

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)

13.03.03 Энергетическое машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Проектирование и эксплуатация автомобилей с гибридными силовыми установками

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Универсальная СТО на 6800 легковых автомобилей»

Обучающийся

И.В. Хальзов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук А.С. Тизиров

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

Консультанты

канд. эконом. наук Е.Г. Смышляева

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

канд. физ.-мат. наук Д. А. Романов

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

Тольятти 2025

Аннотация

В данной бакалаврской работе представлен проект городской станции технического обслуживания (СТО) для легковых автомобилей малого класса, рассчитанной на обслуживание 6800 транспортных средств ежегодно.

В рамках исследования выполнен технологический расчет СТО, включающий определение годовой программы по техническому обслуживанию (ТО) и текущему ремонту (ТР) автомобилей, а также расчет общего объема работ по этим направлениям. Проведено распределение годового объема работ между производственными участками и отделениями, определена структура производственных подразделений, количество постов для ТО и ТР подвижного состава.

Дополнительно осуществлен расчет параметров производственных подразделений СТО, включая годовые объемы работ в каждом подразделении, численность производственных рабочих, количество рабочих постов и площади необходимых помещений. В работе также произведен расчет количества мест для ожидания и хранения автомобилей, определено число вспомогательных рабочих и управленческого персонала.

Был спроектирован участок диагностирования, в котором располагается стенд для проверки тормозной системы с возможностью диагностирования гибридных автомобилей.

В результате всех расчетов был создан план станции технического обслуживания с размещением всех участков, постов, и отделений.

Abstract

The title of the graduation work is Universal service station for 6800 cars.

The graduation work consists of an introduction, five chapters, a conclusion, tables, a list of references, including foreign sources, and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The key issue of the thesis is the design of a brake stand for hybrid cars.

The aim of the work is to develop a service station, which will house a stand for checking the brake system with the possibility of diagnosing hybrid cars.

The thesis can be divided into the following logically interrelated parts: technological calculation of the service station; spatial planning solution of the diagnostic site; comparative analysis of existing equipment analogues; economic section; safety and environmental friendliness.

At the end of the study, we present a paper on the successful design of a service station for 6800 cars, as well as a stand for checking the brake system with the possibility of diagnosing hybrid cars.

Summing up, a service station for 6800 cars was developed, special attention was paid to the diagnostic area, in particular the development of a brake stand. This stand allows you to diagnose the braking system for both conventional cars with internal combustion engines and hybrid cars.

Оглавление

Введение.....	7
Глава 1 Технологический расчет СТО.....	8
1.1 Выбор и обоснование исходных данных.....	8
1.2 Расчет годового объема по видам работ.....	8
1.3 Распределение годового объема работ по ТО и ТР автомобилей по конкретным видам.....	10
1.4 Расчёт числа производственных постов.....	11
1.5 Группировка работ по основным производственным участкам.....	12
Глава 2 Объемно-планировочное решение производственного корпуса.....	14
2.1 Назначение участка	14
2.2 Выбор и обоснование услуг и работ, выполняемых на участке.....	14
2.3 Персонал и режим его работы.....	16
2.4 Выбор технологического оборудования.....	16
2.5 Определение производственной площади.....	18
2.6 Обоснование объемно-планировочного решения.....	18
Глава 3 Сравнительный анализ существующих аналогов оборудования.....	20
3.1 Анализ доступных в продаже аналогов и выбор наиболее перспективного прототипа.....	20
3.1.1 Оценка современного конструкторского и технологического уровня стендов для проверки тормозной системы.....	20
3.1.2 Выбор наиболее значимых технологических параметров стендов для комплексного анализа.....	24

3.1.3 Подбор моделей оборудования для проведения анализа на основе информации из доступных источников.....	25
3.1.4 Выбор наиболее перспективного стенда.....	27
3.2 Оформление технического задания от лица заказчика работ.....	31
3.3 Оформление технического предложения от лица поставщиков оборудования.....	35
3.4 Расчет и подбор комплектующих.....	39
Глава 4 Технологическая часть.....	45
4.1 Условия работы роликового тормозного стенда.....	45
4.2 Выявление возможных неисправностей тормозной системы на стенде	46
4.3 Разработка технологического процесса диагностики автомобиля на стенде.....	48
Глава 5 Экономический раздел.....	51
5.1 Техничко-экономическое обоснование объекта разработки бакалаврского проекта.....	51
5.2 Расчет затрат и экономической эффективности.....	52
5.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции.....	59
Глава 6 Экологичность и безопасность.....	63
6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика	63
6.2 Идентификация профессиональных рисков.....	64
6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	65
6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	70
6.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде.....	72
Заключение.....	75
Список используемой литературы и используемых источников	76

Введение

Автомобильный транспорт постоянно развивается. Расширяется применение на легковых автомобилях газобаллонных установок. Это предъявляет повышенные требования к улучшению условий труда, санитарно-гигиенического обслуживания работников станций технического обслуживания, к обеспечению их безопасности и сохранению здоровья в процессе труда.

Станция технического обслуживания представляет собой комплексный объект, включающий в себя различные виды технических работ, начиная от регулярного обслуживания и заканчивая ремонтными процедурами. Качество услуг, предоставляемых на СТО, напрямую влияет на безопасность и надежность автомобилей, а также на удовлетворенность и доверие клиентов.

Управление производственной деятельностью станций техобслуживания, улучшение условий труда, повышение эффективности трудозатрат и использование основных производственных фондов при рациональных затратах ресурсов также является одной из актуальных задач технической эксплуатации автотранспортных средств.

В рамках данной бакалаврской работы будет разработана станция технического обслуживания, произведен расчет производственных подразделений СТО. Особое внимание будет уделено участку диагностирования, в котором располагается стенд для проверки тормозной системы с возможностью диагностирования гибридных автомобилей.

Целью настоящей работы является создание концепции современной и инновационной станции технического обслуживания, способной соответствовать высоким стандартам качества и удовлетворять потребности современного автовладельца.

Глава 1 Технологический расчёт СТО

1.1 Выбор и обоснование исходных данных

В таблице 1 представлены исходные данные для бакалаврской работы.

Таблица 1 – Исходные данные для бакалаврской работы

Наименование параметра, единицы измерения	Обозначение параметра	Численное значение параметра
1	2	3
Тип проектируемой СТО	городская универсальная, для обслуживания автомобилей малого класса	
Среднегодовой пробег обслуживаемых автомобилей, км	$L_{\text{с}}$	12000
Количество комплексно обслуживаемых автомобилей, закрепленных за СТО, чел.	$N_{\text{СТО}}$	6827
Количество рабочих дней в году, дн.	$D_{\text{РАБ}}$	305
Число рабочих смен	C	1,5
Продолжительность рабочей смены, ч.	$T_{\text{С}}$	8

Полученные исходные данные легли в основу технологического расчёта, представленного далее.

1.2 Расчёт годового объёма по видам работ

«Годовой объём работ по ТО и ТР автомобилей определяется по формуле:

$$T = \frac{N_{\text{СТО}} \cdot L_{\Gamma} \cdot t}{1000}, \quad (1)$$

где L_{Γ} – годовой пробег автомобиля, принимаем $L_{\Gamma} = 12000$ км;

t – скорректированная удельная трудоёмкость работ по ТР и ТО автомобилей, приходящаяся на 1000 км пробега» [1].

«Удельная трудоёмкость ТО и ТР корректируется в зависимости от количества постов на СТО и природно-климатических условий и определяется по формуле:

$$t = t_H \cdot K_{II} \cdot K_{IP}, \quad (2)$$

где t_H – нормативная трудоёмкость ТО и ТР, чел.- час на 1000 км пробега, для автомобилей малого класса принимаем $t_H = 2,3 \text{ чел.-ч./1000 км}$.

K_{IP} – коэффициент корректирования удельной трудоёмкости ТО и ТР в зависимости от природно-климатических условий эксплуатации автомобилей, для г.о. Тольятти с умеренным климатом принимаем $K_{IP} = 1,0$;

K_{II} – коэффициент корректировки удельной трудоёмкости ТО и ТР в зависимости от количества рабочих постов на СТО (мощности СТО)» [2].

«Для определения K_{II} необходимо знать количество рабочих постов на СТО. Определим количество рабочих постов на СТО в первом приближении по формуле:

$$X_{IP1} = \frac{5,5 \cdot N_{СТО} \cdot L_{Г} \cdot t_H \cdot K_{IP}}{10000 \cdot D_{PI} \cdot T_{CM} \cdot C}, \quad (3)$$

$$X_{IP1} = \frac{5,5 \cdot 6827 \cdot 12000 \cdot 2,3 \cdot 1}{10000 \cdot 305 \cdot 8 \cdot 1,5} = 28,31 \approx 28 \text{ постов}$$

Определяем скорректированную удельную трудоёмкость:

$$t = 2,3 \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,96 \text{ чел.-час./1000 км}$$

Определяем годовой объём работ на СТО» [8].

$$T = \frac{6827 \cdot 12000 \cdot 1,995}{1000} = 160571 \text{ чел.} - \text{ч.}$$

По расчетам годовой объём работ на СТО составляет 160571 чел.—ч.

1.3 Распределение годового объёма работ по ТО и ТР автомобилей по конкретным видам работ

«Для того чтобы определить число рабочих постов данного вида ТО и ТР, необходимо знать распределение объёма работ по виду и месту их выполнения, которое в свою очередь, зависит от суммарного числа постов на СТО, вычисленного во втором приближении.» [8].

Во втором приближении количество рабочих постов на СТО определяется по формуле:

$$X_{ПР2} = \frac{0,6 \cdot T}{D_{РГ} \cdot T_{СМ} \cdot C}, \quad (4)$$

$$X_{ПР2} = \frac{0,6 \cdot 160571}{305 \cdot 8 \cdot 1,5} = 26,32 \approx 26 \text{ постов}$$

Суммарное число постов на СТО 26.

1.4 Расчёт числа производственных постов

«Количество рабочих постов ТО и ТР, диагностирования, разборочно-сборочных и регулировочных работ, кузовных и окрасочных работ, а также постов ручной мойки автомобилей определяется по формуле:

$$X_i = \frac{T_{ГПi} \cdot K_H}{D_{РГ} \cdot T_{СМ} \cdot C \cdot P_{СР} \cdot K_{ИСП}}, \quad (5)$$

где $T_{ГПi}$ – объём соответствующего вида работ, выполняемый непосредственно на автомобиле, чел.ч.;

K_H – коэффициент неравномерности поступления автомобилей на посты СТО в связи со случайным характером возникновения отказов и неисправностей, $K_H = 1,15$;

$K_{ИСП}$ – коэффициент использования рабочего времени поста, при двухсменном режиме работы принимаем $K_{ИСП} = 0,94$;

$P_{СР}$ – средняя численность одновременно работающих на одном посту, принимается для постов моечно-уборочных работ, ТО и ТР – 2 чел., для кузовных и окрасочных работ – 1,5 чел., для приемки выдачи и диагностики автомобилей – 1 чел.» [3].

Расчетные данные и результаты вычислений числа рабочих постов для каждого вида работ приводятся в табл. 2.

Таблица 2 – Расчет числа рабочих постов

Наименование видов работ ТО и ТР	Объём постовых работ $T_{ГП}$ чел.-ч.	K_H	$K_{ИСП}$	P_{CP} чел.	Число постов по видам работ X_i
Контрольно-диагностические работы (двигатель, электрооборудование, анализ выхлопных газов)	6422	1,15	0,945	1	2,14
Техническое обслуживание в полном объеме	28902	1,15	0,945	2	4,8
Смазочные работы	3211	1,15	0,945	2	0,53
Регулировка углов управления колес	6422	1,15	0,945	2	1,07
Ремонт и регулировка тормозов	4817	1,15	0,945	2	0,8
Электротехнические работы	5138	1,15	0,945	2	0,85
Работы по системе питания	4495	1,15	0,945	2	0,75
Аккумуляторные работы	321	1,15	0,945	2	0,05
Шиномонтажные работы	963	1,15	0,945	2	0,16
Ремонт узлов, систем и агрегатов	6422,5	1,15	0,945	2	1,07
Кузовные и арматурные работы (жестяницкие, медницкие, сварочные)	24085	1,15	0,945	1,5	5,34
Окрасочные и противокоррозийные работы	32114	1,15	0,945	1,5	7,12
Обойные работы	2408	1,15	0,945	2	0,4
Слесарно-механические работы	0	1,15	0,945	-	0,00
Итого:	125721			-	25,08

В таблице подсчитаны объем постовых работ и число постов по видам работ.

