

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

**Институт машиностроения**

(наименование института полностью)

**Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»**

(наименование)

**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**Автомобили и тракторы**

(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка стенда для испытаний элементов тормозной системы  
автомобиля

Обучающийся

**В.А. Лебедев**

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

**канд. техн. наук И.В. Турбин**

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

**канд. техн. наук А.В. Бобровский**

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

**канд. техн. наук А.Н. Москалюк**

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

**канд. экон. наук Л.Л. Чумаков**

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

## Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка стенда для испытаний элементов тормозной системы автомобиля».

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключение, список использованных источников, включая иностранные.

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью совершенствования методов испытаний элементов тормозной системы, таких как тормозные диски, колодки, суппорты и гидравлические компоненты. Существующие стенды часто имеют ограниченный функционал, недостаточную автоматизацию или не позволяют воспроизводить все возможные режимы нагрузки. Разработка нового испытательного стенда с расширенными возможностями диагностики и контроля параметров позволит повысить точность тестирования, сократить время испытаний и улучшить качество выпускаемых изделий.

Целью данной работы является разработка стенда для испытаний элементов тормозной системы автомобиля, обеспечивающего моделирование различных режимов работы, контроль ключевых параметров (температуры, давления, усилия торможения, износа) и автоматизированную обработку данных.. [3]

«Разработанный в рамках серийного производства технологический процесс для испытаний вакуумного усилителя тормозов легкового автомобиля, может быть использован в практической деятельности лаборатории.» [20]

Структура работы включает введение, аналитический обзор, описание методики проектирования, результаты разработки, заключение и список литературы.

## Abstract

The topic of the graduation project is "Development of a test bench for vehicle brake system elements".

The graduation project consists of the following sections: an introduction, six chapters covering the topic of the project, a conclusion, and a list of sources used, including foreign ones.

The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The relevance of this work is due to the need to improve the testing methods of brake system components such as brake discs, pads, calipers and hydraulic components. Existing stands often have limited functionality, insufficient automation, or do not allow reproducing all possible load modes. The development of a new test bench with advanced diagnostic and parameter control capabilities will improve the accuracy of testing, reduce test time, and improve the quality of manufactured products.

The purpose of this work is to develop a test bench for vehicle braking system components that provides simulation of various operating modes, control of key parameters (temperature, pressure, braking force, wear) and automated data processing.. [3]

"The technological process developed in the framework of mass production for testing the vacuum brake booster of a passenger car can be used in the practical activities of the laboratory." [20]

The structure of the work includes an introduction, an analytical review, a description of the design methodology, development results, a conclusion and a list of references.

## Содержание

Введение .....	6
1 Основание и развитие проекта .....	8
1.1 Анализ аналогов разрабатываемого стенда .....	8
1.2 Принцип работы вакуумного усилителя тормозов .....	9
1.3 Признаки неисправности вакуумного усилителя тормозов .....	12
1.4 Способы проверки вакуумного усилителя тормозов .....	13
2 Тяговый расчет автомобиля .....	15
2.1 Общие положения .....	15
2.2 Масса автомобиля .....	17
2.3 Анализ поступательного движения автомобиля .....	20
2.4 Сила сопротивления подъему .....	23
2.5 Сила инерции автомобиля .....	26
2.6 Подготовка исходных данных для тягового расчета .....	27
2.7 Тяговый расчет автомобиля .....	31
2.8 Сравнение скоростных свойств автомобилей .....	33
2.9 Тяговые характеристики автомобиля .....	36
3 Разработка конструкции .....	39
3.1 Техническое задание .....	39
3.2 Техническое предложение .....	44
3.3 Конструкция устройства .....	48
3.4 Руководство по эксплуатации .....	49
4 Технологический процесс диагностирования .....	53
4.1 Принцип действия стенда .....	53
4.2 Порядок работы стенда при проведении испытаний .....	54
4.3 Испытания усилителя на эффективность .....	55
5 Безопасность и экологичность технического объекта .....	57
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	57
5.2 Оценка тормозных свойств автомобилей .....	61

5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков .....	65
5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера .....	67
5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях .....	68
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки .....	71
6.1 Описание участка и производимых работ .....	71
6.2 Расчет затрат на расходные материалы .....	72
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления .....	73
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки .....	75
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала .....	78
Заключение .....	82
Список используемых источников. ....	83
Приложение А Спецификация .....	87

## Введение

Современные автомобили оснащаются сложными тормозными системами, от надежности которых зависит безопасность водителя, пассажиров и других участников дорожного движения. Тормозная система подвергается значительным нагрузкам в процессе эксплуатации, поэтому ее элементы должны обладать высокой прочностью, износостойкостью и стабильностью характеристик. Для обеспечения соответствия компонентов тормозной системы установленным стандартам качества и безопасности необходимы специализированные испытательные стенды, позволяющие моделировать реальные условия работы и оценивать их работоспособность.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью совершенствования методов испытаний элементов тормозной системы, таких как тормозные диски, колодки, суппорты и гидравлические компоненты. Существующие стенды часто имеют ограниченный функционал, недостаточную автоматизацию или не позволяют воспроизводить все возможные режимы нагрузки. Разработка нового испытательного стенда с расширенными возможностями диагностики и контроля параметров позволит повысить точность тестирования, сократить время испытаний и улучшить качество выпускаемых изделий. [13]

Целью данной работы является разработка стенда для испытаний элементов тормозной системы автомобиля, обеспечивающего моделирование различных режимов работы, контроль ключевых параметров (температуры, давления, усилия торможения, износа) и автоматизированную обработку данных.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ существующих конструкций испытательных стендов и выявить их преимущества и недостатки. Определить основные требования к стенду, включая диапазоны измеряемых параметров, виды нагрузок и условия испытаний. Разработать конструктивную схему стенда с учетом

необходимых датчиков, приводов и системы управления. Выбрать аппаратно-программное обеспечение для сбора и обработки данных. Оценить эффективность предложенного решения путем моделирования и испытаний.

Объектом исследования являются элементы тормозной системы автомобиля, а предметом исследования – методы и средства их испытаний.

Методы исследования включают анализ научно-технической литературы, компьютерное моделирование, экспериментальные методы проверки характеристик разработанного стенда.

Практическая значимость работы заключается в создании универсального испытательного оборудования, которое может быть использовано на предприятиях автомобилестроения, в сервисных центрах и научно-исследовательских организациях для контроля качества тормозных систем. [19]

«Одним из основных факторов, определяющих «качество создаваемого автомобиля, является уровень подготовки инженерных кадров, занятых его проектированием, изготовлением и испытанием. Инженеров-конструкторов и Инженеров-испытателей для автомобильных заводов и научно-исследовательских организаций готовят автомобильные кафедры конструкторского профиля более двадцати высших учебных заведений страны.»[12] «При проектировании автомобиля его конструкции придают определенные свойства, которые принято называть потенциальными. Степень реализации этих свойств, а соответственно и качество изделия, зависит от уровня конструкторской проработки, принятой технологии его изготовления, используемых материалов. »[12]

«Для суждения о возможности использования того или иного автомобиля в заданных условиях эксплуатации выработан ряд критериев, позволяющих объективно оценить соответствие существующей или перспективной конструкции автомобиля предъявляемым требованиям. В качестве основного критерия, характеризующего эффективность эксплуатации автомобиля, используют относительные затраты на перевозку 1 т груза или одного пассажира. »[12]

## **1 Основание и развитие проекта**

### **1.1 Анализ аналогов разрабатываемого стенда**

Анализ аналогов стенда проверки работы вакуумного усилителя тормозов включает в себя рассмотрение различных систем, методов и технологий, используемых для диагностики и оценки эффективности работы вакуумных усилителей тормозов. Ниже представлены ключевые аспекты, которые следует учитывать при проведении такого анализа:

#### **1. Назначение и функции стенда**

Основная задача: Проверка работоспособности вакуумного усилителя тормозов, а также его способности к эффективному увеличению тормозного усилия. Дополнительные функции: Определение герметичности системы, измерение вакуума, анализ характеристик при различных условиях эксплуатации.

#### **2. Типы стендов и их характеристики**

Стенды стационарные: Предназначены для использования в сервисных центрах, обеспечивают высокую точность и надежность. Обычно располагаются на столах с интегрированными системами измерения.

Мобильные стенды: Позволяют проводить проверки в условиях выездного обслуживания, имеют компактные размеры и упрощенные системы измерения.

#### **3. Методы проверки**

Статические тесты: Измерение давления и вакуума в усилителе при неработающем двигателе.

Динамические тесты: Оценка работы усилителя при различных режимах торможения с использованием специализированного оборудования.

#### **4. Оборудование и инструменты**

Датчики давления: Позволяют точно измерять уровень вакуума и давление в системе.

Тестовые стенды: Могут включать в себя манометры, вакуумные измерительные приборы и специализированные программные комплексы для анализа показателей. [23]

#### 5. Процесс проверки

Проверка герметичности: Определение утечек с помощью вакуумных датчиков.

Оценка отклика: Измерение времени, необходимого для достижения полного тормозного усилия.

Сравнительный анализ: Сравнение полученных данных с нормативными значениями.

#### 6. Примеры существующих аналогов

Стенды фирм XYZ и ABC: Обладают различными опциями, такими как автоматическая диагностика, возможность проведения испытаний на разных моделях автомобилей и интеграция с компьютерными системами для хранения данных. Портативные системы от фирмы QWE: Меньшего размера, с ограниченным функционалом, однако удобные для выездного сервиса.

#### 7. Преимущества и недостатки

Преимущества: Высокая точность измерений, возможность диагностики нескольких параметров одновременно, интеграция с другими системами диагностики.

Недостатки: Высокая стоимость стационарных стендов, необходимость в постоянной калибровке и техническом обслуживании. [6]

### **1.2 Принцип работы вакуумного усилителя тормозов**

Схематично принцип работы усилителя представлен на рисунке 1.

«Первые автомобили не оснащались вакуумными усилителями тормозов. При нажатии на педаль требовалось значительное усилие – примерно 80 килограмм. [4]

Современные транспортные средства всегда оснащаются вакуумными усилителями, которые позволяют не прикладывать много усилий, стоит легко коснуться педали ногой, и этого достаточно для прижатия колодок к дискам.»[2]

Чтобы проверить работу вакуумного усилителя тормозов, необходимо понимать устройство данного механизма (рисунок 1).

Вакуумный усилитель тормозов (ВУТ) предназначен для снижения усилия, которое водитель должен прикладывать к педали тормоза, сохраняя при этом эффективное торможение. Он использует разрежение (вакуум), создаваемый во впускном коллекторе двигателя (или вакуумным насосом в дизельных авто), чтобы усилить давление на главный тормозной цилиндр.

Основные компоненты ВУТ (рисунок 1):

Корпус (разделён диафрагмой на две камеры – вакуумную и атмосферную). Диафрагма с толкателем, соединённым с педалью тормоза. Клапан следящего действия (регулирует подачу атмосферного давления). Шток, передающий усилие на главный тормозной цилиндр. Обратный клапан (удерживает вакуум при остановке двигателя).

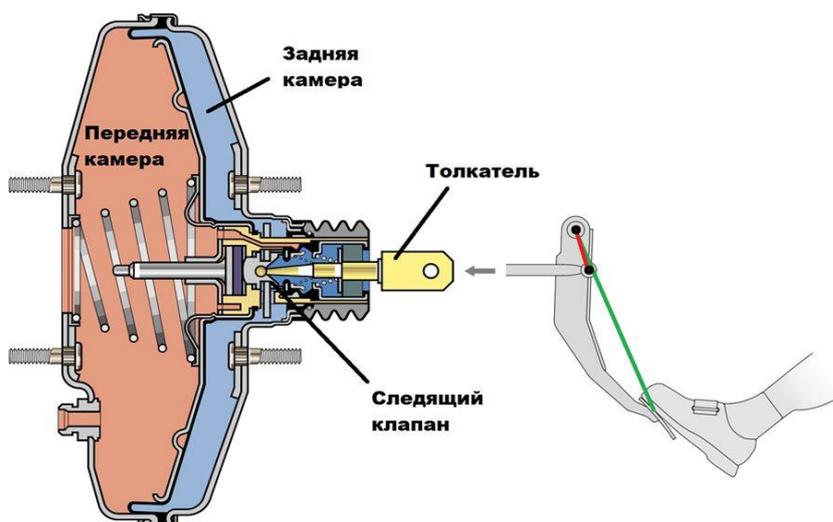


Рисунок 1 –Схема работы вакуумного усилителя тормозов

Принцип работы

- Режим холостого хода (тормоз не нажат)

«Во впускном коллекторе создаётся разрежение (вакуум), которое через обратный клапан поступает в обе камеры усилителя. Давление в вакуумной и атмосферной камерах выравнивается – диафрагма остаётся в нейтральном положении.

Нажатие педали тормоза

- Переключение клапана: при нажатии педали толкатель перемещается, »[2] закрывая вакуумный канал и открывая доступ атмосферного воздуха в атмосферную камеру;

- Создание перепада давлений: поскольку в вакуумной камере сохраняется разрежение, а в атмосферную поступает воздух, диафрагма изгибается под действием разницы давлений;

- Усиление действия: Движение диафрагмы передаётся на «шток, который дополнительно давит на поршень главного тормозного цилиндра, увеличивая тормозное усилие.

Удержание педали (стабилизация давления)

- При постоянном нажатии клапан поддерживает баланс между вакуумом и атмосферным давлением, обеспечивая плавное торможение.

Отпускание педали

- Клапан снова соединяет атмосферную камеру с вакуумной,»[35] давление выравнивается, и диафрагма возвращается в исходное положение пружиной.

Особенности работы

- Резервный режим: при отказе усилителя (например, обрыв диафрагмы) тормоза остаются работоспособными, но педаль становится "тугой";

- Зависимость от двигателя: В бензиновых авто вакуум создаётся впускным коллектором, в дизелях – отдельным насосом;

- Электронные системы: В современных авто ВУТ может интегрироваться с ESP и ABS для оптимизации торможения.

Вакуумный усилитель значительно облегчает управление тормозами, используя разницу давлений для создания дополнительного усилия. Его работа основана на простых физических принципах, но он критически важен для комфорта и безопасности вождения.

### **1.3 Признаки неисправности вакуумного усилителя тормозов**

Неисправность вакуумного усилителя тормозов может привести к серьезному ухудшению эффективности торможения и, как следствие, угрожать безопасности движения. В этом обзоре мы рассмотрим основные признаки неисправности вакуумного усилителя тормозов и методы диагностики. [25]

Признаки неисправности вакуумного усилителя:

Увеличение усилия на тормозах: Если вам требуется прилагать больше усилий для нажатия на тормоза, это может свидетельствовать о проблемах с вакуумным усилителем. Нормально работающий усилитель значительно снижает необходимое усилие.

Провал тормоза на нажатии: Если педаль тормоза "проваливается" или чувствуется, как будто она уходит в пол, это может указывать на утечку вакуума или механические неисправности.

Шум при торможении: Посторонние звуки (щелчки, свисты) при нажатии на тормоза могут указывать на проблемы во внутренней конструкции вакуумного усилителя.

Увеличение тормозного пути: Если автомобиль становится менее отзывчивым при торможении, это может быть следствием плохой работы вакуумного усилителя, который не создает необходимое давление для тормозной системы.

