

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 тормозной системы легкового автомобиля

Студент

Д.С. Фомакин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических процессов проведения диагностики тормозной системы с применением роликового стенда.

В процессе работы над дипломным проектом проведены исследования технологического процесса диагностики тормозов с использованием стенда. Проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей, как производимых самостоятельно, так и закупочных.

Согласно технологическим и прочностным расчетам разработаны и оформлены конструкторские чертежи, которые представлены в настоящей работе. Подбор технологии и оборудования подкреплён экономическим эффектом, расчет которого приведен в специальной главе и, несомненно, соответствует требованиям безопасности и экологичности.

Во введении представлены материалы, отражающие актуальность настоящих разработок, сформулированы цель и задачи настоящих разработок.

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы состоит из следующих специальных разделов: Расчет элементов опорной конструкции стенда. Технологический процесс сборки и соединения деталей стенда с элементами модернизации технологических параметров. Конструкторско - графический раздел. Экологичность технологического процесса и безопасность труда. Расчет экономической эффективности прогрессивной технологии.

В дипломном проекте, представлена усовершенствованная планировка производственного отделения инструментального контроля современной СТО. В производственном помещении спланирована эксплуатационная зона для базирования тормозного стенда.

Abstract

This final qualification work is devoted to the development of technological processes for conducting diagnostics of the brake system using a roller stand. In the course of work on the diploma project, studies of the technological process of diagnostics of the brake system using the stand were carried out.

Technological calculations of structural elements, analysis and selection of components, both independently produced and purchased, were carried out. According to the technological and strength calculations, design drawings were developed and designed, which are presented in this paper.

The selection of technology and equipment is supported by the economic effect, the calculation of which is given in a special chapter and, undoubtedly, meets the requirements of safety and environmental friendliness. The introduction presents materials that reflect the relevance of these developments, the purpose and objectives of these developments are formulated.

The explanatory note of the final qualification work consists of the following special sections: Calculation of the elements of the support structure of the stand. Technological process of assembly and connection of stand parts with elements of modernization of technological parameters.

Design and graphic section. Environmental friendliness of the technological process and labor safety. Calculation of the economic efficiency of progressive technology. In the diploma project, an improved layout of the production department of brake system diagnostics is presented. In the production room, an operational area is planned for the base of the brake stand.

Содержание

Введение	6
1 Обзор стендов проверки тормозных свойств	8
1.1 Устройство стендов	8
1.2 Проектно-производственное решение	11
2 «Тяговый расчет действующего автомобиля	17
2.1 Расчет динамических свойств автомобиля	17
2.2 «Определение передаточного числа главной передачи	20
2.3 Динамическая характеристика автомобиля	22
2.4 Разгонные характеристики	23
2.5 Расчет времени и пути разгона	25
2.6 Мощностной баланс автомобиля	28
2.7 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля	30
3. Стенд «тормозных качеств	32
3.1 Техническое задание на разработку стенда для испытания транспортных средств	32
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции стенда тормозных качеств	33
3.3 Основные требования, предъявляемые к конструкции	35
3.4 Прочностной расчет основных элементов конструкции	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта	51
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	51
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	53
4.3 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера	54
4.4 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях	59
5 Экономическая эффективность проекта	62

5.1 Исходные данные для экономического расчета	62
5.2 Расчет Фонда времени работы оборудования	63
5.3 Калькуляция и структура себестоимости внедрения стенда	63
5.4 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки	64
5.5 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту	65
5.6 Калькуляция и структура полной себестоимости эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги	67
5.7 Расчет показателей экономической эффективности новой техники ...	68
Заключение	70
Список используемых источников	71
Приложение А. Спецификация	76

Введение

В качестве диагностических стендов используются стенды мощностные и тормозные. Диагностируемыми параметрами являются тяговые и тормозные усилия, крутящий момент и максимальная мощность двигателя, динамика разгона, выбег, потери в трансмиссии и так далее.

Типовой диагностический стенд роликового типа для испытаний легковых автомобилей, состоит из двух пар роликов, на которые устанавливаются автомобиль своими колесами. Между роликами установлены подъемные платформы, предназначенные для подъема автомобиля при выезде со стенда. Для блокирования роликов в момент установки и выезда автомобиля используется тормозной диск и тормоз. Для ограничения поперечного перемещения и предотвращения потери контакта колеса с роликом, устанавливаются боковые ограничительные ролики. Для измерения скорости вращения роликов установлен датчик скорости.

Передние ролики левой и правой стороны соединены между собой при помощи муфты или карданной передачи и далее соединены с балансирующим тормозным устройством. Задние ролики остаются свободными. Установка автомобиля на стенде осуществляется только в одном положении. Впереди должны быть ролики, соединенные с тормозным устройством, сзади – свободные поддерживающие ролики.

Измерение момента осуществляется динамометром, состоящим из тензорезистивного датчика, на который воздействует рычаги, соединенные с тормозным устройством. Стенды различных производителей, обычно, схожи по принципу действия, но имеют конструктивные отличия в исполнении некоторых элементов. Обычно стенды имеют разделительные крышки, опускающиеся вместе с опорными площадками, что исключает повреждение картеров редукторов ведущих колес и поддона двигателя при заезде колес на тормозные ролики. Отбойные ролики располагаются перед колесами автомобиля и могут настраиваться на ширину колеи автомобиля.

Испытательные стенды могут быть оборудованы фиксирующими устройствами, для исключения случайного выброса автомобиля с роликов в процессе испытаний. Поэтому ролики, в зависимости от назначения стенда, должны иметь поверхность, позволяющую обеспечить максимальные сцепные свойства с шинами автомобилей.

Принцип действия механических и гидравлических тормозов основан на использовании силы сопротивления движению тел и жидкости в условиях, когда механическая энергия движения трансформируется в тепловую энергию. В качестве механического фрикционного тормоза обычно используют дисковые или барабанные тормоза от грузовика. При большой нагрузке тормоза перегреваются, что требует дополнительного эффективного охлаждения. Вследствие небольшого срока службы механические тормоза в современных динамических стендах практически не применяется.

В зависимости от количества подаваемой в камеру воды и её уровня меняется нагрузка, создаваемая ротором, т.е. момент сопротивления его вращения. Объем подаваемой воды должен быть достаточно большим, чтобы избежать перегрева воды, кавитации и поломки элементов насоса. Для охлаждения воды используют теплообменники. Водяной тормоз может использоваться для продолжительных нагрузочных испытаний и при соответствующих размерах гасить достаточно большую энергию автомобильного двигателя.

В качестве гидравлического тормоза может быть использован шестеренный или иной насос, перекачивающий минеральное масло через регулируемый дроссель. Меняя дросселем давление масла в системе можно регулировать крутящий момент на валу насоса и мощность торможения. Для охлаждения масла также используют теплообменники.

1 Обзор стендов проверки тормозных свойств

1.1 Устройство стендов

1.1.1 Наименование и область применения разработки

Устройство представляет собой роликовый стенд для диагностики тормозных качеств автомобилей, что позволяет использовать возможности сборочного процесса при максимальном упрощении технологических процессов создания и оснащения автомобилей. Устройство оснащается опорными роликами и барабанами, тяговым устройством – прямого действия, с приводом от силовой установки. Устройство предназначено для применения в отделениях по «техническому обслуживанию и ремонту автомобилей» [13].

1.1.2 Принцип работы устройства» [21]

Испытательный стенд «предназначен для испытания автомобиля, опорные ролики и барабаны испытательных стендов должны обеспечивать надежное сцепление с автомобильным колесом, для чего их беговая поверхность выполняется шероховатой. Схема устройства представлена на рисунке 1.

1.1.3 Назначение объекта

Испытательный стенд, предназначенный для испытания автомобилей, работает в режиме выполнения работ до нормативных параметров путём приложения разнонаправленных усилий. Стенды различных производителей, обычно, схожи по принципу действия, но имеют конструктивные отличия в исполнении некоторых элементов. Источники разработки» [2]

Испытательные стенды бывают для одной или двух осей.

1.1.4 Условия эксплуатации разработки

Одноосные испытательные стенды имеют опорную часть в виде четырех поворачивающихся роликов с обрешиненными поверхностями. Торсионы двух плунжерных рычагов расставлены друг от друга на расстоянии,

соответствующем ширине колеи автомобиля. На концах штоков закреплены опорные площадки с обрезиненными упорами между роликами.

«Проведение работ предусмотрено внутри отапливаемого помещения с режимом температур» [3] «от +1°C до +35°C при относительной влажности воздуха не более 80%» [12], «исполнения УХЛ, категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69» [35].

Тормозная система является неотъемлемой частью автомобиля.

Испытательный стенд позволяет испытывать автомобили с разными контролируемыми параметрами. Ролики под переднюю ось автомобиля закреплены стационарно, а под заднюю ось ролики выполнены передвижными, что позволяет испытывать автомобили с разными размерами между осями колес. Стенд позволяет производить цветное графическое и цифровое отображение и печать контролируемых параметров

Стенды различных производителей, обычно, схожи по принципу действия, но имеют конструктивные отличия в исполнении некоторых элементов. Например, стенд, показанный на рисунке, имеет разделительные крышки, опускающиеся вместе с опорными площадками, что исключает повреждение картеров редукторов ведущих колес и поддона двигателя при заезде колес на тормозные ролики. Отбойные ролики располагаются перед колесами автомобиля и могут настраиваться на ширину колеи автомобиля.



1 – траверса, 2 – ролики 3 – блок управления

Рисунок 1 – Схема тормозного стенда

Параметры стенда:

Грузоподъемность – 1500 кг;

Высота подъема – 250 мм;

Масса стенда – 950 кг.

Когда при торможении колесо автомобиля начинает катиться с проскальзыванием, частота его вращения падает, и система приостанавливает подачу давления в его тормозной механизм, растормаживая колесо и не допуская его полной блокировки. При возрастании частоты вращения колеса и восстановлении его нормального качения (без проскальзывания) система возобновляет подачу давления в его тормозной механизм, затормаживая колесо до начала его качения с проскальзыванием, и процесс повторяется.

Многократное и быстрое (несколько раз в секунду) изменение (модуляция) давления в тормозных механизмах колес автомобиля, обеспечиваемое системой АБС, позволяет его колесам при резком торможении катиться на грани блокировки с минимальным проскальзыванием. Это способствует сохранению управляемости и устойчивости автомобиля при торможении и во многих случаях позволяет сократить тормозной путь (особенно на скользкой дороге), что существенно повышает активную безопасность автомобиля.

Помимо АБС на автомобилях могут применяться объединяемые с АБС дополнительные автоматические системы управления тормозами:

- система электронного распределения тормозных сил по осям автомобиля EBD (Electronic Brake Force Distribution) – применяется вместо регулятора давления и обеспечивает более точное по сравнению с ним регулирование давления в рабочих тормозных цилиндрах задних тормозных механизмов;
- противобуксовочные системы ASR (Anti-spin regulation), ETS, TCS – обеспечивают повышение силы тяги на ведущих колесах при трогании и разгоне автомобиля на скользкой дороге за счет автоматического подтормаживания пробуксовывающего колеса ведущей оси и регулирования крутящего момента двигателя;

- электронные системы обеспечения курсовой устойчивости автомобиля ESP (Electronic stability program), EBS, ELB – обеспечивают повышение курсовой устойчивости автомобиля на поворотах за счет автоматического регулирования тормозных сил, а также силы тяги на ведущих колесах и т. д.

Указанные системы значительно облегчают управление автомобилем, особенно на скользких дорогах и в определенной степени компенсируют недостаток квалификации и ошибочные действия водителя.

На изучаемых отечественных автомобилях АБС и другие дополнительные электронные системы автоматического управления тормозами не применялись, что можно объяснить достаточно высокой сложностью и стоимостью подобных систем.

1.2 Проектно-производственное решение

«1.2.1 Испытательный стенд для автомобилей «СНТ-2.0»

Испытательный стенд СНТ-2.0 Изготавливается более 6 лет. Ранее стенд назывался «СНТ-1.5». Модель выгодно отличается оригинальной конструкцией, обеспечивающей удобную установку автомобиля без использования дополнительных устройств (рисунок 2).



Рисунок 2 – Испытательный стенд СНТ-2.0

1.2.2 Испытательный стенд модели К-208М

Основание стенда (рисунок 3) имеет цельносварную конструкцию и размеры по ширине смотровой колеи для легковых автомобилей всех марок, имеющих отбортовку порогов.



Рисунок 3 – Испытательный стенд модели К-208М

Стенд состоит из двух пар роликов, на которые устанавливается автомобиль своими колесами. Между роликами установлены подъемные платформы, предназначенные для подъема автомобиля при выезде со стенда.

Грузоподъемность – 1800 кг;

Высота погрузки – 450 мм;

Масса автоприцепа – 1580 кг.» [17]

«1.2.3 Стенд тормозных качеств автомобилей К-486

Рама стенда обеспечивает горизонтальное положение платформы за счет направляющих опор. Конструкция опирается на раму. Автомобиль перемещается поперек опор, являющихся несущим элементом стенда (рисунок 4).



Рисунок 4 – Стенд К-486

Грузоподъемность – 1600 кг;

Высота погрузки – 310 мм;

Масса стенда – 1100 кг.

Для анализа и оценки информации с помощью методов инженерного прогнозирования составлена таблица 1, в которой указаны основные сравниваемые характеристики и таблица 2 для специальной оценки оборудования.

Таблица 1 – Технические характеристики стендов для автомобилей

Показатели	СНТ-2.0	К-208М	К-486
Производитель	ЗАО «Стенд»	ОАО «Заря»	СП "МОСТ"
Грузоподъёмность, кг	1500	1600	1800
Высота погрузки, мм	450	310	350
Габарит,» [2] м	1,9х1,95х0,76	2,4х4,05	1,890х1,860
Скорость, м/с	10	12	10
Масса, кг	1358	1580	1100
Стоимость, тыс.руб.	225	452	313

Таблица 2 – Оценка потребительских качеств стендов автомобилей

Шифр подъемника	Грузоподъёмность	Время подъёма	Время опускания	Количество силовых	Усилие на крюк силового устройства	Вес	Средняя оценка
СНТ-2.0	9	9	8	8	9	7	8,3
К-208М	6	6	6	7	6	8	6,4
К-486	8	7	7	8	7	5	7,3
Среднее значение	7,6	7,8	7,5	7,8	7,8	7,3	

1.2.4 Определение принципиальной схемы конструкции

Принцип действия механических и гидравлических тормозов основан на использовании силы сопротивления движению тел и жидкости в условиях, когда механическая энергия движения трансформируется в тепловую энергию. В качестве механического фрикционного тормоза обычно используют дисковые или барабанные тормоза от грузовика. При большой нагрузке тормоза перегреваются, что требует дополнительного эффективного охлаждения. Вследствие небольшого срока службы механические тормоза в современных динамических стендах практически не применяется.

