

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции роликового тормозного стенда

Обучающийся

В.Э. Холодов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции роликового тормозного стенда».

Цель дипломного проекта – Разработка конструкции роликового тормозного стенда.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 108 страниц с приложениями.

Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе проведен обзор технической литературы о тормозной системе легкового автомобиля, ее назначении, конструктивные схемы и достоинства и недостатки каждой из них.

Во втором разделе сопоставлены совокупности существенных признаков проектируемого объекта и аналогов, выбранных ранее из патентного поиска, объект не обладает критериями патентоспособности: изобретательский уровень, новизна

В третьем разделе выполнены расчеты базовых элементов роликового тормозного стенда для испытаний транспортных средств. На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что предлагаемая конструкция роликового тормозного стенда может быть применена на СТО, АТП.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки роликового тормозного стенда.

В пятом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта.

В шестом разделе определена эффективность разработки роликового тормозного стенда с экономической стороны.

Abstract

The topic of the graduation project is: «The design development of a roller brake stand.

The aim of the project is to develop the construction of the roller brake stand.

The object of the graduation project is the methodology of testing the car brake systems.

The subject of the graduation work is the development of a roller brake stand.

The graduation work consists of introduction, six parts, conclusion, the list of references including 5 foreign sources, appendices, and the graphic part on 10 A1 sheets.

To achieve the aim of work, we perform the following tasks: we make a review of the technical literature about the car braking system and its purpose; analyze the design schemes, and the advantages and disadvantages of each of them; check the compliance with the patentability criteria. Also, we calculate the basic elements of the roller brake stand for testing vehicles, develop the technological process for stand assembling, and determine the labor intensity.

The graduation project takes into consideration the issues of ensuring the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we report the results of economic efficiency calculation of the roller brake stand development.

Based on the results of graduation project, it can be concluded that the proposed design of the roller brake stand can be applied at the service station and transport enterprises.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса.....	8
1.1 Тормозная система легкового автомобиля ее назначение и применяемые варианты конструкций.....	8
1.2 Признаки неисправности тормозной системы.....	16
1.3 Обоснование конструкторской разработки.....	18
2 Патентный анализ аналогов.....	26
2.1 Обоснования необходимости патентных исследований.....	26
2.2 Исследование достигнутого уровня вида техники.....	27
2.3 Анализ результатов патентно-информационного поиска и разработка нового технического объекта.....	36
3 Конструкторская часть.....	37
3.1 Цель и назначение разработки.....	38
3.2 Конструкторский расчёт базовых элементов стенда.....	39
4 Технологический раздел.....	68
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	68
4.2 Определение трудоемкости сборки.....	70
4.3 Составление технологического процесса сборки роликового тормозного стенда.....	71
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	74
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде.....	77
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	78
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	79
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	84

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде.....	86
6 Экономическая эффективность проекта.....	88
Заключение	97
Список используемой литературы и используемых источников.....	98
Приложение А Спецификации.....	102

Введение

В начале разработки автомобилей особое внимание уделялось динамичности и устойчивости конструкции. Причина этого – относительно низкие скорости и в основном плохие дороги. С дальнейшими улучшениями в строительстве более качественных дорог наблюдается увеличение скорости автомобилей, но также и увеличение интенсивности движения, поэтому на первый план выходят вопросы безопасности дорожного движения, а, следовательно, и эксплуатационные и технические свойства управляемости и устойчивости. Интенсивность транспортных потоков на улицах и дорогах требует от каждого водителя полной концентрации и готовности в любой момент выполнить соответствующие маневры со своим транспортным средством, чтобы изменить скорость или направление движения в соответствии с требованиями, предъявляемыми дорожной ситуацией.

Конструкция и техническое состояние самого транспортного средства в современных дорожных условиях должны соответствовать требованиям движения, при котором транспортное средство должно иметь возможность хорошо и быстро менять направление и скорость в соответствии с пожеланиями водителя с минимальным потреблением энергии. При торможении в случае внезапной опасности необходимо обеспечить минимальный тормозной путь (максимальное замедление) без потери устойчивости (заноса) транспортного средства. Торможение в случае внезапной опасности очень важно, поскольку оно определяет безопасное движение, хотя и используется очень редко (3-5% от общего количества тормозов). Как бы ни было важно, чтобы транспортное средство безопасно останавливалось в определенных условиях, так же важно, чтобы оно не теряло своей устойчивости во время торможения, то есть двигалось по линии, продиктованной водителем. Во время резкого торможения транспортное средство часто становится неустойчивым, что может привести к серьезным последствиям. Устойчивость теряется, когда торможение

выполняется на пределе сцепления на одной или обеих осях транспортного средства.

«Одной из важнейших проблем, стоящих перед автомобильным транспортом, является повышение эксплуатационной надежности автомобилей за счет их качественного и своевременного ремонта и техобслуживания. Решение этой проблемы обеспечивается как автомобильной промышленностью путем выпуска более надежных автомобилей, так и совершенствованием методов технического обслуживания и ремонта автомобилей» [8].