Неравномерное торможение: Если тормоза не равномерно срабатывают или система ведет себя непредсказуемо, это также может быть связано с проблемами в усилителе.

Тормозная педаль «дрожит»: если педаль тормоза при нажатии вибрирует или дергается, это может свидетельствовать о неравномерном распределении усилий в тормозной системе. [37]

Любой из этих симптомов говорит о том, что пришло время провести проверку и ремонт вакуумного усилителя тормозов.

#### **1.4 Способы проверки вакуумного усилителя тормозов**

«Стенд для проверки автомобильных вакуумных усилителей тормозов представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Стенд для проверки автомобильных вакуумных усилителей тормозов

«Данный стенд позволяет с высокой точностью определять основные функциональные характеристики автомобильных вакуумных усилителей тормозов: » [3]

Методы диагностики:

Визуальный осмотр: Проверьте наличие утечек вакуума в соединениях, а также целостность шлангов и мембран.

Проверка работы педали: На заведённом двигателе нажатие на педаль тормоза должно создать "пустоту", и педаль должна углубляться. Если этого не происходит, это может быть признаком неисправности.

Использование манометра: Проверка уровня вакуума с помощью манометра поможет определить, есть ли утечки или проблемы с самим усилителем.

Тест на утечку: Можно воспользоваться простыми методами, как, например, нажатие и удержание на тормозе с выключенным двигателем. Если после нескольких нажатий педаль "проваливается", это знак того, что уровень вакуума не поддерживается. [12].

Вывод:

Неисправность вакуумного усилителя тормозов может негативно сказаться на вашей безопасности на дороге. Регулярная диагностика и своевременное обслуживание тормозной системы помогут избежать потенциальных проблем и обеспечат надежную работу автомобиля. Если вы заметили один или несколько из перечисленных признаков, рекомендуется обратиться к профессионалам для детальной проверки и устранения проблемы.

Вакуумный усилитель значительно облегчает управление тормозами, используя разницу давлений для создания дополнительного усилия. Его работа основана на простых физических принципах, но он критически важен для комфорта и безопасности вождения. [33]

При выборе стенда для проверки работы вакуумного усилителя тормозов необходимо учитывать специфику работы СТО, объём оказываемых услуг и требуемую точность диагностики. Анализ аналогов поможет выбрать оптимальный вариант, который обеспечит надежную и эффективную диагностику тормозной системы автомобилей.

## 2 Тяговый расчет автомобиля

### 2.1 Общие положения

Для обеспечения разгона с максимальным ускорением без буксования ведущих колес на автомобилях с приводом на передние колеса особого малого, малого и среднего классов»[1] «статическое распределение нагрузки по осям должно быть в пределах  $b/L = 0,52 \div 0,54$ . Оптимальное распределение нагрузки по осям применительно к режиму разгона для конкретного автомобиля определяется решением уравнения (1). Используя аналогичную методику применительно к режиму разгона автомобилей классической компоновки, можно получить статическое распределение нагрузки по осям, обеспечивающее разгон с максимальным ускорением без буксования задних ведущих колес. Для таких автомобилей в таблице 1 приведены некоторые значения  $b/L$ .

Таблица 1 – Соотношение базовых размеров автомобилей[37]

Параметр	Значения ускорений			
$j_{amax}$	2,5	2,5	2	2
$\delta_u$	1,5	1,3	1,5	1,3
$b/L$	0,65	0,66	0,685	0,73

Грузоподъемность - максимальная масса груза, перевозимого автомобилем, зависит от размеров и прочности основных несущих узлов и агрегатов шасси. При ограничении по дорожным условиям полной массы автомобиля грузоподъемность его определяется снаряженной массой. Поэтому оценку грузоподъемности автомобиля производят по массе перевозимого груза и коэффициенту использования грузоподъемности, представляющему отношение массы перевозимого груза к полной массе автомобиля. Чем выше этот коэффициент, тем более совершенна конструкция грузового автомобиля. [43]

Возможность полного использования грузоподъемности автомобиля зависит от размеров кузова и плотности предполагаемого к перевозке груза. Удельная объемная грузоподъемность - отношение грузоподъемности к

вместимости кузова. По ней можно судить о степени использования грузоподъемности автомобиля при перевозке грузов различной плотности.

Пассажировместимостью называется количество пассажиров, которые могут одновременно перевозиться в автобусе или легковом автомобиле. Она зависит от прочности деталей и узлов шасси, кузова и от размеров пассажирского помещения. При этом каждое пассажирское место должно соответствовать установленным требованиям к габаритным размерам сидений и размерам свободного пространства перед и над ними.[13] Вместимость (номинальная) легкового автомобиля определяется количеством пассажирских мест.

Средняя техническая скорость автомобиля характеризует его способность доставлять грузы или пассажиров с минимальными затратами времени. Она зависит от особенностей его использования при эксплуатации, а свойства второй группы обеспечивают подвижность автомобиля.

В теории автомобиля изучаются функциональные свойства автомобиля, связанные с его подвижностью. Использование ЭВМ для расчета параметров проектируемого автомобиля позволило существенно повысить достоверность расчетов, результаты которых в этом отношении стали близки к результатам натурных испытаний. Для наиболее полного использования возможностей ЭВМ потребовалось разработать новые методики аналитических расчетов, основанные на теории вероятностей и теории случайных процессов. Созданию общей теории системы водитель – автомобиль – дорога предшествовало создание представительных математических моделей отдельных звеньев системы.

Эти показатели зависят не только от конструкции автомобиля, но и ряда других факторов: дорожных условий, уровня организации перевозок, технического обслуживания и ремонтов. Критерием, более тесно связанным с конструкцией автомобиля и достаточно полно характеризующим эффективность его использования, является производительность. Последняя определяется грузоподъемностью или пассажировместимостью автомобиля и средней технической скоростью.

На рисунке 3 представлена «схема сил, действующих на автомобиль».

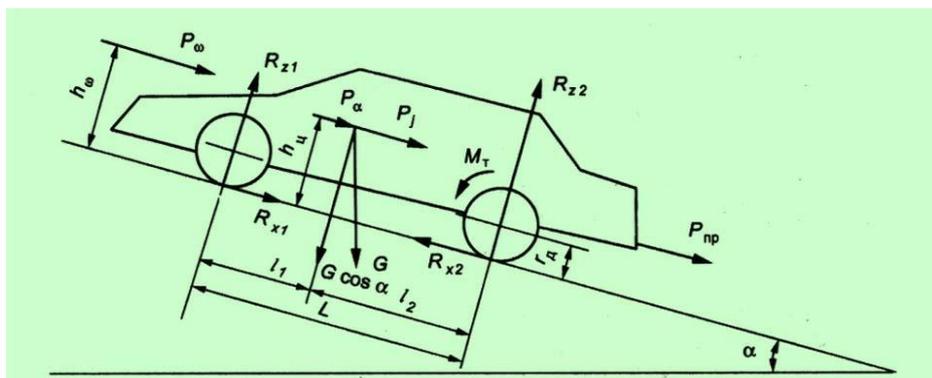


Рисунок 3 – Схема действия сил при прямолинейном движении

Сила сопротивления качению  $P_j$  и сила сопротивления воздуха  $P_w$ , всегда действуют на автомобиль при его движении, а силы сопротивления подъему  $P_i$  и сила инерции  $P_j$  автомобиля могут отсутствовать (равномерное движение автомобиля по горизонтальной дороге) или изменять свой знак на обратный (движение под гору, замедленное движение.»[1] Для оценки комфортабельности автомобиля при испытании широко используются измерительные карты с различным числом измерений. В настоящее время в нашей стране и за рубежом широко распространена карта с двадцатью измерениями. Также результаты измерения некоторых легковых автомобилей с приводом на передние колеса могут быть представлены по карте с шестью измерениями.

## 2.2 Масса автомобиля

Масса сухого автомобиля  $m_c$  - масса автомобиля без снаряжения, т.е. без инструмента, запасного колеса, дополнительного оборудования (например, радиоприемника, кондиционера и др.) и заправки (топлива. Жидкого смазочного материала и воды). Сухая масса автомобиля включает массу жидкости в амортизаторах, смазочного материала в агрегатах и шарнирах, а также электролита в аккумуляторной батарее. [37]

Масса снаряженного автомобиля  $m_0$  - масса автомобиля с заправкой и снаряжением, но без водителя и пассажиров.»[20]

«Полная масса  $m_a$  - суммарная масса снаряженного автомобиля, полезной нагрузки ( $m_r$ ), снаряжения, водителя и пассажиров.

Масса автомобильного поезда ( $m_{a.n}$ ) – суммарная полная масса тягача,»[9] «и прицепа (полуприцепа). Полную массу легкового автомобиля можно найти по формуле:

$$m_a \cdot = m_0 + m_q \cdot n + m_b \quad (1)$$

где  $m_q$  - масса водителя или пассажира.

При расчетах принимают  $m_q = 75$  кг;  $n$  – число мест для сидения пассажиров;  $m_b$  - масса багажа.» [1]

В «число мест для сидения в легковых автомобилях включается место водителя. Массу багажа водителя и пассажира,[8] легковых автомобилей принимают равной 10 кг на одного человека.

Влияние массы автомобиля на стоимость изготовления и экономические затраты при эксплуатации:

#### 1 Стоимость изготовления автомобиля

Масса автомобиля напрямую влияет на себестоимость производства, что отражается на его конечной цене. Чем тяжелее автомобиль, тем больше материалов (металл, пластик, композиты) требуется для его производства. Использование легких, но дорогих материалов (алюминий, углепластик) снижает массу, но увеличивает стоимость.

Традиционные стальные конструкции дешевле, но увеличивают вес, что влечет дополнительные расходы на топливо и эксплуатацию. Тяжелые автомобили требуют более мощных двигателей, усиленной подвески и тормозной системы, что повышает стоимость. Легкие модели могут использовать менее мощные агрегаты, снижая затраты на производство.

Нормы безопасности и экологии. Современные стандарты (Euro NCAP, экологические нормы) вынуждают производителей добавлять системы

безопасности и очистки выхлопа, что увеличивает массу и стоимость. Баланс между безопасностью, экологичностью и массой — ключевой фактор ценообразования.

## 2 Экономические затраты при эксплуатации

Масса автомобиля существенно влияет на расходы владельца в течение всего срока службы. Чем тяжелее авто, тем больше энергии требуется для разгона и поддержания скорости. Увеличение массы на 10% может повысить расход топлива на 5–7% (особенно заметно в городском цикле). Электромобили также страдают от увеличенной массы, так как аккумуляторы тяжелые, а их заряд расходуется быстрее.

Тяжелые автомобили быстрее изнашивают шины, тормозные колодки, подвеску. Запчасти для массивных авто (внедорожников, коммерческого транспорта) обычно дороже. В некоторых странах налог на транспорт зависит от массы или мощности (например, в России — от лошадиных сил, но в ЕС учитывается и масса). Страховые компании могут увеличивать тарифы для тяжелых авто из-за повышенного риска повреждений в ДТП.

Для коммерческого транспорта масса напрямую связана с грузоподъемностью. Перегруженные автомобили быстрее выходят из строя и требуют более частого ТО. [28]

Масса автомобиля — важный фактор, влияющий как на стоимость производства, так и на экономику эксплуатации. Производители стремятся находить компромисс между прочностью, безопасностью и легкостью, чтобы снизить затраты потребителей. В будущем развитие легких материалов и энергоэффективных технологий поможет уменьшить негативное влияние массы на стоимость владения автомобилем.

При исследовании использования массы автомобилей различных компоновочных схем приняты дополнительные измерители. Измеритель  $\eta_{nt}$  пересчитан на измеритель  $\eta_{qm}$  с учетом массы одного пассажира (70 кг) и массы багажа, приходящейся на одного пассажира (10 кг). Для удобства

комплексной оценки использования массы снаряженного автомобиля коэффициент  $\eta_{qm}$  был заменен коэффициентом  $\eta_q$ . При этом [1]  $\eta_{qm} = m_c / m_{cn}$ .

После преобразований получены следующие комплексные «измерители»: коэффициенты использования объема и снаряженной массы, для грузовых автомобилей и фургонов  $\eta_{nm} = \eta_{vm} \eta_{qm}$ .

В качестве частных измерителей могут использоваться другие функциональные зависимости, например  $m_{cn} = f(V_a)$ .

### 2.3 Анализ поступательного движения автомобиля

Современные легковые автомобили при разгоне с места достигают максимальной скорости на пути 1 – 1,2 км и последние 800 м практически проходят с максимальной скоростью. По этой же причине теряет смысл скоростная характеристика (разгон-выбег). В дальнейшем сопоставительном анализе три эти измерителя не рассматриваются. Другие измерители имеют прямую связь с компоновочной схемой автомобиля и рассматриваются ниже.

Движение автомобиля [17] «обеспечивается силой тяги, подведенной от двигателя к ведущим колесам:» [8]

$$P_K = P_f \pm P_n \pm P_B \pm P_U \quad (2)$$

где  $P_f$ ,  $P_n$ ,  $P_B$ , и  $P_U$  – силы сопротивления соответственно качению, подъему, воздуху и инерции.

Для обеспечения движения должно выполняться условие по сцеплению ведущих колес.

Динамический радиус колеса  $r_d$  не зависит от компоновочной схемы. Динамический радиус — это расстояние от центра вращения колеса до точки контакта шины с дорожным покрытием, когда колесо вращается. В отличие от статического радиуса, который измеряется в неподвижном состоянии, динамический радиус учитывает деформацию шины во время эксплуатации.

Факторы, влияющие на динамический радиус

Давление в шинах: при низком давлении шина может значительно деформироваться, что уменьшает динамический радиус. Верно и обратное: при высоком давлении радиус может увеличиться.

Нагрузка на колесо: чем больше нагрузка, тем сильнее деформируется шина. Это также может привести к уменьшению динамического радиуса.

Состояние шины: износ, повреждения и конструктивные особенности шины могут влиять на ее форму и, соответственно, на динамический радиус.

Скорость движения: при увеличении скорости могут происходить изменения в поведении шины (так называемый эффект «профиля»), что также может влиять на радиус. [15]

Динамический радиус колеса играет ключевую роль в:

- Управляемости автомобиля: оптимальный радиус улучшает сцепление с дорогой и устойчивость на различных скоростях.

- Расходе топлива: неправильно подобранные параметры радиуса могут увеличить сопротивление качению, что повышает расход топлива.

- Износостойкости шин: динамический радиус влияет на распределение нагрузки по поверхности шины и может ускорять ее износ.

Измерение динамического радиуса

Измерение динамического радиуса обычно осуществляется с помощью специального оборудования или в рамках тестовых заездов, где используется метод записи данных о скорости и натяжении колеса, а также анализ состояния шины.

$$M_e = a_m \cdot \omega_e^2 + b_m \cdot \omega_e + c_m \quad (3)$$

«При необходимости мощностная характеристика двигателя может быть определена через момент  $M_e$  и угловую скорость  $\omega_e$ : [17]

$$N_e = M_e \cdot \omega_e \quad (4)$$

«У такой характеристики соотношение  $\omega_{eN} / \omega_{eM} = 2$ . Однако анализ карбюраторных двигателей легковых автомобилей показал, что такое

соотношение имеет место на 7 – 10% двигателей. Среднее значение  $\omega_{eN}/\omega_{eM}=1,67$ .