В качестве гидравлического тормоза может быть использован шестеренный или иной насос, перекачивающий минеральное масло через регулируемый дроссель. Меняя дросселем давление масла в системе можно регулировать крутящий момент на валу насоса и мощность торможения. Для охлаждения масла также используют теплообменники.

К числу вращающихся элементов стенда можно отнести опорные ролики в сборе и дополнительные массы, соединенные с передним роликом напрямую или через ускоряющий редуктор. Использование ускоряющего редуктора позволяет уменьшить требуемый момент инерции дополнительных масс и уменьшить массу самого стенда. Это объясняется тем, что установленный

между роликами стенда и дополнительными вращающимися массами стенда редуктор увеличивает эффект торможения колес в режиме разгона в возведенное в квадрат передаточное число редуктора.

Испытание автомобиля на стенде, инерционные массы которого соответствуют инерционной массе автомобиля, позволяет измерять угловое ускорение колес и соответствующее ускорение автомобиля в поступательном движении. По величине ускорения при разгоне автомобиля можно судить о его тягово-динамических свойствах. В процессе испытаний можно производить контроль расхода топлива с помощью специальных расходомеров или на основании информации, используемой в электронной системе управления двигателем. В этом случае появляется дополнительный весьма информативный диагностический параметр, отражающий техническое состояние автомобиля.

В известных конструкциях динамических стендов инерционное торможение может совмещаться с торможением других типов тормозов, например, рассмотренного ранее индукторного тормоза.

Тормозные стенды широко распространены на СТО и других предприятиях автомобильного транспорта. Стенды серийно выпускаются многими зарубежными производителями. Как правило, это роликовые стенды и площадочные проездные стенды. Автомобильные заводы, выпускающие автомобили с АБС имеют инерционные стенды.

В конструкции роликовых стендов для контроля тормозной силы могут использоваться планетарные редукторы с балансирно закрепленным корпусом. В этом случае сила в зацеплении зубьев коронной шестерни приводит к повороту корпуса редуктора и по величине этой силы можно судить о крутящем моменте, передаваемом на ролики. При достижении своего максимума в момент начала проскальзывания роликов относительно заторможенного колеса производится отключение привода, поскольку следящий ролик перестает вращаться.

Выпускаются также тормозные стенды, в которых используются балансирные мотор-редукторы, когда электродвигатель и редуктор объединены в одном агрегате. В конструкцию стенда входят упорные ролики, соединенные между собой цепью, датчики блокирования колес, приводной динамометр балансного типа с датчиком сил, датчик наличия автомобиля и датчик скорости колеса.

Динамометры для измерения приводного усилия, то есть давления водителя на педаль тормоза, различаются по своему принципу действия. Ранее использовались датчики гидравлического типа. Такой датчик состоит из трех основных узлов:

- гидравлического датчика;
- шланга;
- указателя – обычно это манометр, градуированный в единицах силы.

Диафрагменная месдоза конструктивно очень проста и выполняется разборной. Детали ее изготавливаются из стали или латуни, а сама диафрагма из листовой маслостойкой резины толщиной 2...3 мм. Сильфонная месдоза более надежна, т.к. герметичность соединений ее элементов обеспечивается пайкой. Кроме того, сильфонная месдоза не так чувствительна к наличию в системе незначительного количества воздуха благодаря большому ходу, допускаемому самим сильфоном. Однако эта конструкция сложнее в изготовлении и сборке.

В компьютеризированных стендах датчик усилия на педаль выполняют с использованием тензоэлементов, выдающих электрический сигнал, используя который удобно измерять время срабатывания привода тормоза.

Выводы по разделу

Поскольку эффективность тормозной силы автомобиля оценивается по отношению суммы тормозных сил всех колес к весу автомобиля: 0,53 и 0,47, тормозные стенды могут оборудоваться датчиками веса. Они поочередно измеряют вес, приходящийся на оси автомобиля. Тензодатчики сопротивления обычно наклеивают на упругое звено, установленное под раму стенда

2 «Тяговый расчет действующего автомобиля

2.1 Расчет динамических свойств автомобиля

Общие исходные данные автомобиля (получены в ходе конструкторско-технологической практики). Расчет производится в соответствии с методикой, описанной учебным пособием [13].

Подготовка исходных данных для расчета:

Геометрические размеры автомобиля:

Длина – 2510 мм, ширина – 1456 мм, высота – 1140 мм.

Исходя из геометрических размеров автомобиля, определим площадь его поперечной геометрической проекции» [24]:

$$F = 0,8 \cdot B_z \cdot H_z \quad (1)$$

$$F = 0,8 \cdot 1,456 \cdot 1,140 = 1,332 \text{ м}^2$$

«Определим радиус качения шины размерности 205/70R14 устанавливаемой на автомобиль.

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B), \quad (2)$$

где d – установочный диаметр шины в м., $\lambda_z = 0,85$ –коэфф. деформации шины, B – высота шинного профиля.» [29]

$$r_k = 0,5 \cdot 14 \cdot 0,0254 + 0,205 \cdot 0,7 \cdot 0,2 = 0,267 \text{ (м.)}$$

«Определим полную массу автомобиля

$$m_A = m_0 + n \cdot m_{II} + n \cdot m_6, \quad (3)$$

где $m_{II} = 75$ кг (масса одного пассажира), $m_6 = 10$ (масса багажа на одного пассажира), $n=1$ (количество человек» [3]).

$$m_A = 225 + 4 \cdot 75 = 525 \text{ (кг.)}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

$$G_A = 1300 + 9,81 = 12943 \text{ Н}$$

«Для заднеприводной компоновки автомобиля (ведущих задних колес), принимается распределение осевой нагрузки в соотношении 46% на передних колесах и 54% на задних.» [25]

«Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$F = 0,8 \cdot B_z \cdot H_z$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:» [3]

«Коэфф. полезного действия трансмиссии принимаем: $\eta_{тр} = 0,85$.

Коэффициент сопротивления качению принимаем: $f_0 = 0,045$.

Коэффициент сцепления колеса с дорогой, принимаем для дорожного покрытия – сухой асфальтобетон: $\varphi = 0,8$.

Коэффициент аэродинамического сопротивления, принимаем для автомобиля: $C_x = 0,32$.

Показатели сопротивления воздуха

«Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} \quad (5)$$

где $\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях, кг/м^3 .»

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

Передаточные числа трансмиссии для расчета действующей комплектации автомобиля, принимаем (данные получены на практике» [2]):

$$U_1 = 2,5; U_2 = 1,75; U_3 = 1,33; U_4 = 1,095; U_5 = 0,956; U_6 = 0,869;$$

$$U_{гп.} = 3,46.$$

«Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной принятой скорости движения:» [21]

$$N = N_{\max} \cdot (a\lambda + b\lambda^2 + c\lambda^3) \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{837,76}{733,04} = 1,14$$

$$N_v = 43011 \cdot (1,14 + 1,14^2 + 1,14^3) = 41207 \text{ Вт}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{\max} \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right) \quad (7)$$

Для построения кривой эффективного момента M_e применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (8)$$

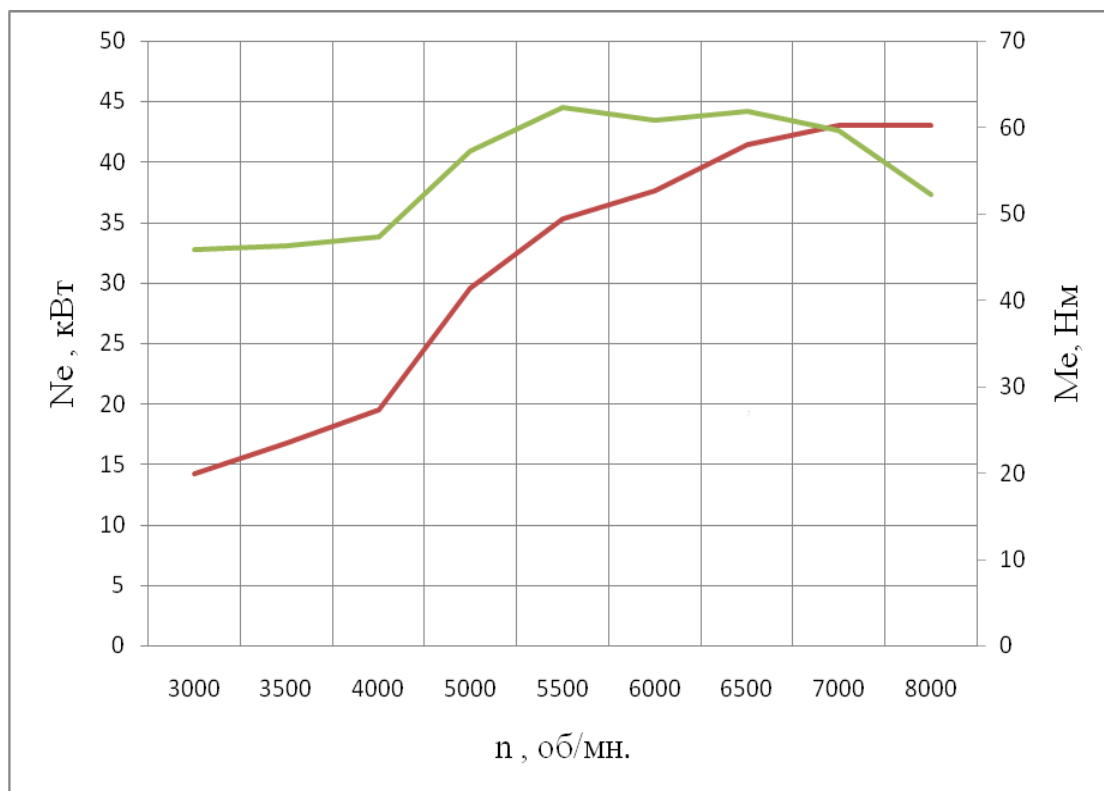
Рассчитываем зависимости $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$. Результаты расчетов

сводим в таблицу «2.1 и представляем в виде графика.

Ниже, представлена характеристика в табличном виде (таблица 3) и в виде графика (рисунок 5).

Таблица 3 – Результаты расчета внешней скоростной характеристики» [25]

$n_e, \text{об/мин}$	$\omega_e, \text{рад/с}$	$N_e(\omega_e)$	$M_e(\omega_e)$
3000	314,1592653	14,2472308	45,8002519
3500	366,5191429	16,7843017	46,3060082
4000	418,8790205	19,5359384	47,2956151
5000	523,5987756	29,5907479	57,2389569
5500	575,9586531	35,3320922	62,3126421
6000	628,3185307	37,6326608	60,7641359
6500	680,6784082	41,4567934	61,8221759
7000	733,0382858	43,0106837	59,5609494
8000	837,7580409	42,9999649	52,22135



«Рисунок 5 – Внешняя скоростная характеристика двигателя автомобиля

2.2 «Определение передаточного числа главной передачи

После задания значений максимальных скоростей болида $V_{\max}$ возможно определить передаточное число главной передачи U_0 ,:

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{\max}}{u_k \cdot V_{\max}} \quad (9)$$

где $u_k = u_3 = 0,87$ – для высшей передачи коробки передач болида определено передаточное число, обеспечивающее максимальную скорость; [14]

$$U_0 = \frac{0,267 \cdot 837,758}{0,87 \cdot 74,4} = 3,46$$

«Для дальнейших расчетов принимаем значение главной передачи, принятой в задании на курсовой проект $u_0=3,46$.» [32] «Дальнейшие

расчеты проводим по повышенному ряду передаточных чисел (повышенная передача в раздаточной коробке).

Силовой баланс автомобиля. Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_D + F_B + F_H \quad (10)$$

где F_T – сила тяги ведущих колес, Н;

F_D – сила дорожного сопротивления, Н;

F_B – сила сопротивления воздуха, Н;

F_H – сила сопротивления разгону автомобиля, Н (не учитываем).

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$F_{Ti} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{TP}}{r_k} \quad (11)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2 \quad (12)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$F_D = G_A \cdot f \quad (13)$$

где $f = f_0 \cdot (1 + \frac{V_a^2}{2000})$ – зависимость коэффициента трения качения от

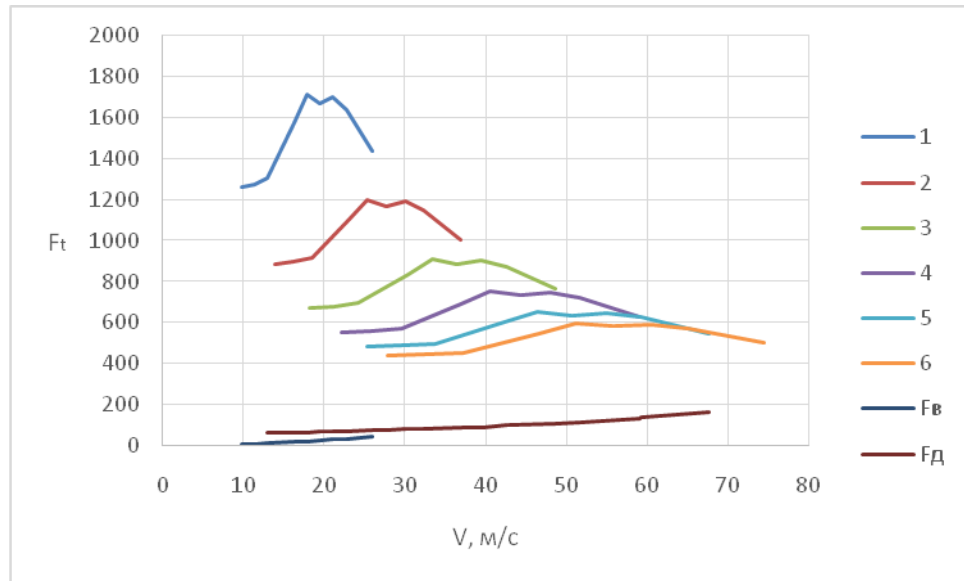
скорости движения автомобиля.

Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями ω_e , приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах.

Результаты расчетов занесем в таблицу 4» [28]

«Таблица 4 – Результаты расчета баланса сил на разных передачах» [11]

ω_e	314,16	366,52	418,88	523,60	575,96	628,32	680,68	733,04	837,76
M_e	45,80	46,31	47,30	57,24	62,31	60,76	61,82	59,56	52,22



«Рисунок 6 – Графики тягового баланса автомобиля

2.3 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A} \quad (14)$$

Данная формула расчета баланса сил позволяет рассчитать «динамические характеристики болида и построить зависимости динамического фактора D в функции скоростей движения для разных передачах коробки передач, основанных на расчетах при загрузке автомобиля.