Автомобильный рынок России уже долгое время переживает большие трудности. В 2021 году обозначилась серьезная проблема с поставками новых автомобилей из-за пандемии коронавируса. В автосалонах наблюдался сильный дефицит нового транспорта. Преимущественно это происходило из-за недостатка электронных компонентов, разрывом цепочек поставок и ростом цен на сырье (в первую очередь на сталь) необходимых для производства машин.

Теперь же к этому прибавилась еще одна проблема – санкционные ограничения, наложенные США и Европой на российские организации.

В условиях санкционных ограничений в отношении Российской Федерации и как следствие дефицита иностранных запчастей и деталей, повышения цен на автомобили, запчасти, поднятие расценок на техническое обслуживание, представляется интересным проведение качественной диагностики автомобиля, для своевременного выявления и предотвращения возможного дорогостоящего ремонта.

Целью ВКР является разработка конструкции роликового тормозного стенда.

1 Состояние вопроса

1.1 Тормозная система легкового автомобиля ее назначение и применяемые варианты конструкций

Как гласит первый закон движения Ньютона, объект остается в покое или в движении до тех пор, пока к нему не будет приложена внешняя сила, таким образом, эта идея породила тормозную систему в автомобильной промышленности.

В автомобильной промышленности транспортное средство и эффективная тормозная система также важны, как и источник энергии, чем выше мощность двигателя, тем выше должно быть тормозное усилие.

Торможение является важным элементом безопасности автомобиля. 90% аварий транспортных средств с наездом сзади и 60% лобовых столкновений можно эффективно избежать, если транспортное средство затормозит заранее, как только будет отпущена педаль акселератора. Обычная гидравлическая тормозная система используется уже давно и широко применяется в различных транспортных средствах, включая грузовики и автобусы. Однако эффективность тормозной системы зависит не только от трения тормозного диска, используемого фрикционного материала и размера тормозной колодки, но также от силы, действующей на главный цилиндр, и давления, доступного в тормозной жидкости. Для повышения производительности тормозная система продолжает технологически улучшать свои функции для достижения более высоких показателей безопасности и предотвращения несчастных случаев со смертельным исходом.

Тормозная система автомобиля – это совокупность деталей и механизмов, основное назначение которых – как можно быстрее замедлить вращение колес. Современные системы оснащены электронными

устройствами и механизмами, стабилизирующими автомобиль в условиях экстренного торможения или на нестабильных дорогах.

Все современные автомобили оборудованы тормозами на все четыре колеса. В тормозной системе современных автомобилей используется гидравлическая система. Различают следующие типы тормозов: дисковые или барабанные.

Передние тормоза считаются более важными, чем задние, потому что автомобиль во время торможения переносит вес вперед на передние колеса. Исходя из этого, на многих автомобилях устанавливаются более эффективные дисковые тормоза на передние колеса. Барабанные тормоза обычно используются на задних колесах. Примечательно, что в некоторых автомобилях используется полностью дисковая тормозная система как спереди, так и сзади.

Существуют различные типы тормозных систем:

- механическая тормозная система,
- гидравлическая тормозная система,
- пневматическая тормозная система,
- электромагнитная тормозная система,
- электрическая тормозная система,
- дисковая тормозная система,
- барабанная тормозная система,
- аварийный тормоз,
- ручная тормозная система.

В механической тормозной системе к педали прикладывается определенное усилие, которое передается на барабан с помощью механических компонентов, которые используются в качестве рычагов для передачи усилия из одной точки в другую для замедления транспортного средства.

Замедление скорости или мощности тормоза зависит от поверхностного трения, а также от приложенной к нему силы срабатывания.

Преимущества механической тормозной системы:

- механические тормоза проще и удобнее в обслуживании;
- дешевле, чем гидравлическая тормозная система;
- подходит для аварийного и стояночного тормозов.

Гидравлический тормоз является основным типом привода в рабочей тормозной системе. Гидравлическая тормозная система работает, направляя жидкость через гидравлический тормозной контур – главный и рабочий цилиндры. Эти цилиндры соединены тормозными трубками. Когда водитель нажимает на педаль тормоза, шток и поршень в главном цилиндре нажимаются, жидкость течет по тормозной трубке. Жидкость поступает в рабочие цилиндры колес. Рабочие цилиндры наполняются, и давление жидкости выталкивает поршни, чтобы задействовать тормоза. Существует практика использования сдвоенных гидравлических контуров на случай отказа одного из них.

«Гидравлическая тормозная система состоит из:

- педали тормоза,
- усилителя тормоза,
- главного тормозного цилиндра,
- колесных цилиндров (рабочих цилиндров),
- тормозных трубопроводов» [2].

«Педаль тормоза передает усилие от ноги водителя на главный тормозной цилиндр.