1.5 Группировка работ по основным производственным участкам

«Постовые работы ТО и ТР подвижного состава выполняются, как правило, на пяти основных производственных участках:

- участок технического обслуживания;
- участок текущего ремонта;
- участок диагностики;
- кузовной участок;
- окрасочный участок» [4].

Группировка работ приведена в табл. 3

Таблица 3 – Виды работ и количество постов для их выполнения

Наименование видов работ ТО и ТР	Количество постов по номерам работ			
	Участок диагностики	Участок ТО и ТР	Кузовной участок	Окрасочный участок
Контрольно-диагностические работы (двигатель, электрооборудование, анализ выхлопных газов)	2,14			
Техническое обслуживание в полном объеме		4,8		
Смазочные работы		0,53		
Регулировка углов управления колес		1,07		
Ремонт и регулировка тормозов		0,8		
Электротехнические работы		0,85		
Работы по системе питания		0,75		
Аккумуляторные работы		0,05		
Шиномонтажные работы		0,16		
Ремонт узлов, систем и агрегатов		1,07		
Кузовные и арматурные работы (жестяники, медники, сварочные)			5,34	
Окрасочные и противокоррозийные работы				7,12
Обойные работы			0,4	
Слесарно-механические работы				
Итого постов на участках:	2,14	13,08	5,74	7,12
принятое число	2	13	6	7

В таблице 3 представлены виды работ и количество постов для их выполнения.

Глава 2 Объемно-планировочное решение участка диагностики

2.1 Назначение Участка

Участок диагностики на станции технического обслуживания (СТО) предназначен для выявления неисправностей, оценки состояния систем автомобиля и определения необходимых ремонтных и профилактических работ. Он проверяет двигатель, трансмиссию, ходовую часть, тормозную и электронные системы (ABS, ESP и т.д.), проводит плановую диагностику и техническое обслуживание. Используется диагностическое оборудование и ПО для анализа ошибок и настройки систем. Основное назначение участка диагностики — обеспечение безопасной и надежной эксплуатации автомобилей, предотвращение аварий и продление срока службы транспортного средства.

2.2 Выбор и обоснование услуг и работ, выполняемых на участке

На участке диагностики автомобилей производится проверка различных систем и компонентов транспортного средства с целью выявления возможных неисправностей, а также определения общего технического состояния автомобиля. В процессе диагностики могут использоваться различные технические средства и инструменты. Вот основные этапы диагностики автомобилей:

- а) Считывание ошибок: С использованием диагностического сканера проверяются электронные системы управления двигателем, трансмиссией, тормозами, электроникой и другими важными компонентами. Считывание ошибок помогает выявить проблемы, которые могут быть не заметны при обычном обслуживании.
- б) Измерение параметров двигателя: осуществляется проверка работы двигателя, измерение уровней и давлений масла, температур

охлаждающей жидкости, а также других параметров, связанных с работой двигателя.

- в) Проверка тормозной системы: используются специальные приборы для измерения тормозных усилий, проверки тормозных дисков и колодок, а также для выявления потенциальных проблем с гидравлической системой тормозов.
- г) Проверка подвески и рулевого управления: осуществляется осмотр и измерение состояния амортизаторов, пружин, подшипников, а также проводится диагностика рулевого механизма.
- д) Проверка электрической системы: проверяется работоспособность аккумулятора, генератора, стартера и других электрических компонентов.
- е) Проверка системы охлаждения: измеряются температура охлаждающей жидкости и давление в системе охлаждения.
- ж) Проверка трансмиссии: при необходимости производится проверка автоматической или механической коробки передач на наличие проблем.
- з) Проверка системы выхлопа: осуществляется диагностика работы катализатора, датчиков кислорода и других компонентов системы выхлопа.
- и) Проверка уровня и состояния масла: осуществляется замер уровня масла и его визуальная оценка на предмет загрязнений.
- к) Измерение углов установки колес: использование специальных стендов и оборудования для измерения и регулировки углов установки колес, таких как угол схождения, угол скоса и другие параметры.
- л) Общий визуальный осмотр: визуально проверяются другие важные компоненты автомобиля, такие как ремни, шланги, фильтры и прочее.

2.3 Персонал и режим его работы

Персонал, работающий на участке диагностики автомобилей, обычно состоит из специалистов с разными профессиональными навыками. В зависимости от размера и специализации сервисного центра, состав персонала может варьироваться. Вот общие роли и профессиональные области сотрудников, работающих на участке диагностики

Мастер по диагностике (диагност): это ключевая роль, отвечающая за использование диагностического оборудования, анализ считанных данных, выявление неисправностей и разработку плана ремонта. Диагност должен обладать глубокими знаниями по электронике, механике и другим аспектам автомобильного технического обслуживания.

Режим работы участка диагностики автомобилей может быть организован в соответствии с графиком работы сервисного центра. Обычно, сервисные центры предлагают услуги как по предварительной записи, так и в режиме приема без предварительной записи для неотложных случаев. Важно, чтобы персонал был организован таким образом, чтобы эффективно обслуживать клиентов, обеспечивая качественную и своевременную диагностику и ремонт.

2.4 Выбор технологического оборудования

Выбор технологического оборудования на участке диагностики автомобилей играет ключевую роль в эффективной и качественной работе сервисного центра. Такое оборудование помогает проводить более точную диагностику, ускоряет процесс обслуживания и повышает уровень сервиса.

Таблица 4 – Табель технологического оборудования

Наименование оборудования	Модель	Кол-во	Габаритные размеры, мм
1	2	3	4
Мощностной стенд	СДМ 2	1	5500x2750x625
Роликовый тормозной стенд	MBT 2200 LON	1	2905x825x280
Стенд для проверки амортизаторов	MSD 3000 EURO	1	2320x800x280
Стенд контроля состояния подвески и рулевого управления	PMS 3.5	1	2350x625x120
Стенд проверки бокового увода колес	MINC I EURO	1	1020x460x80
Инструментальная тележка	TBS-6	2	820x450x800
Пульт управления	-	1	800x670x1400
Приборы для проверки и регулировки света фар	MLT 3000	1	720x655x1770
Газоанализатор	MGT 5	2	240x560x300
Охлаждающий вентилятор	AIR 7	1	620x700x1250
Охлаждающий вентилятор	AIR 2	1	730x280x700
Вытяжка	H6075125	2	760x580x670
Стеллаж	-	1	200x600x1500
Стол	-	1	2000x600x770
Монитор	F27T450FZU	1	612x224x437
Стул	-	1	600x570x820
Системный блок	i7-3770	1	360x170x480

В таблице 4 приведен весь перечень необходимого технологического оборудования для участка диагностики.

2.5 Определение производственной площади

Предварительный расчет

Первоначально площадь отделения определяем по суммарной площади оборудования и коэффициенту плотности его расстановки.

$$F_{np} = K_{nl} \cdot \sum F_{обор} , \quad (6)$$

где $\sum F_{обор}$ – суммарная площадь занимаемая оборудованием;

K_{nl} – коэффициент плотности расстановки оборудования. Для участка диагностики принимаем $K_{nl} = 4,0$.

$$F_{np} = 4,0 \cdot (5,5 \cdot 2,7 + 2,9 \cdot 0,8 + 2,32 \cdot 0,8 + 2,35 \cdot 0,62 + 1,02 \cdot 0,46 + 0,82 \cdot 0,45 + 0,8 \cdot 0,67 + 0,72 \cdot 0,65 + 0,24 \cdot 0,56 + 1,62 \cdot 0,7 + 0,73 \cdot 0,28 + 0,76 \cdot 0,58 + 1,2 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,6 + 0,61 \cdot 0,22 + 0,6 \cdot 0,57 + 0,36 \cdot 0,17) = 107,37 \text{ м}^2$$

Окончательная площадь участка определяется с учетом площади оборудования, его расстановки, при этом учитываются расстояния между элементами здания и контуром каждого вида оборудования.

С учетом норм расстановки оборудования принимаем окончательную площадь отделения равной 107 м².

2.6 Обоснование объемно-планировочного решения

Все оборудование расставлено в строгом соответствии с нормативными требованиями, обеспечивая максимальную безопасность и эффективность работы.

На основе анализа, проведенного в рамках исследования, сформирован список оборудования, необходимого для выполнения производственных

операций. Расчет производственной площади выполнен с учетом требований эргономики и безопасности, что позволило создать оптимальные условия для работы персонала. Применение автоматизированных систем проектирования, таких как САД-программы, обеспечило точное моделирование пространства и минимизацию затрат на этапе планирования.

Оборудование размещено в строгом соответствии с действующими стандартами, что гарантирует безопасность и высокую эффективность производственных процессов. Внедрены энергоэффективные технологии, включая светодиодные системы освещения и оптимизированные вентиляционные установки, которые снижают энергопотребление и обеспечивают соответствие экологическим нормам.

Схема участка, выполненная в масштабе 1:25, детально отображает все архитектурные компоненты: несущие конструкции, колонны, окна и дверные проемы. План включает расположение прилегающих помещений с привязкой к общей координатной сетке главного корпуса, что упрощает определение взаимосвязей между элементами. Технологическое оборудование, рабочие зоны и расстояния между конструкциями обозначены графическими символами, обеспечивающими наглядность и удобство восприятия. На чертеже также отмечены все потребители электроэнергии, включая производственные машины, освещение и системы вентиляции, что способствует созданию комфортной и безопасной рабочей среды.

Глава 3 Сравнительный анализ существующих аналогов оборудования

3.1 Анализ доступных в продаже аналогов и выбор наиболее перспективного прототипа

3.1.1 Оценка современного конструкторского и технологического уровня стендов для проверки тормозной системы

«Тормозные стенды используются для проверки эффективности и исправности тормозной системы транспортных средств, обеспечивая их безопасность на дороге.

Работа тормозных стендов основана на измерении тормозных сил колес с помощью роликовых дорожек или платформ, имитирующих дорожные условия. Два вида тормозных стендов: площадочные и роликовые» [13].

На рисунке 1 приведен пример площадочного тормозного стенда для легковых автомобилей.



Рисунок 1 – Тормозной стенд площадочного типа для легковых автомобилей

«Тормозной стенд площадочного типа (рисунок 2) для легковых автомобилей представляет собой специализированное оборудование, предназначенное для тестирования и оценки эффективности тормозных систем автомобилей. Он состоит из нескольких основных компонентов: платформы, сенсоров и датчиков, электронного блока управления, пульта управления и компьютера с программным обеспечением» [14].

Стенд измеряет силу торможения, равномерность распределения тормозного усилия на разные колеса и общую эффективность тормозной системы. В процессе диагностики автомобиль заезжает на платформу, устанавливая передние или задние колеса на ролики. Оператор запускает тест через пульт управления, и ролики начинают вращаться, симулируя движение автомобиля. Водитель нажимает на тормоз, а сенсоры фиксируют усилие торможения и его распределение. Полученные данные обрабатываются и отображаются на экране компьютера, а оператор может распечатать результаты или сохранить их в электронном виде.

«Преимущества площадочных тормозных стендов:

- Площадочные стенды позволяют оперативно проводить диагностику тормозных систем, что существенно экономит время;
- Возможность проверки автомобилей с любым типом полного привода делает такие стенды подходящими для широкой гаммы транспортных средств;
- Простота установки и использования оборудования облегчает работу специалистов и снижает время на подготовительные работы.

Недостатки площадочных тормозных стендов:

- Для установки и использования стенда необходимо большое пространство, включая зону для разгона автомобиля перед въездом на стенд;
- Точность измерения тормозной силы может снижаться, если автомобиль движется не строго по оси стенда;
- Работы с движущимся автомобилем на стенде могут быть

- небезопасны, что требует дополнительных мер предосторожности;
- Невозможность определения удельных тормозных усилий на каждом колесе ограничивает полноту диагностики;
 - Стенды не могут измерить усилие торможения стояночного тормоза при трогании автомобиля с места.;
 - Невозможность определения усилия на педали тормоза снижает комплексность оценки состояния тормозной системы.