Данные расчета» [33] представлены в таблице 5 и на графиках рисунка 7.

Для учета влияния момента пробуксовки ведущих колес, динамический фактор сцепным свойствам определяется:

$$D_{\text{сц}} = \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_A} = \frac{1471,5 \cdot 0,8}{2943} = 0,4$$

Таблица 5 - Динамические характеристики расчета

ω_e , рад/с	Фактор динамики D					
	I	II	III	IV	V	VI
314,16	0,393	0,273	0,203	0,163	0,137	0,121
366,52	0,397	0,274	0,203	0,161	0,134	0,116
418,88	0,405	0,278	0,204	0,160	0,131	0,112
523,60	0,489	0,334	0,243	0,187	0,150	0,125

Продолжение таблицы 5

575,96	0,531	0,363	0,262	0,200	0,159	0,130
628,32	0,516	0,351	0,250	0,187	0,145	0,115
680,68	0,524	0,354	0,250	0,184	0,139	0,106
733,04	0,503	0,337	0,234	0,167	0,121	0,087
837,76	0,436	0,286	0,189	0,122	0,073	0,037

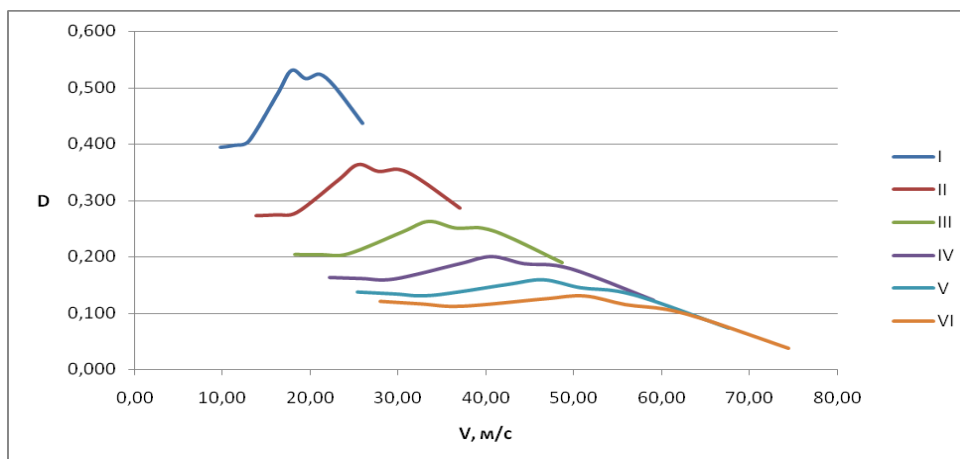


Рисунок 7 – Динамические характеристики передач трансмиссии

2.4 Разгонные характеристики

Для режима «разгона определяются значения ускорений при движении автомобиля на горизонтальном участке дороги. Предусматривается, что дорога обладает твердым покрытием хорошего качества. Режим максимального использования мощности двигателя и отсутствие пробуксовки ведущих колес. Значения ускорений определяются выражением:»

$$j = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{RP}} \quad (15)»$$

[26]

где $\delta_{RP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2)$ – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс двигателя. Он определяется отдельно для каждой передачи:

$$\delta_{KP1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 2,5^2) = 1,3625$$

$$\delta_{KP2} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,75^2) = 1,2031$$

$$\delta_{\text{кр3}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,33^2) = 1,1384$$

$$\delta_{\text{кр4}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_4^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,095^2) = 1,1099$$

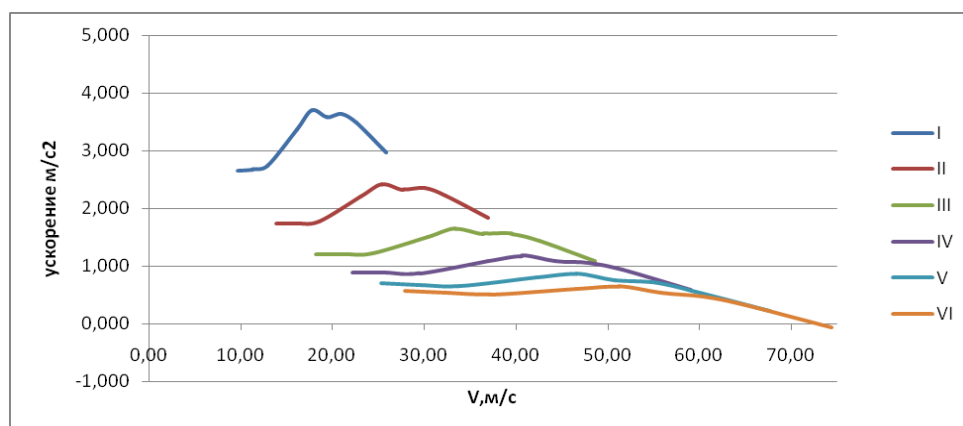
$$\delta_{\text{кр5}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_5^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 0,956^2) = 1,0957$$

$$\delta_{\text{кр6}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_6^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 0,869^2) = 1,0877$$

Результаты расчета ускорений при разгоне представлены в таблице 6 и на рисунке 8 графиков зависимости $j = f(V)$

Таблица 6 – Значения ускорений разгона

ω_e , рад/с	«Ускорение j , м/с ²					
	I	II	III	IV	V	VI
314,16	2,648	1,729	1,201	0,892	0,700	0,573
366,52	2,675	1,741	1,199	0,878	0,674	0,538
418,88	2,734	1,774	1,211	0,873	0,655	0,507
523,60	3,371	2,199	1,503	1,078	0,799	0,606
575,96	3,695	2,414	1,649	1,177	0,864	0,647
628,32	3,584	2,322	1,560	1,080	0,753	0,530
680,68	3,642	2,349	1,558	1,055	0,711	0,465
733,04	3,482	2,221	1,438	0,929	0,575	0,317
837,76	2,975	1,831	1,091	0,583	0,214	0,064



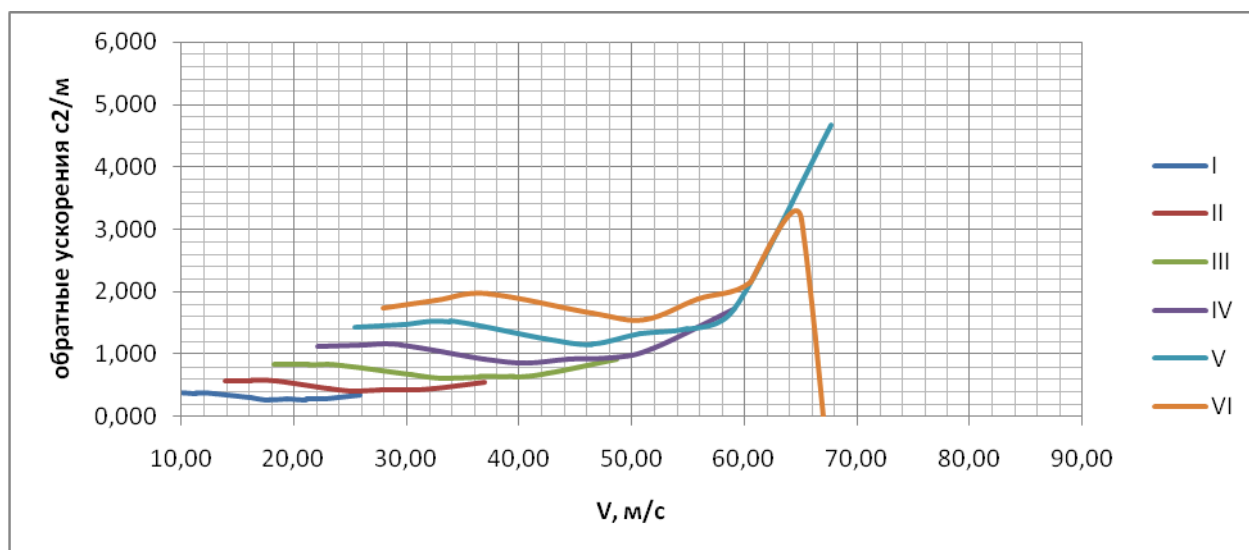
«Рисунок 8 – Графики ускорений автомобиля

Обратные ускорения определяются как $(1/j)$, а их значения заносятся в столбцы таблицы 2.5. Величины ускорений стремятся к нулю при скоростях

V , близких к максимальным, поэтому для расчетов можно ограничиться скоростями $V = (0,8 \dots 0,9) V_{\max}$ »

Таблица 7 – Расчетные величины обратных ускорений

ω_e , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$, с ² /м					
	I	II	III	IV	V	v_b [3]
314,16	0,378	0,578	0,833	1,121	1,429	1,745
366,52	0,374	0,574	0,834	1,139	1,483	1,858
418,88	0,366	0,564	0,826	1,146	1,526	1,971
523,60	0,297	0,455	0,665	0,928	1,252	1,650
575,96	0,271	0,414	0,607	0,850	1,157	1,545
628,32	0,279	0,431	0,641	0,926	1,320	1,887
680,68	0,275	0,426	0,642	0,948	1,407	2,151
733,04	0,287	0,450	0,695	1,076	1,740	3,153
837,76	0,336	0,546	0,917	1,714	4,679	-15,62



«Рисунок 9 –Графики зависимостей обратных ускорений

2.5 Расчет времени и пути разгона

Для определения времени и пути разгона болида используется графоаналитический способ:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i) \quad (16)$$

С этой целью на каждом интервале кривой обратных ускорений

считается, что ускорение болида является постоянным при разгоне: [14] $j = \text{const}$, соответственно величины $(1/j) = \text{const}$. Их значения определяют соответственно выражения:

$$\left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2} \quad (17)$$

где k – интервал определенного порядкового номера.

На графике $(1/j)$ в пределах ΔV_k точные значения площадей меняют на величины площадей прямоугольников, имеющих размеры ΔV_k и $\left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k$, таким образом производится интегрирование приближенным способом:» [7]

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (18)$$

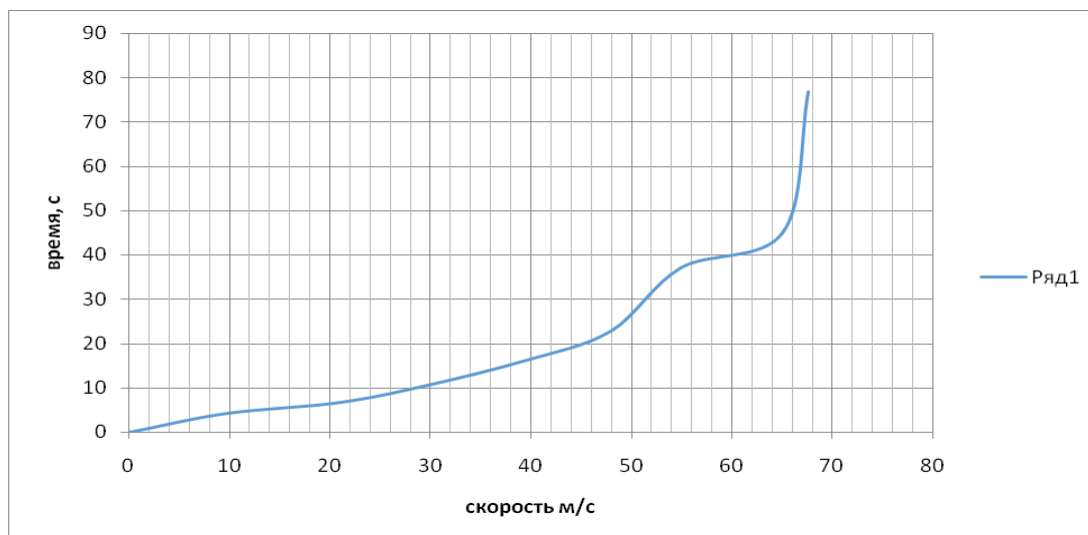
$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k$$

где t_1 – интервал времени набора скорости от V_0 до V_1 ;

Значения параметров представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры скорости и времени при разгоне

$V_a, \text{м/с}$	$t, \text{с}$
9,70	4,274
21,02	6,747
30,03	10,784
39,51	16,224
47,99	22,839
54,96	37,124
65,12	45,100
67,65	76,791



«Рисунок 10 –Зависимость времени разгона болида

При помощи графического интегрирования функции $t=f(V)$ аналогичным способом производится расчет пути разгона S от скорости автомобиля.

Площадь элементарного прямоугольника может быть вычислена следующим способом:

$$\Delta S = V_{\text{срк}} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{\text{срк}} \cdot \Delta t_k \quad (19)$$

где $k=1\dots m$ – соответствующий интервальный номер, когда m определяется как $(m=n)$.