Усилитель тормозов создает дополнительное усилие, передаваемое от педали тормоза. Наиболее популярным является вакуумный усилитель тормозов.

Поршень главного тормозного цилиндра подает жидкость по тормозным трубопроводам к рабочим цилиндрам. Давление привода тормоза увеличивается. Поршни рабочего цилиндра перемещают тормозные колодки к дискам (барабанам).

Дальнейшее нажатие на педаль повышает давление жидкости и включаются тормозные механизмы, что замедляет вращение колес и проявляет тормозные силы в месте контакта шин с дорогой. Торможение колес осуществляется в соответствии с усилием, приложенным к педали. Давление жидкости при торможении может быть от 10 до 15 МПа.

Когда водитель отпускает педаль она возвращается в исходное положение под давлением возвратной пружины. Поршень главного цилиндра также возвращается на место. Пружины отводят колодки от дисков или барабанов. Тормозная жидкость поступает от рабочих цилиндров к главному тормозному цилиндру по трубопроводам. Давление в тормозной системе упало» [20].

Гидравлическая тормозная система обладает следующими преимуществами по сравнению с механической тормозной системой:

- обеспечивает одинаковое тормозное усилие на всех колесах;
- относительное тормозное усилие меньше, чтобы обеспечить ту же мощность;
- полностью компенсирован, поэтому каждый тормоз получает полную долю усилия на педали;
- более эффективная, чем механическая;
- подходит для всех типов автомобилей с независимой подвеской.

«Современный коммерческий транспорт оборудуется пневматическими тормозными системами. Принцип действия пневматических систем основан на применении энергии сжатого воздуха. Использовать воздух в качестве рабочего газа – отличное техническое решение. Это основная особенность данного вида тормозных систем и главное отличие от других, применяемых на практике. Пневматические тормозные системы укомплектованы множеством элементов управления и исполнения» [16].

«Упрощенно принцип действия можно описать так: воздушный насос – компрессор, который имеет привод от двигателя, накачивает в систему воздух из атмосферы. Благодаря регулятору давления, в системе создается и

поддерживается предусмотренное характеристиками давление воздуха. Запас воздуха, сжатого компрессором, накапливается в специальных баллонах – ресиверах, крепящихся к раме транспортного средства. При надавливании педали тормоза водителем, воздух из ресиверов по трубкам и шлангам заполняет тормозные камеры. Своими штоками камеры приводят в действие механизмы тормозных колодок. Тормозные колодки передают энергию сжатого воздуха тормозным барабанам (дискам) колес. Движение транспорта замедляется. При отпускании водителем педали тормоза, воздух из тормозных камер возвращается в атмосферу. Механические детали системы с помощью встроенных пружин принимают исходное положение. Машина вновь набирает скорость» [23].

Преимущества пневматической тормозной системы:

- пневматическое тормозное оборудование намного надежнее гидравлических тормозов;
- если в пневматической тормозной системе есть утечка, потери меньше, чем при утечке в гидравлической тормозной системе;
- сжатый воздух, используемый в работе, может напрямую сбрасываться в атмосферу.

Несмотря на то, что пневматическая система имеет много преимуществ по сравнению с гидравлической тормозной системой, она требует гораздо больше места для установки пневматической тормозной системы.

Кроме того, гидравлическая система намного дешевле, чем пневматическая тормозная система.

Электромагнитная система торможения может использоваться как в современных, так и в гибридных автомобилях. В настоящее время в основном используется в трамваях и метро. Принципы электромагнетизма заключаются в достижении торможения без трения.

Магнитный поток проходит в направлении, перпендикулярном направлению вращения конкретного колеса, электрический ток течет в направлении, противоположном вращению колеса, создавая силу,

противодействующую вращению колеса, которая, следовательно, уменьшает и замедляет скорость вращения.

Электромагнитная система торможения увеличивает срок службы и надежность тормозов.

Преимущества электромагнитной системы торможения:

- конструкция тормозов дешевле, чем у пневматической системы;
- быстрая скорость срабатывания;
- отсутствие затрат на замену тормозных колодок;
- при этом торможении выделяется небольшое количество тепла, тогда как при механическом торможении выделяется огромное количество тепла.

Электрическая тормозная система используется в электромобилях, в которых торможение производится с помощью электродвигателей и при этом является основным источником энергии.

Подразделяется на три типа.

- торможение противотоком – реверсивное торможение, при котором обмотка статора асинхронного двигателя отключается от сети переменного тока и включается на постоянное напряжение. При этом энергия торможения выделяется в самом двигателе. Этот тип обеспечивает большой тормозной момент;
- система динамического торможения – мощность двигателя отключается от источника питания, и он работает как генератор, Таким образом, кинетическая энергия превращается в электрическую энергию вращения;
- рекуперативное торможение – механическая энергия преобразуется в электрическую энергию. Часть энергии возвращается в источник питания, а остальная энергия теряется в виде тепла в обмотках и подшипниках.