Использовать формулу (4) трудно из-за выбора динамических коэффициентов  $a_M$ ;  $b_M$ ;  $+c_M$ , обеспечивающих соответствующие выходные характеристики одного проектируемого автомобиля или группы автомобилей, так как значения этих коэффициентов колеблются в широких пределах.

Для предварительного выбора таких коэффициентов удобно использовать автомобили-аналоги, находящиеся в эксплуатации и наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к проектируемому автомобилю. В технических характеристиках автомобилей обычно указываются две исходные точки внешней скоростной характеристики двигателя с координатами  $N_N$ ,  $\omega_N$  и  $M_M$ ,  $\omega_M$ , используя которые, можно с достаточной степенью точности воспроизвести полные зависимости  $Ne = f(\omega_e)$ ;  $Me = f(\omega_e)$ .

Уравнение второй степени (24) в системе координат  $\omega_e$ ,  $Me$  представляет собой симметричную параболу с вершиной в точке А, имеющей координаты  $\omega_M$ ,  $M_M$ , вторая точка В этой параболы имеет координаты  $\omega_N$ ,  $M_N$ . При этом если характеристика асимметричная, ее следует рассматривать как симметричную относительно правой рабочей ветви, а при построении левой ветви – вносить коррективы.

Все силовые факторы, действующие на автомобиль-тягач,»[17] можно разделить на три группы: движущие; сопротивления движению; нормальные к направлению движения.

«К первой группе относится окружная сила на ведущих колесах  $F_K$ .

Вторую группу составляют  $M_{f1}$ ,  $M_{f2}$  – моменты сопротивления качению колес автомобиля;  $F_K$  – сила сопротивления воздуха;  $F_i$  – продольная составляющая силы тяжести автомобиля;  $F_{jx}$  – сила сопротивления поступательному ускорению масс автомобиля;  $F_{nx}$  – продольная составляющая силы сопротивления прицепа. У одиночного автомобиля сила сопротивления прицепа отсутствует.

К третьей группе относятся:  $R_{z1}$ ,  $R_{z2}$  - нормальные реакции дороги;  $G_a \cdot \cos \alpha$  - нормальная составляющая веса автомобиля;  $F_{nz}$  - нормальная составляющая силы сопротивления прицепа (крюковая нагрузка). Силы, входящие в эту группу, направлены перпендикулярно к вектору скорости автомобиля. Поэтому их влияние не непосредственное, а косвенное.

Окружная сила на ведущих колесах возникает в результате того, что к ведущим колесам подводится через трансмиссию крутящий момент от двигателя, установленного на автомобиле. [21]

В настоящее время на автомобилях в основном применяют двигатели внутреннего сгорания. Их мощностные свойства принято оценивать скоростными характеристиками, представляющими зависимость эффективной мощности или крутящего момента на коленчатом валу при установившемся режиме работы от частоты вращения двигателя. Скоростная характеристика, полученная при полной подаче топлива, называется *внешней скоростной характеристикой*, а полученные при неполной подаче топлива – *частичными*. Скоростные характеристики определяют на специальных стендах. При этом обычно непосредственно находят зависимости эффективного момента двигателя от частоты его вращения, а мощность определяют расчетом.»[4]

## 2.4 Сила сопротивления подъему

«Сила сопротивления подъему  $P_{\Pi}$  возникает при движении автомобиля на подъем, а при движении на спуске ее значение становится отрицательным.

Сила сопротивления подъему

$$P_{\Pi} = G_a \cdot \sin \alpha_{\Pi} \quad (5)$$

Крутизна дороги характеризуется углом  $\alpha_{\Pi}$  подъема или величиной уклона  $i$ , выражаемой через отношение вертикальной проекции участка дороги к горизонтальной, т.е.

$$i = \operatorname{tg} \alpha_{\Pi} \quad (6)$$

На дорогах с твердым покрытием угол уклона подъема обычно не превышает  $5-7^\circ$ , что позволяет приближенно принимать  $\sin \alpha_{\Pi} \approx \operatorname{tg} \alpha_{\Pi}$ . Таким образом, силы сопротивления подъему и качению зависят от состояния дороги. Обычно эти две составляющие рассматриваются совместно, т.е. суммарная сила сопротивления дороги:

$$P_{\psi} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi}) \quad (7)$$

Под действием силы  $P_{\Pi}$  происходит перераспределение нормальных реакций по осям. Реакция на передних колесах уменьшается, а следовательно, снижаются сила тяги и сцепление колес с поверхностью дороги автомобилей с приводом на передние колеса.

Сила сопротивления воздуха, возникающая при движении автомобиля,

$$P_B = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot F_{\text{Л}} \cdot V^2, \quad (8)$$

где  $c_x$  – безразмерный коэффициент лобового сопротивления воздуха;

$\rho$  – плотность воздуха;

$F_{\text{Л}}$  – площадь лобового (миделева) сечения, определяемая по фронтальной проекции автомобиля на плоскость.

Площадь лобового сечения автомобиля находится приближенно: для грузовых  $F_{\text{Л}} = B \cdot H_a$  и для легковых  $F_{\text{Л}} = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a$ .

По данным исследований, с изменением угла атаки в пределах  $\pm 2^\circ$  сила сопротивления воздуха меняется в пределах  $+9 \div -7\%$ , значительно меняется и подъемная сила. При увеличении угла атаки обе силы возрастают.»[17] «Удовлетворительным считается увеличение сопротивления воздуха до 5 % при росте угла обдува на  $10^\circ$ , а неудовлетворительным – примерно на 20%.

С увеличением нагрузки на передние колеса уменьшаются угол атаки и сила сопротивления воздуха. » [22] В связи с этим «автомобили с приводом на передние колеса имеют меньшее сопротивление воздуха, чем автомобили классической компоновки. Кроме того, благодаря поперечному расположению двигателя» [1] у этих автомобилей проще получить форму кузова с меньшими значениями  $c_x$ . Обтекающие кузов автомобиля потоки

воздуха представлены на рисунках 4 и 5.

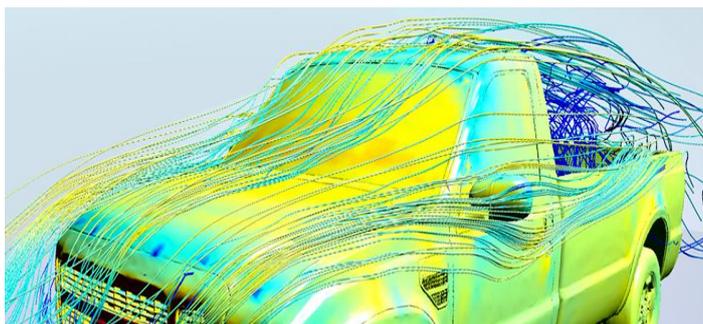


Рисунок 4 – Направление потоков воздуха

«Для современных легковых автомобилей нормального типа коэффициент сопротивления воздуха  $K$  колеблется примерно от 0,025 до 0,04, а для грузовых автомобилей – от 0,05 до 0,07  $кг \cdot сек^2 / м^4$ . Фактор же сопротивления воздуха  $W$  для легковых автомобилей может быть принят в среднем равным 0,05 – 0,1, а для грузовых – 0,15-0,3  $кг \cdot сек^2 / м^4$ .

Сила сопротивления воздуха, представляющая собой равнодействующую элементарных сил, действующих на отдельные элементы поверхности автомобиля, приложена к последнему на определенной высоте от опорной плоскости. Точка приложения этой силы часто называется центром парусности.» [32]



Рисунок 5 – Обтекание кузова потоками воздуха

«Поэтому для максимального уменьшения сопротивления воздуха целесообразно перекрывать всю переднюю часть автомобиля кожухом так, чтобы зазор между ним и землей был минимальным. Все выступающие

части, как, например, колеса и крылья, создают дополнительное сопротивление и вызывают значительное завихривание воздуха; поэтому целесообразно и их также перекрывать одним общим кожухом. При этом определяется специальная наивыгоднейшая в смысле «автомобильная» форма, которая с нижней стороны должна быть ограничена плоскостью, возможно близко подходящей к земле.» [4]

## 2.5 Сила инерции автомобиля

Сила инерции автомобиля складывается из трех составляющих сил инерции:  $P_{ИМ}$  массы автомобиля,  $P_{ИК}$  вращения колес и  $P_{ИД}$  частей двигателя.

При этом

$$P_{j0} = M \frac{d\omega}{dt} = \frac{G}{g} \frac{d\omega}{dt} \quad (9)$$

Суммарный момент инерции «колес автомобиля, определяется из выражения  $2J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$ , где  $J_{K1}$  – момент инерции колеса относительно его оси,  $\frac{d\omega_K}{dt}$ , - угловое ускорение колеса. » [38]

«Окружная сила, необходимая для создания этого момента, равна  $2 \frac{1}{r_K} J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$ , , где  $r_K$  -радиус качения колес.

Угловое ускорение колеса  $\frac{d\omega_K}{dt}$  может быть выражено через линейное ускорение автомобиля  $\frac{dv}{dt}$ . Принимая радиус качения  $r_K$  примерно постоянным, получаем:  $v = r_K \cdot \omega_K$ ;  $\frac{d\omega_K}{dt} = \frac{1}{r_K} \cdot \frac{dv}{dt}$ .

В результате сила  $P_j$ , инерции автомобиля определится из выражения (без учета влияния вращающихся деталей двигателя и трансмиссии автомобиля)

$$P_j = \left( \frac{G}{g} + 2 \frac{1}{r_K^2} \cdot J_{K1} \right) \frac{d\omega}{dt} \quad (10)$$

Результаты определения сил, действующих в трансмиссии, представлены в виде таблиц и графиков.» [2]

«Сила инерции вызывает перераспределение нормальных реакций по осям. При разгоне на передних колесах они уменьшаются, » [6] а следовательно понижается сила тяги по сцеплению.

«Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета переднеприводного легкового автомобиля второго класса LADA Granta-2190 сведены в таблицу 2. Расчет производился в соответствии с методикой, описанной в источнике [3].

Таблица 2 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	5
Снаряженная масса $m_0$ , кг	1085
Максимальная скорость $V_{max}$ , км/ч»[6] (м/с)	170 (47,22)
«Угловая скорость коленчатого вала $\omega_e^{max}$ , рад/с (об/мин)	630 (6016)
Максимальная мощность двигателя $N_e^{max}$ , кВт (л.с.)	66 (90)
Максимальный крутящий момент двигателя $M_e^{max}$ , Н·м	127/2700
Тип и размерность колеса	175/65R14
Коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x$	0,43
Величина максимального преодолеваемого уклона $i$	0,30
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,95
Габаритная ширина автомобиля $B$ , мм	1700
Габаритная высота автомобиля $H$ , мм	1500
Коэффициент сопротивления качению $f_0$	0,014
Передаточные числа:	
– первой передачи коробки передач $U_1$	3,63»[1]
– второй передачи коробки передач $U_2$	1,95
– третьей передачи коробки передач $U_3$	1,36
– четвертой передачи коробки передач $U_4$	0,94
– пятой передачи коробки передач $U_5$	0,78
главной передачи $U_0$	3,90»[3]

## 2.6 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot n + m_{\text{б}} \cdot n, \quad (11)$$

где:  $m_0$  – снаряженная масса автомобиля, кг;

« $m_{\text{ч}} = 75$  кг – масса одного человека;

$n$  – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$  – вес багажа.

$$m_a = 1085 + 75 \cdot 5 = 1460 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (12)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

$$G_a = 1460 \cdot 9,81 = 14352 \text{ Н}$$

«Автомобиль имеет переднеприводную компоновку (передние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 49% на передние колеса и 51% - на задние. »[6]

«Вес, приходящийся на ведущие колеса: »[4]

$$G_1 = 0,49 \cdot G_a = 0,49 \cdot 14352 = 7032,4 \text{ Н}$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,51 \cdot G_a = 0,51 \cdot 14352 = 7319,5 \text{ Н}$$

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2}, \quad (13)$$

«где:  $\rho = 1,293$  – плотность воздуха в нормальных условиях, »[3]  $\text{кг/м}^3$ .

$$K = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,206$$

«Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (14)$$

где:  $B$  – габаритная ширина автомобиля, м;

$H$  – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,7 \cdot 1,5 = 2,04 \text{ м}^2$$

Согласно выбранной ширине 175/65R14, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле: [15]

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H , \quad (15)$$

где:  $d$  – посадочный диаметр шины, дюйм;

$\lambda_z = 0,85$  – коэффициент вертикальной деформации;

$H$  – высота профиля шины. »[4]

«У снаряженных автомобилей классической компоновки распределение нагрузки между передней и задней осями  $M_I/M_A=0,53\div 0,56$ , а при полной нагрузке  $M_I/M_A=0,50\div 0,52$ . В дальнейшем примем для этих автомобилей  $M_I/M_A=0,5$ . [11]

На автомобилях с приводом на передние колеса сначала принималось распределение нагрузки по осям  $M_I/M_A=0,48\div 0,6$ . Так, автомобиль Рено-4 имел распределение нагрузки  $M_I/M_A=0,49$ , а Рено-16 выпускался с  $M_I/M_A=0,51$ . Проводятся экспериментальные и теоретические исследования, направленные на обоснование выбора оптимального распределения нагрузки по осям автомобилей с приводом на передние колеса, в которых рассматриваются экстремальные случаи движения автомобиля:

- разгон без буксования ведущих колес при максимальном ускорении на горизонтальном участке дороги с сухим асфальтированным или цементным покрытием;

- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому асфальтированному или цементированному покрытию;

- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому плотному травяному грунту. »[17]

Результаты показали, что при «выборе оптимального распределения нагрузки по осям для автомобиля с приводом на передние колеса следует стремиться к достижению тягово-скоростных свойств таких же, как у автомобилей классической компоновки.

Для определения оптимального распределения нагрузки» [9] «по осям для автомобиля с приводом на передние колеса принимаем равенство сил тяги, определяемых по моменту двигателя и по сцеплению ведущих колес с дорогой, для трех рассматриваемых случаев. Сила тяг по моменту может быть определена из уравнений (2) и (4) или по максимальному динамическому фактору для современных автомобилей  $D=0,25\div 0,35$ . Сила тяги по сцеплению определяется по формулам (3) и (9).

Для режима разгона с максимальным ускорением в уравнении (10) принимаем  $P_f=0$ ,  $P_w=0$ . Тогда после совместного решения уравнений, получим:

$$P_p = P_f + P_w + P_i + P_j \quad (16)$$

$$f + \delta_{II} \cdot j_{umax}/g = (\varphi + f) \cdot (b - \delta_{II} \cdot h_{д} \cdot j_{umax} / g) / L \quad (17)$$

Левая часть равенства характеризует динамический фактор, а правая – условия сцепления ведущих колес с поверхностью дороги. Принимая для случая разгона на хороших дорогах  $\varphi > f$ , после некоторых преобразований получим<sup>^</sup>

$$b/L = \delta_{II} \cdot j_{umax} (1/\varphi + h_{д}/L) / g \quad (18)$$

Величины, входящие в правую часть формулы (21), отличаются для различных автомобилей, однако незначительно. Так, для современных легковых автомобилей  $j_{umax} = 2\div 2,5$  м/с<sup>2</sup>, меньшие значения относятся к автомобилям особо малого класса, а большие – к автомобилям среднего класса.

Значения  $\delta_{II} = 1,2\div 1,5$ ,  $h_{д} = 0,5\div 0,55$  м и  $L \approx 2,2\div 2,5$  м, коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой можно принимать для сухих асфальтированных дорог постоянным:  $\varphi = 0,8$ .