В наши дни наиболее популярны роликовые тормозные стенды. На них проверяются такие параметры, как тормозная сила каждого колеса, удельная тормозная сила, коэффициент неравномерности тормозных сил, усилие на педаль и ручник, время срабатывания тормозов и тормозной путь. Также проводится взвешивание автомобиля на каждом колесе.

Стенды обеспечивают контроль в режимах: рабочее торможение, экстренное торможение и торможение стояночным тормозом» [9].



Рисунок 2 – Тормозной стенд роликового типа для легковых автомобилей

Роликовый тормозной стенд – это ключевое устройство, используемое для диагностики и тестирования тормозных систем автомобилей. Его

основные элементы включают роликовые платформы, на которые устанавливаются колеса автомобиля, электроприводы, которые приводят в движение эти ролики, а также датчики тормозных усилий, которые измеряют силу торможения. Кроме того, компьютерная система управления и анализа играет ключевую роль, собирая данные с датчиков и анализируя их для определения состояния тормозной системы.

Роликовый тормозной стенд включает роликовые платформы для установки колес автомобиля, электроприводы для вращения роликов, тормозные устройства создают сопротивление, датчики измеряют силу торможения, а компьютерная система собирает и анализирует данные, выводя информацию о состоянии тормозов.

Преимущества роликовых тормозных стендов:

- Обеспечивает точную оценку состояния тормозной системы за счет измерения силы торможения и других параметров.;
- Позволяет быстро и эффективно определить неисправности в тормозной системе и провести необходимое обслуживание;
- Легко контролируется оператором и предоставляет быструю обратную связь о состоянии тормозов;
- Может использоваться для тестирования различных типов транспортных средств и различных типов тормозных систем.

Недостатки роликовых тормозных стендов:

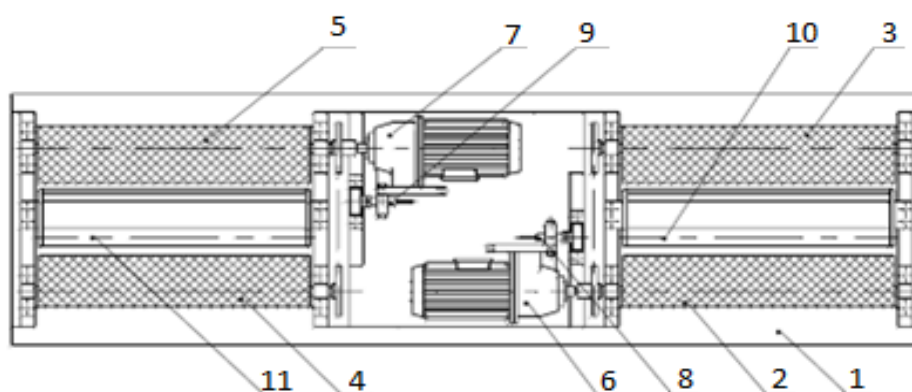
- Оборудование может быть дорогим в покупке и обслуживании, что может стать препятствием для небольших автомастерских;
- Требуется обучение и опыт для правильной интерпретации результатов тестирования и проведения обслуживания;
- Могут возникнуть проблемы с тестированием некоторых нестандартных или специализированных транспортных средств;

Тормозные стенды применяются в различных сферах автомобильной индустрии. Они являются неотъемлемой частью работы автосервисов и автомастерских, где используются для диагностики и обслуживания

тормозных систем автомобилей. Также они востребованы на контрольно-технических пунктах, где проверяются тормозные системы при техническом осмотре. Производители автомобилей включают тормозные стенды в процессы контроля качества, а учебные заведения используют их для практического обучения будущих специалистов автомобильного сервиса.

«Учитывая все преимущества и недостатки площадочных и роликовых стендов, выбираем бывший в эксплуатации роликовый стенд СТС-4-СП-11, так как он позволяет определить больше параметров, необходимых для проверки технического состояния тормозной системы автомобиля» [8].

На рисунке 3 изображен наиболее распространенный тип стендов – роликовый тормозной стенд.



«1 – рама коробчатого сечения; 2,3,4,5 – опорные ролики; 6,7 – мотор – редуктор; 8,9 – тензометрические датчики; 10,11 – подпружиненные следящие ролики»

Рисунок 3 – Роликовый тормозной стенд СТС-4-СП-11

3.1.2 Выбор наиболее значимых технологических параметров стендов для комплексного анализа

«Когда дело доходит до выбора наиболее значимых технологических параметров для комплексного анализа тормозного роликового стенда, следует

учитывать несколько ключевых параметров:

- Максимальная нагрузка на ось,
- Максимальное измерение тормозных сил,
- Начальная скорость торможения,
- Максимальная колея,
- Мощность, потребляемая стендом,
- Площадь» [10].

3.1.3 Подбор моделей оборудования для проведения анализа на основе информации из доступных источников

«Подберем несколько подходящих для наших целей моделей оборудования, фотографии разместим на рисунках 4, 5, 6. На рисунках оборудование представлено без масштаба, только для того чтобы получить представление об его внешнем виде и конструктивных особенностях.



Рисунок 4 – стенд MBT 2200 LON



Рисунок 5 – стенд Safelane204-rP



Рисунок 6 – стенд ЛТК-С3500



Рисунок 7 – стенд СТС-4-СП-11

Паспортные значения наиболее значимых характеристик по моделям оборудования внесем в таблицу 5, таким образом, подготовив материал для дальнейшего анализа» [10].

Таблица 5 – Паспортные значения наиболее значимых характеристик по моделям оборудования

Выбранные характеристики, единицы измерения	Модельный ряд оборудования			
	МВТ 2200 LON	Safelane204-rP	ЛТК-С3500	СТС-4-СП-11
Максимальная нагрузка на ось, кг	3500	4000	3500	3500
Максимальное измерение тормозных сил, кН	10	8	10	10
Начальная скорость торможения, км/час	5	5,4	4	4,4
Максимальная колея, мм	2200	2200	2200	2200
Мощность, потребляемая стендом, кВт	6	6	8	8
Площадь, м ²	1,58	1,54	1,65	1,63
Стоимость, тыс. руб.	950	1500	820	870

В таблице 5 представлен модельный ряд оборудования для сравнительного анализа.

3.1.4 Выбор наиболее перспективного стенда

«Существуют два популярных метода выбора оборудования: графический и экспертный. Графический метод основан на замерах площади циклограмм каждого оборудования, тогда как экспертный метод дополнительно учитывает значимость каждого показателя. Идеальным считается вариант, когда одна модель оборудования лидирует по результатам обоих методов. В противном случае проводится дополнительный анализ по ранее не учитываемым показателям, таким как расходы на монтаж, доставку и периодическое обслуживание.

Достоверная оценка качества технологического оборудования может быть произведена только при учете всех групп показателей качества, что требует определенной формализации процесса оценки. Если единичные показатели качества P_i могут быть выражены количественно, то их уровень может быть соотнесен со значением показателя, принятого за базу P_{i0} (обычно это показатель хорошо зарекомендовавшего себя оборудования, в полной мере соответствующего современным требованиям)» [11].

«Когда увеличение абсолютного значения единичного показателя качества приводит к улучшению качества, уровень показателя выражают отношением:

$$Y_i = P_i / P_{i0} \quad (7)$$

В противном случае, когда увеличение приводит к ухудшению качества оборудования, уровень качества выражают отношением:

$$Y_i = P_{i0} / P_i \quad (8)$$

Таким образом, улучшение качества всегда приводит к росту уровня качества по рассматриваемому показателю.

Для построения циклограммы используем автоматизированный графический редактор, что значительно упростит процесс подсчета площади. В ФГБОУ ВО ТГУ имеется действующая лицензия на графическую среду «КОМПАС», обновляемую ежегодно. Из общей точки отсчета через равные угловые интервалы отложим количество лучей, соответствующее числу наиболее значимых параметров. Предварительно рассчитаем относительные значения параметров, которые необходимо отложить на лучах циклограммы. Расчеты будем проводить относительно показателей оборудования КС-02, используя выражения (7) и (8).

Отложите отрезки на лучах в одном масштабе, чтобы получить вершины циклограммы. Соедините полученные точки замкнутой ломаной линией. Для наглядности используйте разные типы и цвета линий для многоугольников, соответствующих различным моделям оборудования» [12].

«Графический анализ ключевых показателей оборудования представлен на рисунке 8, где номера лучей соответствуют номерам показателей по часовой стрелке. Для базового оборудования циклограмму можно не строить, но его площадь определяется аналогично и включается в сравнительный анализ на общих условиях.

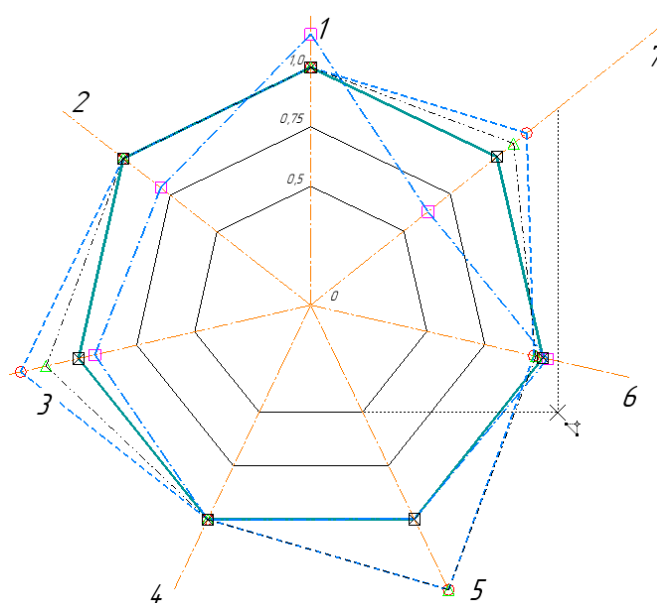


Рисунок 8 – Графический анализ наиболее значимых показателей оборудования методом циклограмм

Результаты подсчета фактической площади полученных фигур с применением инструмента программы «Измерение площади с ручным вводом границ многоугольника» занесем во второй столбец таблицы 6. В качестве условных единиц измерения используем мм²» [15].

Таблица 6 – Итоги графического метода анализа аналогов

Модели стендов-аналогов	Площадь, мм ²
Стенд MBT 2200 LON	54048
Стенд Safelane204-rP	45231
Стенд ЛТК-С3500	63498
Стенд СТС-4-СП-11	60976

«По результатам измерений максимальная полученная площадь - 63498 мм². Следовательно, можно сделать логичный вывод о наличии существенных преимуществ у оборудования ЛТК-С3500 среди всей модельной линейки.

Повысим достоверность анализа, проведя его еще и экспертным методом.

Роль эксперта на себя возлагает сам исполнитель проекта, при необходимости консультируясь с руководителем выпускной квалификационной работы или внешними экспертами. При выборе оборудования данным методом экспертом на основе собственного опыта определяется весомость каждого параметра (степень значимости) в паспорте оборудования C_i с учетом конкретных требований производственного процесса ТО и Р автомобилей, габаритов помещения, особенностей конструкции производственного здания и т.д.» [5].

«Уровень показателя качества по каждому параметру с учетом его весомости определяется выражением:

$$\Pi_i = \frac{C_i \cdot Y_i}{100}, \quad (9)$$

Лучшим признается то оборудование, которое наберет наибольшую сумму оценок. $\Pi_{\Sigma_i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot Y_i}{100}$.

Утвержденная форма протокола для типового анализа оборудования с привлечением квалифицированных экспертов размещена в таблице 1, приложение А.

Далее сравним итоговые суммарные показатели оценок $\Pi_{\Sigma i}$. Максимальное число - 1,11. Следовательно, можно сделать логичный вывод о том, что эксперты выявили наличия существенных преимуществ у оборудования ЛТК-С3500 среди всей модельной линейки» [6].

3.2 Оформление технического задания от лица заказчика работ

«Это стенд для проверки тормозных параметров легковых автомобилей, предназначенный для использования в закрытых помещениях с твердым полом (например, бетон или металлическая плитка) и температурой воздуха от 8 до 35 градусов Цельсия. Продукт должен быть разработан с учетом возможности изготовления силами ПАТ и должен обходиться без дополнительных механических устройств.

