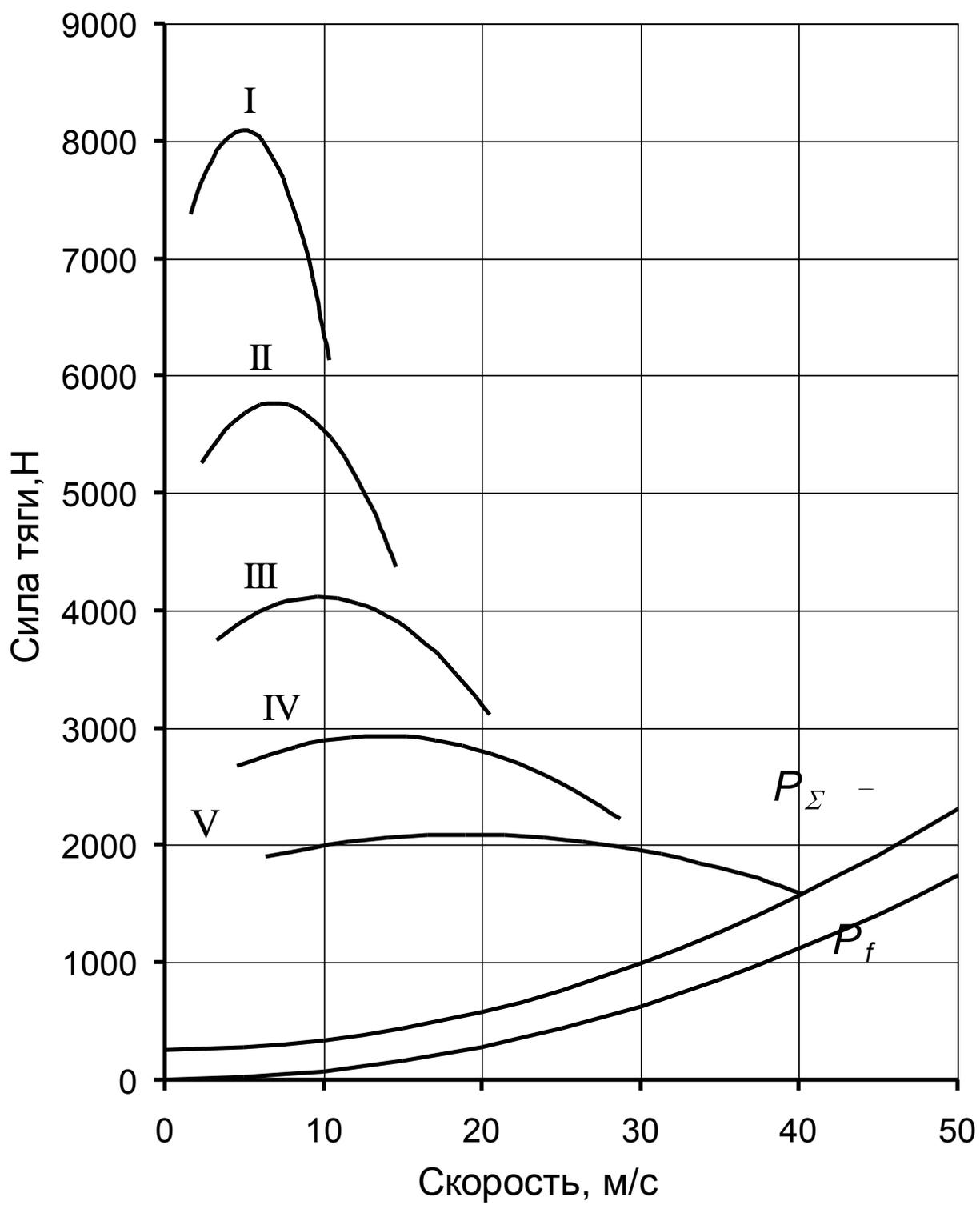


Рисунок А.3 – Тяговый баланс

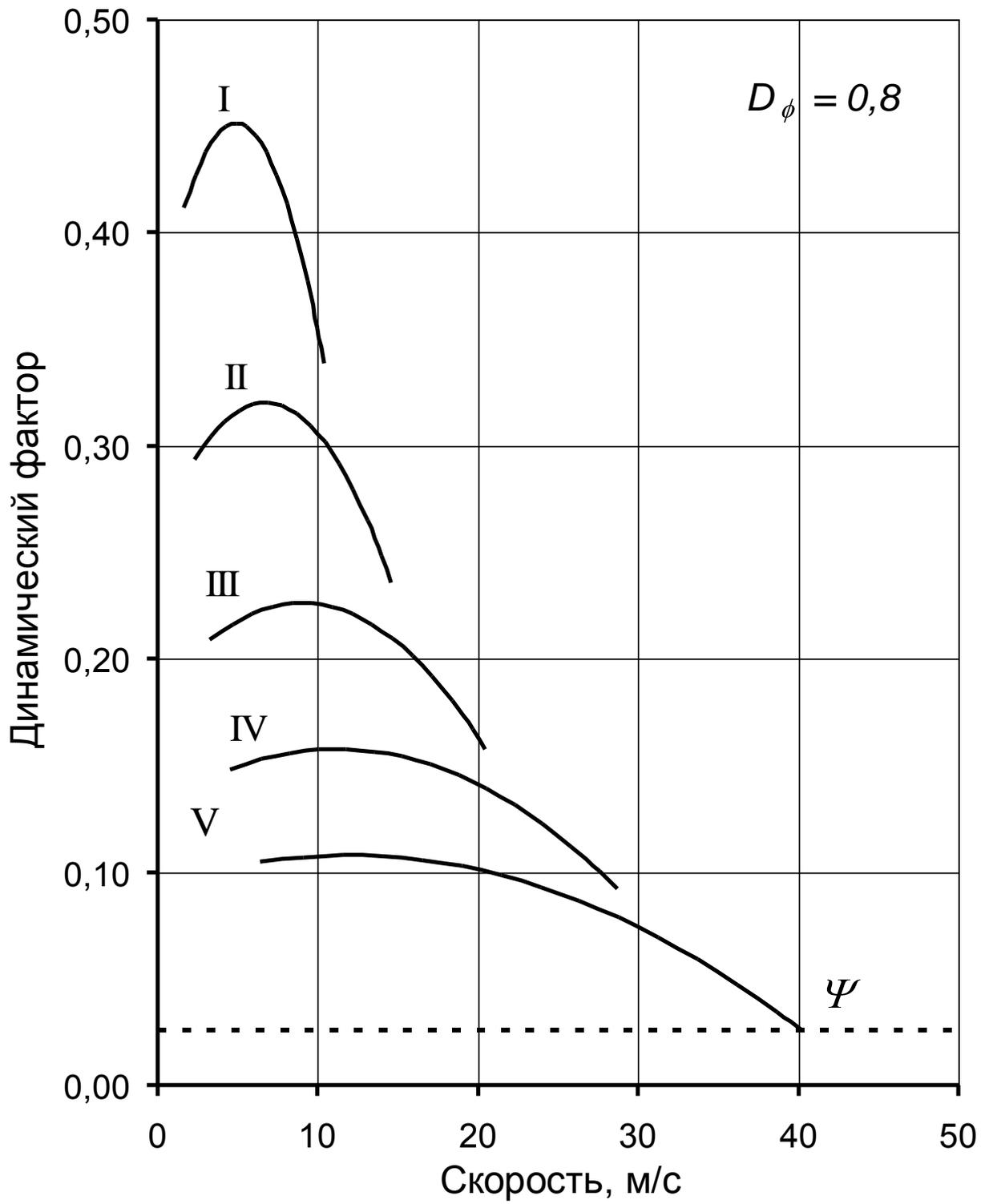


Рисунок А.4 – Динамический баланс

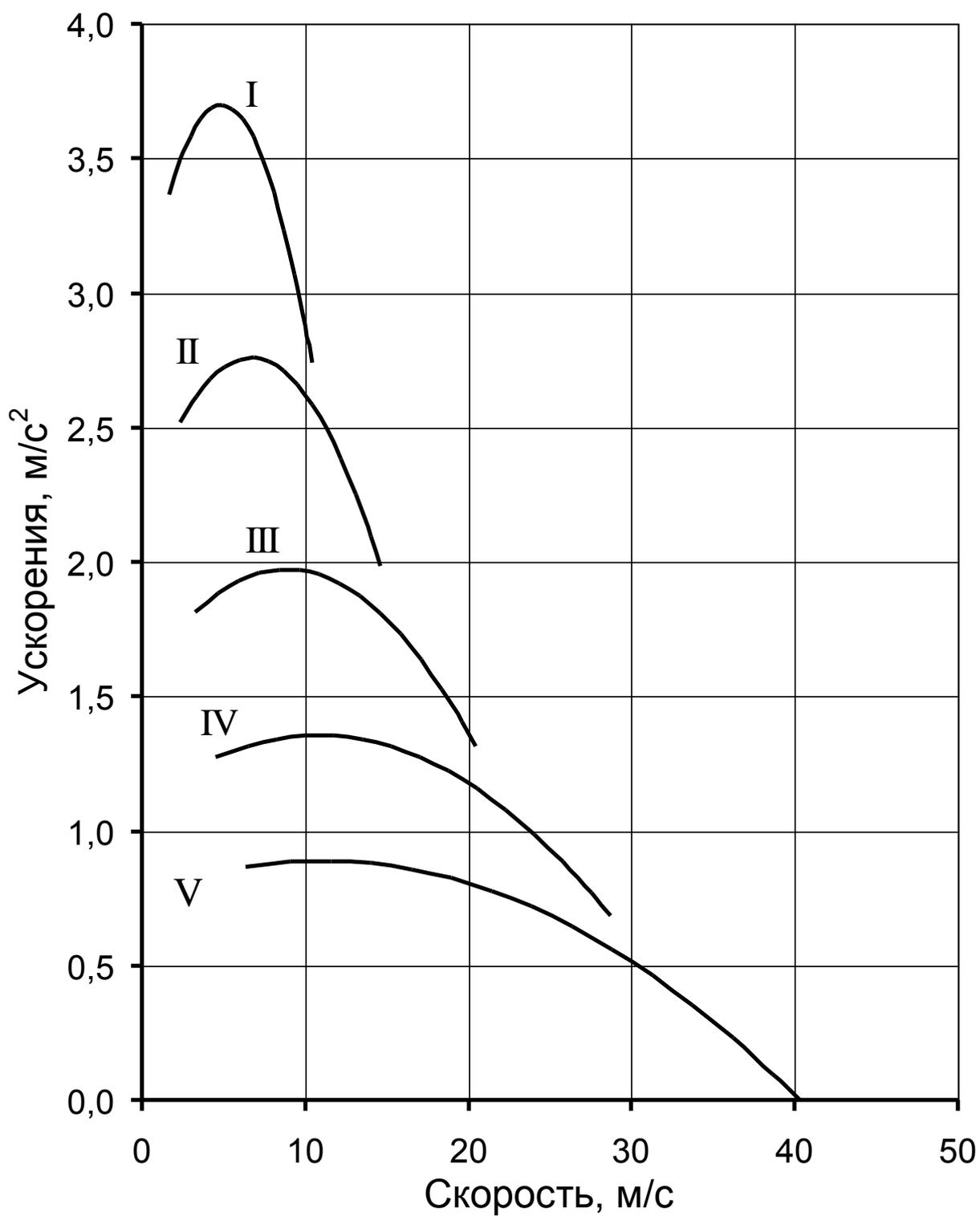