Из расчетных зависимостей относительного распределения нагрузки автомобиля с приводом на передние колеса по осям ( $b/L$ ) от максимального ускорения следует, что при сравнительно небольшом изменении максимального ускорения  $j_u$  и коэффициентов  $\delta_{II}$  учета вращающихся масс значения  $b/L$  изменяются в широких пределах.

Графики изменения крутящего момента и мощности двигателя в функции изменения частоты вращения представлены на рисунке 6. »[17]

«Силы  $P_f$  и  $P_w$  всегда являются положительными, сила  $P_i$  положительна при движении автомобиля на подъем и отрицательна при движении под уклон; сила  $P_j$  положительна при ускоренном движении автомобиля и отрицательна при замедленном его движении. [33]

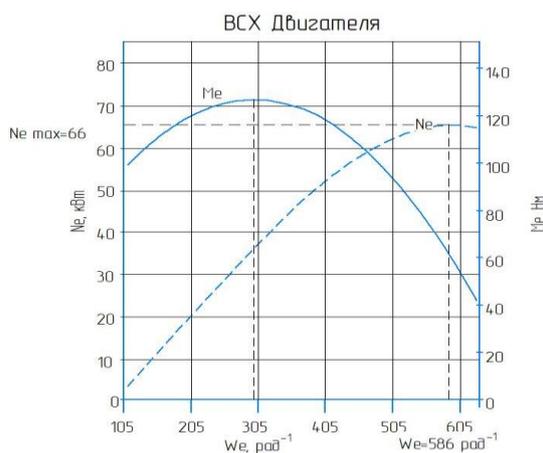


Рисунок 6 – Внешняя скоростная характеристика» [1] двигателя

## 2.7 Тяговый расчет автомобиля

«Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом производится на основании тех же уравнений, которые приведены были выше для случая тягового расчета двухосного автомобиля. Так как динамическая характеристика для автомобиля с прицепом или полуприцепом отличается от такой характеристики для двухосного автомобиля только масштабом, то, очевидно, выводы, полученные выше для двухосного автомобиля, остаются справедливыми и для автомобиля с прицепом или полуприцепом. Необходимо лишь во все уравнения вместо веса автомобиля  $G$  вставить полный вес агрегата  $G + G'$ , где  $G'$  - вес прицепа или полуприцепа. Однако при тяговом расчете автомобиля с прицепом или полуприцепом могут быть поставлены новые вопросы, которые требуют дополнительного решения. К таким вопросам надо отнести:

- определение максимального полного веса прицепа или полуприцепа  $G$ , который допустим при заданном автомобиле-тягаче;

- определение нового передаточного числа в главной передаче  $i_0$  или в редукторе  $i_p$ , которые надо выбрать для того, чтобы имеющийся автомобиль снабдить прицепом или полуприцепом.[32] Предельное значение допустимого веса  $G'$  прицепа или полуприцепа определяется той максимальной тяговой силой, которая может быть получена на ведущих колесах автомобиля-тягача. Так как всегда можно подобрать необходимое передаточное число, обеспечивающее должную тягу на ведущих колесах при том вращающем моменте двигателя  $M_T$ , то максимальное значение веса  $G'$  прицепа или полуприцепа ограничивается величиной сцепления ведущих колес с дорогой.

Для упрощения задачи пренебрегаем изменением радиальных реакций, происходящим при передаче через автомобиль-тягач тяговой силы. При этом весь расчет упрощается, а ошибка получается весьма небольшой. На рисунке 10 представлена схема автомобиля, снабженного прицепом. Предельное значение тяговой силы  $P_{fmax}$  на задних ведущих колесах автомобиля-тягача определяется из выражения:»[21]

$$P_{fmax} \approx \phi \cdot G_2 = \phi \cdot G \frac{a}{L} \quad (19)$$

где  $G$  – полный вес автомобиля.

«Принимая во внимание, что при установке первой передачи скорость автомобиля очень мала, и пренебрегая, поэтому сопротивлением воздуха, получаем:

$$P_{Pmax} = G_a = \phi \cdot G_a = \phi(G + Gi) \cdot \quad (20)$$

где  $G'$  - полный вес прицепа.

## 2.8 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей

При использовании на автомобиле с приводом на передние колеса такого же двигателя, что и на автомобиле классической компоновки, сила тяги на ведущих колесах может быть определена из уравнения (24). Решением этого уравнения в пределах возможных скоростей движения находится тяговая характеристика автомобиля.

Для удобства сопоставления автомобилей различных компоновочных схем по тягово-скоростным свойствам обычно используют динамический фактор  $D$ , для определения которого уравнение (24) преобразуется к виду:

$$D = [(\alpha_M a_M - 0,5 c_x \cdot \rho \cdot F_{пл}) \cdot v^2 + b_M \cdot b_v \cdot v + c_M \cdot c_v] / G_a \quad (21)$$

С помощью уравнения (27) можно получить динамическую характеристику. Ускорение, развиваемое автомобилем в процессе разгона

$$J_a = (a_j \cdot v^2 + b_j \cdot v + c_j) / (\delta_{II} \cdot M_a) \quad (22)$$

Уравнение (28) в графическом виде выражается для каждой передачи своей параболой. Вершины парабол определяются координатами  $v, J_{amax}$ .

Аналогичные уравнения могут быть получены и через первую производную правой части уравнения, приравненную нулю. Коэффициенты  $a_j$  во всем диапазоне скоростей и ускорений отрицательные. Хотя ускорение является скоростным показателем автомобиля, в качестве оценочного параметра оно обычно не применяется вследствие неудобства использования. Наибольшее распространение в качестве измерителя динамики разгона получили время  $t$  и путь  $S$  разгона автомобиля.

Распределение тяговой силы по отдельным видам сопротивления движению называется тяговым балансом автомобиля. Аналогично этому [21] «может быть распределена по отдельным видам сопротивления движению автомобиля и развиваемая двигателем мощность  $N_m$ . Такое распределение мощности двигателя по отдельным видам сопротивления называется мощностным балансом автомобиля.» [40]

$$N_m = N_t + N_f + N_w + N_i + N_j \quad (23)$$

$$N_m = N_t + N_f + N_w \quad (24)$$

$$N_T = (1 - \eta_m) \cdot Nm \quad (25)$$

где  $\eta_m$  – коэффициент нагруженности.

«Уравнения мощностного баланса описывают потенциальные тягово-скоростные свойства по характеристикам двигателя и трансмиссии, однако использование этих свойств должно быть обеспечено сцеплением ведущих колес с дорогой, а следовательно, статическим распределением нагрузки по осям. Для сопоставительной оценки рассматриваемых автомобилей по скоростной характеристике на дороге с переменным продольным профилем и при преодолении подъемов на высшей передаче следует рассмотреть динамику движения автомобиля на подъем. При движении происходит перераспределение нормальных реакций: с увеличением угла подъема реакции вырастают»[17] «на задних колесах и уменьшаются на передних. При достижении определенного угла подъема у автомобилей с задними ведущими колесами наблюдается потеря сначала управляемости, а затем продольной устойчивости (при достаточном моменте на ведущих колесах сцепления этих колес»[46] с дорогой). Если ведущими являются передние колеса, то продольная устойчивость сохраняется, так как во всех ведущих режимах движения потеря сцепления ведущих колес опережает опрокидывание.

При «проектировании автомобилей с приводом на передние колеса, для обеспечения силы тяги по сцеплению ведущих колес с дорогой обычно нагрузку на передние колеса в статическом состоянии принимают больше, чем на задние. С увеличением нагрузки на передние колеса улучшается сцепление колес»[7] «с дорогой, но возникает некоторая перегрузка передних колес при движении по горизонтальной дороге.

В качестве оцениваемых параметров, характеризующих способность автомобиля двигаться на подъем, рассмотрим зависимость скорости движения от угла подъема и максимального угла подъема дороги, по которой»[17] «может двигаться автомобиль с установившейся скоростью на

низшей передаче. Свойства автомобиля двигаться на подъем определяются силой  $P_K$  тяги, выражаемой через момент двигателя по формуле (26).

Со стороны дороги на ведущих колесах автомобилей с приводом [13] на передние колеса определяются нормальные реакции применительно к установившемуся движению на подъем:

$$R_{z1} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (26)$$

И на задних колесах автомобилей классической компоновки:

$$R_{z2} = G_a (a \cos \alpha_{\Pi} + h_D \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (27)$$

Сила сцепления ведущих колес с дорогой пропорциональна нормальной реакции, действующей на эти колеса, и коэффициенту сцепления шин с дорогой. В процессе разгона по горизонтальной дороге (сопротивлением качению и воздуха пренебрегаем) нормальная реакция на передних ведущих колесах уменьшается.

$$N_m \cdot \eta_m = \psi G v^2 + W \cdot v^2 + \delta \frac{G}{g} v \cdot \frac{dv}{dt} \quad (28)$$

$N_f = F_f \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт; »[3]

«  $N_T = F_T \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему ( $N_T=0$ ), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_D = F_{и} \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [9] ( $N_B = 0$ ), Вт.

«При рассмотрении экстремального случая, когда разгон осуществляется с полным использованием возможностей двигателя и сцепления колес с дорогой, в уравнения (24), (25) следует подставлять максимальные ускорения.

Для создания одинаковых условий разгона по сцеплению автомобилей обеих компоновочных схем с разными массами и одним и тем же двигателем

необходимо обеспечить равенство нормальных реакций передних и задних колес. »[17]

$$\eta_m = \frac{M_p}{M_m \cdot i_K i_o} \quad (29)$$

$$P_p = \frac{M_m \cdot i_K i_o \cdot \eta_m}{r_K} \quad (30)$$

«На рисунке 7 приведены результаты расчета мощностных характеристик автомобиля при переключении передач.»[2]

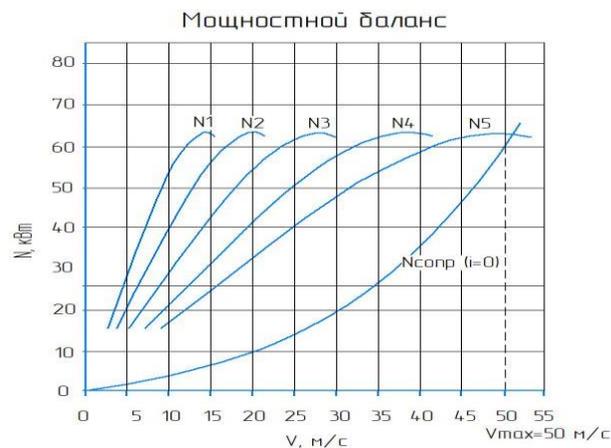


Рисунок 7 – Мощностной баланс

## 2.9 Тяговые характеристики автомобиля

«При одинаковых силах тяги, подведенных от двигателя к ведущим колесам, автомобили с приводом на передние ведущие колеса преодолевают такие же максимальные подъемы, как и автомобили классической компоновки, только если центр масс у первых смещен к оси передних колес. Для определения величины смещения центра масс и степени влияния компоновочной схемы автомобиля на величину максимального угла подъема приравниваем правые части уравнений (21) и (22). Если автомобиль с приводом на задние колеса имеет равномерное распределение нагрузки по осям, т.е. в уравнении (23)  $a=0,5 L$ . После преобразований получим координату центра масс автомобилей с»[17] «приводом на передние колеса, преодолевающих

такие же максимальные подъемы, как и автомобили с задними ведущими колесами при равномерном распределении нагрузки по осям»[13] в виде:

$$b = 0,5L + \varphi \cdot h_{д} + 2f \cdot r_{д} - f \cdot h_{д} \quad (31)$$

«Для достижения одинаковых максимальных углов подъема по условию сцепления для рассматриваемых автомобилей необходимо, чтобы «центр масс автомобиля с «приводом на передние колеса был смещен вперед на величину  $\Delta a = \varphi \cdot h_{д} + 2f \cdot r_{д} - f \cdot h_{д}$ . Из этого уравнения следует, что максимальный угол подъема по условию сцепления ведущих колес»[10] зависит от конструктивных «параметров  $L, b, h_{д}, r_{д}$  и дорожных условий, характеризующихся величинами  $\varphi$  и  $f$ . Проведенные расчеты показали, что с достаточной степенью точности уравнение может быть представлено как  $b = 0,5L + \varphi \cdot h_{д}$ .

При  $\varphi = 0,4$  сцепные свойства автомобилей двух рассматриваемых компоновочных схем приблизительно равны, а максимальные углы подъема для обоих автомобилей составляют примерно  $10^\circ$ . При больших коэффициентах сцепления зависимости  $\alpha_{п} = f(\varphi)$  рассматриваемых автомобилей отличаются существенно. Проведенный анализ движения на подъем правомерен для автомобилей с полной нагрузкой. Однако легковые автомобили значительную часть времени эксплуатируются с частичной нагрузкой и большой интерес представляет исследование тягово-динамических свойств при движении автомобилей на подъем при неполной нагрузке.

Максимальный угол подъема при неполной нагрузке и заданной скорости движения с учетом возможностей двигателя  $\alpha_{пд\max}$  может быть определен из отношения правой и левой частей формулы (17) при полной и частичной нагрузках, в которое следует подставлять при полной нагрузке массу  $M_a$ , а при частичной – массу  $M_n$  автомобиля при неполной нагрузке. При частичной нагрузке у автомобилей обеих компоновочных схем обычно оказываются не полностью загруженными задние сиденья и багажное отделение, при этом»[1] «уменьшается нагрузка (абсолютная и относительная) на задних колесах и возрастает (относительная) нагрузка на

передних колесах, т.е. происходит смещение центра масс у обеих автомобилей к оси передних колес,»[37] а следовательно, выравниваются возможности преодоления подъемов этими автомобилями.

Результаты расчетов сведены в таблицу «3 и построены графики на рисунке 8.

Таблица 3 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики

$\omega_e$ , рад/с	$V_a$ , м/с	$Q_s$ , л/100 км
314,16	7,14	8,70
366,52	14,29	10,88
418,88	21,43	12,60
523,60	28,57	13,64
575,96	35,72	15,17
628,32	42,86	16,17
680,68	50,00	24,35

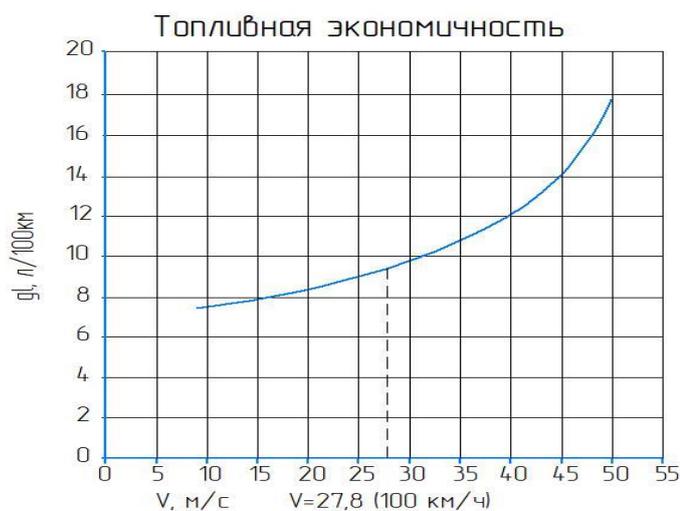


Рисунок 8 – Расход топлива» [1]

Вывод:

Динамический радиус колеса — важный аспект, который следует учитывать как при проектировании автомобилей, так и при обслуживании и выборе шин. Понимание этого параметра помогает оптимизировать характеристики автомобиля и обеспечить безопасность на дороге.