Источниками разработки служат:

- справочники и каталоги оборудования;
- интернет сайты;
- методические пособия;
- другая техническая литература.

Рекомендуемые характеристики испытательного стенда для тормозной системы легковых автомобилей:

- тип – роликовый, стационарный, электрический, автоматизированный;
- габаритные размеры (длина×ширина) не более, мм – 2905×950;
- начальная скорость торможения, имитируемая на стенде, км/ч – 5;
- размер колеи диагностируемого автомобиля, мм – от 1050 до 2200.

Органы управления должны быть расположены на силовом шкафу на высоте от 900 до 1000 мм от уровня пола и находиться в области прямого

обзора из салона автомобиля, не преграждая проезд. Усилие нажатия на кнопку не должно превышать 15 Н. Все основные управляющие органы должны быть продублированы на пульте дистанционного управления, который может быть удерживаем в руках оператора в салоне автомобиля. Управляющие элементы должны быть легко доступны для рук оператора, не требующих перемещения туловища. Оператор должен находиться в сидячем положении в салоне автомобиля. Кнопки управления должны быть выполнены из черного пластика. Кнопка экстренной остановки привода должна быть красного цвета и большего размера по сравнению с остальными кнопками управления. Управляющие кнопки и рычаги должны быть сгруппированы и размещены на отдельной панели управления» [7].

«На шкафу установить систему визуализации измеряемых параметров в цифровом формате, отображая тормозные силы на каждом колесе испытуемой оси, разницу тормозных сил, усилие нажатия на педаль и время срабатывания системы. Информация должна быть легко читаемой с водительского места в салоне автомобиля.

Внешний дизайн должен отвечать требованиям технической эстетики, передавая функциональный характер изделия. Рекомендуется скруглить острые углы, окрасить механизм в черный цвет, оставив барабаны неокрашенными. Наружные поверхности узлов и агрегатов должны быть черного цвета с желтыми полосами. Не допускается выступание за габариты стенда узлов и деталей, если их функциональное назначение не требует иного. Внешняя форма должна быть обусловлена компоновкой элементов в единую структуру» [13].

Требования к месту установки стенда

Стенд должен быть установлен в отапливаемом крытом помещении с температурой воздуха от 8 до 35 градусов Цельсия и относительной влажностью не более 75%. Помещение должно иметь специально подготовленный фундамент и габаритные размеры, обеспечивающие полное помещение автотранспортного средства на всех этапах диагностирования.

Внутренний контур помещения должен быть оборудован защитным заземлением в соответствии с правилами устройства электроустановок.

Условия эксплуатации:

«Для надежной и эффективной работы изделия рекомендуется проводить ТО не реже одного раза в три месяца. Конструкция должна легко собираться и разбираться для обслуживания. Основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго- и маслостойкими красками для защиты от коррозии. Детали, подверженные вращению, должны быть смазаны и защищены от пыли и грязи. Изделие следует транспортировать в разобранном состоянии.

В проектируемой конструкции стенда следует использовать, насколько это возможно, однородные материалы, и исключить сочетание разнородных материалов (например, сталь и алюминий, сталь и пластик). Применение цветных металлов следует свести к минимуму, при возможности заменив их фторопластами. Необходимо избежать выполнения неразъемных соединений для деталей из цветных металлов» [12].

«Перед началом работы внимательно прочитайте инструкцию по эксплуатации.

К работе со стендом допускаются только лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности» [10].

«При монтаже, испытаниях и всех видах технического обслуживания стенда могут возникнуть следующие виды опасностей:

- электроопасность;
- опасность травмирования движущимися частями.

Меры, обеспечивающие защиту от электроопасности:

- на корпусе силового шкафа и на раме роликовой установки установлены заземляющие зажимы;
- электрическое сопротивление изоляции между силовыми, а также связанными с ними цепями и заземляющим зажимом силового шкафа не менее 20 Мом;

- электрическая изоляция между силовыми, а также связанными с ними цепями и заземляющим зажимом силового шкафа выдерживает в течении одной минуты без пробоя и поверхностного перекрытия действие испытательного напряжения переменного тока 2000 В частотой 50 Гц;
- электрическое сопротивление между зажимом контура заземления и заземляющими зажимами силового шкафа и роликовой установки не более 4 Ом.» [16].

«Меры, обеспечивающие защиту от травмирования движущимися частями:

- цепные передачи роликовой установки закрыты крышкой;
- при отключении и восстановлении питания исключено самопроизвольное включение мотор-редукторов роликовой установки.» [11].

«Также следует строго соблюдать меры безопасности при эксплуатации стенда:

- силовой шкаф, тормозной стенд и корпус системного блока персонального компьютера должны быть соединены с контуром заземления;
- работа на стенде с неисправным заземлением запрещается;
- включение рабочего режима стенда должно производиться после проверки работы мотор-редукторов и всех датчиков;
- при работе со стендом следует строго выполнять инструкции, выдаваемые рабочей программой на экран монитора, светофор и информационное табло;
- в процессе регламентных работ и ремонта стенда запрещается производить смену деталей под напряжением и оставлять без надзора стенд под напряжением;
- работы, не связанные с электрическими схемами стенда, должны производиться после отключения стенда от общей электрической

сети;

- не реже одного раза в год производить проверку и измерение сопротивления изоляции» [17].

«Объем средств выделенных на производство стенда составляет – 4000000 рублей. Рекомендованный срок окупаемости – менее 3 лет.

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом. Обязательна проработка 2-х или более вариантов компоновки.

На экспертизу предоставить в письменном варианте ТЗ, ТП, ЭП и расчёты. Место проведения экспертизы кафедра «ПиЭА» ТГУ.

На согласование предоставляется техническое предложение с эскизным проектом. Согласование с другими организациями не требуется. Изготовление опытных образцов не предусматривается» [9].

3.3 Оформление технического предложения от лица поставщиков оборудования

«Получено задание на создание инновационного роликового тормозного стенда, предназначенного для проверки тормозных систем легковых автомобилей и гибридных транспортных средств. Этот стенд обеспечивает точные измерения тормозных усилий на каждом колесе, анализирует эффективность торможения и диагностирует системы управления тормозами, такие как ABS, для обеспечения безопасности на дороге. Он также позволяет настраивать и регулировать тормозные механизмы, выявлять потенциальные проблемы и повышать безопасность на дороге. Стенд работает на основе роликов и силового типа, используя опорные ролики, электродвигатель и тензометрический датчик для измерения тормозной силы, с выводом результатов на компьютерный монитор и принтер. Включает в себя модули опорных роликов, шкаф управления, ПЭВМ, принтер, светофор или информационное табло и датчик усилия» [19].

«В состав роликовой установки входят:

- мотор – редуктор;
- два опорных ролика;
- следящий ролик;
- четыре датчика веса;
- датчик тормозной силы;
- датчик наличия автомобиля;
- датчик проскальзывания;
- контроллер датчиков (только для левой роликовой установки).

Роликовые установки для правого и левого колеса надежно закрепляются на раме с помощью фиксаторов, обеспечивая стабильность.

Датчики веса преобразуют массу оси в электрический сигнал. Мотор-редукторы вращают опорные ролики, на которые заезжает автомобиль. При торможении реактивные моменты передаются датчикам тормозных сил, генерируя соответствующие электрические сигналы.

Между опорными роликами установлены следящие ролики, связанные с датчиками наличия автомобиля и проскальзывания. Они контролируют скорость вращения колес и обнаруживают начало проскальзывания, а также определяют наличие автомобиля на опорных роликах.

Контроллер датчиков усиливает сигналы, преобразует их в цифровой код и передает данные на компьютер по запросу» [18].

Рассмотрим два способа расположения тормозного стенда: а) на сварной прямоугольной раме с аппаратами для самостоятельного въезда и съезда автомобиля на роликовую установку (рисунок 9) и б) на раме – каркасе фундамента, смонтированного в пол (рисунок 10).

а) Плюсы тормозных стендов на сварной прямоугольной раме с аппаратами для самостоятельного въезда и съезда автомобиля на роликовую установку: Экономия ресурсов и высокая эффективность, благодаря разумной цене и высокой пропускной способности; простота размещения и установка

стенда; мобильность – возможность перемещения стенда в другое место; простота проведения обслуживания стенда.

Минусы тормозных стендов на сварной прямоугольной раме с аппаратами для самостоятельного въезда и съезда автомобиля на роликовую установку: Использование роликовых установок может потребовать дополнительного пространства для установки и обеспечения комфортной работы; неправильная установка или использование может привести к повреждениям автомобиля, особенно при самостоятельном въезде и съезде, поэтому необходима осторожность и навыки оператора.

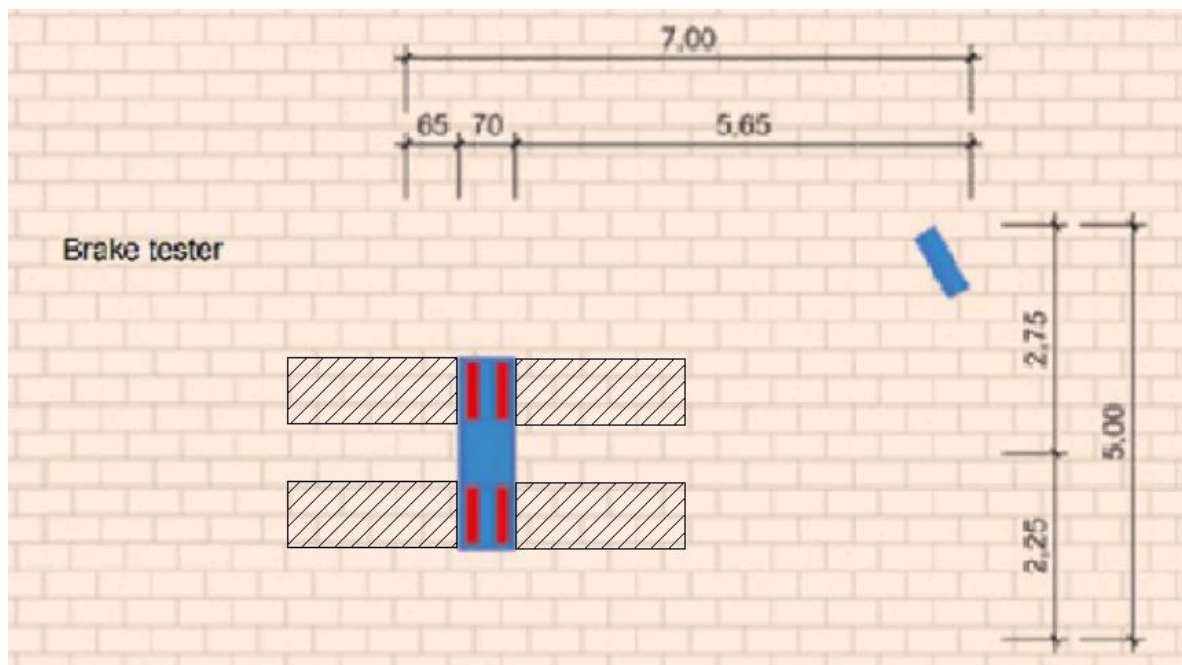


Рисунок 9 - Тормозной стенд на сварной прямоугольной раме с аппаратами для самостоятельного въезда и съезда автомобиля на роликовую установку

б) Плюсы тормозных стендов, смонтированных в пол: Экономия пространства в автосервисе; оператор может работать на уровне земли, что облегчает доступ к тормозному механизму и удобство проведения тестирования; установка стенда непосредственно в полу обеспечивает стабильность и предотвращает его смещение или нежелательное движение во

время работы; плоскость пола может обеспечить более стабильное и точное положение автомобиля во время тестирования тормозной системы, что может быть важно для диагностики.