Рисунок А.5 – Ускорения на передачах

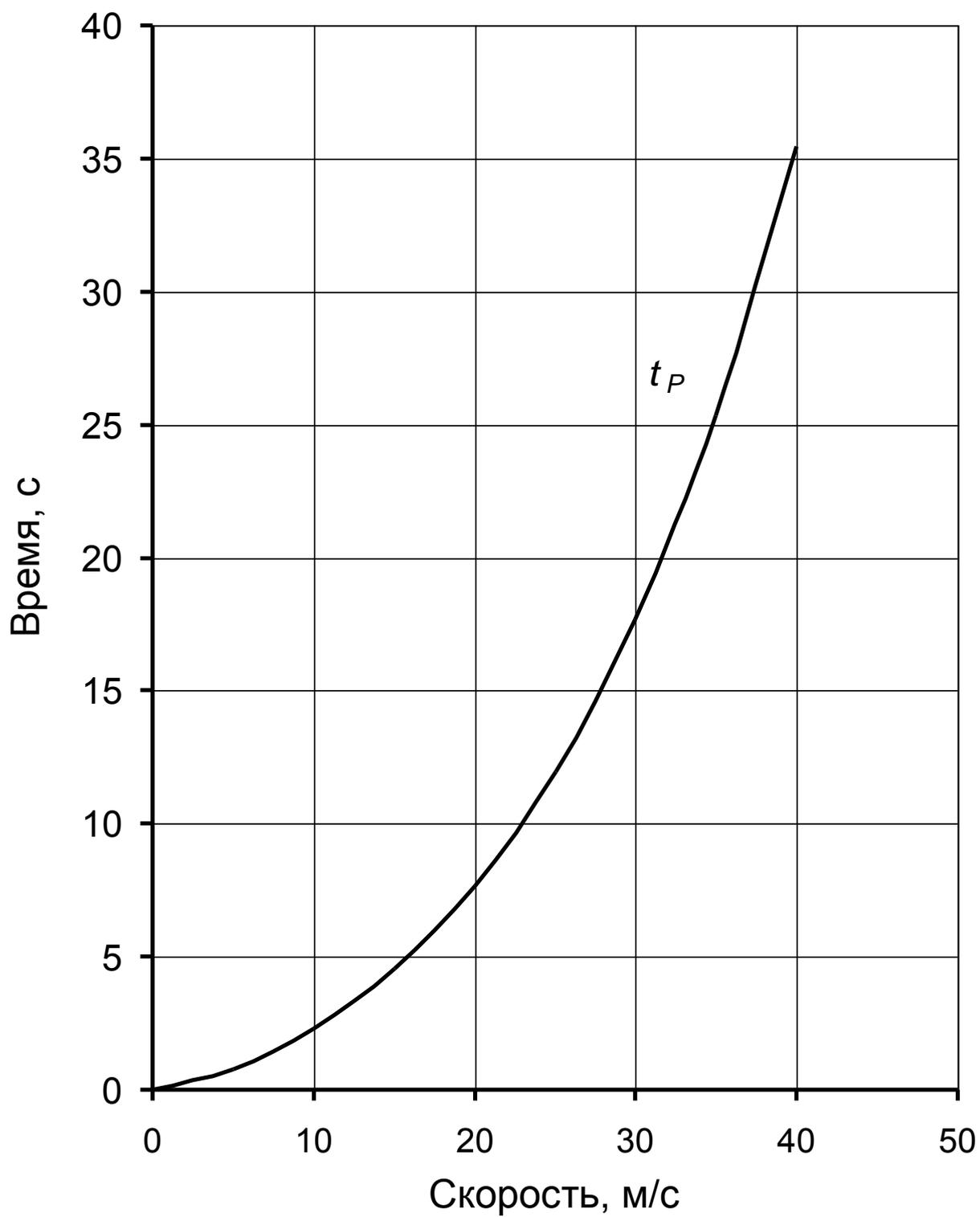


Рисунок А.6 – Время разгона

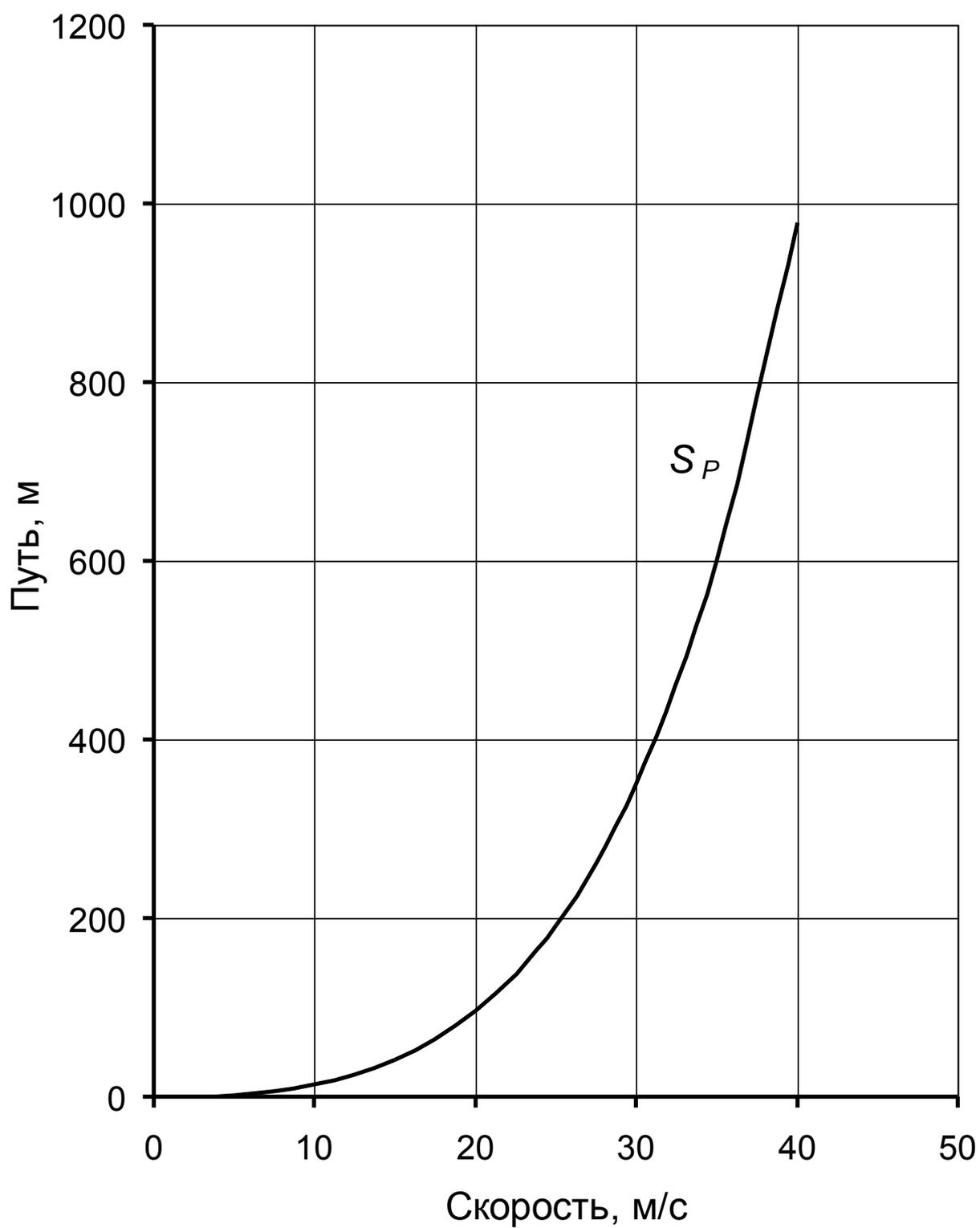