Вычисление пути, пройденного при разгоне от скорости V_0 до скорости V_1 : $S_1=\Delta S_1$, до скорости V_2 : $S_2=\Delta S_1+\Delta S_2$, до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

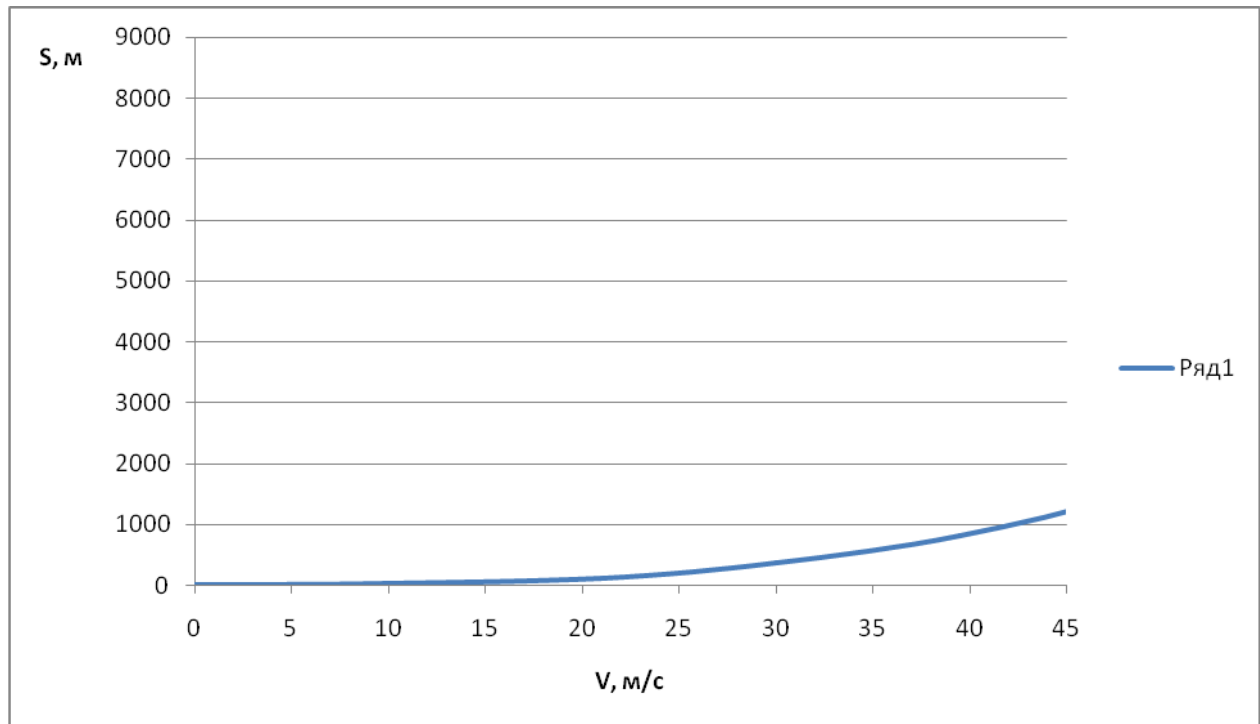
Вычисленные значения пути разгона заносятся в таблицу 9

Таблица 9 – Зависимость пути разгона и скорости движения

$V_{\text{а}}[2]$, м/с	S , м
9,70	20,73
21,02	120,10
30,03	367,86
39,51	821,80
47,99	1536,26

Продолжение таблицы 9

54,96	2871,13
65,12	4558,95
67,65	7723,40



«Рисунок 11 – График пути разгона автомобиля

2.6 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_e - N_{TP} = N_f + N_n + N_B + N_D \quad (20)$$

где N_T — тяговая мощность, подводимая к ведущим колесам, Вт;

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP} = N_e \cdot 0,91$$

N_{TP} — мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, Вт;

$N_f = F_f \cdot V$ — мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт;

$N_T = F_T \cdot V$ — 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;

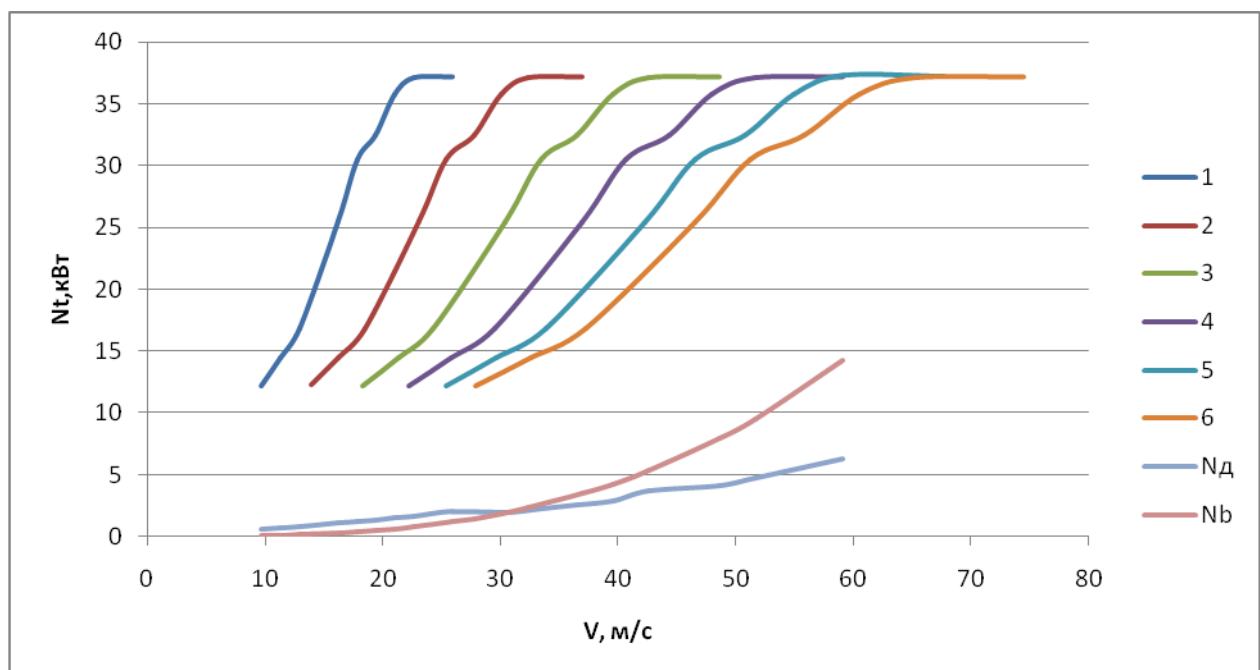
$N_D = F_H \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля ($N_D = 0$), Вт.» [19]

«Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 10 и строим графики на рисунке 12.

Вверх от кривой N_f откладываем значения мощности сопротивления воздуха N_B .

Таблица 10 – Рассчитанные значения мощностного баланса

n_e , рад/с» [2]	3000	3500	4000	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Вт	14,247	16,784	19,536	29,591	35,332	37,633	41,457	43,011	43,000



«Рисунок 12 – Мощностной баланс

2.7 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

Для получения топливно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной. Расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{e \min} \cdot K_H \cdot K_E \cdot (N_D + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (21)$$

где» [8] « $g_{e \min} = 240 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$ – минимальный удельный эффективный расход топлива;

$\rho_T = 0,72 \text{ кг/л}$ – плотность топлива;

$K_H = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523$ – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

$$I = \frac{N_D + N_B}{N_T};$$

$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$ – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от ω_e .» [9]

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}}, \quad (22)$$

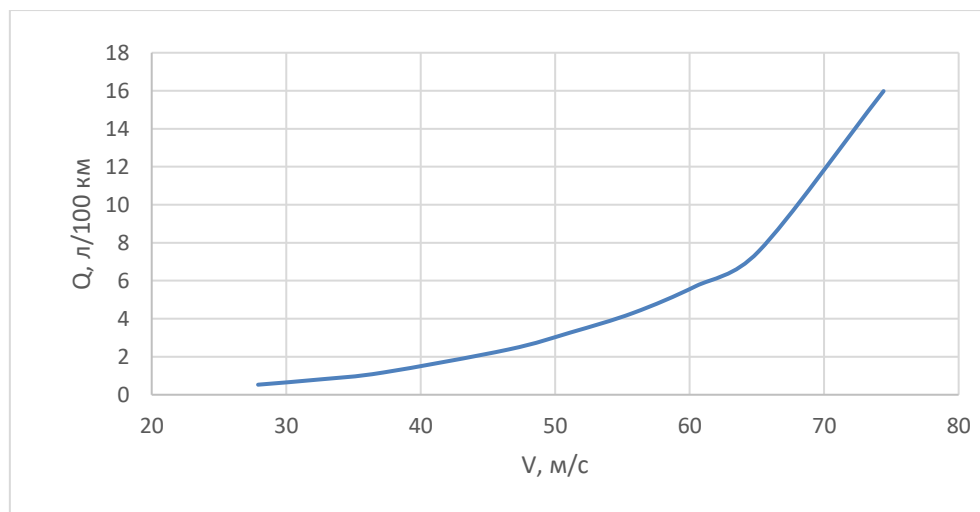
Результаты расчетов сводим в таблицу «11 строим графики на рисунке 13.

Таблица 11 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля» [8]

ω_e , рад/с	V_a , м/с	Q_s , л/100 км
314,16	27,91	0,53
366,52	32,56	0,81
418,88	37,21	1,17
523,60	46,51	2,38
575,96	51,16	3,28
628,32	55,82	4,31

Продолжение таблицы 11

680,68	60,47	5,72
733,04	65,12	7,54
837,76	74,42	15,98



«Рисунок 13 – Путевой расход топлива

3. Стенд «тормозных качеств»

3.1 Техническое задание на разработку стенда для испытания транспортных средств

Источниками разработки служат:

Каталог гаражного оборудования фирмы «МАНА», каталог гаражного оборудования НПФ «МЕТА», методические пособия и др. техническая литература.

Требуется спроектировать стенд для испытания транспортных средств, способного производить замеры тормозных качеств» [33] легковых автомобилей. Предполагается диагностирование автомобилей в режиме торможения, колесо автомобиля, приводимое во вращение от роликов, затормаживается тормозной системой автомобиля. При этом, фиксируется величина тормозного момента, возникающая на колесах. По величине тормозного момента делается вывод о состоянии тормозной системы автомобильной тормозной системы. Необходимо при проектировании обеспечить условия минимизации занимаемой площади, для чего необходимо расположить приводные двигатели вертикально.

Характеристики установки:

Габаритные размеры, не более:	2000 x 1500 x 1100
Масса установки, не более:	900 кг
Нагрузка на переднюю ось транспортного средства:	до 0,75 т
Начальная скорость торможения, км/ч	10-15
Диапазон измерения массы оси, «кг	0-750
Потребляемая мощность, не более кВт	7,5
Примерная себестоимость изделия, не более:	360000 руб
Срок окупаемости:	2.5 года

3.2 Техническое предложение на разработку конструкции стенда тормозных качеств» [16]

Диагностика автомобиля – наиболее важный элемент обеспечения технической готовности и поддержания парка в исправном состоянии. Наибольшее внимание при проведении диагностических работ стоит уделять узлам и агрегатам, отвечающим за безопасность движения автотранспорта. Одной из таких систем является тормозная система автомобиля. Диагностика тормозной системы автомобиля производится на специальных стендах, различают стенды статического и динамического типов, причем наибольшее распространение на практике получили стенды статического типа. В настоящее время, ввиду ужесточения норм, предъявляемых к технике, а также учитывая нарастающую интенсивность дорожного движения, необходимо применение более современных методик и подходов к процессу диагностирования. Далеко не все предприятия имеют возможность приобретения нового оборудования, поэтому в техническом разделе дипломного проекта предлагается к рассмотрению возможность создания нового, отвечающего требованиям современного производства стенда, на базе существующей модели (рисунок 14).



Рисунок 14 Универсальный тормозной стенд СТМ-15000» [27]

Одним из «аналогов будет являться «универсальный тормозной стенд СТМ-15000 предназначен для контроля эффективности торможения и устойчивости автотранспортных средств (АТС) при торможении, с осевой нагрузкой до 15000 кг.» [78] [5]

Функции, выполняемые стендом:

- Измерение параметров тормозных систем по ГОСТ Р 51709;
- Тормозные силы колес;
- Удельная тормозная сила и осевая нагрузка колес в процессе торможения;
- Неравномерность тормозных сил;
- Время срабатывания тормозной системы;» [4]
- Усилие на педали тормоза и рычаге стояночной системы;
- «Вывод на экран монитора результатов измерений и графической интерпретации указаний оператору и водителю + на светофоре (или информационном табло);
- – Распечатка протокола измерений и графиков изменения тормозных сил в реальном масштабе времени;
- Работа в составе линий технического контроля с автоматической передачей данных в диагностическую карту автомобиля.

Другим аналогом будет являться тормозной барабанный стенд КИ-4998 ГосНИТИ (рисунок 15).» [1]



«Рисунок 15 Барабанный стенд КИ-4998 ГосНИТИ для
диагностики тормозов

Контроль тормозов осуществляется следующим образом. После установки автомобиля на стенде и включения привода колеса вращаются с постоянной скоростью, определяемой параметрами привода. Для разных стендов этого типа она колеблется от 2 до 15 км/час. При нажатии на тормозную педаль и» [22] «срабатывании привода возникает реактивный момент, который стремится повернуть корпус балансирного редуктора в сторону, противоположную направлению вращения барабанов.» [10]

3.3 Основные требования, предъявляемые к конструкции

Стенд для диагностирования тормозной системы автомобиля располагается в зоне Д-1, где с его помощью производится контроль основных параметров.

Тормозной механизм, применяется в конструкции стенда для облегчения съезда автомобиля после прохождения полного цикла диагностики системы. В стенде КИ-4549 для облегчения съезда применяются подъемные площадки. Подобная конструкция обладает низкой степенью мобильности, требует значительных энергозатрат для подъема оси автомобиля и не может в целом отвечать современному уровню развития техники.

Основным требованием, предъявляемым к конструкции стенда, является возможность самозатягивания при проворачивании барабана. Данный эффект достигается при применении в конструкции плавающей колодки.

Простота конструкции обеспечивается путем применения в механизме стандартных комплектующих и деталей, делающих конструкцию в целом ремонтпригодной в любых производственных условиях.

Компактность конструкции возможно обеспечить путем размещения привода не сбоку барабана, а снизу, таким образом отпадает необходимость дополнительной защиты механизма от случайного повреждения при наезде колесом, либо при проведении ремонтных работ по стенду, а также позволяет значительно сэкономить на площади.

Эстетическое решение стенда

«Проработка внешнего эстетичного вида разрабатываемого изделия производится с целью создания оптимальной гармонии изделия с условиями эксплуатации.» [31]

Основание стенда проверки тормозов представляет собой сварное основание в форме параллелепипеда, выполненными в виде отдельных секций. Конструкция предположительно располагается в подготовленной водоизолированной канаве.

Параметры стенда соотнесены с основными габаритными размерами устройства, дабы не создавать впечатления излишней громоздкости. В нашем случае органы торможения выполнены как пневмокамера. Это позволяет выделить механизм в композиции изделия. На стойки дополнительно можно

дополнительно нанести черные полосы. Поверхности трения и пружины окраске не подлежат.

3.4 Прочностной расчет основных элементов конструкции

3.4.1 «Кинематический расчет привода стенда и выбор электродвигателя»

Исходными данными для кинематического расчета привода являются вращающий момент на ведомом валу и его угловая скорость (или частота вращения). В данном механизме выходным элементом является рабочий орган, барабан, к которому приложено внутреннее сопротивление вращению W_b колеса автомобиля.

Момент внешнего сопротивления для этого случая определяется по формуле:

$$M_c = \frac{W_b \cdot D_b}{2}; \text{» [2]} \quad (23)$$

где: M_c – момент сопротивления вращению барабана стенда.

W_b – сопротивление вращению колеса автомобиля,

D_b – диаметр барабана.

Работа без пробуксовки обеспечивается при условии:

$$T = \Sigma R \cdot f_{\text{тр}} \geq k \cdot W_b; \quad (24)$$

где: T – сила сцепления между поверхностями барабанов и колес автомобиля,

ΣR – суммарная нагрузка на ось барабана,

$f_{\text{тр}}$ – коэффициент сцепления (трения скольжения),

k – коэффициент запаса силы сцепления,

W_b – сопротивление вращению колеса автомобиля.