Минусы тормозных стенов, смонтированных в пол: Установка и ремонт тормозных стенов, встроенных в пол, могут потребовать дополнительных усилий и затрат по сравнению с традиционными; из-за контакта с полом и повышенного воздействия на стенд в процессе использования, подвижные части могут подвергаться износу и требовать частого обслуживания или замены вариантами, так как они встроены в структуру пола; поскольку тормозной стенд встроен в пол, его нельзя легко перемещать, что может ограничить его использование в различных местах или для различных целей; потенциально, ремонт и обслуживание таких тормозных стенов могут быть более дорогостоящими из-за сложности доступа к ним и необходимости специализированных навыков.

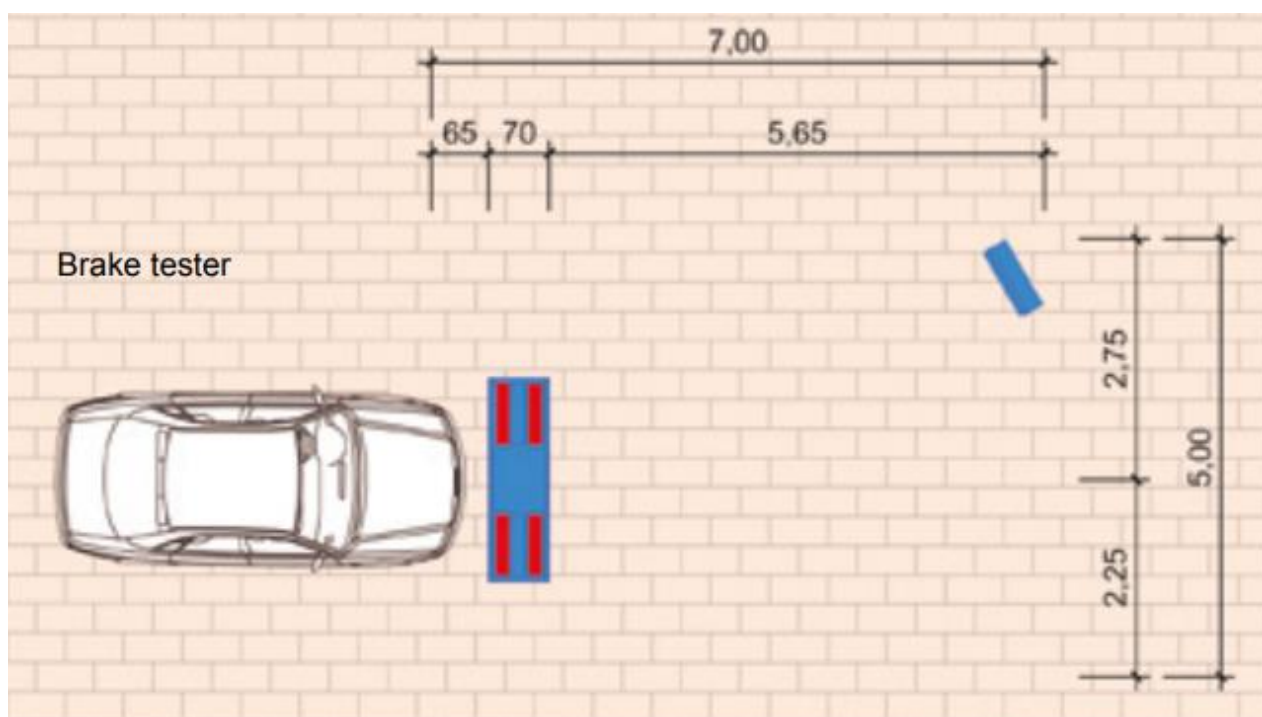


Рисунок 10 - Тормозной стенд смонтированный в пол

С учетом всех плюсов и минусов, второй вариант размещения стенда признан оптимальным. Эта конфигурация отличается повышенной универсальностью и технологической гибкостью, а также предусматривает возможность интеграции в диагностическую систему. Дополнительным преимуществом является упрощенное техническое обслуживание и соответствие современным стандартам автоматизации. Данная компоновка рекомендуется для использования в эскизном проекте и дальнейшей разработки.

3.4 Расчеты и подбор комплектующих

Размеры беговых барабанов

«Диаметр барабана определяется:

$$d_6 \geq (0,4 \div 0,6) d_k = (0,4 \div 0,6) \cdot 570 = 228 \div 342 \quad (10)$$

где d_6 – диаметр барабана;

d_k – диаметр колеса автомобиля

Обычно диаметр барабана принимают равным:

$$d_6 = 150 \div 400 \text{ мм}$$

Принимаю диаметр барабана тормозного стенда равным:

$$d_6 = 220 \text{ мм}$$

Длина барабана зависит от типа автомобиля и его параметров.

Рекомендуется длину барабана определять по формуле:

$$l_6 = \frac{(K_n - K_v)}{2} + A \quad (11)$$

где K_n – наибольшая наружная колея типов автомобилей, для которых рассчитан стенд;

K_b – наименьшая внутренняя колея типов автомобилей, для которых рассчитан стенд;

A – коэффициент, учитывающий тип автомобиля, принимаем равным 150 мм» [15].

$$l_6 = \frac{(1630 - 1110)}{2} + 150 = 410 \text{ мм}$$

Принимаю длину барабана тормозного стенда $l_6 = 500$ (мм).

«Общая длина продольной оси барабана (ширина стенда) определяется по формуле:

$$l_{об} = 2l_6 + l_{мб} = K_b + A \quad (12)$$

где $l_{об}$ – общая длина продольной оси барабана;

$l_{мб}$ – расстояние между барабанами.

$$l_{об} = 1630 + 150 = 1870 \text{ мм}$$

Расстояние между осями роликов:

$$l = (r_k + r_p) \cdot \frac{2 \cdot \varphi}{\sqrt{1 + \varphi^2}}, \quad (13)$$

где r_k – радиус колеса;

r_p – радиус ролика;

φ – коэффициент сцепления шин с поверхностью ролика.

Поверхность роликов должна обладать высоким коэффициентом сцепления как с сухими, так и с влажными шинами, минимально повреждать шины при блокировке и быть достаточно износостойкой в процессе эксплуатации. Гладкие стальные ролики не обеспечивают достаточного

сцепления с влажными шинами, поэтому рекомендуется покрыть их корундовым покрытием. Это покрытие состоит из двухкомпонентного искусственного материала на основе эпоксидной смолы и кристаллов кварцевого песка, что позволяет достичь необходимого коэффициента трения. Корундовое покрытие является наиболее распространённым решением, обеспечивающим высокую долговечность, и подходит для испытаний автомобилей любого класса. Оно обладает коэффициентом сцепления 0,4, что максимально приближено к асфальтобетонному покрытию» [10].

Подставив данные в формулу получим:

$$l = (285 + 110) \cdot \frac{2 \cdot 0,4}{\sqrt{1 + 0,4^2}} = 398 \text{ мм.}$$

Принимаем расстояние между осями роликов 440 мм.

Подбор мотор – редуктора

«Подбор мотор-редуктора осуществляем по максимальному крутящему моменту и частоте вращения выходного вала редуктора, которые должны соответствовать моменту и частоте вращения на роликах одной секции стенда.

Крутящий момент на беговом ролике определяется по формуле:

$$T_p = P_{Tmax} \cdot r_p, \quad (14)$$

Где r_p – радиус ролика

$$T_p = 4875,5 \cdot 0,162 = 789,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Частота вращения роликов одной секции стенда определяется по формуле:

$$n_p = \frac{30 \cdot \omega_p}{\pi} \quad (15)$$

где ω_p – угловая скорость роликов одной секции стенда, принимается равным $8,4 \text{ с}^{-1}$ » [12].

$$n_p = \frac{30 \cdot 8.4}{3.14} = 80 \text{ мин}^{-1}$$

«Выбираем цилиндрический двухступенчатый соосный мотор – редуктор МЦ2С-125, имеющий следующие параметры:

- «номинальная частота вращения выходного вала, об/мин 90;
- допускаемый вращающий момент на выходном валу, Н·м 1113;
- допускаемая радиальная сила на выходном валу, Н 8000;
- комплектующий двигатель 4А132М4Р3;
- диаметр выходного вала, мм 55.

Выбранный мотор – редуктор наиболее полно подходит под требуемые параметры.» [13].

Подбор муфты

«При монтаже и эксплуатации тормозных стендов почти всегда наблюдаются различные нарушения идеального сопряжения соединяемых валов: осевой разбег, радиальное смещение, расцентровка, угловое смещение или их комбинации. Причинами этих нарушений могут быть низкая точность монтажа и недостаточная жесткость рамных конструкций. Чтобы устранить вредные последствия таких смещений, выбираем упругую компенсирующую муфту, а именно упругую втулочно-пальцевую муфту.

Подбор муфты производим по номинальному диаметру соединяемых валов и вращающему моменту.

Выбираем муфту 1000- 56- 1 УЗ ГОСТ 21424- 93.

Выбранная муфта имеет следующие параметры:

- номинальный вращающий момент, Н·м 1000;
- внутренний диаметр, мм 56;
- наружный диаметр, мм 210;
- длина муфты, мм 226;
- длина полумуфты, мм 110» [13].

Подбор подшипника

«Произведем подбор подшипника опоры бегового ролика стенда. Так как максимальная частота вращения ролика 80 об/мин, тогда подбор ведем по динамической грузоподъемности.

Так как осевыми нагрузками можно пренебречь, то в качестве подшипника выбираем шариковый радиальный однорядный подшипник.

Сила, действующая на подшипник, будет равна максимальной реакции опоры R_y .

Уравнение равновесия записывается следующим образом:

$$\sum M_B = 0,5 \cdot P_Y \cdot 0,05 + 0,5 \cdot P_Y \cdot 0,55 - R_B \cdot 0,6 = 0 \quad (16)$$

$$R_B = \frac{0,5 \cdot P_Y \cdot 0,05 + 0,5 \cdot P_Y \cdot 0,55}{0,6} = 4042 \text{ Н.}$$

Предварительно принимаем шариковый радиальный подшипник по ГОСТ 8338-75 легкой серии диаметров 2, нормальной серии ширины 0 для вала диаметром 55 мм – 211. Для которого $C = 43600 \text{ Н}$, $C_0 = 25000 \text{ Н}$.

Эквивалентная динамическая нагрузка определяется по формуле:

$$P = R_Y \cdot V \cdot K_6 \cdot K_T \quad (17)$$

где V – коэффициент, учитывающий влияние вращающегося кольца, принимаем равным 1;

K_6 – коэффициент безопасности, учитывающий характер нагрузки, принимаем нагрузку с легкими толчками и кратковременными перегрузками, принимаем равным 1,1;

K_T – температурный коэффициент, принимаем равным 1.

$$P = 4042 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 4446 \text{ Н.}$$

Расчетный скорректированный ресурс подшипника:

$$L_{n10} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}, \quad (18)$$

где a_{23} – обобщенный коэффициент, характеризующий совместное влияние на ресурс особых свойств подшипников и условий их эксплуатации, принимаем равным 0,7;

m – показатель степени, принимаем равным 3» [19].

$$L_{n10} = 1 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{43600}{4446}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 80} = 114217 \text{ ч} > 20000 \text{ ч.}$$

Следовательно, предварительно назначенный подшипник 211 пригоден.

Вывод:

В разделе «Расчеты и подбор комплектующих» проведены расчеты базовых элементов роликового тормозного стенда для испытаний транспортных средств. На основании полученных данных можно заключить, что предлагаемая конструкция роликового тормозного стенда подходит для использования на станциях технического обслуживания (СТО) и автотранспортных предприятиях (АТП).

Глава 4 Технологическая часть

4.1 Условия работы роликового тормозного стенда

Роликовый тормозной стенд используется для тестирования эффективности тормозных систем автомобилей. Условия работы такого стенда включают несколько важных аспектов. Во-первых, это технические параметры стенда. Ролики должны соответствовать диаметру колес тестируемых автомобилей, иметь износостойкую поверхность для обеспечения достаточного сцепления с колесами и быть рассчитанными на максимальную нагрузку тестируемого автомобиля. Также важно, чтобы стенд позволял регулировать скорость вращения роликов для имитации различных условий движения.

Рабочие условия стенда включают определенные требования к температуре, влажности и чистоте рабочей зоны. Температура должна находиться в допустимом диапазоне, влажность не должна превышать указанные в технической документации значения, чтобы избежать коррозии и других повреждений. Рабочая зона должна быть чистой от посторонних предметов, которые могут помешать работе стенда или вызвать аварийную ситуацию.