Преимущества электрической тормозной системы:

- более эффективна, чем механическая тормозная система, которая требует дорогостоящей и частой замены;
- за счет использования электрического торможения скоростная способность системы значительно возрастает при перевозке тяжелых грузов;
- помогает в экономии энергии, так как небольшое количество энергии возвращается в сеть;
- не образуется металлическая пыль от колодок;
- безопаснее, плавнее и работает без ударов.

«Дисковые гидравлические тормоза являются одной из разновидностей тормозных механизмов фрикционного типа. Их вращающаяся часть представлена тормозным диском, а неподвижная – суппортом с тормозными колодками. Несмотря на достаточно распространенное применение тормозов барабанного типа, дисковые тормоза все же приобрели наибольшую популярность.

Схема работы дисковых тормозов:

- при нажатии водителем на педаль тормоза, ГТЦ создает давление в тормозных трубках;
- для механизма с фиксированной скобой: давление жидкости воздействует на поршни рабочих тормозных цилиндров с обеих сторон тормозного диска, которые, в свою очередь, прижимают к нему колодки. Для механизма с плавающей скобой: давление жидкости воздействует на поршень и корпус суппорта одновременно, заставляя последний перемещаться и прижимать колодку к диску с другой стороны;
- диск, зажатый между двумя колодками, уменьшает скорость за счет силы трения. что, в свою очередь, приводит к торможению автомобиля;
- после того, как водитель отпустит педаль тормоза, давление пропадает. Поршень возвращается в исходное положение за счет

упругих свойств уплотнительной манжеты, а колодки отводятся с помощью небольшой вибрации диска в процессе движения» [23].

Барабанная тормозная система – это тип тормоза, в котором барабан, который в основном используется для тормозных колодок, вместе с его механизмом прикреплен к ступице колеса таким образом, что внутренние части остаются неподвижными, а внешняя часть барабана вращается вместе с колесом.

При торможении механические связи вызывают небольшое расширение тормозных колодок, из-за чего внешняя фрикционная поверхность тормозных колодок входит в фрикционный контакт с вращающейся частью барабана, что способствует остановке или замедлению колес.

Преимущества барабанной тормозной системы:

- выделяет меньше тепла, поскольку большая часть тормозной силы создается передними тормозами автомобиля;
- выделяет меньше твердых частиц, чем дисковые тормоза;
- площадь фрикционного контакта находится на окружности, поэтому он обеспечивает большее тормозное усилие, чем дисковый тормоз того же диаметра;
- требует меньше обслуживания, дешевле по конструкции по сравнению с дисковыми тормозами.

Система аварийного торможения также известная как стояночные тормоза, действует как вторичная и независимая тормозная система для всех рабочих тормозов.

Помогает удерживать транспортное средство неподвижным при стоянке, применяется в аварийных ситуациях при выходе из строя основных гидравлических тормозов.

1.2 Признаки неисправности тормозной системы

Обслуживание тормозов – это стандартная рутинная работа по техническому обслуживанию, которая входит в перечень работ по обслуживанию автомобиля. Все подвижные и неподвижные части тормозной системы имеют ограниченный срок службы. Таким образом, необходимо, чтобы они регулярно ремонтировались или обновлялись в соответствии с требованиями для обеспечения безопасности пассажиров транспортного средства и участников дорожного движения [10].

Существует ряд признаков, указывающих на неисправность тормозной системы до момента её полного отказа. Рассмотрим каждый из них.

Загорается стоп-сигнал на приборной панели.

Необходимо сначала убедиться, что стояночный тормоз не включен, так как это также может привести к включению стоп-сигнала на приборной панели. Если причина не в стояночном тормозе, необходимо чтобы автомобиль проверил слесарь по ремонту автомобилей [14].

Громкие шумы.

Если замечено, что автомобиль издает высокие звуки при торможении, такие как скрип или визг, это указывает на то, что индикаторы износа тормозных колодок контактируют с диском, из-за чего возникает неприятный звук. Они встроены в тормозные колодки, чтобы сообщить, что пришло время заменить тормоза, прежде чем сам диск будет поврежден.

Если тормоза издадут скрежещущий, более низкий звук при срабатывании, это может быть связано с попаданием гравия или мелкого мусора в узел суппорта, который можно легко удалить. Однако, если звук больше похож на скрежет металла по металлу, это может означать, что тормозные колодки полностью изношены [21].

Вибрации, колебания или царапины.

Когда происходит торможение, тормозные колодки воздействуют на тормозной диск, что замедляет и останавливает автомобиль. Если тормозные

диски не полностью ровные и гладкие в пределах толщины примерно трех листов бумаги, это может вызвать колебания и вибрации при торможении.

Тряска или вибрация рулевого колеса или других частей автомобиля могут быть результатом неравномерного изношенного тормозного диска.