Рисунок А.7 – Путь разгона

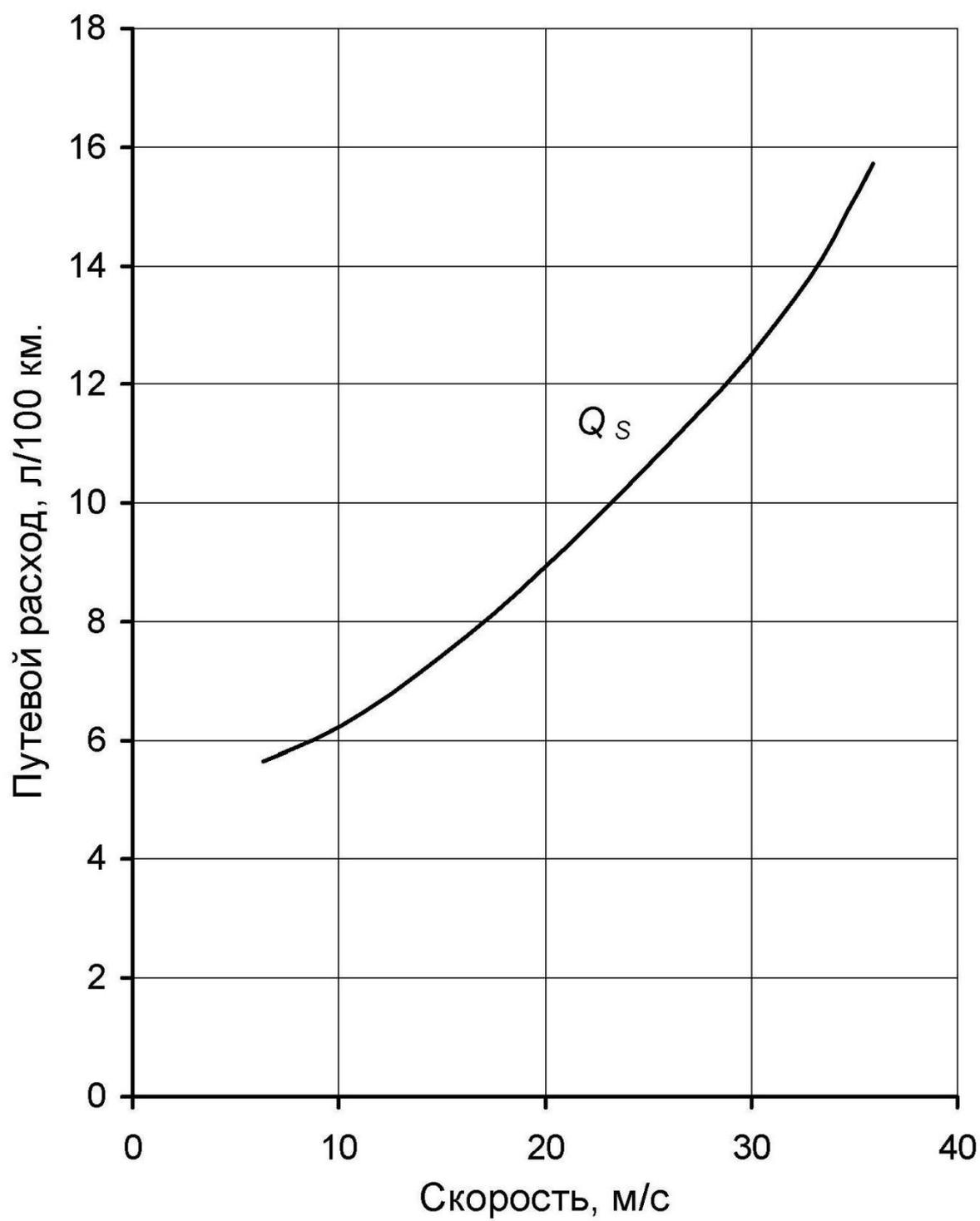


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Общие требования по охране труда

5. Все работники, занятые в производственных процессах автомобильной промышленности, включая руководителей и специалистов производств, обязаны проходить обучение, инструктажи, проверку знаний по охране труда в соответствии с Порядком обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда работников организаций, утвержденным постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации и Министерства образования Российской Федерации "от 13 января 2003 г. N 1/29 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 12 февраля 2003 г., регистрационный N 4209).