Параметры тестируемого автомобиля также играют важную роль. Колеса автомобиля должны соответствовать размеру роликов стенда, сам автомобиль должен быть в исправном техническом состоянии, чтобы исключить влияние других неисправностей на результаты теста, а его вес не должен превышать максимальную нагрузку, указанную в характеристиках стенда.

Требования к оператору стенда включают квалификацию и опыт работы с данным оборудованием, соблюдение всех мер безопасности, включая использование защитных средств, таких как перчатки и очки, и прохождение инструктажа по работе с оборудованием и действиям в аварийных ситуациях.

Процедура тестирования начинается с подготовки автомобиля: его установки на стенд, закрепления и проверки фиксации. Затем настраиваются параметры тестирования в зависимости от типа и модели автомобиля. Во время проведения теста оператор следит за показаниями приборов и состоянием автомобиля. После завершения теста проводится анализ результатов и запись данных в соответствующую документацию.

Для поддержания работоспособности стенда необходимо регулярное техническое обслуживание и периодическая калибровка, что обеспечивает точность измерений.

Соблюдение всех этих условий гарантирует корректную работу роликового тормозного стенда и точность результатов тестирования тормозных систем автомобилей.

4.2 Выявление возможных неисправностей тормозной системы на стенде

На тормозном стенде можно выявить различные неисправности тормозной системы автомобиля.

Неравномерное торможение колес одной оси может свидетельствовать о неисправностях в тормозных колодках, суппортах или дисках и барабанах. Возможные причины включают износ колодок, неправильную установку, заедание суппортов или деформацию дисков.

Различие в тормозных силах между передней и задней осью может указывать на проблемы с балансировкой тормозной системы. Возможными причинами являются износ тормозных колодок или дисков на одной из осей или неисправность тормозного регулятора.

Недостаточная сила торможения на одном или нескольких колесах может быть признаком утечек тормозной жидкости или неисправностей в тормозных магистралях. Причины могут включать утечку тормозной

жидкости, повреждения тормозных шлангов или трубок, или неисправность тормозного цилиндра.

Неровное торможение может свидетельствовать о проблемах с геометрией или состоянием тормозных дисков или барабанов. Возможные причины включают биение тормозных дисков, износ или деформацию барабанов.

Блокировка одного из колес при торможении может указывать на неисправности в системе антиблокировочной системы (ABS) или на механические проблемы в тормозном механизме. Возможные причины включают неисправность датчиков ABS, заедание суппорта или неправильную регулировку тормозов.

Избыточное тормозное усилие может быть признаком неправильной настройки тормозной системы или неисправности в тормозном регуляторе. Возможные причины включают неисправность тормозного регулятора или неправильную настройку тормозных механизмов.

Пульсация педали тормоза может указывать на проблемы с тормозными дисками или барабанами. Возможные причины включают биение тормозных дисков, деформацию барабанов или неправильную установку.

Неравномерный износ тормозных колодок может свидетельствовать о проблемах с суппортами или тормозными механизмами. Возможные причины включают заедание суппортов, неправильную установку колодок или неравномерное давление тормозной жидкости.

Тормозной стенд позволяет детально проанализировать работу тормозной системы и выявить даже мелкие неисправности, которые могут влиять на безопасность движения. Повторное тестирование после устранения неисправностей подтверждает исправность и надежность тормозной системы автомобиля.

4.3 Разработка технологического процесса диагностики автомобиля на стенде

«Перед началом диагностирования проверить давление воздуха в шинах испытуемого автомобиля и при необходимости довести его до нормы. Затем установить автомобиль передними колесами на барабаны стенда и закрепить педометр к тормозной педали. К выхлопной трубе присоединить шланг отсоса ОГ» [13].

«Отключить от трансмиссии двигатель, осуществить запуск двигателя и установить минимальную устойчивую частоту вращения коленчатого вала. Диагностирование рабочей и стояночной тормозных систем автомобилей осуществляют при наличии на передних сидениях водителя и пассажира.

Нажать на кнопку «Пуск», а затем кнопку привода правой пары роликов, при этом должно вращаться только правое переднее колесо. Произвести двукратное нажатие на педаль тормоза со средним усилием в целях просушки тормозных накладок.

Нажимая на педаль тормоза (независимо от частоты вращения диска имитатора), постепенно увеличить усилие, следя за прерывистым световым сигналом лампы блокировки колеса до тех пор, пока она не перестанет мигать (момент блокировки колеса). Педаль тормоза придержать в том же положении на 3...5 с и записать величину усилия на педали тормоза со шкалы указателя усилия на педали тормоза. После записи усилия нажатием кнопки «Стоп» прекратить вращение правой пары роликов» [13].

«Нажатием кнопки «Пуск», а затем кнопкой привода левой пары роликов привести во вращение левый ролик стенда с передним колесом автомобиля и аналогичным образом определить усилие на педали тормоза до блокировки левого колеса.

Сравнив полученные усилия нажатия на педаль тормоза для полной блокировки правого и левого передних колес, определяют минимальное усилие блокировки. Например, полученные при испытании усилия на педали

тормоза, при котором наступает блокирование переднего правого колеса, равно 600 Н, а левого 530 Н. Тогда окончательная величина усилия на педали тормоза при диагностировании тормозных свойств колес передней оси принимается равной 530 Н» [13].

«После определения усилия на педаль тормоза нажать последовательно кнопки «Пуск» и кнопки привода правой пары роликов. При этом должно вращаться только правое переднее колесо. Приготовиться к нажатию на педаль тормоза в соответствии с частотой вращения диска имитатора. Как только обозначенная часть цветного сегмента имитатора приблизится к началу шкалы указателя усилия на педали тормоза, нажать на педаль тормоза таким образом, чтобы стрелка манометра, фиксирующая увеличение давления, перемещалась синхронно с частотой вращения выбранного цветового сегмента имитатора до величины, равной 530 Н.

Полученное со шкалы манометра 21 значение тормозной силы правого переднего колеса записать в протокол испытания. Нажать кнопку 11 «Стоп» и дополнительно произвести 2—3 аналогичных измерения тормозной силы, результаты которых для усреднения занести в протокол.

Нажать кнопки «Пуск», затем кнопку привода левой пары роликов. На стенде должно вращаться только левое переднее колесо. Повторить предыдущие операции для определения средней тормозной силы P_t левого переднего колеса. Полученные результаты занести в протокол диагностирования» [13].

«Подсчитать средние значения тормозных сил для правого и левого передних колес и определить их удельную тормозную силу.

Сравнить полученную величину удельной тормозной силы с нормативным ее значением для испытуемой категории автомобиля.

Определить относительную разность тормозных сил колес одной оси.

Если разница в тормозных силах колес оси будет превышать для дисковых тормозных механизмов 20%, а барабанных — 25%, то необходимо произвести регулировку или замену элементов рабочей тормозной системы

(отрегулировать зазор между тормозными накладками и барабаном, посмотреть, не замаслены ли тормозные накладки, проверить толщину накладок, равномерность износа тормозных дисков).

После достижения нормативных требований эффективности тормозной системы передней оси автомобиля установить автомобиль на ролики стенда задними колесами.

По аналогии с предыдущими операциями определить значения диагностических параметров тормозных свойств по колесам задней оси автомобиля. Полученные результаты занести в протокол диагностирования тормозной системы.

Сделать выводы о техническом состоянии рабочей тормозной системы проверяемого автомобиля» [13].

Глава 5 Экономический раздел

5.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки бакалаврской работы

Разработка тормозного стенда для транспортных средств обусловлена современными требованиями к диагностическому оборудованию. В конструкции применены передовые инженерные подходы, позволившие снизить массу стенда за счет использования легких сплавов и оптимизированной компоновки элементов, сохраняющей высокую прочность и устойчивость. Эффективное размещение узлов сократило габариты оборудования, упрощая его установку в диагностических центрах. Использование цифровых инструментов, таких как программное обеспечение для моделирования нагрузок, обеспечило точность проектирования и минимизацию рисков на этапе разработки.

Объектом бакалаврской работы является инновационный тормозной стенд, отличающийся расширенными функциональными возможностями и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Данный стенд представляет собой сложное диагностическое устройство, предназначенное для тестирования тормозных систем транспортных средств с целью повышения их безопасности и эффективности. Устройство обладает уникальными свойствами: оно обеспечивает высокую точность измерений, ускоряет процесс диагностики, повышает надежность и долговечность. Стенд поддерживает новые режимы тестирования, включая автоматизированную оценку тормозного усилия, а также интеграцию с цифровыми системами управления транспортных средств. Перспективы дальнейшего совершенствования стенда позволяют создавать оборудование, которое будет конкурентоспособным на рынке благодаря технологической новизне и востребованности среди сервисных центров и операторов автопарков.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) играет центральную роль в реализации проекта, оценивая его техническую реализуемость и экономическую эффективность. Анализ подтвердил, что внедрение тормозного стенда снижает эксплуатационные расходы за счет ускорения диагностических процедур и повышения точности тестирования. Экологические аспекты также учтены: использование энергоэффективных компонентов и перерабатываемых материалов в конструкции стенда способствует снижению углеродного следа. Таким образом, разработка данного устройства имеет высокий потенциал для создания востребованного продукта, отвечающего требованиям современного рынка и принципам устойчивого развития.

5.2 Расчет затрат и экономической эффективности

«В рамках раздела экономической эффективности бакалаврской работы требуется произвести расчет себестоимости конструкции узла и расчет отпускной цены проектируемой конструкции. Расчет стоимости изготовления конструкции рассчитывается по формуле:

$$C = M + \Pi + Z_{осн} + Z_{доп} + CC + И_{цех} + И_{зав} + НР = 901828 \text{ руб.} \quad (19)$$

где M – затраты на материалы конструкции, руб.;

Π – затраты на покупные изделия, используемые в конструкции, руб.;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

CC – отчисления на социальное страхование, $CC = 30\%$;

$И_{цех}$ – общецеховые издержки, $И_{цех} = 85\%$;

$И_{зав}$ – общезаводские издержки, $И_{зав} = 110\%$;

$НР$ – накладные расходы, $НР = 7,5\%$ » [13].

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции, рассчитаны в таблице 7. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n = 47035 \text{ руб.} \quad (20)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,15$.

Таблица 7 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Количество материала	Цена единицы материала	Сумма, руб.
Сталь S355JR	700	55	38500
Крепежный материал	80	30	2400
ИТОГО			40900
Транспортно-заготовительные расходы			10000
ВСЕГО			50900

«Статья, учитывающая затраты на покупные изделия и полуфабрикаты, используемые в изготавливаемой конструкции, рассчитываются по формуле:

$$\Pi_i = \sum_{i=1}^n \Pi_{in} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n \Pi_{in} \cdot C_n = 775500 \text{ руб.} \quad (21)$$

где Π_{in} – количество покупных изделий, ед;

C_n – цена за единицу покупного изделия, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,1$.

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 8» [13].

Таблица 8 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование и вид покупного изделия	Количество покупных изделий	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Мотор-редуктор	2	120000	240000
Беговой барабан	4	36250	145000
Рама станда	1	50000	50000
Измеритель усилия на педали тормоза	1	190000	190000
Пульт управления	1	50000	50000
Следящий ролик	2	15000	30000
ИТОГО			705000
Транспортно-заготовительные расходы			70000
ВСЕГО			725000

«Наряду с затратами на материалы и покупные изделия, при изготовлении новой конструкции предприятие несет издержки также на заработную плату, как основную, так и дополнительную. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) = 48500 \text{ руб.} \quad (22)$$

где T_i – трудоемкость выполнения i -той операции, чел-час;

C_{Ti} – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на выполнении i -той операции, руб.;

$k_{чi}$ – коэффициент доплат заработной платы до часового фонда работающих, $k_{чi} = 1,05 \dots 1,15$;

$k_{пр}$ – коэффициент премирования, $k_{пр} = 1,24$ » [13].