Неровное торможение также может быть вызвано повреждением тормозной системы из-за неправильной установки гаек крепления колес. Если гайки колеса не затянуты должным образом (определенным моментом, установленным заводом-изготовителем) при перестановке или замене шин, неравномерное вождение может привести к неравномерному износу тормозного диска [3].

Мягкая педаль тормоза.

Если замечено, что педаль тормоза кажется «мягкой» или сразу же касается пола при нажатии на нее, то автомобиль нуждается в немедленном техническом обслуживании.

Транспортные средства с автоматической и механической коробкой передач одинаково имеют точку остановки педали тормоза в нескольких сантиметрах от пола, в зависимости модели. Если педаль тормоза касается пола, это свидетельствует о недостаточном давлении в тормозной системе. Причиной этого может быть воздух или влага в главном тормозном цилиндре, а также утечка тормозной жидкости [26].

Автомобиль тянет в одну сторону.

Если автомобиль тянет в сторону при торможении, это может быть связано с неисправностью суппортов, которые необходимо заменить.

Запах гари.

Если замечен резкий запах после торможения, это свидетельствует о перегреве сцепления или тормозов. Если это так, необходимо остановиться и дать тормозам остыть, так как вождение при данном состоянии подвергает автомобиль риску полного отказа тормозов [3].

1.3 Обоснование конструкторской разработки

Тормозная система является неотъемлемой частью любого автомобиля.

«Надо помнить, что АБС на современных автомобилях могут применяться и другие, объединяемые с АБС дополнительные автоматические системы управления тормозами:

- система электронного распределения тормозных сил по осям автомобиля EBD (Electronic Brake Force Distribution) – применяется вместо регулятора давления и обеспечивает более точное по сравнению с ним регулирование давления в рабочих тормозных цилиндрах задних тормозных механизмов;
- противобуксовочные системы ASR (Anti-spin regulation), ETS, TCS – обеспечивают повышение силы тяги на ведущих колесах при трогании и разгоне автомобиля на скользкой дороге за счет автоматического подтормаживания пробуксовывающего колеса ведущей оси и регулирования крутящего момента двигателя;
- электронные системы обеспечения курсовой устойчивости автомобиля ESP (Electronic stability program), EBS, ELB – обеспечивают повышение курсовой устойчивости автомобиля на поворотах за счет автоматического регулирования тормозных сил, а также силы тяги на ведущих колесах и так далее» [12].

«Для данных методов устанавливаются следующие контролируемые параметры:

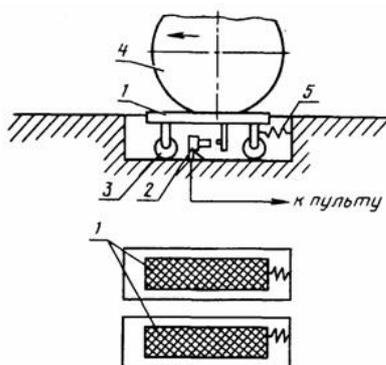
- при проведении дорожных испытаний – тормозной путь, установившееся замедление, устойчивость при торможении, время срабатывания тормозной системы, уклон дороги, на котором должно неподвижно удерживаться транспортное средство (ТС);
- при проведении стендовых испытаний – общая удельная тормозная сила, коэффициент неравномерности (относительная неравномерность) тормозных сил колес одной оси, усилие на

педали тормоза, овальность или бочкообразность тормозных барабанов и тормозных дисков соответственно» [12].

На сегодняшний день существует несколько видов стендов и приборов для проведения диагностики тормозной системы ТС.

«Статические силовые роликовые стенды представляют собой роликовые устройства, предназначенные для проворачивания («срыва») заторможенного колеса и измерения прикладываемой при этом силы. По физике процесса он аналогичен испытанию стояночной тормозной системы на уклоне. Недостатком статического способа диагностирования тормозной системы ТС является неточность результатов, так как не воспроизводятся условия реального динамического процесса торможения» [5].

«Принцип действия инерционного стенда (рисунок 1) заключается в измерении сил инерции, возникающих в процессе торможения автомобиля и приложенных в точках контакта колес с динамометрическими платформами.



1 – площадки стенда; 2 – датчик; 3 – ролик; 4 – колесо; 5 – пружина

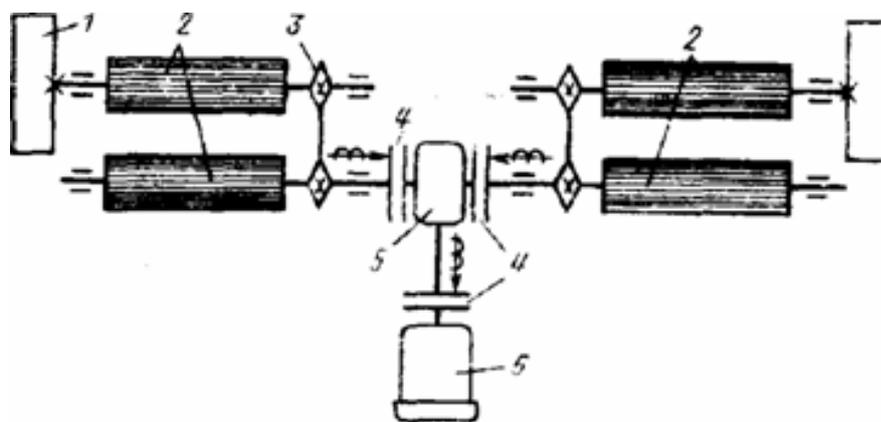
Рисунок 1 – Схема инерционного платформенного стенда