Обучение и проверку знаний работников, обслуживающих опасные производственные объекты, необходимо проводить в соответствии с требованиями Положения о порядке подготовки и аттестации работников организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, подконтрольные Госгортехнадзору России (РД 04-265-99), утвержденного постановлением Федерального горного и промышленного надзора России от 11 января 1999 г. N 2 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 12 февраля 1999 г., регистрационный N 1706). [16]

6. Обслуживание электроустановок на производственных объектах организации должен осуществлять специально подготовленный электротехнический персонал. [16]

7. В целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля за их выполнением в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью более 100 работников создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.

В организации с численностью 100 работников и менее решение о создании службы охраны труда или введении должности специалиста по охране труда принимается работодателем с учетом специфики деятельности

данной организации.

При отсутствии в организации службы охраны труда (специалиста по охране труда) работодатель заключает договор со специалистами или с организациями, оказывающими услуги в области охраны труда.

Структура службы охраны труда в организации и численность работников службы охраны труда определяются работодателем с учетом рекомендаций федерального органа исполнительной власти по труду (статья 217 Трудового кодекса Российской Федерации). [16]

8. Лица, виновные в нарушении требований охраны труда, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации. [16]

Общие положения и область применения [16]

9. Настоящие санитарные правила и нормы (далее - Санитарные правила) предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека. [16]

10. Настоящие Санитарные правила распространяются на показатели микроклимата на рабочих местах всех видов производственных помещений и являются обязательными для всех предприятий и организаций. Ссылки на обязательность соблюдения требований настоящих Санитарных правил должны быть включены в нормативно-технические документы: стандарты, строительные нормы и правила, технические условия и иные нормативные и технические документы, регламентирующие эксплуатационные характеристики производственных объектов, технологического, инженерного и санитарно-технического оборудования, обуславливающих обеспечение гигиенических нормативов микроклимата. [16]

11. В соответствии со статьями [9](#) и [34](#) Закона РСФСР "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" в организациях должен осуществляться производственный контроль за соблюдением требований Санитарных правил и проведением профилактических мероприятий,

направленных на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях, а также контроль за соблюдением условий труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата. [16]

12. Руководители предприятий, организаций и учреждений вне зависимости от форм собственности и подчиненности в порядке обеспечения производственного контроля обязаны привести рабочие места в соответствие с требованиями к микроклимату, предусмотренными настоящими Санитарными правилами. [16]

13. Государственный санитарно-эпидемиологический надзор и контроль за выполнением настоящих Санитарных правил осуществляется органами и учреждениями Государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации, а ведомственный санитарно-эпидемиологический надзор и контроль - органами и учреждениями санитарно-эпидемиологического профиля соответствующих министерств и ведомств. [16]

14. Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за строительством новых и реконструкцией действующих производственных помещений осуществляется на этапах разработки проекта и введения объектов в эксплуатацию с учетом характера технологического процесса и соответствия инженерного и санитарно-технического оборудования требованиям настоящих Санитарных правил и Строительных норм и правил "Отопление, вентиляция и кондиционирование". [16]

15. Проектная документация на строительство и реконструкцию производственных помещений должна быть согласована с органами и учреждениями Госсанэпидслужбы России. [16]

16. Ввод в эксплуатацию производственных помещений в целях оценки соответствия гигиенических параметров микроклимата требованиям настоящих Санитарных правил должен осуществляться при обязательном участии представителей Государственного санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации. [16]

Нормативные ссылки [16]

17. [Закон](#) РСФСР "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения".[16]

18. [Положение](#) о Государственной санитарно - эпидемиологической службе Российской Федерации и Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 5 июня 1994 г. N 625. [16]

19. Руководство "Общие требования к построению, изложению и оформлению санитарно-гигиенических и эпидемиологических нормативных и методических документов" от 9 февраля 1994 г. Р1.1.004-94. [16]

Термины и определения [16]

20. Производственные помещения - замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей. [16]

21. Рабочее место - участок помещения, на котором в течение рабочей смены или части ее осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения. Если эти участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается вся площадь помещения. [16]

22. Холодный период года - период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10° С и ниже.