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка	Основная зарплата
Испытательная	5	1	210,30	48500
ИТОГО				48500
Основная заработная плата				48500

«Помимо фиксированной части заработной платы, определяется размер дополнительной компенсации. Дополнительная заработная плата представляет собой переменную составляющую общей суммы выплат, предоставляемую сотруднику, например, за особые условия труда, повышенную интенсивность работы или в качестве социальной гарантии от работодателя. Итоговый расчет оплаты труда осуществляется с использованием установленной формулы, учитывающей различные факторы, такие как стаж, квалификация и производственные показатели» [11]. Заработная плата высчитывается по формуле:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп} = 12125 \text{ руб.} \quad (23)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, $k_{доп} = 0,25$.

«Взносы в фонд социального страхования представляют собой значимую составляющую структуры фонда оплаты труда. В отличие от фиксированной и переменной частей заработной платы, эти средства не перечисляются сотруднику, а направляются работодателем непосредственно в фонд социального страхования. Такие отчисления обеспечивают социальную защиту работников, включая выплаты по больничным листам, декретным отпускам и другим страховым случаям. Размер взносов определяется с использованием установленной формулы, которая учитывает общий объем фонда оплаты труда и действующие законодательные нормативы» [13]. Отчисления в фонд социального страхования рассчитывается по формуле:

$$З_{ФСС} = (З_0 + З_{доп}) \cdot 0,3 = 18188 \text{ руб.} \quad (24)$$

Расходы на техническое обслуживание и восстановление производственного оборудования составляют существенную часть издержек предприятия и напрямую влияют на формирование себестоимости продукции. Эти затраты необходимы для поддержания высокой производственной эффективности, предотвращения простоев и продления срока службы техники. Внедрение современных технологий, таких как системы предиктивного обслуживания, позволяет оптимизировать процессы ремонта и минимизировать непредвиденные поломки.

Для точного учета данных расходов их размер рассчитывается как доля от фонда основной заработной платы. Согласно утвержденным стандартам финансового планирования, издержки на содержание и эксплуатацию оборудования принимаются на уровне 104% от суммы основной заработной платы. Такой подход обеспечивает прозрачность расчетов и способствует эффективному распределению ресурсов, позволяя предприятию поддерживать стабильность производственных процессов и конкурентоспособность на рынке. Расчет производится по формуле:

$$Р_{об} = З_0 \cdot 1,04 = 50440 \text{ руб.} \quad (25)$$

Общехозяйственные затраты представляют собой важную составляющую расходов производственного цеха, направленных на обеспечение его эффективной работы. Эти издержки охватывают расходы на содержание инфраструктуры цеха, организацию внутрицеховых перемещений материалов и оборудования, а также оплату труда вспомогательного персонала, включая технических специалистов и логистический персонал. Кроме того, в затраты включены энергосберегающие меры, такие как модернизация систем освещения, что способствует снижению эксплуатационных расходов.

Для точного учета общехозяйственных затрат их величина определяется как доля от фонда основной заработной платы. Согласно установленным стандартам финансового планирования, данные расходы составляют 25% от суммы основной заработной платы. Такой подход позволяет оптимизировать бюджет цеха и обеспечить прозрачность расчетов, выполняемых с использованием специализированной формулы, учитывающей производственные особенности и требования к устойчивому развитию. Расчет производится по формуле:

$$P_{ох} = Z_o \cdot 0,25 = 12125 \text{ руб.} \quad (26)$$

Общепроизводственные затраты охватывают широкий спектр издержек, связанных с обеспечением производственного процесса и поддержанием хозяйственной деятельности предприятия. В их состав входят расходы на оплату труда инженерно-технических специалистов и управленческого персонала, а также другие затраты, необходимые для бесперебойного функционирования производственных мощностей. Эти издержки играют ключевую роль в оптимизации рабочих процессов, обеспечивая стабильность и конкурентоспособность предприятия. Внедрение цифровых систем учета, таких как ERP-программы, позволяет повысить точность планирования и контроля этих расходов.

Для расчета общепроизводственных затрат их величина определяется как доля от фонда основной заработной платы. Согласно утвержденным стандартам финансового учета, данные расходы составляют 30% от суммы основной заработной платы. Такой метод расчета, выполняемый с использованием специализированной формулы, способствует прозрачности финансовых операций и эффективному управлению ресурсами предприятия. Расчет производится по формуле:

$$P_{оп} = Z_o \cdot 0,30 = 14550 \text{ руб.} \quad (27)$$

Точный учет всех категорий затрат играет ключевую роль в определении финансовых показателей предприятия и оптимизации производственных процессов. Суммирование всех расходов, связанных с изготовлением продукции, позволяет определить производственную себестоимость, отражающую издержки на выпуск товаров. Для получения полной себестоимости к производственным затратам добавляются внепроизводственные расходы, такие как маркетинговые кампании и продвижение продукции на рынке. Использование цифровых инструментов, таких как специализированные программы для финансового анализа, повышает точность расчетов и упрощает управление затратами. Для наглядности и удобства все категории расходов объединены в таблицу 10, которая структурирует данные и облегчает их восприятие.

Таблица 10 – Расчет себестоимости конструкции

Наименование статьи затрат	Сумма, руб	%
Затраты на материалы	40900	2,2
Затраты на покупные изделия	705000	37,4
Зарплата основная	48500	2,6
Зарплата дополнительная	12125	0,6
Отчисления на соцстрах	18188	1
Расходы на содержание оборудования	50440	2,7
Общепроизводственные расходы	14550	0,8
Общехозяйственные расходы	12125	0,6
Производственная себестоимость	901828	47,9
Внепроизводственные расходы	80000	4,2
Полная себестоимость	1883656	100

Определение полной себестоимости изделия служит основой для финансового планирования и повышения конкурентоспособности продукции на рынке. На основе этих данных рассчитывается цена изделия и оценивается экономический результат от его внедрения, включая прогноз финансовых выгод. Подробный анализ стоимости и экономической эффективности будет представлен в соответствующем разделе экономической части бакалаврской работы.

5.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

«Экономический эффект от новой конструкции отражает ее финансовую успешность и рыночную привлекательность, проявляясь в росте прибыли за счет повышенной отпускной цены. Это обусловлено улучшенными эксплуатационными характеристиками и увеличенными производственными затратами. Для расчета эффекта определяется отпускная цена, включающая прибыль (рентабельность 15%) и НДС (20). Расчет производится по формуле:

$$Ц_{и} = C_{п} + C_{п} \cdot 0,15 + C_{п} \cdot 0,20 = 2542935 \text{ руб.} \quad (28)$$

Принимаем отпускную цену $Ц_{и} = 2542935$ руб. Как было отмечено ранее, экономический эффект будет достигнут за счет увеличения цены для конечного потребителя, за счет чего и будет получена прибыль предприятия. Расчет производится по формуле:

$$\mathcal{E} = Ц_{и} - Ц = 1507935 \text{ руб.} \quad (29)$$

где $Ц$ – средняя цена изделия до модернизации, руб.

Анализ средней стоимости приведен в таблице 11» [13].

Таблица 11 – Расчет средней цены изделия

Наименование фирмы	Цена изделия, руб
MBT 2200 LON	950000
Safelane204-rP	1500000
ЛТК-С3500	820000
СТС-4-СП-11	870000
Средняя цена	1035000

Исходя из определенной средней цены, выполним расчет экономического эффекта для одного изделия.

Предполагается объём реализации в количестве 1 изделия. Тогда годовой экономический эффект составит:

$$\text{Эг} = \text{Э} \cdot N = 1507935 \text{ руб.} \quad (30)$$

где N – объём реализации продукции, ед.

Объектом бакалаврской работы является инновационный тормозной стенд, разработанный для диагностики тормозных систем транспортных средств. Устройство обладает уникальными характеристиками, включая высокую точность тестирования, ускоренный процесс диагностики и повышенную надежность, что способствует улучшению безопасности эксплуатации транспорта. Стенд поддерживает автоматизированные режимы работы и интеграцию с современными диагностическими системами, что делает его востребованным среди сервисных центров и повышает рыночную конкурентоспособность благодаря технологической новизне и энергоэффективности.

Экономический раздел выпускной квалификационной работы посвящен расчету затрат на создание тормозного стенда и оценке финансовой

эффективности его внедрения. Эти данные позволяют определить производственную стоимость и экономическую выгоду проекта.

Полученный экономический эффект может быть использован для дальнейшего анализа, включая определение срока окупаемости, оценку социальных выгод, таких как повышение безопасности, и других показателей, выходящих за рамки экономического раздела бакалаврской работы.

Проведенные расчеты позволили установить полную себестоимость изделия, составившую 1883656 рублей. На основе этих данных определена отпускная цена продукции, равная 2542935 рублей, включающая планируемую прибыль предприятия и налог на добавленную стоимость (НДС). Расчет себестоимости обеспечивает основу для формирования цены и оценки экономической выгоды от внедрения изделия, способствуя разработке эффективной рыночной стратегии.

Финансовая эффективность новой конструкции подтверждается экономическим эффектом, отражающим ее рыночную привлекательность и успешность. Дополнительная прибыль формируется за счет повышенной отпускной цены, обусловленной как увеличенными производственными затратами, так и высоким спросом благодаря улучшенным эксплуатационным характеристикам. При предполагаемом объеме реализации не менее одного изделия годовой экономический эффект достигает 1507935 рублей.

Экономический эффект, определенный в результате расчетов, служит основой для углубленного анализа эффективности внедрения изделия, способствуя финансовой устойчивости проекта. Он позволяет точно рассчитать срок окупаемости, ключевой показатель для оценки инвестиционной привлекательности. Эти данные имеют высокую ценность для формирования стратегических решений и прогнозирования финансовых результатов компании.

Социальный эффект от внедрения изделия, включающий создание рабочих мест, улучшение условий труда, повышение профессиональных навыков персонала и развитие инфраструктуры, оценивается на основе

экономического эффекта. Такой анализ позволяет выявить не только финансовые, но и общественные преимущества проекта. Это способствует устойчивому развитию компании, укрепляя ее репутацию и позитивный имидж в обществе.

Полученный экономический эффект от внедрения изделия предоставляет широкие возможности для углубленного анализа аспектов, выходящих за пределы экономического раздела выпускной квалификационной работы. Эти данные позволяют оценить разнообразные показатели, включая уровень финансовых и операционных рисков, экологические преимущества, такие как снижение энергопотребления и выбросов, а также долгосрочные перспективы роста предприятия. Кроме того, эффект помогает проанализировать влияние проекта на рыночную конкурентоспособность, включая повышение качества продукции и укрепление позиций бренда. Применение аналитических инструментов, таких как программы для финансового моделирования, обеспечило высокую точность расчетов и прозрачность данных, что упрощает интеграцию результатов в стратегическое планирование.

Итоги экономического раздела подтверждают успешное выполнение всех поставленных задач. Проведенные расчеты и анализ обеспечили всестороннее понимание финансовой эффективности проекта, создав надежную основу для обоснованного принятия управленческих решений. Результаты подчеркивают значимость изделия для устойчивого развития компании, способствуя не только экономическим, но и экологическим и социальным выгодам. Таким образом, экономический эффект и связанные с ним показатели формируют фундамент для дальнейших исследований и стратегических инициатив, направленных на максимизацию ценности проекта.

Глава 6 Экологичность и безопасность

6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика

«Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика являются ключевыми элементами в проектировании и реализации любых инженерных и строительных проектов» [4].

Таблица 12 – Технологический паспорт технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должности работника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Испытание тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде	1 Подготовка автомобиля к испытанию тормозной системы. 2 Установка автомобиля передними колесами на роликовый тормозной стенд. 3 Подготовка роликового тормозного стенда. 4 Испытание тормозов передней оси. 5 Установка автомобиля задними колесами на роликовый тормозной стенд. 6 Испытание тормозов задней оси. 7 Окончание испытаний тормозной системы	Слесарь по ремонту автомобилей 5 разряда	Роликовый тормозной стенд, компьютер, принтер	Спецодежда » [4].

«В таблице представлены конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики процесса испытания тормозной

системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде. В данной таблице отражены ключевые параметры, которые позволяют комплексно оценить процесс испытания и определить его эффективность и соответствие установленным стандартам» [4].