Данный стенд имеет ряд недостатков, например, при испытаниях и на роликовых тормозных стендах в процессе торможения колесо совершает как минимум более одного оборота, поэтому оценивается вся поверхность торможения тормозного механизма. Кроме того, на платформенных тормозных стендах, ввиду малых начальных скоростей торможения (по условиям безопасности) и интенсивного, быстрого торможения (из-за

ограниченности тормозного пути, который определяется длиной тормозных площадок), торможение осуществляется на части поверхности торможения тормозного механизма, что неприемлемо с точки зрения оценки безопасности автомобиля. И, наконец, слишком интенсивное торможение (по вышеприведенным причинам) искажает реальную физическую картину торможения автомобиля» [2].

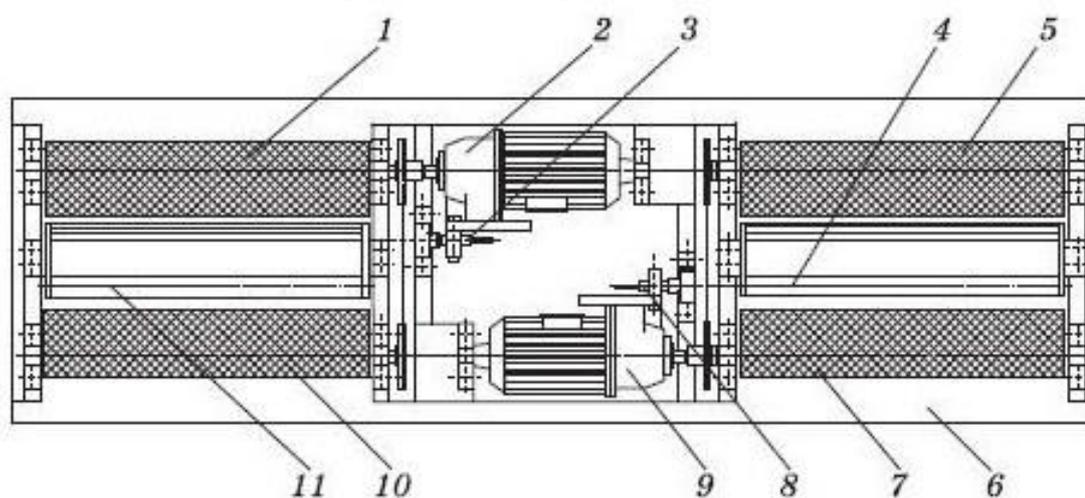
«При испытаниях на платформенных тормозных стендах начальная скорость автомобиля не соответствует требованиям Правил дорожного движения и ГОСТ 33997-2016, а это значит, что кинетическая энергия меньше той, что требуется для правильной оценки тормозной системы. В силу этого не потребуется максимального усилия на педали тормоза для гашения этой энергии. Таким образом, при испытаниях на платформенных тормозных стендах получаются завышенные значения по удельной тормозной силе и заниженные по усилиям на органах привода тормозных систем» [31].

«Принцип действия инерционных роликовых стендов (рисунки 2, 3) заключается в том, что после установки автомобиля на ролики инерционного стенда линейную скорость колес доводят до 70 км/ч и резко тормозят, одновременно разобцая все каретки стенда путем выключения электромагнитных муфт. При этом в местах контакта колес с роликами стенда возникают силы инерции, противодействующие тормозным силам. Через некоторое время вращение барабанов стенда и колес автомобиля прекращается. Пути, пройденные каждым колесом автомобиля за это время (или угловое замедление барабана), будут эквивалентны тормозным путям и тормозным силам.



1 – маховик; 2 – ролики; 3 – передача (цепная, ременная и прочие); 4 – электромагнитная муфта; 5 – редуктор; 6 – электродвигатель

Рисунок 2 – Принципиальная кинематическая схема роликового узла инерционного тормозного стенда



1,5,7,10 – ролики; 2,9 – мотор – редукторы; 3,8 – тензометрические датчики; 4,11 – следящие ролики; 6 – рама

Рисунок 3 – Опорно-воспринимающее устройство силового роликового стенда

Метод, реализуемый инерционным роликовым стендом, создает условия торможения автомобиля, максимально приближенные к реальным, но в силу высокой стоимости стенда, недостаточной безопасности, трудоемкости и больших затрат времени, необходимого для диагностирования, стенды такого типа нерационально использовать при проведении диагностирования на автопредприятиях и при гостехосмотре» [12].