23. Теплый период года - период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10° С. [16]

24. Среднесуточная температура наружного воздуха - средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным метеорологической службы. [16]

Федеральный государственный пожарный надзор - деятельность уполномоченных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющих

переданные полномочия, а также подведомственных им государственных учреждений, направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений организациями и гражданами требований, установленных законодательством Российской Федерации о пожарной безопасности (далее - обязательные требования), посредством организации и проведения проверок деятельности организаций и граждан, состояния используемых (эксплуатируемых) ими объектов защиты, проведения мероприятий по контролю на лесных участках, на подземных объектах, при ведении горных работ, при производстве, транспортировке, хранении, использовании и утилизации взрывчатых материалов промышленного назначения, принятия предусмотренных законодательством Российской Федерации мер по пресечению и (или) устранению выявленных нарушений, и деятельность указанных уполномоченных органов государственной власти по систематическому наблюдению за исполнением требований пожарной безопасности, анализу и прогнозированию состояния исполнения указанных требований при осуществлении организациями и гражданами своей деятельности;

ведомственный пожарный надзор - деятельность ведомственной пожарной охраны по проверке соблюдения организациями, подведомственными соответствующим федеральным органам исполнительной власти, требований пожарной безопасности и принятие мер по результатам проверки;

подтверждение соответствия в области пожарной безопасности - документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, выполнения работ и оказания услуг требованиям технических регламентов, стандартов, норм пожарной безопасности или условиям договоров;

нормативные документы по пожарной безопасности - национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности (нормы и правила), правила пожарной безопасности, а также действовавшие до дня вступления в силу соответствующих технических регламентов нормы пожарной безопасности, стандарты, инструкции и иные документы,

содержащие требования пожарной безопасности;

профилактика пожаров - совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий;

первичные меры пожарной безопасности - реализация принятых в установленном порядке норм и правил по предотвращению пожаров, спасению людей и имущества от пожаров;

пожарно-спасательный гарнизон - совокупность расположенных на определенной территории органов управления, подразделений и организаций, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, к функциям которых отнесены профилактика и тушение пожаров, а также проведение аварийно-спасательных работ;

организация тушения пожаров - совокупность оперативно-тактических и инженерно-технических мероприятий (за исключением мероприятий по обеспечению первичных мер пожарной безопасности), направленных на спасение людей и имущества от опасных факторов пожара, ликвидацию пожаров и проведение аварийно-спасательных работ;

особый противопожарный режим - дополнительные требования пожарной безопасности, устанавливаемые органами государственной власти или органами местного самоуправления в случае повышения пожарной опасности на соответствующих территориях;

локализация пожара - действия, направленные на предотвращение возможности дальнейшего распространения горения и создание условий для его ликвидации имеющимися силами и средствами;

координация в области пожарной безопасности - деятельность по обеспечению взаимосвязи (взаимодействия) и слаженности элементов системы обеспечения пожарной безопасности.

Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности основывается на [Конституции](#) Российской Федерации и включает в себя настоящий Федеральный закон, принимаемые в соответствии с ним федеральные законы и иные нормативные правовые акты, а также законы и

иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

Законодательство субъектов Российской Федерации не действует в части, устанавливающей более низкие, чем настоящий Федеральный закон, требования пожарной безопасности.

Система обеспечения пожарной безопасности - совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами.

Основными элементами системы обеспечения пожарной безопасности являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, организации, граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Основные функции системы обеспечения пожарной безопасности:

нормативное правовое регулирование и осуществление государственных мер в области пожарной безопасности;

создание пожарной охраны и организация ее деятельности;

разработка и осуществление мер пожарной безопасности;

реализация прав, обязанностей и ответственности в области пожарной безопасности;

проведение противопожарной пропаганды и обучение населения мерам пожарной безопасности;

содействие деятельности добровольных пожарных, привлечение населения к обеспечению пожарной безопасности;

научно-техническое обеспечение пожарной безопасности;

информационное обеспечение в области пожарной безопасности;

осуществление федерального государственного пожарного надзора и других контрольных функций по обеспечению пожарной безопасности; [16]