$\Sigma R = Q + G_p = 750$ (кг) для» [34] легкового автомобиля,

$f_{\text{тр}} = 0,028$,

$$k = 1,3$$

$$W_B = 22,00 \text{ кг.}$$

$$\text{Тогда: } T = 3500 \cdot 0,028 \geq 1,3 \cdot 15,28 = 98 \geq 19,86.$$

Условие верно, значит пробуксовывание барабана по поверхности колеса исключено.

$$\text{Тогда: } M_c = \frac{11,0 \cdot 0,18}{2} = 0,99 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

3.4.2 Определение необходимой мощности приводного электродвигателя

«Зная частоту вращения выходного звена (задаваясь, исходя из условий технологического процесса работы на стенде) и КПД механизма, можно определить необходимую мощность двигателя:

$$N = \frac{M_c \cdot n_c}{9550 \cdot \eta_{\text{мех}}}; \quad (25)$$

где: M_c – момент сопротивления вращению барабана стенда.

n_c – частота вращения выходного звена (барабана).

$\eta_{\text{мех}}$ – КПД механизма,

N – мощность электродвигателя.» [1]

$$\eta_{\text{мех}} = \eta_{\text{цеп}} \cdot \eta_{\text{зуб}}^2 \cdot \eta_{\text{п}}^2, \quad (26)$$

где: $\eta_{\text{цеп}}$ – значение к.п.д. для открытой цепной передачи,

$\eta_{\text{зуб}}$ – значение к.п.д. для зубчатой передачи,

$\eta_{\text{п}}$ – потери на трение в опорах для одной пары подшипников.

Значения к.п.д. механических передач:

$$\eta_{\text{цеп}} = 0,93,$$

$$\eta_{\text{зуб}} = 0,96,$$

$$\eta_{\text{п}} = 0,993,$$

$$\text{Тогда: } \eta_{\text{мех}} = 0,93 \cdot 0,96^2 \cdot 0,993^2 = 0,84$$

$$\text{Тогда: } N = \frac{0,99 \cdot 480}{9550 \cdot 0,84} = 2,15 \text{ кВт.}$$

Подбираем двигатель по найденному значению мощности $N_{\text{дв}} = 2.50$ кВт с частотой вращения вала $n_{\text{дв}} = 1500$ об/мин.

3.4.3 Расчет трансмиссии (редуктора привода) и разбивка его по ступеням

«Общее передаточное отношение между двигателем и выходным звеном определяется по формуле:

$$u = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{с}}}; \quad (27)$$

где: $n_{\text{дв}} = 1500$ (об/мин) частота вращения выбранного электродвигателя,

$n_{\text{с}} = 480$ (об/мин) частота вращения выходного звена (барабана).

$$\text{Тогда: } u = \frac{1500}{480} = 3.125.$$

Передаточное отношение обеспечивается [16] зубчатым редуктором и открытой цепной передачей. Цепная передача служит только для распределения крутящего момента между двумя роликами, поэтому её передаточное число должно равняться единице. Во избежание чрезмерного увеличения габаритов передачи необходимо применение конического редуктора. Выбираем передаточное число для зубчатой передачи равное 3,6 для одной пары, так как предполагается использование в стенде редуктора заднего моста ВАЗ, передаточное отношение 4,1:

Определение угловых скоростей:

$$\omega_2 = \frac{\pi n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1},$$

$$\omega_1 = \frac{\omega_2}{U_{21}} = \frac{157}{4.1} = 38.3 \text{ с}^{-1}.$$

Определение крутящих моментов:

$$T_1 = \frac{N_{\text{лв.}} \cdot 10^3}{\omega_1}, \quad (28)$$

где: $N_{\text{дв.}}$ – мощность приводного двигателя.

$$N_{\text{дв.}} = 2,5 \text{ кВт.}$$

$$T_1 = \frac{2,5 \cdot 10^3}{38,3} = 65,3 \text{ Н} \cdot \text{м} ,$$

$$T_2 = T_1 \cdot U_{12} = 65,3 \cdot 4,1 = 267,6 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Определим фактическую скорость на барабане:

Частота вращения составит:

$$n = 1500 / 4,1 = 365,85 \text{ об/мин}$$

$$v = \frac{n \cdot \pi \cdot r}{30} = \frac{365,85 \cdot 3,14 \cdot 0,09}{30} = 3,4 \text{ м/сек,}$$

Указанная скорость соответствует скорости 12,2 км/ч

3.4.4 Расчет вала на прочность

Методы расчета валов по степени их точности можно разделить на ориентировочные, приближенные и уточненные.

«Ориентировочный расчет выполняется как проектный для предварительного определения диаметров вала. Расчет ведется на чистое кручение,» [18] без учета изгибающих моментов. Поскольку изгибающие моменты в данном случае явно выше (0,99 кг крутящего момента, рассчитанные ранее, против 750 кг консольной нагрузки от веса автомобиля) диаметр вала определяем сразу приближенным расчетом и уточняем уточненным.

Приближенный расчет выполняется как проектный. Предварительно намечаются места посадки подшипников и прочих деталей на вал. Сначала определяются диаметры в опасных сечениях вала.

В данном случае опасные сечения определяются по эпюрам и выбранной конструкцией вала, поскольку рассчитываемый вал является частью ролика, представляющего собой сборный двухопорный вал (см. рисунок 16).

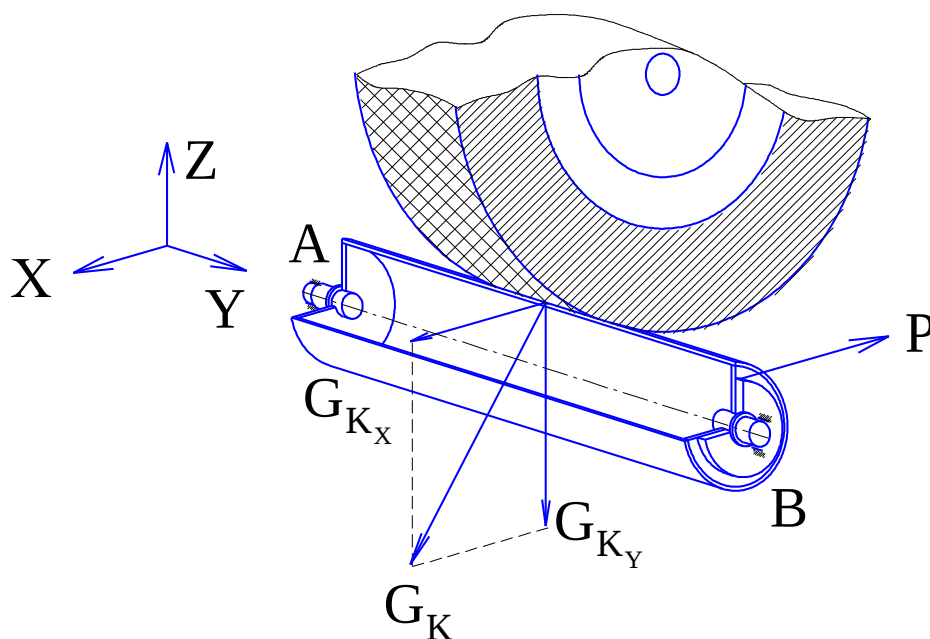


Рисунок 16 Схема расположения действующих сил и конструкция ролика
стенда

3.4.5 Определение величин действующих сил

Для построения эпюр введем прямоугольную систему координат XYZ (см. рисунок 3.4) выбрав направления осей вдоль действующих сил. Силу тяжести автомобиля G_k , приходящееся на одно колесо, приведем к составляющей, действующей на ролик G_{k-p} , не лежащей ни в одной плоскости, разложим её на составляющие G_{k-px} и G_{k-pz} , и найдем их значения в соответствии со схемой (см. рисунок 3.5):

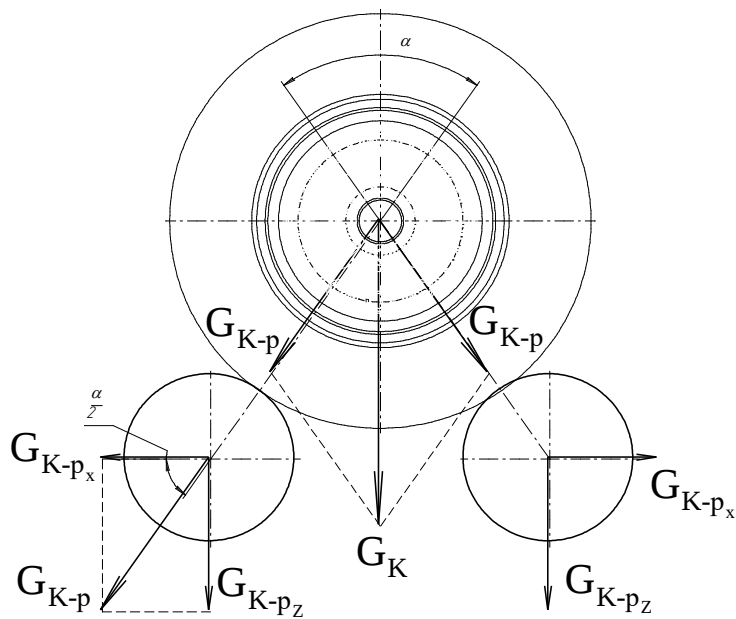


Рисунок17 – Схема сил в контакте колеса

а) Сила G_{K-p} , действующая консольно на ролик, направлена вдоль прямой, соединяющей центр колеса автомобиля и самого ролика. Величина силы равна составляющим силы G_K , действующим вдоль этих прямых (см. рисунок 17).

$$G_{K-p} = \frac{G_K}{2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (29)$$

где: G_K – вес автомобиля, приходящийся на одно колесо;

α – угол, получающийся при геометрическом построении прямой для колеса $\varnothing 600$ мм (см. рисунок18).

$$G_K = 7500,$$

$$\alpha = 70^\circ.$$

$$\text{Тогда: } G_{K-p} = \frac{7500}{2 \cdot \cos \frac{70^\circ}{2}} = 213,63 \text{ кг.}$$

Находим составляющие как стороны прямоугольного треугольника:

$$G_{K-p_x} = G_{K-p} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2136.36 \cdot \sin \frac{70^\circ}{2} = 1225.37 \text{ кг,}$$

$$G_{\kappa-p_z} = G_{\kappa-p} \cdot \sin\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right) = 2136.36 \cdot \sin\left(90 - \frac{70^\circ}{2}\right) = 1750.0 \text{ кг},$$

б) Сила Q нагрузка на вал от цепной передачи, направлена параллельно прямой, соединяющей оси роликов, совпадает с направлением оси X, и численно равна:

$$Q = k_{\pi} \cdot P, \quad (30)$$

где: k_{π} – коэффициент, зависящий от положения передачи,

$$k_{\pi} = 1,15$$

P – окружная сила на зубчатом колесе или цепной звездочке, определяется по формуле:

$$P = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{d_{\text{д}}}, \quad (31)$$

где: $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент, передаваемый цепной передачей,

$$M_{\text{кр}} = 0,99 \text{ кг/м};$$

$d_{\text{д}}$ – делительный диаметр зубчатого колеса цепной передачи,

$d_{\text{д}} = 0,176 \text{ (м)}$ принят конструктивно.

$$\text{Тогда: } P = \frac{2 \cdot 0,99}{0,176} = 383.9 \text{ кг}.$$

$$\text{В итоге: } Q = 1,15 \cdot 383.9 = 441.5 \text{ кг}.$$

Построение эпюр.

В плоскости XY:

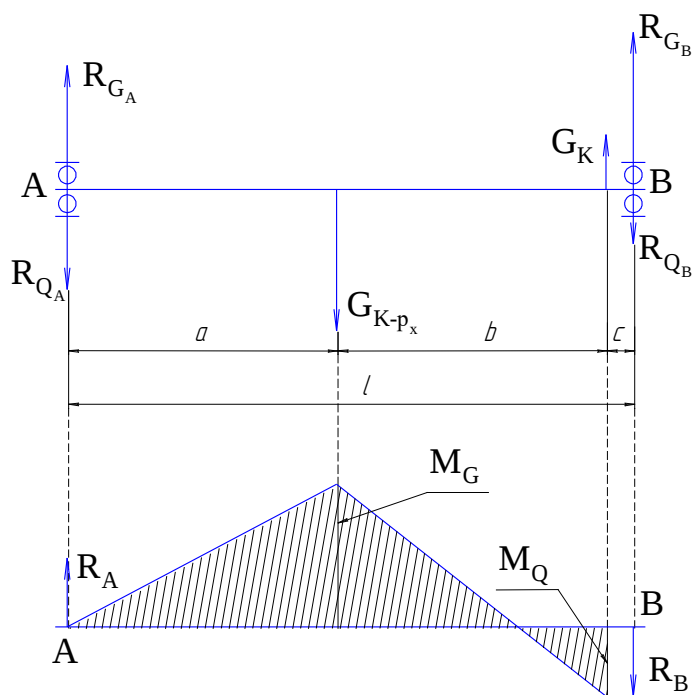


Рисунок 18 – Распределение нагрузки

а) Находим реакции на опорах.

Реакция на опоре А:

$$R_A = R_{G_A} - R_{Q_A},$$

где: R_{G_A} – реакция опоры А от силы G_{K-p_x} ;

R_{Q_A} – реакция опоры А от силы Q.

$$R_{G_A} = G_{K-p_x} \cdot \left(\frac{b+c}{l} \right) \quad (32)$$

$$R_{Q_A} = Q \cdot \left(\frac{b+c}{l} \right) \quad (33)$$

$$\text{Тогда: } R_{G_A} = 1225.37 \cdot \left(\frac{375.5 + 45}{825} \right) = 624.57 \text{ кг},$$

$$R_{Q_A} = 441.5 \cdot \left(\frac{375.5 + 45}{825} \right) = 225.03 \text{ кг}.$$

$$\text{В итоге: } R_A = 624.57 - 225.03 = 399.54 \text{ кг}.$$

Реакция на опоре В:

$$R_B = R_{G_B} - R_{Q_B}, [17] \quad (34)$$

где: R_{G_B} – реакция опоры В от силы $G_{к-рх}$;

R_{Q_B} – реакция опоры В от силы Q.

$$R_{G_A} = G_{к-рх} \cdot \frac{a}{l} \quad (35)$$

$$R_{Q_A} = Q \cdot \frac{a}{l} \quad (36)$$

$$\text{Тогда: } R_{G_A} = 1225.37 \cdot \frac{404,5}{825} = 600.8 \text{ кг},$$

$$R_{Q_A} = 441.5 \cdot \frac{404,5}{825} = 216.47 \text{ кг}.$$

$$\text{В итоге: } R_B = 600.8 - 216.47 = 384.33 \text{ кг}.$$

б) «Находим величины изгибающих моментов (см. рисунок 19).