«Силовые роликовые стенды с использованием сил сцепления колеса с роликом позволяют измерять тормозные силы в процессе его вращения со скоростью от 2 до 10 км/ч. Вращение колес осуществляется роликами стенда от электродвигателя. Тормозные силы определяют по реактивному моменту, возникающему на статоре мотор – редуктора стенда при торможении колес.

Роликовые тормозные стенды позволяют получать достаточно точные результаты проверки тормозных систем. При каждом повторении испытания они способны создать условия (прежде всего скорость вращения колес), абсолютно одинаковые с предыдущими, что обеспечивается точным заданием начальной скорости торможения внешним приводом. Кроме того, при испытании на силовых роликовых тормозных стендах предусмотрено измерение так называемой «овальности» – оценка неравномерности тормозных сил за один оборот колеса, то есть исследуется вся поверхность торможения» [21].

«При испытании на роликовых тормозных стендах, когда усилие передается извне (от тормозного стенда), физическая картина торможения не нарушается. Тормозная система должна поглотить поступающую извне энергию даже несмотря на то, что автомобиль не обладает кинетической энергией

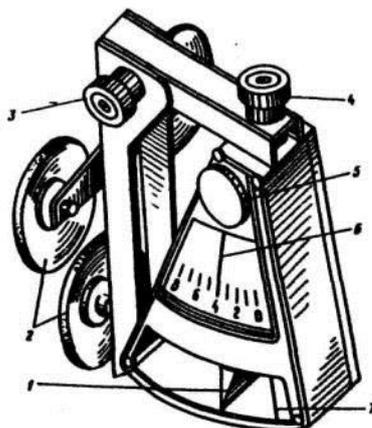
Есть еще одно важное условие – безопасность испытаний. Самые безопасные испытания – на силовых роликовых тормозных стендах, поскольку кинетическая энергия испытуемого автомобиля на стенде равна нулю. В случае отказа тормозной системы при дорожных испытаниях или на площадочных тормозных стендах вероятность аварийной ситуации очень высока» [14].

«Современные силовые роликовые стенды для проверки тормозных систем могут определять следующие параметры:

- по общим параметрам транспортного средства и состоянию тормозной системы – сопротивление вращению незаторможенных

- колес, неравномерность тормозной силы за один оборот колеса, массу, приходящуюся на колесо, массу, приходящуюся на ось;
- по рабочей и стояночной тормозным системам – наибольшую тормозную силу, время срабатывания тормозной системы, коэффициент неравномерности (относительную неравномерность) тормозных сил колес оси, удельную тормозную силу, усилие на органе управления» [36].

«Для измерения величины замедления автомобиля при торможении в дорожных условиях применяют приборы, называемые деселерометрами (рисунок 4).



- 1 – ось маятника; 2 – присоски; 3 – винт фиксации стоек; 4 – винт фиксации корпуса; 5 – ручка возврата; 6 – фиксирующая стрелка; 7 – контрольная риска

Рисунок 4 – Деселерометр

Их укрепляют в кабине, на полу или ветровом стекле на присосках. Чувствительным элементом многих деселерометров служит инерционная масса (груз или жидкость), перемещение которой пропорционально замедлению» [22].

«Дорожные испытания с помощью деселерометров имеют, те же недостатки, что при испытании на инерционных платформенных стендах» [5].

Таким образом, получается, что по совокупности своих свойств именно роликовые стенды являются наиболее оптимальным решением, как для диагностических линий СТО, так и для оборудования пунктов инструментального контроля.

В данном дипломном проекте рассмотрена конструкция силового роликового стенда.

Испытательный стенд работает следующим образом.

Перед началом испытаний посредством подвижной платформы стенд настраивается на нужную базу испытуемого автомобиля. Затем осуществляется въезд автомобиля на стенд.

«Производится запуск двигателя внутреннего сгорания, а мотор – редуктор приводит во вращение опорные ролики подвижной и неподвижной платформ, а через них и испытуемые колеса автомобиля до заданной скорости от 5 до 20 км/ч.

Далее осуществляется движение с постоянной скоростью.

Осуществляется нажатие на педаль тормоза с заданным усилием по команде, передаваемой на монитор водителя системой управления.

Измеряется тормозная сила посредством датчика сил на моделируемом колесе. По характеру изменения тормозной силы на моделируемом колесе определяется работоспособность антиблокировочной системы (ABS) на данном колесе. Для определения работоспособности ABS на других колесах необходимо повторить операции по пунктам 5, 6 и 7, причем моделировать могут одновременно и 2, и 3, и 4 колеса.