### **3 Разработка конструкции**

#### **3.1 Техническое задание**

Наименование и область применения.

«Стенд для испытаний вакуумного усилителя тормозов легкового автомобиля. Предназначен для проверки вакуумных усилителей тормозов легковых автомобилей на герметичность и производительность. Устройство (стенд) представляет собой корпус, конструктивно совмещенный с насосом для создания разрежения в ресивере для работ по проверке технического состояния тормозного привода. Стенд предназначен для размещения на СТО на участке диагностики для уменьшения трудоемкости и механизации процесса проверки работоспособности вакуумного усилителя тормозов легкового автомобиля инжекторных двигателей автомобилей (рисунок 9). Режим и условия работы стенда: закрытое помещение с искусственным освещением, принудительной вентиляцией, температура от +15°C до +40°C, »[17] относительной влажностью воздуха не более 75%, в «зоне работы стенда имеется источник электропитания. [36]

Основание для разработки.

Разработка стенда проводится по заданию кафедры ПЭА в рамках дипломного проекта по теме»[37] «Разработка стенда для испытаний элементов тормозной системы автомобиля».

Цель и назначение разработки.

«Разработать стенд для испытаний вакуумного усилителя тормозов легкового автомобиля. Стенд должен применяться на станциях технического обслуживания для очистки от загрязнений и проверки вакуумного усилителя тормозов легкового автомобиля.

Источники разработки.

Стенд для проверки пневмосистем»[6] «SW-2 представлен на рисунке 10». Компрессор служит для создания запаса разряженного воздуха под определенным давлением (разряжением).

## Основные технические требования.

Стенд должен состоять из рамы, ресивера для запаса разряженного воздуха, откачивающего насоса «(компрессора), фильтрующего элемента, манометров, привода для установки тормозной педали, главный тормозной цилиндр, панель в которую устанавливаются манометры пульта управления, параметры представлены в таблице 6. Насос создает разряжение 0,2 атм, элемент, после чего избыточное давление через редукционный клапан сбрасывается в атмосферу,»[42] а на подающей тормозной магистрали остается рабочее давление  $0,08 \div 0,12$  атм.

Для объективного принятия решения по дефекту испытаний вакуумного усилителя тормозов легкового автомобиля стенд должен иметь возможность проверять несколько параметров одновременно. [10]

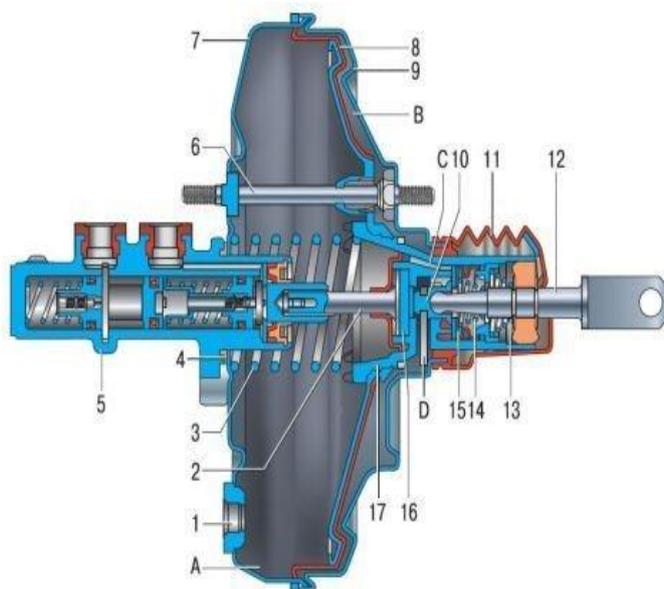


Рисунок 9 - Схема вакуумного усилителя

Откачивающий насос должен создавать разряжение, как во впускной системе автомобиля  $0,08 \div 0,12$  атм.

Внешний вид, «расположение основных элементов представлены в образце стенда на рисунке 9. Корпус усилителя разделен диафрагмой на две камеры. Камера, обращенная к главному тормозному цилиндру, называется

вакуумной. Противоположная к ней камера (со стороны педали тормоза) – атмосферная.

Вакуумная камера через обратный клапан соединена с источником разряжения. В качестве источника разряжения обычно используется область во впускном коллекторе двигателя после дроссельной заслонки. Для обеспечения бесперебойной работы вакуумного усилителя на всех режимах работы автомобиля в качестве источника разряжения может применяться вакуумный электронасос. Обратный клапан разъединяет вакуумный усилитель и источник разряжения при остановке двигателя, а также отказе вакуумного насоса. Со стороны вакуумной камеры диафрагма соединена со штоком поршня главного тормозного цилиндра. Движение диафрагмы обеспечивает перемещение поршня и нагнетание тормозной жидкости к колесным цилиндрам. »[27]

Стенд должен устанавливаться на верстак с твердым резиновым или стальным покрытием, характеристики стенда представлены в таблице 4.

Стенд «должен обладать следующими преимуществами перед прототипом, выбранным из аналогов: простота в изготовлении, обслуживании, работе.»[26] Для снижения затрат стенд должен иметь возможность изготовления собственными силами в условиях СТО. Габаритные размеры не должны превышать 600x500x300 мм, масса нетто не должна превышать 15 кг для возможности «перемещения и установки в оптимальном, с точки зрения планировки, месте. Должна быть исключена возможность выпадения форсунки, с целью повышения безопасности»[27] работы со стендом и предотвращения порчи имущества и причинении вреда здоровью рабочего персонала.

«Объект испытаний (вакуумный усилитель с главным тормозным цилиндром) устанавливается в рабочем положении согласно технической документации на поперечную раму. К входному штоку вакуумного усилителя пристыковывается шток силового цилиндра, а к выходным штуцерам главного тормозного цилиндра - тормозная система стенда. »[16]

Таблица 4 – Технические характеристики стенда

Наименование характеристик	Значение
Число проверяемых усилителей	1 шт.
Типы проверяемых усилителей	1-2
Объем ресивера	25 л
Питающее напряжение	12 В / 220 В
Потребляемая мощность	Не более 15 Вт
Габаритные размеры	не более 600x500x300 мм
Масса	не более 150 кг
Давление подающего насоса	6 атм.
Создаваемое разряжение	0,08÷0,12 атм.
Таймер для проверки	5 сек.

«Форма оборудования должна иметь тектоническую ясность, т.е. нести информацию о работе конструкции. Пропорции контуров оборудования должны обеспечивать композиционное равновесие. Переломы элементов формы должны быть логическими, согласовываться между собой мелкие детали оборудования не должны быть хаотично расположены, при необходимости должны быть закрыты декоративными панелями, оборудование должно гармонично вписываться в композицию интерьера помещения, для чего должно быть окрашено»[6] «в бело-синий цвет, для обеспечения безопасности и исключения человеческого фактора стенд должен иметь возможность автоматического отключения питания форсунок.

Экономические показатели

Бюджет проекта на разработку документации составляет 60.000 руб.

Требования к надежности.

Наработка на отказ не менее 10000 часов.

Требования к стандартизации и унификации.

Все детали стенда кроме корпуса, гидропровода и электропроводки, должны быть из числа применяемых на автомобилях ВАЗ.

Требования к безопасности:

Возможность устанавливать в помещениях с классом пожарной опасности В2.

Требование к численности и квалификации персонала.

Обслуживание стенда должно производиться одним слесарем с разрядом не ниже третьего.

Требование к техническому обслуживанию.

Техническое обслуживание стенда должно проводиться рабочим персоналом СТО не чаще чем один раз в шесть месяцев.

Стенд для проверки и испытаний вакуумного усилителя тормозов «SW-2» (прототип) представлен на рисунке 10. »[17]



Рисунок 10 - Стенд для проверки «SW-2»

«Стадии и этапы разработки.

- Разработка технического задания;
- Разработка технического предложения;
- Разработка эскизного проекта;
- Разработка рабочего проекта;
- Разработка комплексной конструкторской документации;
- Порядок и контроль приемки.

Производится после каждой стадии или этапа разработки.»[24]

### 3.2 Техническое предложение

В соответствии с техническим «заданием необходимо разработать стенд для вакуумных усилителей тормозов легковых автомобилей в»[14] «автопредприятиях и на станциях технического обслуживания. В качестве исходного варианта предложено использовать стенд для проверки и испытаний вакуумного усилителя тормозов «SW-2».

В настоящее время проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей невозможно без применения специального оборудования.»[6] «Применением технологического оборудования достигается качество выполняемых работ, уменьшается время, затрачиваемое на обслуживание автомобиля и возрастает производительность труда.

Диагностические работы являются одними из самых сложных при техническом обслуживании и текущем ремонте автомобиля (около 10÷16% трудоемкости всех работ). Неотъемлемой частью диагностических работ является»[16] оборудование для проверки состояния деталей и узлов тормозов легковых автомобилей. Из-за сложности проведения диагностических «работ необходимо использовать специальное оборудование. К этому оборудованию относятся»[6] мотор-тестеры, тестеры исполнительных механизмов, сканеры, разрядники, имитаторы датчиков.

Преимущество усовершенствованного объекта перед прототипом, выбранным из аналогов, состоит в том, что стенд имеет низкую стоимость прост в изготовлении, обслуживании, работе. «Небольшая масса конструкции дает возможность его перемещения и установки в оптимальном с точки зрения планировки месте. »[6]

«Устройство компрессора. Он состоит из: картера, блока цилиндров, головки, двух поршней, шатунов, коленчатого вала, двух нагнетательных и двух впускных клапанов с пружинами, коромысел, двух плунжеров, двух шатунов и привода»[4].

«Предохранительный клапан служит для предохранения пневматической системы от неисправности регулятора давления, причем клапан установлен на правом воздушном баллоне и отрегулирован на давление воздуха в системе, равное 0,01-0,02МПа.

Воздушный баллон служит для хранения запасов сжатого воздуха поступающего от компрессора. В них имеются краны для слива конденсата воды и масла и предохранительный клапан. Для накачки сжатым воздухом шин используется кран отбора воздуха, отверстие которого закрывается колпачковой гайкой, чтобы не был загрязнен. На автомобилях используют несколько баллонов. [44]

### 3.2.1 Стенд для тестирования НР-108п



Рисунок 11 Стенд для тестирования НР-108п

Установка для тестирования вакуумных усилителей тормозов легковых автомобилей (рисунок 11). Позволяет моделировать любые параметры работы двигателя в процессе тестирования, в соответствии с особенностями конкретной системы управления двигателем.

- Возможный диапазон числа оборотов: 1-9990 об/мин, диапазон измерения давления 0-7 бар, время цикла 1-30мс;
- Конструкция тормозного тестера позволяет работать с различными усилителями тормозов, в том числе и с новейшими типами (GDI, HPI, FSI);

- Набор переходников для вакуумных усилителей тормозов легковых автомобилей (а также впускных клапанов и золотников) при помощи специального реагента без съема штуцеров входит в комплект поставки;
- Работа установки характеризуется низким расходом специальных жидкостей;
- Расходные материалы и специальные жидкости всегда в наличии. »[16]

**Достоинства установки:**

- Надёжность – установки работают на сервисах уже более 7 лет.
- Инструкция на русском языке – книжка.»[26]
- Производство LANTECH, Россия, Москва

### 3.2.2 Стенд для проверки F-Sonnox-600I



Рисунок 12 Стенд для проверки F-Sonnox-600I

«Назначение и преимущества F-Sonnox-600I (рисунок 12).

Манометр позволяет проверять давление воздуха, как в воздушных баллонах, так и в тормозных камерах системы пневматического привода. Для этого он имеет две стрелки и две шкалы. По нижней шкале проверяют давление в тормозных камерах, по верхней - в воздушных баллонах.

Воздушный фильтр предназначен для очистки воздуха, поступающего от компрессора в пневматическую систему от влаги и от масла. Он установлен на поперечной балке крепления воздушных баллонов.

Антифризионный насос не позволяет пневматической системе замерзнуть от конденсата в зимнее время года.

Работа пневматической системы тормозов: в компрессоре создается запас воздуха под давлением, который хранится в воздушных баллонах. При нажатии на педаль тормоза воздействует на тормозной кран, который создает давление в тормозных камерах»[4].

«Основным отличием стенда от аналогов является наличие режима «ОР», который предотвращает от выхода из строя. Особый алгоритм управления рабочим напряжением регулятора.

### 3.2.3 Стенд для проверки [19] SU8437A



Рисунок 13 - Стенд для проверки SU8437A

Стенды SU8437A (рисунок 13) по праву занимают место самых популярных стендов для проведения испытаний пневмоаппаратов, а также могут использоваться как стенд для вакуумных усилителей тормозов легковых автомобилей.»[17] «Испытания по определению герметичности заключаются в создании и стабилизации разрежения в вакуумной камере усилителя ( $0,075 \pm 0,005$ ) МПа и выдерживании этого разрежения в течение 1 мин при различных статических усилиях на входном штоке. Значения усилий

соответствуют 0 %, 20 %, затем 120 % максимального значения усилия на тормозной педали базового автомобиля, умноженного на передаточное отношение педали. При этом фиксируют значения испытательного усилия, разрежения и давления на выходе из рабочих полостей цилиндра ГТЦ, время выдерживания, перемещения штока и снижение разрежения во время выдерживания, наличие или отсутствие утечки жидкости.»[16] Проводятся следующие виды испытаний:

- проверка на герметичность в ненагруженном состоянии:
- проверка на герметичность под «нагрузкой»:

### **3.3 Конструкция устройства**

При нажатии педали тормоза усилие через толкатель передается к следящему клапану. Клапан перекрывает канал, соединяющий атмосферную камеру с вакуумной. При дальнейшем движении клапана атмосферная камера через соответствующий канал соединяется с атмосферой. Разрежение в атмосферной камере снижается. Разница давлений действует на диафрагму и, преодолевая усилие пружины, перемещает шток поршня главного тормозного цилиндра. Вид стенда представлен на рисунке 14.

Конструкция вакуумного усилителя обеспечивает дополнительное усилие на штоке поршня главного тормозного цилиндра пропорциональное силе нажатия на педаль тормоза. Другими словами, чем сильнее водитель нажимает на педаль, тем эффективнее будет работать усилитель.

При окончании торможения атмосферная камера вновь соединяется с вакуумной камерой, давление в камерах выравнивается. Диафрагма под действием возвратной пружины перемещается в исходное положение.

Максимальное дополнительное усилие, реализуемое с помощью вакуумного усилителя тормозов, обычно в 3-5 раз превышает усилие от ноги водителя. Дальнейшее повышение величины дополнительного усилия»[14] «достигается увеличением числа камер вакуумного усилителя, а также

увеличением размера диафрагмы. «Тормозной кран служит для управления тормозами автомобиля в качестве регулятора сжатого воздуха из баллонов к тормозным камерам. Тормозной кран также обеспечивает постоянное тормозное усилие при неизменном положении тормозной педали и быстром растормаживании при прекращении нажатия на педаль.

Соединительная головка на задней поперечине рамы и служит для соединения воздухопровода между отдельными элементами.