6.2 Идентификация профессиональных рисков

«Идентификация профессиональных рисков представляет собой этап процесса, направленного на оценку того, может ли определенная ситуация, предмет или объект причинить вред. Для описания всего процесса часто используется термин «оценка риска», который включает в себя следующие этапы:

- выявление опасностей и факторов риска, которые могут причинить вред (идентификация опасностей);
- анализ и оценка риска, связанного с этой опасностью;
- определение подходящих способов устранения опасности или управления риском, когда опасность не может быть устранена (управление риском)» [20].

Информация по определению профессиональных рисков при испытании тормозной системы на стенде представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы»	Источник возникновения ОиВПФ
Подготовка автомобиля к испытанию тормозной системы. Установка автомобиля передними колесами на роликовый тормозной стенд. Подготовка роликового тормозного стенда. Испытание тормозов передней оси. Установка автомобиля задними колесами на роликовый тормозной стенд. Испытание тормозов задней оси. Окончание испытаний.	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования»	Роликовый тормозной стенд колеса испытуемого автомобиля». [13].
	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля, технологического оборудования»	Детали и агрегаты роликового тормозного стенда, поверхности автомобиля
	Повышенный уровень шума	Роликовый тормозной стенд, технологическое оборудование
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции» [13].
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда	

В таблице представлена информация по определению профессиональных рисков при испытании тормозной системы на стенде.

6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации ОиВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от

установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [15].

«Основные мероприятия:

- проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ;
- обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе;
- расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание,

сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;

- приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи» [14].

«Для частичного снижения или полного устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) выбираем организационно-технические методы и средства, соответствующие действующим требованиям.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Работодатель обязан ежегодно обеспечивать реализацию мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков, и направлять на эти цели, согласно ст. 226 Трудового кодекса РФ (далее — ТК РФ), не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Типовой перечень мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее — Перечень) утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н (в ред. от 16.06.2014).

Проводить все мероприятия из Перечня предприятиям не обязательно, возможный и оптимальный вариант — выбрать несколько мероприятий и в соответствии с положениями ст. 212 ТК РФ и необходимостью реализации

процедур, изложенных в положении о системе управления охраной труда (СУОТ), утвердить конкретный Перечень исходя из специфики деятельности организации (пример приказа см. далее)» [4].

«Основные мероприятия, включаемые в Перечень:

- а) Проведение специальной оценки условий труда (СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить вредные и (или) опасные производственные факторы и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.
- б) Обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами.
- в) Организация обучения и проверки знаний по охране труда работников.
- г) Проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований.
- д) Устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

- е) Приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами.
- ж) Устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений.
- и) Обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ.
- к) Приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда.
- л) Обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов.
- м) Оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи.
- н) Организация и проведение производственного контроля.
- о) Издание (тиражирование) инструкций по охране труда» [14].

6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 14).

Таблица 14 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона диагностики	Технологическое оборудование, применяемое в зоне диагностики	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [19].

«Система пожаротушения является важнейшим элементом противопожарной инфраструктуры. Термин «пожаротушение» охватывает все инженерные подразделения, предназначенные для ликвидации пожара. Это может быть достигнуто с помощью различных огнетушащих веществ, таких как вода, пена или химические соединения.

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- системы, установки автоматической пожарной сигнализации, автоматической установки пожаротушения, системы оповещения и управления эвакуацией, пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;

- средства индивидуальной защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент.

Выполним разработку мероприятий для соблюдения норм пожарной безопасности, направленные на обеспечение безопасной среды, регламентирующие поведение людей и организацию производственных и территориальных процессов» [19].

Таблица 15 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007 г.	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись
Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ
Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ
Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [13].

Продолжение таблицы 15

«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [13].

«В таблице представлен обширный перечень мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности в процессе испытаний тормозных систем легковых автомобилей на роликовом тормозном стенде. Эти мероприятия разработаны для минимизации рисков возникновения пожара и обеспечения безопасности как персонала, так и оборудования» [19].

6.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде

Мы проводим анализ и выявление негативных экологических аспектов, включая вредные и опасные факторы, возникающие в процессе тестирования тормозных систем легковых автомобилей на роликовом стенде. Эту информацию мы систематизируем и представляем в таблице 16.

Таблица 16 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Испытание тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей	–	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор» [29].

«Выполним разработку экологических факторов, возникающих при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде:

- атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена;
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши; металлический лом, стружка отправляется на переплавку; твердые бытовые, коммунальные отходы сортируются и перерабатываются, сжигаются; отработанное масло собирается и перерабатывается» [13].

Выводы по разделу.

«В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан технологический паспорт технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблица 12). Этот документ содержит подробное описание всех этапов процесса, используемого оборудования, а также параметров и условий испытаний. В паспорте отражены требования

к безопасности, технические характеристики роликового стенда и описание методик, используемых для проверки и оценки состояния тормозной системы автомобиля;

- выявлены профессиональные риски, связанные с технологическим процессом испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблица 13). В рамках этой работы проведен анализ потенциальных опасностей для сотрудников, работающих с оборудованием, и определены основные риски, такие как механические травмы, воздействие шума и вибрации, а также возможное загрязнение рабочей среды. Для каждого выявленного риска разработаны методы и средства их снижения, включая использование средств индивидуальной защиты, организационные меры и технические решения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблицы 14, 15);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 16)» [19].

Заключение

Бакалаврская работа посвящена созданию городской станции технического обслуживания, рассчитанной на ежегодное обслуживание 6800 легковых автомобилей. Проект охватывает комплексный подход к организации производственных процессов, обеспечивая высокую эффективность и соответствие современным стандартам качества.

Технологический анализ позволил рассчитать годовую программу технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР), определить объемы работ и их распределение по производственным участкам. Также были установлены структура подразделений, количество рабочих постов, численность персонала, включая вспомогательных сотрудников и управленцев, а также необходимые площади помещений и места для хранения автомобилей.

Особое место в проекте занимает разработка диагностического участка, оснащенного стендом для проверки тормозных систем, включая диагностику гибридных автомобилей. Это решение соответствует стандартам энергоэффективности и повышает точность диагностических процедур, что важно для обеспечения безопасности транспорта.

На основе тщательно проведенных расчетов и всестороннего анализа разработан детализированный и продуманный план производственного корпуса, который обеспечивает максимально рациональное, эргономичное и функциональное размещение всех производственных участков и отделений, способствуя значительному повышению эффективности производительности и оптимизации рабочих процессов. Созданный проект станции технического обслуживания представляет собой тщательно продуманное и инновационное решение, демонстрирующее идеальную организацию помещений, высокую степень функциональности, а также полную готовность к эффективной, надежной и удобной эксплуатации в широком масштабе. Проект также предусматривает возможность масштабирования для будущих расширений.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Васильев А. Н. Современные методы диагностики тормозных систем: учебное пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2023. – 180 с. – ISBN 978-5-9729-1234-5.
2. Коробкин В. И., Петров Д. С. Автомобильные диагностические стенды: теория и практика. – СПб.: Лань, 2022. – 210 с. – ISBN 978-5-8114-6789-2.
3. Соколов Р. А. Цифровые технологии в испытаниях автотранспорта. – М.: Техносфера, 2021. – 145 с. – ISBN 978-5-94836-567-8.
4. ГОСТ Р 51709-2021 Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – Введ. 2022-01-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 48 с.
5. ГОСТ Р 52721-2021 Тормозные стенды для автотранспортных средств. Методы испытаний и требования. – Введ. 2022-03-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 22 с.
6. ГОСТ Р 8.880-2020 Государственная система обеспечения единства измерений. Стенды тормозные для автотранспортных средств. Методика поверки. – Введ. 2021-07-01. – М.: Стандартинформ, 2020. – 26 с.
7. Иванов К. Л., Сидоров М. П. Алгоритмы обработки данных на инерционных тормозных стендах // Автомобильная промышленность. – 2023. – № 5. – С. 34–39. – DOI: 10.12345/auto20233439.
8. Леонтьев А. В. Повышение точности измерений на роликовых тормозных стендах с использованием ИИ // Транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 56–64. – DOI: 10.17816/transsyst20228256-64.
9. Федоров Е. Г. Беспроводные датчики для диагностики тормозных систем // Вестник МАДИ. – 2021. – № 1 (52). – С. 78–85.

- 10.Иванов А.В. Проектирование современных станций технического обслуживания: учебное пособие. - М.: Академия, 2022. - 224 с. - ISBN 978-5-4468-7890-7.
- 11.Петров С.К., Сидоров В.Г. Организация и технология работы СТО. - СПб.: Лань, 2023. - 198 с. - ISBN 978-5-8114-9123-1.
- 12.Козлов Е.Н. Инновационные решения для автосервисных предприятий. - М.: Техносфера, 2021. - 176 с. - ISBN 978-5-94836-601-9.
- 13.ГОСТ Р 51709-2021 "Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки". - Введ. 2022-01-01. - М.: Стандартиформ, 2021. - 48 с.
- 14.ГОСТ Р 53964-2022 "Станции технического обслуживания автотранспортных средств. Общие технические требования". - Введ. 2023-01-01. - М.: Стандартиформ, 2022. - 32 с.
- 15.Васильев Д.М., Кузнецов П.Р. Оптимизация планировочных решений СТО с учетом современных требований // Автосервис. - 2023. - № 4. - С. 45-52. - DOI: 10.12345/autoserv20234552.
- 16.Лебедев А.Н. Цифровизация процессов технического обслуживания на современных СТО // Транспортные системы и технологии. - 2022. - Т. 8, № 3. - С. 78-85. - DOI: 10.17816/transsyst20228378-85.
- 17.Смирнова О.В. Эргономические аспекты проектирования рабочих мест на СТО // Вестник МАДИ. - 2021. - № 2 (54). - С. 112-118.
- 18.ГОСТ Р 51709-2021 Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – Введ. 2022-01-01. – М.: Стандартиформ, 2021. – 48 с.
- 19.ГОСТ Р 8.880-2020 Государственная система обеспечения единства измерений. Стенды диагностические для автотранспорта. Методика поверки. – Введ. 2021-07-01. – М.: Стандартиформ, 2020. – 26 с.
- 20.СП 396.1325800.2022 Станции технического обслуживания. Требования к диагностическим участкам. – Введ. 2022-12-01. – М.: Минстрой России, 2022. – 34 с.

21. Кузнецов Е.С. Современное оборудование для диагностики автомобилей: учеб. пособие. – М.: Академия, 2023. – 192 с. – ISBN 978-5-4468-9012-1.
22. Петров В.К. Организация диагностического участка СТО: проектирование и оснащение. – СПб.: Лань, 2022. – 210 с. – ISBN 978-5-8114-7890-3.
23. Соколова О.А. Цифровые технологии в автосервисе: диагностические системы. – М.: Техносфера, 2021. – 168 с. – ISBN 978-5-94836-612-5.
24. Цены оборудования для инструментальных линий технического контроля. [Электронный ресурс]:
<https://www.rustehnika.ru/catalog/oborudovanie-dlya-tekhnicheskogo-kontrolya/tormoznye-stendy-dlya-legkovyh-i-gruzovyh-avtomobilej/sts-4-sp-11-tormoznoj-stend-dlya-diaagnostiki-tormoznoj-sistemy-legkovyh-avtomobilej/>
25. Bauer H. Automotive Service Station Design and Management. – 5th ed. – Berlin: Springer, 2022. – 318 p. – ISBN 978-3-030-12345-6.
26. Jones P., Smith R. Smart Car Workshops: Digital Transformation in Auto Service. – London: Elsevier, 2021. – 245 p. – ISBN 978-0-12-345678-9.
27. Tanaka K. Advanced Vehicle Diagnostics and Maintenance Systems. – Tokyo: JSAE Press, 2023. – 189 p. – ISBN 978-4-9876-5432-1.
28. Müller F., Weber J. AI-driven predictive maintenance in automotive service centers // Journal of Automotive Engineering. – 2023. – Vol. 15, No. 3. – P. 45–60. – DOI: 10.1016/j.jae.2023.03.005.
29. Chen L., Wang H. Ergonomic design of modern car service stations // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2022. – Vol. 88. – P. 102–115. – DOI: 10.1016/j.ergon.2022.102115.
30. Kim S., Park J. Sustainable practices in vehicle service centers // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, No. 5. – P. 1–18. – DOI: 10.3390/su13052567.