Изгибающий момент от силы тяжести» [10] автомобиля $G_{к-рх}$:

$$M_{G_x} = R_A \cdot a, \quad (37)$$

$$M_{G_x} = 399.54 \cdot \frac{404,5}{1000} = 161.61 \text{ кг/м},$$

С условием максимального смещения колеса автомобиля при установке

$$\text{на стенд: } M_{G_{x \max}} = 399.54 \cdot \frac{700}{1000} = 279.68 \text{ кг/м}.$$

Изгибающий момент от цепной передачи Q:

$$M_Q = R_B \cdot c, \quad (38)$$

$$M_Q = 384.33 \cdot \frac{45}{1000} = 17.29 \text{ кг/м}.$$

Эпюра нагружения ролика в плоскости ZY:

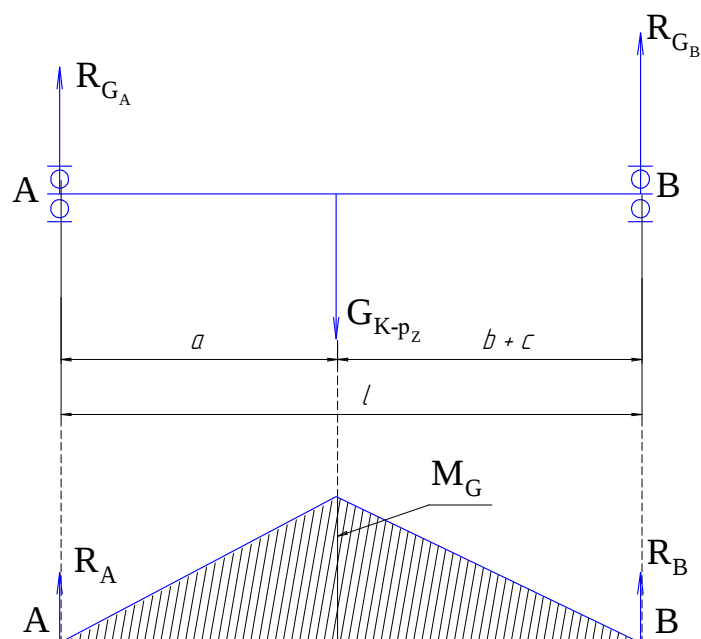


Рисунок 19 – Нагрузки на опорах

а) Находим реакции на опорах.

Реакция на опоре А:

$$R_A = R_{G_A},$$

где: R_{G_A} – реакция опоры А от силы $G_{к-рз}$.

$$R_{G_A} = G_{к-рз} \cdot \left(\frac{b+c}{l} \right) \quad (39)$$

$$\text{Тогда: } R_A = 1750 \cdot \left(\frac{375,5 + 45}{825} \right) = 891.97 \text{ кг,}$$

Реакция на опоре В:

$$R_B = R_{G_B},$$

где: R_{G_B} – реакция опоры В от силы $G_{к-рз}$.

$$R_{G_B} = G_{к-рз} \cdot \frac{a}{l} \quad (40)$$

$$\text{Тогда: } R_B = 1750 \cdot \frac{404,5}{825} = 858.03 \text{ кг.}$$

б) «Находим величины изгибающих моментов (см. рисунок 19).

Изгибающий момент от силы тяжести» [50] автомобиля $G_{к-рз}$:

$$M_{G_z} = R_A \cdot a, \quad (41)$$

$$M_{G_z} = 891.97 \cdot \frac{404,5}{1000} = 360.8 \text{ кг/м},$$

С условием максимального смещения колеса автомобиля при установке на стенд: $M_{G_{x\max}} = 891.97 \cdot \frac{700}{1000} = 624.38 \text{ кг/м}.$

Определение моментов в опасном сечении рассчитываемого вала.

Величины изгибающих и крутящих моментов определяются геометрическим сложением соответствующих моментов, действующих в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

$$M_{\text{и}} = \sqrt{M_{\text{и}z}^2 + M_{\text{и}x}^2}, \quad (42)$$

где: $M_{\text{и}z}$ – изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости (ZY);

$M_{\text{и}x}$ – изгибающий момент, действующий в горизонтальной плоскости (XY).

Величины изгибающих моментов найдем по правилу треугольников:

$$\frac{M_{\text{и}x}}{M_{G_x}} = \frac{x}{a}; \quad (43)$$

$$M_{\text{и}x} = \frac{M_{G_x} \cdot x}{a}; \quad (44)$$

$$M_{u_x} = \frac{161.61 \cdot 0,04}{0,405} = 15.96 \text{ кг/м},$$

$$\frac{M_{\text{и}z}}{M_{G_z}} = \frac{x}{a};$$

$$M_{\text{и}z} = \frac{M_{G_z} \cdot x}{a};$$

$$M_{u_z} = \frac{360.8 \cdot 0,04}{0,405} = 35.63 \text{ кг/м},$$

$$\text{Тогда: } M_u = \sqrt{15.96^2 + 35.63^2} = 39.04 \text{ кг/м}.$$

Определение диаметров вала.

Диаметр вала в опасном сечении определяется по формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{экв}}}{0,1[\sigma_{-1}]_H}}, \quad (45)$$

где: $[\sigma_{-1}]_H$ – допускаемое напряжение на изгиб,

$$[\sigma_{-1}]_H = 500 \dots 600 \text{ кг/см}^2;$$

$M_{\text{экв}}$ – «эквивалентный или приведённый момент, определяемый при использовании теории прочности удельной потенциальной энергии изменения формы из выражения:» [9]

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_H^2 + 0,75 \cdot M_K^2}, \quad (46)$$

где: M_H – суммарный изгибающий момент в опасном сечении,

$$M_H = 390,4 \text{ кг/см [см. ранее];}$$

M_K – крутящий момент, передаваемый валом,

$$M_K = 337,91.$$

$$\text{Тогда: } M_{\text{экв}} = \sqrt{390,4^2 + 0,75 \cdot 337,91^2} = 487,9 \text{ кг/см.}$$

$$\text{В итоге: } d = \sqrt[3]{\frac{487,9}{0,1 \cdot 500}} = 2,14 \approx 2,2 \text{ см.}$$

Проверочный расчет вала:

Производим оценку статической прочности. «Так как вал работает в условиях изгиба и кручения, то эквивалентное напряжение в точке наружного волокна определится по формуле:

$$\sigma_{\text{экв.}} = \sqrt{(\sigma_H^2 + 3\tau_K^2)}, \quad (47)$$

где: σ_H – наибольшее напряжение» [68] в расчетном сечении вала от изгиба моментом M_H .

τ_K – наибольшее напряжение в расчетном сечении вала от кручения моментом T .

$$\sigma_H = \frac{M_H}{W_H}, \quad (48)$$

где: $W_{и}$ – осевой момент сопротивления сечения вала

$M_{и}$ – изгибающий момент

$$M_{и} = 390,4 \text{ кг/см};$$

$$W_{и} = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \quad (49)$$

где: $d = 2,2 \text{ см}$

$$\text{Тогда: } W_{и} = \frac{3,14159 \cdot 2,2^3}{32} = 0,48 \text{ см}^3;$$

$$\sigma_{и} = \frac{390,4}{0,48} = 813,33 \text{ кг/см}^2;$$

$$\tau_{к} = \frac{T}{W_{к}}, \quad [1, \text{стр.256}] \quad (50)$$

где: $W_{к}$ – полярный момент сопротивления сечения вала.

$$W_{к} = 2 \cdot W_{и} = 2 \cdot 0,48 = 0,96 \text{ см}^3$$

T – крутящий момент на валу.

$$T = 1453,02 \text{ Н·м} = 0,1453 \text{ кг·см};$$

$$\text{Тогда: } \tau_{к} = \frac{0,1453}{0,96} = 0,151 \text{ кг/см}^2;$$

$$\text{В итоге: } \sigma_{\text{экв.}} = \sqrt{(813,33^2 + 3 \cdot 0,151^2)} = 813,3 \text{ кг/см}^2;$$

Определим запас прочности по пределу текучести.

$$n_{т} = \frac{\sigma_{т}}{\sigma_{\text{экв.}}} \geq [n_{т}], \quad (51)$$

где: $\sigma_{т}$ – допускаемое напряжение по пределу текучести.

$$\sigma_{т} = 500 \dots 600 \text{ кг/см}^2$$

$[n_{т}]$ – запас прочности.

$$[n_{т}] = 1,2 \div 1,8$$

$$n_{т} = \frac{550}{813,3} = 0,68 \geq 1,2 \dots 1,8.$$

Условие неверно, отсюда следует, что необходимо увеличить расчетный диаметр вала.

Производим увеличение в 2 раза, то есть:

$$d = 2,2 \cdot 2 = 4,4 \text{ см.}$$

Округляем по стандартному ряду ГОСТ 6636-53.

$$d = 45 \text{ мм.}$$

Производим проверочный расчет:

$$W_u = \frac{\pi \cdot d^2}{32} = \frac{3,14159 \cdot 4,5^2}{32} = 1,99 \text{ см}^3;$$

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{W_{\text{и}}} = \frac{390,4}{1,99} = 196,18 \text{ кг/см}^2;$$

$$\tau_{\text{к}} = \frac{T}{W_{\text{к}}} = \frac{T}{2 \cdot W_{\text{и}}} = \frac{0,1453}{2 \cdot 1,99} = 0,036 \text{ кг/см}^2;;$$

$$\sigma_{\text{экв.}} = \sqrt{(196,18^2 + 3 \cdot 0,039^2)} = 196,2 \text{ кг/см}^2;.$$

Определяем запас прочности:

$$n_T = \frac{550}{196,2} = 2,803 \geq 1,2 \dots 1,8$$

С точки зрения «обеспечения прочности вала достаточно иметь коэффициент запаса прочности n_T порядка 1,7, но учитывая повышенные требования к жесткости валов, лучше, если $n_T \geq 2 \div 3$.» [67] При таких значениях n_T можно специального расчета на жесткость не производить.

Учитывая, что стенд относится к испытательному оборудованию, и $n_T = 2,803$, «перерасчет можно не делать.

По результатам расчета получили максимальный диаметр вала» [11] в опасном сечении $d = 45 \text{ мм}$.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

«Охрана труда представляет собой систему правовых, организационно-технических, социально-экономических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, которые направлены на поддержание здоровья и обеспечение трудоспособности работников предприятия в рабочее время.

Современное» [4] предприятие в «своем составе имеет большое количество технических и энергетических систем, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду и человека. Это системы, имеющие в своем составе количество подвижных и режущих частей, которые обладают высоким уровнем загазованности и пылеобразования» [20].

4.1.1 Зона проведения работ

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» [34] 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;» [61]

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

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

Химические 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.

Специальная оценка условий труда

Специальная оценка условий труда – комплекс мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды, и трудового процесса и «оценке уровня их воздействия на работника. Общими положениями специальной оценки» [23] N 426-ФЗ [26] являются:

Проведение оценки совместно работодателями и организацией. С целью организации процедуры организации и проведения оценки условий труда работодатель, исходя из специфики своей деятельности, устанавливает (определяет):

- а) порядок создания и функционирования комиссии по проведению

специальной оценки условий труда, а также права, обязанности и ответственность ее членов;

б) особенности функционирования комиссии по проведению специальной оценки условий труда при наличии у работодателя обособленных структурных подразделений;

в) организационный порядок проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах работодателя в части деятельности комиссии по проведению специальной оценки условий труда;

г) порядок осуществления отбора и заключения гражданско-правового договора с организацией, проводящей специальную оценку условий труда, учитывающий необходимость привлечения к данной работе наиболее компетентной в отношении вида деятельности работодателя;

д) порядок урегулирования споров по вопросам специальной оценки условий труда;

е) порядок использования результатов специальной оценки условий труда. [31].

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

В процессе выполнения работ на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы, в том числе: отравление токсическими веществами, «загазованность помещения и рабочей зоны; пожар; взрыв; падение человека и предметов с высоты.» [27]

Источники возникновения этих факторов:

- неисправность газового оборудования автомобиля или неправильная его эксплуатация;
- неисправный или не по назначению примененный инструмент, оснастка, оборудование;

Действие факторов:

- наличие токсических веществ в «воздухе уменьшает в нем содержание кислорода, что приводит к обморочному состоянию;
- применение неисправного инструмента, приспособлений, а также несоблюдение требований безопасного производства работ может привести к травмированию работников;
- нарушение Правил пожарной безопасности может привести к пожарам и взрывам» [27]

4.3 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера

Условия труда на рабочем месте по степени вредности и опасности

Для определения условий труда необходимо установить, какие вредные и (или) опасные производственные факторы влияют на рабочих, на производстве (таблица 12).

Таблица 12 - Вредные и опасные производственные факторы на участке диагностики

Наименование вредного и опасного фактора производственной среды и трудового процесса
1 Шум
2 Локальная вибрация
3 Неионизирующие излучения
4 Химический фактор
5 Тяжесть трудового процесса

Условия труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии виброакустических факторов «относятся в соответствии с требованиями приказу Минтруда России № 33н [29] (таблица.13).

Таблица 13 - Отнесение условий труда при воздействии
виброакустических факторов

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Класс (подкласс) условий труда» [72]					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ 80	>80	>85	>95	>105	>115
Вибрация локальная, эквивалентный корректированный уровень виброускорения, дБ	≤126	>126-129	>129-132	>132-135	>135-138	>138

При проведении ремонтных работ на моторном участке «концентрация вредных газов соответствует подклассу 2 вредных условий труда. Условия» [32] труда по классу условий труда при воздействии неионизирующих излучений относятся в соответствии с Приложением № 17 [28] (таблица 14).

Таблица 14 - Отнесение условий труда при воздействии
неионизирующих факторов

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Класс (подкласс) условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц)	≤ ПДУ	≤ 5	≤ 10	>10	-	>40
Магнитные поля промышленной частоты (50Гц)	≤ПДУ	≤ 5	≤ 10	>10	-	-

Условия труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии химического фактора относятся в соответствии с Приложением № 1 [29] (таблица 15).

Таблица 15 - Условия труда при воздействии химических факторов

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Класс (подкласс) условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Вещества 1-4 классов опасности, за исключением канцерогенов	≤ 7	>1,0-3,0	>3,0-10,0	>10,0-15,0	>15,0-20,0	>20,0
	≤ 5	>1,0-3,0	>3,0-10,0	>10,0-15,0	>15,0	-

Условия труда по классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса «относятся в соответствии с Приложением № 20 (таблицы) [3] 3.5-3.7). «Рабочее положение тела работника в течение рабочего дня также находится в пределах значений допустимых условий труда» [24]. Устройство поста снижает до минимума вынужденные рабочие положения («лёжа», «на коленях», «на корточках», «стоя»).