Разобщительный кран служит для отключения магистрали от прицепа и устанавливается перед соединительной головкой. Кран открывают после присоединения пневматической системы прицепа. »[12]

«В комплекте со стендом поставляется набор адаптеров и переходников, позволяющий обслуживать механические усилители тормозов. Является стендом нового поколения, в котором реализованы все новейшие функции:

- Гарантия качества и авторитет компании Launch
- Надежность и долговечность
- Максимальная функциональность и технологичность
- Минимальный срок окупаемости

### **3.4 Руководство по эксплуатации**

Элементы стенда перечислены в спецификации в приложении А.»[17]  
«Объект испытаний устанавливается на специальную раму. Положение объекта – рабочее, в соответствии с конструкторской документацией на объект испытаний.

Крепление объекта к раме производится болтами с гайками и пружинными (гроверными) шайбами. Подключение объекта к тормозной системе стенда обеспечивается ввертными переходными штуцерами.

Соединение штоков силового цилиндра и вакуумного усилителя различного типа осуществляется через специальные втулки болтами М8.

Подключение к тормозной системе стенда производится в соответствии с КД на объект испытаний. Если принцип работы объекта испытаний

предполагает наличие расширительного бачка, в тормозной системе станда предусмотрено крепление для его установки (рисунок 14).»[20]



Рисунок 14 Внешний вид станда

Станд включает в себя:

- гидравлический контур проверки работоспособности тормозов;
- пульт управления.

«После установки объекта на станд и подключения к тормозной системе станда производится заполнение системы тормозной жидкостью с удалением воздуха из объекта испытаний и гидравлических магистралей.

Герметичность системы проверяется созданием давления в тормозной системе станда и объекте испытаний и визуальным контролем мест соединения магистралей станда с объектом испытаний.»[24]

Последовательность рабочих операций

Рекомендуется следующая последовательность действий:

- Проверка герметичности;
- Проверка производительности.

«Проверка герметичности

Испытания по определению герметичности заключаются в создании и стабилизации разрежения в вакуумной камере усилителя ( $0,075 \pm 0,005$ ) МПа и выдерживании этого разрежения в течение 1 мин при различных статических усилиях на входном штоке. Значения усилий соответствуют 0 %, 20 %, затем 120 % максимального значения усилия на тормозной

педали базового автомобиля, умноженного на передаточное отношение педали. При этом фиксируют значения испытательного усилия, разрежения и давления на выходе из рабочих полостей цилиндра ГТЦ, время выдерживания, перемещения штока и снижение разрежения во время выдерживания, наличие или отсутствие утечки жидкости.»[18]

Техническое обслуживание стенда

Замена проверочной «жидкости».

Производится регулярно при загрязнении текущей порции жидкости.

Последовательность выполнения операций:

- отключить стенд тумблером сетевого напряжения; »[21]
- открутить «болт для слива жидкости, слить жидкость в тару для отработавшей жидкости;
- закрутить болт для слива жидкости;
- «залить новую жидкость;

Перечень элементов стенда приведен в приложении А на рисунках А.1 и А2.

Гарантийные обязательства.

Прибор имеет гарантию на устранение возникших неисправностей и замену составных частей, преждевременно вышедших из строя по вине предприятия изготовителя, в течение 24 месяцев от даты»[17] «продажи, при условии соблюдения требований по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию, изложенных в настоящем документе. Гарантия относится к дефектам в материалах и узлах и не распространяется на компоненты, подверженные естественному износу.

В течение гарантийного срока»[16] «Изготовитель устраняет за свой счет выявленные дефекты.

При обнаружении заводского дефекта срок на гарантийный ремонт устанавливается в зависимости от трудоемкости и вида ремонта, а гарантийный период продлевается на время нахождения стенда в ремонте.

Срок гарантийного ремонта устанавливается в соответствии с существующим законодательством.

Изготовитель не возмещает материальный и моральный ущерб за простой оборудования в течение времени ремонта.

Гарантия не включает в себя работы по техническому обслуживанию, которые указаны в настоящем документе и должны строго выполняться.

Изготовитель снимает свои гарантийные обязательства перед владельцем и не несёт юридической ответственности за последствия эксплуатации в случаях:

- самовольной разборки узлов и агрегатов,
- внесения в конструкцию изменений,

Если при рассмотрении рекламации выяснится отсутствие заводского дефекта, то владелец обязан оплатить расходы, связанные с рассмотрением рекламации по действующему тарифу. »[15]

Выводы по разделу:

«Проведены исследования и анализ технологического оборудования – стендов для проверки вакуумных усилителей тормозов легковых автомобилей.»[24] «Выполнен обзор существующих конструкций, проведено сравнение достоинств и недостатков различных вариантов. Выбрана конструктивная схема стенда, заданы требуемые характеристики. »[14]

Состоит стенд из сварной коробчатой рамы-бака. На раме неподвижно закреплена стойка, в которую устанавливается вакуумный усилитель тормозов.

Преимущество усовершенствованного объекта перед прототипом, выбранным из аналогов, состоит в том, что стенд имеет низкую стоимость, прост в изготовлении, обслуживании, работе. «Небольшая масса конструкции дает возможность его перемещения и установки в оптимальном с точки зрения планировки месте. »[27]

## 4 Технологический процесс диагностирования

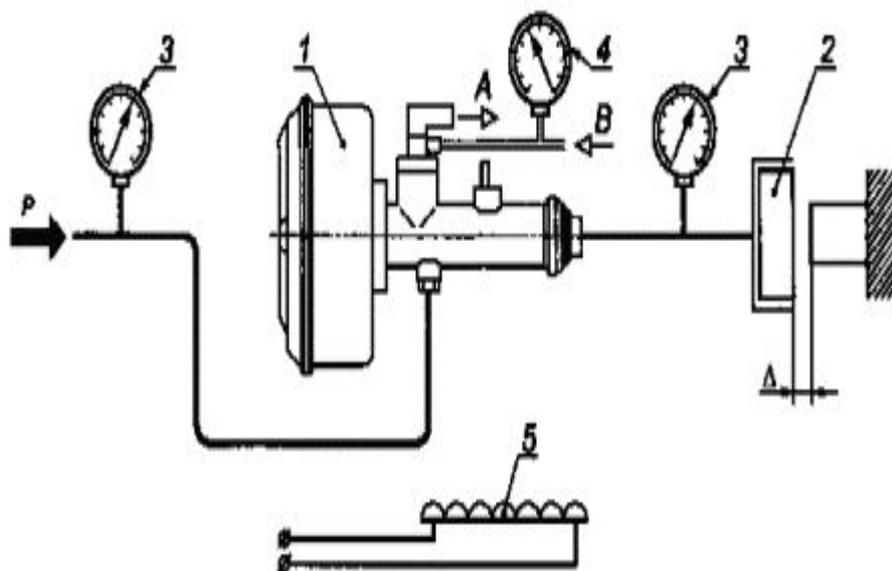
### 4.1 Принцип действия стенда

«Принцип действия стенда состоит в моделировании условий эксплуатации испытуемого объекта (вакуумного усилителя, главного и рабочих цилиндров), приближенных к натурным (рисунок 15).» [4]

«Моделирование условий эксплуатации осуществляется путем:

- создания заданного усилия на входном штоке вакуумного усилителя (или педали в сборе с вакуумным усилителем);
- обеспечения заданного уровня разряжения в полости вакуумного усилителя;
- обеспечения удаления воздуха из тормозной системы и создания давления в ней.

Контрольно-измерительные и регистрирующие элементы стенда обеспечивают контроль информации о параметрах на входе и выходе испытуемого объекта.» [16].



«1 - вакуумный усилитель; 2 - педаль; 3, 4 - манометр; 5 - реостат

Рисунок 15 – Схема подключения стенда

## **4.2 Порядок работы стенда при проведении испытаний**

При проведении испытаний выполняются следующие операции:

- установка объекта испытаний на стенд и подключение к гидравлической и тормозной системам стенда;
- контроль герметичности;
- снятие силовых характеристик;
- снятие гидровакуумных характеристик;
- снятие объекта испытаний со стенда.

Установка объекта испытаний на стенд и подключение к тормозной системе стенда: Элементы стенда представлены в приложении А на рисунках А.1, А.2.

Объект испытаний устанавливается на специальную раму. Положение объекта – рабочее, в соответствии с конструкторской документацией на объект испытаний.

Крепление объекта к раме производится болтами с гайками и пружинными (граверными) шайбами. Подключение объекта к тормозной системе стенда обеспечивается ввертными переходными штуцерами.

Соединение штоков силового цилиндра и вакуумного усилителя различного типа осуществляется через специальные втулки болтами М8.

Подключение к тормозной системе стенда производится в соответствии с КД на объект испытаний. Если принцип работы объекта испытаний предполагает наличие расширительного бачка, в тормозной системе стенда предусмотрено крепление для его установки.

После установки объекта на стенд и подключения к тормозной системе стенда производится заполнение системы тормозной жидкостью с удалением воздуха из объекта испытаний и гидравлических магистралей.

Герметичность системы проверяется созданием давления в тормозной системе стенда и объекте испытаний и визуальным контролем мест соединения магистралей стенда с объектом испытаний.»[34]

### 4.3 Испытания усилителя на эффективность

«Испытания на эффективность заключаются в создании стабилизированного разрежения в вакуумной камере  $0,065 \pm 0,003$  МПа (ТУ) и создании при каждом из них давления жидкости на входе в рабочий цилиндр, составляющего от 0 % до 120 % максимального значения усилия на тормозной педали базового автомобиля, умноженного на передаточное отношение педали.

При значении разрежения  $0,065 \pm 0,003$  МПа фиксируют значения усилия на толкателе ВУТ (на входе -  $N_{вх}$ ) и давления  $P_{вых}$  (усилия  $N_{вых}$ ) выходе из главного тормозного цилиндра ГТЦ. Должно быть зафиксировано не менее пяти значений.

По полученным при испытаниях значениям (среднеарифметическое значение результатов не менее трех измерений) строят графики зависимостей давления на выходе из аппарата от усилий или давлений на его входе. Полученные результаты испытаний должны отличаться не более чем на 10%, заданных в ТД.

Соединить усилитель с источником разрежения напрямую (без обратного клапана), подать вакуум и отрегулировать разрежение до определенного уровня  $0,065 \pm 0,003$  МПа.

Метод испытания усилителя зависит от имеющихся в наличии приборов. Непрерывный метод. Используется при наличии датчика нагрузки и графопостроителя или самописца.

Приложить входную нагрузку. Медленно и плавно увеличивать входную нагрузку от нуля до 1770 Н, а затем медленно и плавно уменьшать нагрузку до нуля. Время проведения операции от 6 до 10 с.

Метод приращения. Используется при наличии кольцевых динамометров. Разделить входную нагрузку 1770 Н на равные интервалы приращения. Увеличивать нагрузку на входе через выбранные интервалы и записывать выходную нагрузку при каждом увеличении входной

нагрузки.»[24] «При достижении максимальной входной нагрузки уменьшить ее теми же интервалами. Результаты испытаний на эффективность должны быть представлены в виде графика» [24] (рисунок 16), в котором по горизонтали откладываются входные нагрузки, по вертикали выходные нагрузки.»[3, 6].

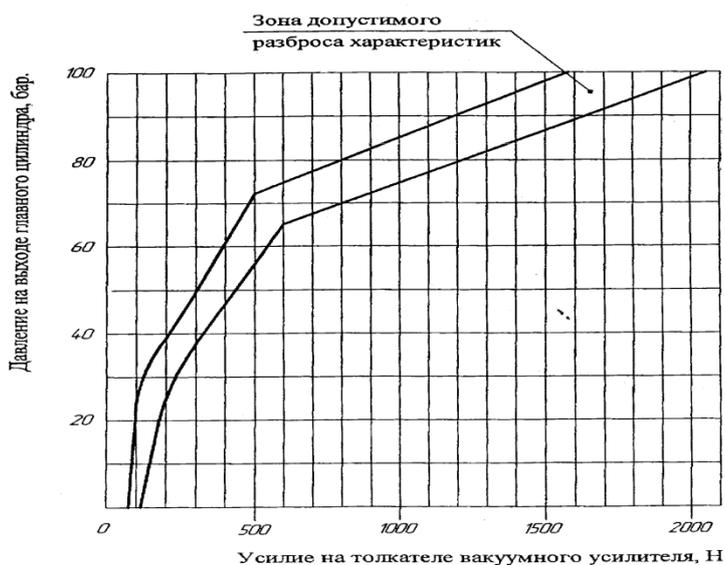


Рисунок 16 – График усилий

Выводы по разделу:

«Если при проведении испытаний хотя бы один образец не будет удовлетворять одному из требований настоящих технических условий, то на предприятии-изготовителе должны быть разработаны мероприятия по устранению дефекта, а партию, в которой обнаружен дефект, ОТК предприятия-изготовителя признают неприемлемой. Неприемлемым считается комплектующее изделие, которое приводит к отказу в работе узлов, агрегатов, систем автомобиля при испытаниях или в гарантийный период эксплуатации» [44, 22]

## **5 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта**

Динамика системы "водитель – автомобиль – дорога" представляет собой комплексное исследование взаимодействия человека и транспортного средства с окружающей средой. Эта система является многогранной и включает в себя разнообразные аспекты, такие как физиология водителя, механика автомобиля и характеристики дорожного покрытия. Понимание этих взаимосвязей имеет критическое значение для улучшения безопасности дорожного движения, повышения комфорта вождения и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

#### **Взаимодействие водителя с автомобилем**

Водитель является ключевым элементом данной системы, и его способности, навыки и психофизиологическое состояние оказывают существенное влияние на безопасность и эффективность вождения. Важными аспектами взаимодействия водителя с автомобилем являются:

**Координация и реакция:** Способность водителя быстро реагировать на изменения в дорожных условиях и управлять автомобилем требует хорошей координации движений и развитых рефлексов. Исследования показывают, что стресс, усталость и отвлечение могут значительно ухудшить реакцию водителя. [31]

**Восприятие и принятие решений:** Водитель должен эффективно воспринимать дорожную ситуацию, анализировать её и принимать решения в условиях неопределенности. Это связано сочетанием когнитивных процессов, включая внимание, память и эксплуатацию информации из окружающего мира.

**Эмоциональное состояние:** Эмоции также играют важную роль в процессе вождения. Например, состояние агрессии или тревожности может

привести к опасным маневрам и увеличению вероятности возникновения дорожных происшествий.

#### Механика автомобиля

Автомобиль как средство передвижения является не менее важным элементом системы. Его динамические характеристики влияют на маневренность, устойчивость и безопасность.

Динамика движения: Автомобили имеют свои физические характеристики, такие как масса, мощность, распределение веса и настройки подвески, которые определяют их поведение на дороге. Эти факторы влияют на ускорение, торможение и сцепление с дорогой.

Современные технологии: В последние десятилетия технологии автомобилей значительно продвинулись, включая системы стабилизации, управления traction control и автоматизированные системы помощи водителю (ADAS), которые помогают водителям в сложных ситуациях и снижают риск аварий. [40]

Экологические аспекты: Не следует забывать и о влиянии автомобиля на окружающую среду. Разработка более экологически чистых транспортных средств и использование альтернативных видов топлива становятся все более важными в контексте глобальной устойчивости.

#### Характеристики дорожного покрытия

Дорога и её состояние являются третьим элементом системы "водитель – автомобиль – дорога". Характеристики дорожного покрытия могут существенно изменить динамическое поведение автомобиля.