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда с учетом комплексного взаимодействия вредных и опасных факторов осуществляется на основании анализа отнесения данных факторов к тому или иному классу (подклассу) условий труда.

Итоговый класс (подкласс) условий труда на рабочем месте устанавливают по наиболее высокому классу (подклассу) вредных и (или) опасных факторов одного из имеющихся на рабочем месте вредных и (или) опасных факторов в соответствии с Приложением № 22 [29] (таблица 16).

В «случае применения работниками, которые находятся на рабочем месте с» [30] вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом, класс (подкласс) условий труда может быть снижен в порядке, установленном Федеральным законом от 28 декабря 2013 года № 426-ФЗ « О специальной оценке условий труда».

Таблица 16 - Итоговая оценка условий труда

Наименование фактора	Класс (подкласс) условий труда
Шум	2
Локальная вибрация	2
Неионизирующие излучения	2
Химический фактор	2
Тяжесть трудового процесса	2

Таким образом, данный разрабатываемый участок относится к подклассу 2–к допустимым условиям труда, то есть к условиям труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы. После воздействия факторов данного типа измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, до следующей смены.

Техника безопасности

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.

«Рабочая область станка, на котором проводят динамическую балансировку, имеется защитное ограждение, чтобы исключить возможность контакта человека с вращающимся ротором или частями привода» [34]. При использовании любого подъемного оборудования должны применяться блокираторы, чтобы уберечь персонал от падения автомобиля. Домкраты необходимо содержать в чистом и исправном состоянии.

Оборудование электросварочных установок должно иметь исполнение, соответствующее условиям окружающей среды. «Корпуса электросварочных установок и другие металлические нетоковедущие части оборудования заземляют.

Участок диагностики оборудуется специальными местными отсосами отработавших газов, так как все работы проводят с работающим двигателем.

Работодатель за счет своих средств обязан 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» [27].

«Электробезопасность

Электрические установки, к которым можно отнести большую часть оборудования АТП,» [15] «представляет для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением.

Проходя через тело человека, электрический ток оказывает на него сложное воздействие, вызывает термическое, электролитическое, механическое и биологическое действие. Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, крови и проявляется в изменении их физико-химического состава. Механическое действие тока приводит к разрыву мышечных тканей. Биологическое действие тока заключается в способности тока раздражать и возбуждать живые ткани организмы.

Любое из перечисленных воздействий тока может привести к электрической травме, то есть к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги.

Для» [1] «предотвращения воздействия электрического тока на организм человека» [3] необходимо принять ряд мероприятий по обеспечению безопасности:

- Защита токоведущих частей методом двойной изоляции;
- Применение специальных электрозащитных средств: диэлектрические перчатки, диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки;

«Для защиты персонала от поражения электрическим током в ремонтной зоне все электрические кабели (силовые, провода вторичных цепей)» [34] «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].

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

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 прикосновении 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 обеспечивают электробезопасность.

4.4 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [37] условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории.

«Пожарная безопасность обеспечивается мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Под активной пожарной защитой понимаются меры, которые обеспечивают успешную борьбу с возникающими или пожарами

взрывоопасной ситуацией.» [30]

«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» [35] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

«На территории предприятия размещен один пожарный щит согласно ГОСТ 12.4.026 -76. Щит окрашивается в белый цвет с красной полосой по периметру. На щите расположен следующий набор средства пожаротушения, шт.:

- огнетушители порошковые -3;» [2]
- ящик с песком -1;
- асбестовое или войлочное полотно - 1;
- ломы - 2;
- багры - 3;
- топоры -2;
- лопаты - 2;
- пожарные ведра - 2.

«Первичными средствами пожаротушения являются внутренние пожарные водопроводы, огнетушители ручные и передвижные, сухой песок и т.д. Пожарные краны устанавливаются в» [1] «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

В разделе Безопасность и экологичность технического» [8] «объекта произведен анализ поста текущего ремонта по видам технических воздействий и типам операций. При этом были достигнуты следующие цели:

- 1) Зафиксированы вредные производственные факторы, которые имеют место на ремонтном участке;
- 2) Определены мероприятия по снижению вредных воздействий на окружающую среду и людей, а также мероприятия по созданию безопасных условий труда;
- 3) Определена категория пожароопасности – категория «Д», определено огнетушительное оборудование необходимое для производственного помещения;
- 4) Определены вредные воздействия на окружающую среду со стороны ремонтного производства и процесса эксплуатации устройства в составе оборудования;
- 5) Изучен вопрос по организации безопасности на производственном участке в случае возникновения ЧС или аварии» [36].

5 «Экономическая эффективность проекта

5.1 Исходные данные для экономического расчета

Расчетные данные представлены в таблице 17

Таблица 17 – Данные для расчета

Показатели	Условные обозначения	Ед. изм.	Значение показателей	
			базовый	проектный
Годовая программа	Пг	шт	900	900
2 Время машинное (оперативное)	Топ	час	1	0,95
3 Норма обслуж. раб. места	а	%	8	8
4 Норма на отдых и личные надобности	б	%	6	6
5 Часовая тарифная ставка	Сч	Руб./час	3р-80 руб	3р-80 руб
			4р-90 руб	4р-90 руб
			5р-100 руб	5р-100 руб
6 Коэф. доплат к осн. з/плате	Кд	%	1,88	1,88
7 Коэф. отч.на соц. нужды	Кс	%	30	30
8 Цена оборудования	Цоб	Руб.	325500	расчет
9 Коэф. на доставку и монтаж	Кмон	%	1,25	1,25
10 Годовая норма амортиз. на площ.	На	%	2,5	2,5
11 Годов.норма амортиз. оборуд.	На	%	10	10
12 Площадь под оборудов.	Руд.	м ²	3,05	2,97
13 Коэф. допол. площади	Кд.пл		4	4
14 Цена эл. энергии	Цэ	Руб/кВт-ч	2	2
15 Цена 1 м ² площади	Цпл	Руб/м ²	4000	4000
16 Стоимость эксп. пр.. пл.	Сэксп	Руб/м ²	2000	2000
17 Кол. раб. на техпр.	Чр	Чел.	1	1
18 Коэф. транс. заготов. расходов	Ктз	%	1,03	1,03
19 Коэф. возврат. отходов	Квоз.	%	2	2
20 Коэф. общепроизв. расх.	Копр.	%	1,25	1,25

«5.2 Расчет Фонда времени работы оборудования»

5.2.1 Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C \quad (52)$$

где D_p - к-во рабочих дней в году;

$T_{см}$ - продолжительность смены;

$T_{п}$ - к-во часов, сокращения смен в предпраздничные дни;

$D_{п}$ - к-во праздничных дней;

C - количество смен.

$$F_H = (255 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 1 = 2035 \text{ [9] «час.} \quad (53)$$

$$F_H = (255 D_p \cdot 8 T_{с} - 5 D_{п} \cdot 1 T_{п}) = 2035 \text{ час.} \quad (54)$$

5.2.2 Эффективный фонд времени работы оборудования

$$F_{э} = F_H \cdot (1 - B/100) \quad (55)$$

$$F_{э} \text{ [9]} = 2035 (1 - 5/100) = 2023 \text{ «час.} \quad (56)$$

где B - плановые потери рабочего времени.

5.3 Калькуляция и структура себестоимости внедрения стенда

Данные представлены в таблице 18

Таблица 18 – Результаты расчета

Статьи затрат	Обозн.	Сумма, руб.	Уд. вес, %
1 Сырье и материалы	М	6767,79	8,09
2 Покупные изделия и полуфабрикаты	Пи	39119,4	46,74
3 Основная зарплата	З осн	8290,8	9,91
4 Дополнительная зарплата	З доп.	829,08	0,99
5 Отчисления на соц. нужды	Осс	2735,96	3,70
6 Затраты на использ.оборуд.	Зоб.	290,08	0,35
7 Затраты на использ.площади	Зпл	25,78	0,03
Технологическая себестоимость	Стех.	58423,69	69,81
8 Общепроизводственные расходы Ропр=Зосн·Копр=8290,8·1,25	Ропр	10363,5	12,38
9 Общехозяйственные расходы Ропр=Зосн·Копр=8290,8·1,6	Ропр	13265,28	15,85
10 Производственная себестоимость	Спр	82052,47	98,04
11 Внепроизводственные расходы Рвн=Спр+Рвн/100=155014,94·2/100» 1]	Рвн	1641,05	1,96
12 Полная себестоимость Сполн=Спр+Рвн=82052,47+1641,05	Сп	83693,52	100

«5.4 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки

5.4.1 Расчет штучного времени оказания услуги

$$T_{шт} = T_{маш} \cdot (1 + (a + б) / 100) \quad (57)$$

«где $T_{маш}$.- машинное (оперативное) время оказания услуги.

a - норма времени обслуживания рабочего места, %;

$б$ – норма» [9] времени на отдых и личные надобности рабочего, %;

$$T_{шт.баз.} = 1 \cdot (1 + (8 + 6) / 100) = 1 + 1,4 = 2,14 \text{ «час,} \quad (58)$$

$$T_{прект} = 0,95 + 1,14 = 2,09 \text{ ч.} \quad (59)$$

5.4.2 Производственная программа оказания услуг

$$Пг = F_{эф} / T_{шт} = 2023 / 2,14 = 945 \text{ шт. в год в расч. варианте } 968 \text{ шт. в год.}$$

Производственная программа принятая предприятием = 900 ед. в год.

5.4.3 Расчетное количество основного технологического оборудования

$$\text{Ноб.расч.} = \text{Тшт} \cdot \text{Пг} / \text{Фэф} \cdot \text{Квн.} \quad (60)$$

$$\text{Ноб.расч.} = 2,14 \cdot 945 \gg [9] / 2023 \cdot 1 = 1 \quad (61)$$

где Квн - коэффициент выполнения нормы.

5.4.4 Коэффициент загрузки оборудования

$$\text{Кз} = \text{Пг.пред.} / \text{Пг.расч} \quad (62)$$

$$\text{Кз} = 900 / 945 = 0,95 \quad \text{Кз.пл.} = 900 / 968 = 0,93 \quad (63)$$

«Необходимое количество оборудования и коэффициент его загрузки представлены в таблице 19

Таблица 19 – Нормы расчета

Наименование показателей	Условные обозначения	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Норма штучного времени	Тшт	2,14	2,09
2 Производственная программа	Пг	900	900
3 Расчетное к-во оборудования	Ноб.расч.	1	1
4 Принятое количество оборудования	Ноб.пр.	1	1
5 Коэффициент загрузки оборуд.	Кз	0,95	0,93» [11]

«5.5 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту

5.5.1 Общие капитальные вложения в оборудование по базовому варианту

$$\text{Кобщ.б} = \text{Коб.б.} = \text{Ноб.прин} \cdot \text{Цоб.б} \cdot \text{Кз.б.} \quad (64)$$

где Кз.б. - коэффициент загрузки оборудования по базовому варианту;
Цоб.б - остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб;
Ноб.прин. - принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по базовому варианту.

$$\text{Цоб.б.} = \text{Сперв} - \text{Сперв} \cdot \text{Тсл.} \cdot \text{На} / 100 \quad (65)$$

где Сперв - первоначальная (балансовая) стоимость оборудования, руб;

Тсл. - срок службы оборудования на момент выполнения расчета, лет;

На - норма амортизации на реновацию оборудования, %.

$$\text{Цоб.б.} = 325500 - (325500 \cdot 6 \cdot 10 / 100) = 130200 \text{» [11]} \quad (66)$$

$$\text{«Коб.б.} = 1 \cdot 130200 \cdot 0.95 = 123690 \text{ руб.} \quad (67)$$

а) капитальные вложения в оборудование.

$$\text{Коб.б.} = \text{Ноб.прин.} \cdot \text{Сперв.} \cdot \text{Кт.з.} \cdot \text{Кз.б.} \quad (68)$$

где Сперв. - стоимость приобретения нового оборудования, (руб);

Кт.з. - коэф., учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку оборудования (принимается 3 %);

Кз.б. - коэф. загрузки оборудования по базовому варианту.

$$\text{Коб.б.} = 1 \text{» [9]} \cdot 325500 \cdot 1,03 \cdot 0,95 = 318501,75 \text{ «руб.} \quad (69)$$

б) Капитальные вложения в дополнительные площади.

$$\text{Кпл.б.} = \text{Цпл.} \cdot (\text{Спр} - \text{Сб}) \cdot \text{Кз.б.} \quad (70)$$

где Спр-Сб - дополнительная площадь по базовому варианту, м²;

Цпл - стоимость приобретения площади, руб/м²;

Кз.з. - коэф. загрузки по базовому варианту.

$$\text{Кобщ.б.} = 1 \cdot 3.05 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0.95 = \text{»[9]} 46360 \text{ руб.} \quad (71)$$

$$\text{Коб.б.} = 1 \cdot 325500 \cdot 1,03 + 46360 + 15925,09 = 397550,09 \text{ руб.} \quad (72)$$

5.5.2 Общие капитальные вложения по проектному варианту

Результаты представлены в таблице 20.

$$\text{Кобщ.пр} = \text{Коб.пр} + \text{Кпл.пр} + \text{Зсоп.пр.} \quad (73)$$

$$\text{«Кобщ.пр} = 37980 + (1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,93) + \text{Зсоп.пр.},$$

где Коб.пр - капитальные вложения в оборудование, руб;

Кпл.пр - капитальные вложения в дополнительные площади, руб;

Зсоп.пр - сопутствующие капитальные затраты, руб.

Данные представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Общие расходы

Наименование	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Общие капвложения в оборудование	325500	83693,52
2 Сопутствующие капвложения по проектному варианту	15925,09	2671,2
3 Затраты на производственную площадь,занятую обо» [9]рудованием	46360	44193,6
4 Общие капвложения	397550,09	130558,32
5 Удельные капвложения	441,72	145,06

5.6 Калькуляция и структура полной себестоимости эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги

Данные представлены в таблице 21

Таблица 21 – Расчет затрат

Статьи затрат	Калькуляция, руб.	
	базовый	проектный
1 Материалы	нет	нет
2 Основная зарплата рабочих	402,2	392,92
3 Дополнительная зарплата рабочих	40,23	39,29
4 Отчисления на соц.нужды	132,8	129,66
5 Расходы на содержание оборудования и производственных площадей	238,74	153,82
Технологическая себестоимость	831,76	732,98
6 Общехозяйственные расходы $Р_{опр} = Z_{осн} \cdot K_{опр}(1,25)$	502,9	491,15
7 Общехозяйственные заводские накладные расходы $Р_{охр} = Z_{осн} \cdot K_{охр}(1,6)$	643,71	628,67
8 Производственная себестоимость $С_{пр} = С_{тех} + Р_{опр} + Р_{охр}$	1978,37	1852,8
9 Внепроизводственные расходы $вн = С_{пр} \cdot K_{внепр}(2\%)$	39,56	37,05
10 Полная себестоимость: $С_{полн} = С_{пр} + Р_{вн}$	2017,93	1889,85
Цена услуги	2320,62	2173,33

«5.7 Расчет показателей экономической эффективности новой техники

5.7.1 Показатель снижения трудоемкости

Трудоемкость не меняется, т.к. оперативное время не меняется.