Качество дороги: Дорожные дефекты, такие как ямы, трещины и неровности, могут негативно сказаться на управлении автомобилем. Они требуют от водителя повышенного внимания и могут увеличивать риск ДТП.

Состояние и тип поверхности: Различные поверхности (асфальт, бетон, гравий) имеют свои характеристики сцепления. Например, дождливая погода значительно снижает сцепление, увеличивая риск аквапланирования и скольжения.

Инфраструктура: Правильное устройство дорожной инфраструктуры (разметка, знаки, светофоры) помогает водителям ориентироваться и принимать правильные решения, что также способствует безопасности дорожного движения.[24]

Водитель всегда (и при аварийном торможении) стремится тормозить автомобиль так, чтобы не терялась его устойчивость или управляемость. Это может быть достигнуто, если колеса моста, который в данных условиях должен блокироваться первым, катятся со скольжением, соответствующим максимальному коэффициенту сцепления. Колеса же другого моста при этом не будут полностью реализовывать возможную по сцеплению тормозную силу. Допустим, торможение происходит в условиях, когда первым должен блокироваться передний мост. Максимальная тормозная сила на колеса переднего моста  $F_o = \varphi R_{z1}$ . Отсюда нормальная составляющая реакции дороги, действующая на колеса переднего моста.  $R_{z1} = F_{\tau1} + F_{\tau2}$ . Если торможение происходит на дороге с коэффициентом сцепления больше  $\varphi_p$ , во избежание заноса автомобиля увеличение тормозной силы прекращается, когда на колесах заднего моста тормозная сила будет максимальной по сцеплению. В этом «случае суммарная тормозная сила может быть таким же методом найдена через тормозную силу на колесах заднего моста. График, приведенный на рисунке 16, позволяет определить максимальную удельную тормозную силу, а соответственно, и замедление автомобиля при торможении на поверхностях с любым коэффициентом сцепления.

Выше было установлено, что тормозные системы автомобилей проектируются таким образом, что при максимальном торможении по дороге с хорошим сцеплением ( $\varphi > \varphi_p$ ) первым блокируется задний мост автомобиля. Исходя из этого условия, найдем максимальные тормозные моменты, которые должны развивать тормозные механизмы мостов автомобиля. Рабочую тормозную систему всегда стремятся спроектировать таким образом, чтобы максимальные тормозные моменты колесных тормозных механизмов были бы большими, чем возможные по условиям

сцепления. Поэтому при определении максимальных тормозных моментов мостов легковых автомобилей»[7] следует принимать  $\varphi_{max} = 0,85...1$ , если в тормозном приводе установлен усилитель, если он отсутствует, принимают  $\varphi_{max} = 0,75...0,85$ . При этом усилие на тормозной педали не должно превышать 250...300 Н. У грузовых автомобилей в связи с трудностями компоновки тормоза внутри колеса расчет ведется применительно к дороге со сцеплением 0,6...0,65. [29]

Тормозной момент, подводимый к колесам от вспомогательной тормозной системы, должен быть таким, чтобы без применения других тормозных устройств обеспечивалось движение автотранспортного средства с установленной постоянной скоростью на дороге с заданным уклоном. В этих условиях движущей силой является продольная составляющая силы тяжести автомобиля, а сопротивление движению достигается за счет тормозных моментов, создаваемых вспомогательной тормозной системой и двигателем, работающим в тормозном режиме, а также сил сопротивления качению и воздуха. По существующим нормативам вспомогательная тормозная система должна обеспечивать постоянную скорость движения  $30\pm 2$  км/ч на уклоне крутизной  $i=0,07$ . Проверка эффективности системы производится на уклоне протяженностью 6 км, причем для автотранспортных средств, у которых в качестве вспомогательной тормозной системы используется только двигатель без применения специальных тормозных устройств, скорость должна быть постоянной ( $30\pm$ км/ч).

Эффективность стояночной тормозной системы должна быть такой, чтобы суммарная тормозная сила, развиваемая механизмами этой системы, обеспечивала удержание автотранспортного средства на уклоне (подъеме и спуске), заданном техническими условиями. При этом крутизна уклона должна быть не менее 25% для автомобилей и автопоездов, перевозящих людей, 20 – для грузовых автомобилей и 18% - для автопоездов. При расчетах необходимого момента стояночной тормозной системы сопротивление качению не учитывается. [7]

## 5.2 Оценка тормозных свойств автомобилей

Тормозные свойства автомобиля являются одним из ключевых факторов, определяющих его безопасность и эффективность эксплуатации. Оценка этих свойств позволяет определить соответствие транспортного средства требованиям нормативных документов, а также выявить возможные недостатки конструкции или технического состояния. В данном обзоре рассматриваются основные методы оценки тормозных свойств, их характеристики и применяемое оборудование. [5]

### 1 Основные параметры тормозных свойств:

Тормозные свойства автомобиля оцениваются по следующим ключевым показателям:

- Тормозной путь – расстояние, которое проходит автомобиль с момента начала торможения до полной остановки;
- Замедление – величина снижения скорости (измеряется в  $\text{м/с}^2$ ).
- Время срабатывания тормозной системы – интервал между нажатием на педаль тормоза и началом замедления;
- Устойчивость при торможении – способность автомобиля сохранять прямолинейное движение без заносов и уводов;
- Эффективность торможения на разных покрытиях – показатели торможения на сухом, мокром, обледенелом асфальте и других поверхностях.

Эти параметры регламентируются международными (Правила ЕЭК ООН, стандарты ISO) и национальными стандартами (ГОСТ Р, FMVSS).

### 2 Методы оценки тормозных свойств:

Дорожные испытания

Наиболее распространенный метод, включающий:

- Испытания на полигоне – замер тормозного пути и замедления при разных скоростях (например, от 80 км/ч до 0);
- Тесты на разных покрытиях – асфальт, гравий, лед;

- Проверка эффективности АБС (антиблокировочной системы) – оценивается сохранение управляемости при экстренном торможении.

Преимущества:

- Реальные условия эксплуатации;
- Возможность оценки поведения автомобиля в динамике.

Недостатки:

Зависимость от погодных условий;

Высокая стоимость организации испытаний.

### 3 Стендовые испытания

Проводятся на специализированных стендах:

- Роликовые стенды – имитируют торможение при вращении колес;
- Инерционные стенды – позволяют измерять тормозной момент;
- Испытания на беговых барабанах – используются для проверки тормозов грузовых автомобилей.

Преимущества:

- Высокая точность измерений;
- Возможность многократных тестов без износа шин.

Недостатки:

- Не учитывают реальные дорожные условия;
- Ограниченная применимость для полноприводных автомобилей.

### 4 Моделирование и компьютерные расчеты

Современные методы включают:

- Использование программного обеспечения (ANSYS, CarSim, MATLAB) для прогнозирования тормозных характеристик;
- Виртуальные краш-тесты – оценка эффективности тормозных систем в аварийных ситуациях.

Преимущества:

- Снижение затрат на физические испытания;
- Возможность тестирования на этапе проектирования.

Недостатки:

- Требуется точных исходных данных;
- Не полностью заменяет реальные испытания.

#### 5. Оборудование для оценки тормозных свойств

- Деселерометры – приборы для измерения замедления;
- GPS-регистраторы – фиксируют тормозной путь с высокой точностью;
- Тензометрические датчики – измеряют усилие на педали тормоза;
- Высокоскоростные камеры – анализируют поведение автомобиля при

торможении.

#### 6 Перспективные направления развития оценки тормозных свойств:

- Автоматизированные системы тестирования с использованием искусственного интеллекта;
- Развитие адаптивных тормозных систем, учитывающих состояние дороги и стиль вождения;
- Внедрение стандартов для электромобилей (рекуперативное торможение).

Оценка тормозных свойств автомобилей – сложный процесс, требующий комплексного подхода. Современные методы включают дорожные и стендовые испытания, а также компьютерное моделирование. Развитие технологий позволяет повышать точность измерений и адаптировать системы оценки к новым типам транспортных средств. Дальнейшие исследования в этой области будут направлены на совершенствование стандартов и внедрение инновационных методов диагностики.

При расчетах остановочного пути учитывают, что в течение промежутка времени  $t=t_p + t_3$  скорость автомобиля не изменяется. Поэтому путь, проходимый за это время, находят по выражению:  $s_{pz} = v_0 (t_p + t_3)$ .

Скорость автомобиля в процессе торможения может быть получена интегрированием по времени замедления автомобиля, а тормозной путь  $s_T$  – интегрированием скорости.

$$J_{\text{ПР}} \cdot \gamma_{\text{КР}} + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum k_{\text{КР}i} B^2 + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum C_{\text{КР}i} \cdot B^2 = M_{\gamma} \quad (32)$$

где  $J_{\text{ПР}}$  - момент инерции кузова относительно центра крена;

$k_{\text{КР}i}$  - коэффициент демпфирования в подвеске  $i$  –го колеса. [43]

Функциональные зависимости углов поворота управляемых колес зависят от бокового ускорения и скорости движения, тогда угол крена:

$$\gamma_{\text{КР}} = \gamma m_0 h_{\text{пр}} / (C_{y1} + C_{y2}) \quad (33)$$

«Хотя возможности создания автомобилей различных компоновочных схем с такой поворачиваемостью для конкретного режима движения большие, сохранить ее в различных условиях эксплуатации невозможно. Кривая 1, отражающая прогрессивный рост угла поворота управляемых колес от бокового ускорения или скорости движения при постоянном радиусе, характерна для автомобилей с начальной и постоянно возрастающей недостаточной поворачиваемостью. Угол поворота возрастает вследствие увеличения разности углов увода  $\Delta = \delta_n - \delta_z$ , с повышением бокового ускорения и вызывает увеличение как сил на рулевом колесе, так и углов поворота рулевого колеса. Точка Б этой кривой характеризует удвоенное увеличение угла поворота рулевого колеса, и применительно к скорости движения соответствует «характерной» скорости (когда  $\theta = 2L/R$ ), ограничивающей недостаточную поворачиваемость автомобиля общего назначения.

Возможности увеличения скорости движения ограничены «критической» скоростью, при которой угол поворота  $\theta = 2L/R=0$  и поворот автомобиля осуществляется вследствие разности углов увода передних и задних колес  $\Delta = \delta_n - \delta_z$ . » [21]

«Уравнение  $m_a \ddot{v} = \sum R_x$  описывает равновесие сил, действующих на автомобиль в продольной плоскости симметрии, и можно считать, что характеристики меняются с изменением нормальных и продольных реакций, действующих на колеса со стороны дороги, и могут быть учтены через коэффициенты  $K_y$  сопротивления уводу и  $K_m$  стабилизирующих моментов.

Тогда рассматриваемое уравнение может быть исключено из системы.»[24]

$$K_y = K_{y0}(1 \pm c_h R_x)(1 \pm c_1 \Delta R_z) \quad (34)$$

$$K_M = K_{M0}(1 \pm c_M R_x)(1 \pm c_M \Delta R_z) \quad (35)$$

где  $K_y$  и  $K_{y0}$  - «коэффициенты сопротивления уводу шин соответственно при статических нагрузках и отсутствии продольных реакций, а также при наличии продольных реакций и изменении нормальных нагрузок;

$K_M$  и  $K_{M0}$  - коэффициенты стабилизирующих моментов шин соответственно при статических нормальных нагрузках и отсутствии продольных реакций;

$c_h$  и  $c_M$  - величины, учитывающие изменение коэффициентов»[17] «сопротивления уводу и стабилизирующих моментов в зависимости соответственно от изменения продольных и нормальных реакций;

$\Delta R_z$  - изменение нормальных реакций на колесах автомобиля;

$R_x$  - продольная реакция на колесах автомобиля.»[12]

«Кривая 2 характеризует начальную недостаточную поворачиваемость с переходом ее в избыточную, кривая 4 – переход от избыточной поворачиваемости к недостаточной в аналогичной точке.[24] Обычно такой переход в процессе эксплуатации происходит при»[17] «увеличении боковых ускорений (скорости движения) и определенном сочетании конструктивных и эксплуатационных параметров (изменение кинематики и угловой жесткости подвесок с изменением боковых ускорений, режимов движения, перераспределение нормальных реакций и др.)»[24], [31]

### **5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков**

Опасные и вредные производственные факторы на посту сборки

Физические факторы можно разделить на следующие:

- движущиеся машины и механизмы;

- «подвижные части производственного оборудования и технической оснастки;
- передвигающиеся изделия, детали, узлы, материалы;
- повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов;
- повышенную или» [45] пониженную температуру воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- «повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень ультразвука и инфразвуковых колебаний;
- повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;» [30]
- «повышенную или пониженную влажность воздуха, ионизацию воздуха в рабочей зоне;» [26]
- «отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточную освещенность рабочей зоны;
- пониженную контрастность;
- повышенную яркость света;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и всего оборудования.

Химические» [46] факторы делят в зависимости от характера и степени «воздействия на организм человека:

- токсические;
- раздражающие;
- сенсibiliзирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные

Химический факторы влияют на репродуктивную функцию человек. Также во время попадания в организм человека воздействуют на» [2] органы

дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

К психофизиологическим относят следующие факторы:

- физические «перегрузки на человека (бывают статические и динамические);
- нервно-психические перегрузки на человека (выделяют» [2] умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки» [41]).

#### **5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера**

Для определения условий труда необходимо установить, какие вредные и (или) опасные производственные факторы влияют на рабочих, на условия труда на рабочем месте по степени вредности и опасности.

При техническом обслуживании и текущем ремонте автомобилей возникают следующие опасные и вредные производственные факторы: «движение автомобилей, открытые части производственного оборудования, высокая загазованность автомобильными газами, опасности получения повреждений при работе с инструментом и др. [29]

Для обеспечения безопасности автослесарей, повышения качества и производительности работы все действия осуществляются на оборудованных постах, которые оснащены подъемниками со стопорами». [3]

«Участок диагностики оборудуется специальными местными отсосами отработавших газов, так как все работы проводят с работающим двигателем. Кроме того, к рабочим местам электрика подводятся местные отсосы приточно-вытяжной вентиляции. Для охлаждения двигателя автомобиля дополнительно устанавливают передвижной электрический вентилятор» [1].

В соответствии с установленными нормами обеспечивать своевременную выдачу специальной «хлопчатобумажной одежды, специальной обуви с металлической вставкой, перчаток комбинированных и

предохранительного пояса, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену» [25].

«Для защиты персонала от поражения электрическим током в ремонтной зоне все электрические кабели (силовые, провода вторичных цепей)» [4] «проведены в изолированных кабель-каналах. Все технологические оборудования занулены через нулевую жилу питающего кабеля, при коротком замыкании происходит автоматическое отключение линии, питающую неисправное оборудование» [4].

«Запрещается эксплуатировать при неисправности штепсельного соединения; выключателя или другой коммутационной аппаратуры; при включении щеток; вытекании смазки; появлении дыма или запаха; наличии трещин на корпусе, рукоятке; при повышенном шуме, вибрации; хотя бы слабым воздействии электрического тока.

Корпуса электроинструментов, не имеющие двойной изоляции независимо от частоты при напряжении сети выше 42 В заземлены. [41]

Периодический осмотр электроинструмента производится не реже 1 раза в 3 месяца с записью в журнале осмотров и проверок изоляции (мегаомметром).

На участке разрядные тока статического электричества чаще всего возникают при прикосновенье обслуживающего персонала к любому из элементов. Такие разряды не представляют опасности для человека. Для предупреждения поражения работающих электрическим током подъемники заземляют» [4].

Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, «которые доступны для прикосновенья человека и не имеют других видов защиты, которые обеспечивают электробезопасность.

## **5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях**

Пожарная безопасность

Уровень технического оснащения АТП, который растет, осложнение производственных процессов сопровождается повышением энергоемкости производств, высокой концентрацией мощностей и материалов, использованием полимерных синтетических строительных материалов, увеличением площадей и этажей производственных зданий. При таких условиях отклонения от требований пожарной безопасности приводит к значительному экономическому ущербу и человеческие жертвы.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [3] условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории. Причинами возникновения пожара на СТО есть:

- нарушение технологического режима работы оборудования;
- самовозгорание некоторых материалов и веществ;
- неисправность электропроводки и приборов;
- короткое замыкание электрической сети;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- разряд статического электричества.

Характеристика вещества и материалов тех, что находятся в помещении - горючие и трудно горящие жидкости, твердые горючие и трудно горящие материалы,» [2] вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть.

«Пожарная безопасность обеспечивается мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятие пожарной профилактики включает комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшение его следствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, которые обеспечивают успешную борьбу с возникающими или пожарами взрывоопасной ситуацией.» [28]

«Пожарная безопасность должна соответствовать всем нормам по пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-91 что предполагает:

- применение электрического оборудования, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.011;
- исключение перегрева технологического оборудования и контакт его с легковоспламеняющимися материалами;
- утилизация отработанных легковоспламеняющихся материалов;
- наличие установок пожаротушения (порошковые огнетушители);
- максимально возможным» [4] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

Пожарные краны устанавливаются в» [39] «доступных и заметных местах в нишах на высоте 1,35 м, где также находится пожарный ствол с напорным рукавом из тканевого материала» [3] длиной 10-20 м.

«Выводы по разделу:

Динамика системы «водитель – автомобиль – дорога» представляет собой комплексный процесс взаимодействия, что делает его важной областью исследований для повышения безопасности и повышения эффективности дорожного движения. Устойчивый подход к улучшению каждого элемента системы, включая аспект обучения водителей, совершенствование технологий автомобилей и оптимизацию дорожной инфраструктуры, позволит снизить уровень аварийности и создать более безопасные условия для всех участников дорожного движения. Учитывая все эти факторы, можно ожидать, что дальнейшие исследования и разработки в этой области будут способствовать созданию более безопасного и комфортного вождения в будущем. [3]

## **6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки**

### **6.1 Описание участка и производимых работ**

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку. В дипломном проекте мы рассматриваем участок сборки автомобильных агрегатов, на котором производится предсерийная сборка автомобильных узлов, в том числе сборка узла, принятого к разработке в рамках дипломного проекта.

Участок организован по принципу поточности, где каждый рабочий пост выполняет определенную операцию в процессе сборки. Это может быть линейная, U-образная или другая конфигурация, обеспечивающая оптимальное перемещение деталей и агрегатов. Важным аспектом является эргономика рабочих мест, обеспечивающая удобство и безопасность работы персонала. Участок должен быть хорошо освещен, вентилируем и иметь достаточное пространство для маневрирования оборудования и перемещения работников.

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

- сборочные стенды и конвейеры, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки и его перемещение между рабочими постами. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;

- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;

- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи, индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

В соответствии с технологическим процессом, на участке производятся следующие виды работ, связанные с предсерийной сборкой автомобильных агрегатов:

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;
- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;

- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;

- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;

- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики.

## **6.2 Расчет затрат на расходные материалы**

К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 5.

Таблица 5 – Расходные материалы» [27]сборочного участка

Наименование материалов	Используемое количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Прокат стальной в ассортименте, кг	7500	75	562 500
Металл листовой в ассортименте	7500	73	547 500
Вода технологическая, м <sup>3</sup>	1200	5,0	6 000
Герметик силиконовый, кг	25	1750	43 750
Крепеж в ассортименте	25	250	6 250
Масло моторное, л	400	650	260 000
Обтирочный материал, кг	75	50	3 750
Паста шлифовальная, кг	5	2250	11 250
Подшипники, шт	750	75	56 250
Прокладочный материал, кг	10	15	150
Круги абразивные зачистные, шт	550	95	52 250
Круги абразивные отрезные, шт	1250	35	43 750
Растворитель, л	12	350	4 200
Шкурка абразивная в ассортименте, м <sup>2</sup>	40	325	13 000
Проволока сварочная, кг	750	130	97 500
Прочее	-	-	15 000
<b>ИТОГО</b>			<b>1723 100</b>

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (36)$$

где  $V_M^m$  – используемое количество  $m$ -ного вида материала, ед.;

$C_M^m$  – цена за единицу  $m$ -ного вида материала, руб.

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 1.

### 6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений на сборочном участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости

основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования.

Срок полезного использования устанавливается для каждого объекта основных средств индивидуально, исходя из ожидаемого срока его эксплуатации, с учетом физического и морального износа. Срок полезного использования определяется в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.

Для расчета общей суммы амортизационных отчислений на сборочном участке необходимо рассчитать амортизацию для каждого объекта основных средств, используемого на участке, и затем суммировать полученные значения. [13]

Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 6.

Таблица 6 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500
Станок фрезерный	VISPRON FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2M112	275 000	1	14,3	39 325
Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000

Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	95 000	2	10,0	19 000
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
Амортизация площади участка	$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * Н_а}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$				60 000
ИТОГО					2 978 550

Важно учитывать, что в зависимости от выбранного метода начисления амортизации и учетной политики предприятия, расчет может отличаться. Необходимо руководствоваться действующим законодательством и внутренними положениями организации.

#### 6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

Расчет затрат на электроэнергию на сборочном участке включает в себя несколько этапов и зависит от потребляемой мощности оборудования, режима его работы и тарифов на электроэнергию. В процессе передачи и распределения электроэнергии возникают потери. Величина потерь зависит от состояния электросети и может составлять от 5% до 15%. Для расчета затрат необходимо учесть эти потери, умножив суммарное потребление электроэнергии на коэффициент потерь.

Стоимость электроэнергии рассчитывается исходя из установленных тарифов. Тарифы могут быть дифференцированными в зависимости от времени суток, дня недели и объема потребления.

«Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$Эл = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot Ц_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (37)$$

где  $M_i$  – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

$T_{\text{маш}}^i$  – годовой фонд машинного времени работы оборудования, ч;

$K_{\text{од}}$  – коэффициент одновременной работы электродвигателей;

$K_{\text{м}}$  – коэффициент загрузки двигателей по мощности;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент загрузки двигателей по времени;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент потерь в сети;

$Ц_{\text{э}}$  – цена за электроэнергию, руб/кВт;

КПД – электрический КПД единицы оборудования»[17]

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

Наименование оборудования	Марка	Мощность, кВт	Число единиц оборудования	КПД	Сумма, руб
Ленточная пила 0	ПЛ-350	2,0	1	0,8	3 325,14
Торцевая абразивная пила	PRN-320	3,5	1	0,8	5 819,00
Станок токарный	JET BD-11G	7,5	1	0,7	14 250,60
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	5,5	1	0,7	10 450,44
Настольно-сверлильный станок	2M112	1,2	1	0,65	2 455,49

Пресс гидравлический	ПГ-10000	0,5	1	0,8	831,29
Кран-балка	75-256	0,75	1	0,8	1 246,93
Аргонодуговой сварочный инвертор	PRO 200 AC/DC AMUSE Mosfet	6,5	2	0,7	24 701,04
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	0,5	1	0,85	782,39
Камера окрасочная	Сорокин	4,5	1	0,85	7 041,47
ИТОГО					70 903,77

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot \Pi_{э}}{\eta} \quad (38)$$

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{0,25 \cdot 65 \cdot 2440 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,04 \cdot 4,5}{0,8} = 111337,2$$

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{л} + \mathcal{E}_{св} \quad (39)$$

$$\mathcal{E} = 70\,903,77 + 111\,337,2 = 182\,240,97 \text{ руб.}$$

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. При планировании бюджета следует учитывать возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение энергосберегающих технологий может помочь снизить затраты на электроэнергию.

Выполненный расчет демонстрирует базовые навыки калькуляции издержек, в реальных условиях могут быть дополнительные факторы,

которые необходимо учитывать. Для получения более точной информации следует обратиться к специалистам по энергетике.

### **6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала**

Расчет затрат на заработную плату рабочих на сборочном участке включает несколько составляющих и зависит от системы оплаты труда, количества рабочих, их квалификации и других факторов. Основная заработная плата рассчитывается путем умножения тарифной ставки на количество отработанных часов.

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.» [18]

Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки

Вид персонала	Численность персонала, чел.	Часовая тарифная ставка, руб.	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб.
Слесарь-механик 5-го разряда	12	350	1840	9 660 000,00

Слесарь-механик 6-го разряда	8	385,5	1840	7 093 200,00
Сварщик 6-го разряда	2	410	1810	1 855 250,00
Мастер участка	2	470	1840	2 162 000,00
Маляр	2	410	1810	1 855 250,00
ИТОГО				22 625 700,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$Дзп = Озп \cdot Кд / 100, \quad (40)$$

где «Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.» [18]

$$Дзп = 22\,625\,700 \cdot \frac{8}{100} = 1\,810\,056 \text{ руб}$$

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле.» [18]

$$О_{ФМС} = (Озп + Дзп) \cdot Ксоц, \quad (41)$$

где «Ксоц – норма отчислений на страховые взносы, Ксоц = 0,3.» [18]

$$О_{ФМС} = (22\,625\,700 + 1\,810\,056) \cdot 0,3 = 7\,330\,726,8 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{зп}} + D_{\text{зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (42)$$

$$O_{\text{т}} = 22\,625\,700 + 1\,810\,056 + 7\,330\,726,8 = 31\,766\,482,8 \text{ руб}$$

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма	Доля затрат, %
Расходные материалы сборочного участка	1 723 100	3,30
Амортизационные отчисления участка сборки	2 978 550	5,71
Общие расходы на электроэнергию	182 240,97	0,35
Затраты на оплату труда	31 766 482,8	60,91
Расходы на административно-управленческий персонал	15 500 000	29,72
ИТОГО	49 171 823,77	100

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 10.

$$НЧ = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (43)$$

где « $C_{\text{общ}}$  – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{\text{уч}}$  – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,» [18]

$$НЧ = 49\,171\,823,77 / 57\,500 = 855,16 \text{ руб}$$

В данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка сборки (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. «На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.»[37]

## Заключение

«В дипломном проекте на тему «Разработка стенда для испытаний элементов тормозной системы автомобиля», проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей устройства, как производимых самостоятельно, так и закупочных.»[17] Объектом исследования являются элементы тормозной системы автомобиля, а предметом исследования – методы и средства их испытаний. Методы исследования включают анализ научно-технической литературы, компьютерное моделирование, экспериментальные методы проверки характеристик разработанного стенда.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью совершенствования методов испытаний элементов тормозной системы, таких как тормозные диски, колодки, суппорты и гидравлические компоненты. Существующие стенды часто имеют ограниченный функционал, недостаточную автоматизацию или не позволяют воспроизводить все возможные режимы нагрузки. Разработка нового испытательного стенда с расширенными возможностями диагностики и контроля параметров позволит повысить точность тестирования, сократить время испытаний и улучшить качество выпускаемых изделий.

Объектом исследования являются элементы тормозной системы автомобиля, а предметом исследования – методы и средства их испытаний.

Методы исследования включают анализ научно-технической литературы, компьютерное моделирование, экспериментальные методы проверки характеристик разработанного стенда.

Практическая значимость работы заключается в создании универсального испытательного оборудования, которое может быть использовано на предприятиях автомобилестроения, в сервисных центрах и научно-исследовательских организациях для контроля качества тормозных систем. [13, 18]

## Список используемых источников

- 1 Аверьянов, Е.А. Технология машиностроения. - М.: Машиностроение, 1985.
- 2 Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1988.
- 3 Андреев, Ю.Я. Антикоррозийная защита в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1986.
- 4 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 5 Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. - М.: Машиностроение, 1993 – 217 с.
- 6 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 7 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
- 8 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 9 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
- 10 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 11 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 12 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89

- 13 Гаджинский, А.М. Логистика. - М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000 – 234 с.
- 14 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.
- 15 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.
- 16 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей. – М. Транспорт. 1970.
- 17 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
- 18 Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.
- 19 Грузинов В.П. Экономика предприятия. – М.: Финансы и статистика, 2006.
- 20 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.
- 21 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.
- 22 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 23 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
- 24 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

25 Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М., 1985. – с. 205-216.

26 Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.

27 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

28 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.

29 Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.

30 Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.

31 Козлов, Б.А., Ушаков, И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. - М.: Советское радио, 1975.

32 Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. — 528 с.

33 Лахтин, Ю.М. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990 г.

34 Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4 т. - М.: Машиностроение, 1978.. – 239 с.

35 Писаренко, Г.С., Лебедев, А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. - Киев: Наукова думка, 1976. — 640 с.

36 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

37 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.

38 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

39 Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.

40 Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - *Ingeniería e Investigación*, 2016. – 137s.

41 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.

42 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.

43 Jan, Ziobro. Analysis of element car body on the example silentblock / Ziobro Jan;. - *Advances in Science and Technology Research Journal*, 2015. -37s.

44 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.

45 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// *Phys. Tire tract: Theory and Exp.* - New - York - London, 1974.

46 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

# Приложение А

## Спецификация

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<u>Документация</u>					
A1		25.ДППЭА.1116.100.000СБ	Сборочный чертёж		
A4		25.ДППЭА.1116.100.000ПЗ	Пояснительная записка		
<u>Сборочные единицы</u>					
Б4	1	25.ДППЭА.1116.101.000	Рама в сборе	1	
Б4	2	25.ДППЭА.1116.102.000	Тормоз в сборе	1	
Б4	3	25.ДППЭА.1116.103.000	Компрессор в сборе	1	
Б4	4	25.ДППЭА.1116.104.000	Манометр в сборе	2	
Б4	5	25.ДППЭА.1116.105.000	Выключатель в сборе	1	
Б4	6	2108-3105037-01	Усилитель вакуумный в сборе	1	
Б4	7	2108-3105046-02	Главный тормозной цилиндр в сборе	1	
	8	25.ДППЭА.1116.108.000	Ресивер в сборе	1	
<u>Детали</u>					
A1	11	25.ДППЭА.1116.100.011	Стойка каркаса	1	
A1	12	25.ДППЭА.1116.100.012	Уголок	2	
A1	13	24.ДППЭА.208.61.00.013	Стойка наклонная	2	
A1	14	25.ДППЭА.1116.100.014	Кронштейн усилителя	1	
A1	15	25.ДППЭА.1116.100.015	Педаль	1	
A1	16	25.ДППЭА.1116.100.016	Направляющая барабана	1	
A1	17	25.ДППЭА.1116.100.017	Планка	1	
A1	18	25.ДППЭА.1116.100.018	Полумуфта-фланец	2	
25.ДППЭА.1116.100.000					
Изм. / лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Лебедев			
Пров.		Турбин			
Н.контр.		Турбин			
Утв.		Бобровский			
Стенд испытательный тормозной системы				Лит.	Лист
				1	2
ТГУ, ИМ гр. АТС-2001а					
Формат А4					

Рисунок А.1 – Спецификация на стенд испытательный тормозной системы