5.7.2 Показатель снижения технологической себестоимости

$$\begin{aligned}\text{Стех} &= (\text{Стех.в.} - \text{Стех.пр.}) / \text{Стех.в.} \cdot 100\% = \text{[9]} & (74) \\ &= (831,76 - 732,98) / 831,76 \cdot 100\% = 11,87\% \end{aligned}$$

5.7.3 «Условно-годовая экономия

$$\text{Эуг} = (\text{Цбаз.} - \text{Цпр}) \cdot \text{Пг} \quad (75)$$

$$\text{Эуг} = (2320,62 - 2173,33) \cdot 900 = 132561 \text{ руб.} \quad (76)$$

где Цбаз. и Цпр цена услуги по базовому и проектному вариантам соответственно.» [1]

$$\text{Ожидаемая прибыль от услуг: } 283,48 \cdot 900 = 255132 \text{ руб.} \quad (77)$$

5.7.4 Годовой экономический эффект

Экономия от снижения затрат на покупку оборудования:

$$\text{Эг} = (\text{Зпрб} - \text{Зпр.п}) = 397550,09 - 130558,32 = 266991,77 \text{ руб.} \quad (78)$$

5.7.5 Срок окупаемости капитальных вложений

Определение срока окупаемости капвложений (инвестиций):

$$\text{Ток} = \text{Кобщ} / \text{Пр.чист} = 130552,32 / 255132 = 0,51 \text{ года} \quad (79)$$

5.7.6 Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$\text{Еср} = 1 / \text{Ток} = 1 / 0,51 = 1,96 \quad (80)$$

«где: Ток - срок окупаемости дополнительных кап. вложений, лет.

$$\text{Ен} = 0,33$$

Еср=1,96, Ен=0,33, т.е срок окупаемости нового оборудования составит менее года, тогда как по нормативу допускается 3 года. Следовательно, мероприятие эффективно и внедрение нового оборудования экономически обосновано.

Вывод:

Внедрение устройства на производстве показало, что себестоимость работ на существующем оборудовании на 11,87 % выше, чем на проектируемом. Это дает возможность снижения стоимости предлагаемой услуги, что даст возможность для конкуренции на рынке услуг. Это позволит предприятию привлечь необходимое количество клиентов. Одновременно улучшаются условия работы рабочих. Кроме того, у предприятия имеется возможность увеличения производственной программы с 900 до 968 ед. в год, т.е. у предприятия имеется так называемый «запас прочности». [4]

Заключение

Представлена «выпускная квалификационная» [11] работа дипломный проект на тему «Разработка стенда для испытаний тормозной системы легкового автомобиля». В пояснительной записке, проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей, как производимых самостоятельно, так и закупочных.

Согласно технологическим и прочностным расчетам разработаны и оформлены конструкторские чертежи, которые представлены в настоящей работе. Выбор технологии и оборудования подкреплен экономическим эффектом, расчет которого приведен в специальной главе и, несомненно, соответствует требованиям безопасности и экологичности.

«Проведен анализ циклограмм применяемых аналогов, для оборудования отделений. При разработке конструкций выполнены необходимые расчеты по параметрам и геометрии элементов конструкции. Выполнение проекта осуществлялось согласно заданию на проект, на основе технических требований.

Самостоятельная разработка технологического оборудования проводится на основе» [3] «курсового проектирования. Применены знания проектирования и технической эксплуатации автомобилей, а также разработки технологий его обслуживания и ремонта.

Проведены исследования вопросов обеспечения безопасных технологических процессов при основных работах для проектируемого прицепного устройства.» [3]

В дипломном проекте, представлена усовершенствованная планировка производственного отделения инструментального контроля современной СТО. В производственном помещении спланирована эксплуатационная зона для базирования тормозного стенда.

Список используемых источников

1 Блюменштейн, В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 224 с. : ил.

2 Бондаренко Е. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" (профиль подготовки "Автомобили и автомобил. хоз-во") / Е. В. Бондаренко, Р. С. Фаскиев. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2015. - 302, [1] с. : ил.

3 Виноградов, В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учеб. пособие / В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, В. Ф. Солдатов. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 346 с. : ил.

4 Виноградов В. М. Технологические процессы автоматизированных производств [Электронный ресурс] : учебник / В. М. Виноградов, В. В. Клепиков, А. А. Черепяхин. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2017. - 272 с. : ил.

5 Воронов Д. Ю. Разработка сборочных технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Д. Ю. Воронов, А. В. Щипанов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 140 с. : ил.

6 Головин С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Ф. Головин. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 282 с.

7 Горина, Л.Н. Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта / Методические указания к дипломному проектированию [Текст] / – Тольятти: ТГУ, 2003. – 17с.

8 Денисов А. С. Практикум по технической эксплуатации автомобилей : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" / А. С.

Денисов, А. С. Гребенников. - 3-е изд., перераб. ; Гриф УМО. - Москва : Академия, 2016. - 240 с. : ил

9 Диагностирование автомобилей : практикум : учеб. пособие для вузов / А. Н. Карташевич [и др.] ; под ред. А. Н. Карташевича . - Минск : Новое знание, 2017 ; Москва : ИНФРА-М, 2017. - 207 с. : ил.

10 Диагностирование автомобилей [Электронный ресурс] : практикум : учеб. пособие для вузов / А. Н. Карташевич [и др.] ; под ред. А. Н. Карташевича . - Минск : Новое знание, 2017 ; Москва : ИНФРА-М, 2017. - 207 с. : ил.

11 Запорожцев, А.В. Износ шин и работа автомобиля / А.В. Запорожцев, Е.В. Кленников. – М. : НИИ информации автомоб. промышленности, 1971. – 52 с.

12 Зотов А. В. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. В. Зотов, А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2016. - 87 с.

13 Иванов В. П. Оборудование и оснастка промышленного предприятия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Иванов, А. В. Крыленко. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2016. - 235 с. : ил.

14 Карташевич А. Н. Тракторы и автомобили. Конструкция [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко ; под ред. А. Н. Карташевича . - Минск : Новое знание, 2013 ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 313 с. : ил.

15 Карташевич А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко ; Под ред. А. Н. Карташевича. - Минск : Новое знание, 2016 ; Москва : ИНФРА-М, 2016. - 421 с. : ил.

16 Коваленко Н. А. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. А. Коваленко. - Минск : Новое знание, 2016 ; Москва : ИНФРА-М, 2016. - 229 с. : ил.

17 Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля / П.П. Лукин. - М.: Машиностроение, 1984. 376 с.

18 Малкин В. С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Малкин ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - Тольятти : ТГУ, 2016. - 451 с. : ил.

19 Основы расчета и проектирования систем автоматического управления в машиностроении: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / О. И. Драчев [и др.]. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 167 с. : ил.

20 Павлов Д. А. Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания : раздел "Кинематика и динамика ДВС" : учеб. пособие / Д. А. Павлов, В. В. Смоленский ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Энергетические машины и системы управления". - ТГУ. - Самара : СамНЦ РАН, 2016. - 50 с. : ил.

21 Павлов Д. А. Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания : Раздел "Расчет элементов конструирования ДВС". Определение теплонапряженности поршня и граничных условий теплообмена на поверхности отдельных элементов поршня : учеб. пособие / Д. А. Павлов, В. В. Смоленский ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Энергетические машины и системы управления". - ТГУ. - Самара : СамНЦ РАН, 2016. - 76, [3] с. : ил.

22 Ременцов А. Н. Типаж и эксплуатация технологического оборудования : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" / А. Н. Ременцов, Ю. Г. Сапронов, С. Г. Соловьев. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2015. - 302, [1] с. : ил.

23 Сафронов, В.А. Экономика предприятия: Учебник [Текст] / В.А. Сафронов. – М. : «Юрист», 2005.

24 Сысоев С. К. Технология машиностроения : Проектирование технол. процессов : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016. - 349 с. : ил.

25 Сярдова О. М. Основы логистики [Электронный ресурс] : практикум / О. М. Сярдова, С. Е. Васильева, С. Ю. Данилова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления ; каф. "Менеджмент организации". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 92 с. : ил.

26 Тверитнев, М.В. Англо-русский и русско-английский автомобильный словарь / М.В. Тверитнев.–М. : РУССО, 2001. – 492 с.

27 Тотай А. В. Детали машин. Современные средства и прогрессивные методы обработки : учеб. для акад. бакалавриата / А. В. Тотай, М. Н. Нагоркин, В. П. Федоров ; под общ. ред. А. В. Тотая. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Москва : Юрайт, 2016. - 286, [1] с. : ил.

28 Тракторы и автомобили : Конструкция : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям агроном. образования / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Гриф УМО. - Москва : КНОРУС, 2016. - 252 с. : ил.

29 Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум / Д.В. Халтурин, Н.И. Финченко, А.В. Давыдов - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. - 172 с.

30 Черепанов Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. А. Черепанов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 60 с. : ил.

31 Щепетов А. Г. Основы проектирования приборов и систем : учеб. и практикум для акад. бакалавриата / А. Г. Щепетов. - Гриф УМО. - Москва : Юрайт, 2016. - 458 с. : ил.

32 Electric Vehicles: Perspectives and Challenges [Электронный ресурс] /

Nicola Armaroli, Filippo Monti, Andrea Barbieri. - Электрон. журн. — Florence: Firenze University Press, 2019. - URL

33 Modelling the Effect of Driving Events on Electrical Vehicle Energy Consumption Using Inertial Sensors in Smartphones [Электронный ресурс] / David Jiménez, Sara Hernández, Jesús Fraile-Ardanuy, и др. - Электрон. журн. - Switzerland: MDPI AG, 2018. - URL

34 Nerush YM Transport logistics : textbook. for Acad. bachelor / Yu. M. Nerush, S. V. Sarkisov, 2016. - - URL.

35 Pia, G. Pistons and engine testing[Text]/G.Pia.-Springer Vieweg, 2016.— P. 295

36 Regulations Hinder Development of Driverless Cars [Электронный ресурс]: новости The New York Times – URL

37 Fleet Transition from Combustion to Electric Vehicles: A Case Study in a Portuguese Business Campus [Электронный ресурс] / Bruno Pinto, Filipe Barata, Constantino Soares, Carla Viveiros.. - Электрон. журн. - Switzerland: Energies, 2020. — URL

Приложение А

Спецификация

Инв. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.							
					<u>Документация</u>		
	A1			21.ДП.ПЭА.155.6100.000СБ	Сборочный чертеж		
Сред. №	A4			21.ДП.ПЭА.155.6100.000ПЗ	Пояснительная записка		
					<u>Сборочные единицы</u>		
	Б4	1		21.ДП.ПЭА.155.6101.000	Рама в сборе	1	
	Б4	2		21.ДП.ПЭА.155.6102.000	Ролик в сборе	4	
	Б4	3		21.ДП.ПЭА.155.6103.000	Площадка в сборе	2	
	Б4	4		21.ДП.ПЭА.155.6104.000	Привод в сборе	2	
	Б4	5		21.ДП.ПЭА.155.6105.000	Датчик скорости в сборе	2	
	Б4	6		21.ДП.ПЭА.155.6106.000	Стойка опорная в сборе	2	
Подп. и дата							
					<u>Детали</u>		
				11	21.ДП.ПЭА.155.6100.011	Опорная шайба	2
				12	21.ДП.ПЭА.155.6100.012	Опорная втулка	2
				13	21.ДП.ПЭА.155.6100.013	Карпус подшипника	2
				14	21.ДП.ПЭА.155.6100.014	Опорная пластина	2
				15	21.ДП.ПЭА.155.6100.015	Пластина	4
Взам. инв. №				16	21.ДП.ПЭА.155.6100.016	Муфта	2
				17	21.ДП.ПЭА.155.6100.017	Фланец муфты	2
				18	21.ДП.ПЭА.155.6100.018	Вал привода	2
				19	21.ДП.ПЭА.155.6100.019	Шлицевая втулка	2
Подп. и дата				20	21.ДП.ПЭА.155.6100.020	Полумуфта-фланец	2
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	21.ДП.ПЭА.155.6100.000	
	Разработ.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стенд диагностики тормозов автомобиля	
	Проб.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Н.контр.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТГУ, ИМ зр. АТс-1601б	
	Утв.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	
						Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация на стенд диагностики тормозов

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		21	21.ДП.ПЭА.155.6100.021	Втулка	16	
		22	21.ДП.ПЭА.155.6100.022	Ступица	2	
		23	21.ДП.ПЭА.155.6100.023	Фланец крепления	2	
		24	21.ДП.ПЭА.155.6100.024	Крышка сквозная	2	
		25	21.ДП.ПЭА.155.6100.025	Заглушка	2	
		26	21.ДП.ПЭА.155.6100.026	Сапун	1	
		27	20.ДП.ПЭА.155.6100.027	Ось	2	
		24	21.ДП.ПЭА.155.6100.027	Втулка дистанционная	2	
				Стандартные изделия		
		40		Гайка М20 ГОСТ 5927-70	9	
		41		Шайба 20 ГОСТ 11371-78	9	
		42		Шайба стопорная ГОСТ 5056-70	9	
		43		Болт М8х20 ГОСТ 15589-70	4	
		44		Гайка М8 ГОСТ 5927-70	4	
		45		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	4	
		46		Шайба стопорная 8 ГОСТ 5056-70	4	
		47		Болт М20х100 ГОСТ 15589-70	1	
		48		Пружина 20х70 ГОСТ 1965-80	1	
		49		Гайка М16 ГОСТ 5927-70	4	
		50		Шайба 16 ГОСТ 11371-78	4	
		51		Шайба стопорная 16 ГОСТ 5056-70	4	
		52		Винт нажимной ГОСТ 13432-68	2	
		53		Гайка ГОСТ 8918-69	2	
		54		Втулка с буртиком ГОСТ 12214-66	2	
				Материалы		
Инв. № подл.	Подл. и дата					
Взам. инв. №						
Инв. № дубл.						
Подл. и дата						
Изм./лист						
21.ДП.ПЭА.155.6100.000						Лист
						2

Изм./лист

№ докум.

Подл.

Дата

Копировать

Формат

А4

Рисунок А.2 – Спецификация на стенд диагностики тормозов

Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.3 – Спецификация на стенд диагностики тормозов