Для проверки усилия на рычаге стояночного тормоза необходимо поднять рычаг привода стояночного тормоза из нулевого положения и датчик усилия на рычаге стояночного тормоза покажет реальное усилие. Полученное усилие используют для оценки состояния стояночной тормозной системы. В случае недостаточности усилия на рычаге 11 стояночного тормоза, необходимо произвести натяжку тросика стояночного тормоза. В случае недостаточности тормозных сил на колесах при заданном усилии на рычаге

11 стояночного тормоза, необходимо отремонтировать стояночную тормозную систему.

Моделирование различных дорожных покрытий с различными коэффициентами сцепления, а именно, вода, лед, снег, грязь для любого выбранного для испытания колеса, осуществляют посредством системы управления.

Поэтому предложенный стенд, возможно использовать и для доводки самой АБС на скорости от 0 до 200 км/ч, и для диагностики правильности монтажа системы (установки датчиков, устройств) после ремонта, сборки на конвейере и диагностики функционирования АБС в процессе эксплуатации.

Использование предлагаемого технического решения позволило создать испытательный стенд, работающий без маховых масс, использующий в качестве привода опорных роликов мотор-редуктор, имеющий возможность задать свой режим работы каждому колесу отдельно, имитирующий различные дорожные покрытия с различными коэффициентами: вода, лед, снег, грязь» [32].

Выводы по разделу.

В ходе выполнения раздела был проведен обзор технической литературы о тормозной системе легкового автомобиля, ее назначении, конструктивные схемы и достоинства и недостатки каждой из них.

Также были рассмотрены требования, предъявляемые к тормозной системе легкового автомобиля, виды диагностики, технического обслуживания и ремонта.

2 Патентный анализ аналогов

2.1 Обоснования необходимости патентных исследований

«В качестве объекта усовершенствования, операции проверки тормозной системы как технологической системы выбираем роликовый стенд для проверки тяговых качеств автомобиля. Выявить прогрессивные технические решения, которые могут лечь в основу усовершенствованного объекта, можно в результате патентного исследования достигнутого уровня вида техники» [6].

«Использовать усовершенствованный объект техники возможно только в том случае, если доказана его патентная чистота по отношению к другим техническим решениям того же назначения как в РФ, так и в других странах, где предполагается его использование. Установить, обладает ли усовершенствованный объект патентной чистотой, можно в результате его патентной экспертизы.

Для решения этих задач проведем исследования достигнутого уровня техники в соответствии с ГОСТом Р 15.011 – 96 и экспертизу патентоспособности усовершенствованного объекта техники.

Роликовый стенд эксплуатируется в организациях, которые производят диагностику и техническое обслуживание собственного парка автомашин, а так же автомобилей привлеченных из вне. Стенд позволяет производить диагностику тормозной системы легковых автомобилей» [6].

Испытательный стенд роликового типа состоит из рамы, блока роликов, электродвигателя переменного тока с векторным управлением, пульта дистанционного управления, двух датчиков наличия автомобиля на стенде, двух датчиков перемещения а/б роликов, принтера протокола, персонального компьютера (ПК) пользователя стенда, интерфейса для связи ПУ с ПК, а так же пневмотормозом каждого ролика для аварийной остановки стенда.

2.2 Исследование достигнутого уровня вида техники

«Недостатком роликового стенда с инерционными массами является высокий шум при работе, погрешность тормозных усилий перед/зад.

Задачи патентно – информационного исследования по выявлению технических решений:

- улучшение конструкции стенда;
- унификация использованных деталей, узлов, агрегатов.

Проведем информационно – патентный поиск по определению уровня техники для разрабатываемого нового технического решения и проверки его на патентоспособность» [7].

2.2.1 Составление регламента патентно-информационного поиска

«Регламент поиска определяет перечень исследуемых технических решений (ИТР), их рубрику по Международной патентной классификации изобретений (МПК №8) и индекс Универсальной десятичной классификации (УДК), страны поиска, его ретроспективность (глубину), перечень источников информации, по которым предполагается провести поиск» [7].

«Совершенствуемый объект состоит из деталей: ведущий ролик, ведомый ролик, следящий (антиблокировочный) ролик, рама, подшипниковые опоры, ременные рередачи, электродвигатели и относится к категории устройство.

За последние несколько лет испытательный стенд роликового типа в целом и отдельные его элементы конструкции подвергались модернизации, так как эти стенды отвечают за диагностику систем активной безопасности автомобиля, поэтому устанавливаем ретроспективность 20 лет» [12].

Страны патентного поиска: Россия, Япония, Германия.

«Проведя первичный патентный поиск на сайте ФГУ ФИПС были выявлены такие разделы как G01M15/00; G01L5/28; G01M17/007; B60T17/22; B60T10/02:

- раздел G – ФИЗИКА;

- G01 – Измерение; испытание;
- G01L – Измерение сил, механического напряжения, крутящего момента, работы, механической энергии, механического коэффициента полезного действия (КПД) или давления газообразных и жидких веществ или сыпучих материалов (взвешивание G 01G);
- G01L 5/00 Способы или устройства для измерения сил, например удара, работы, механической мощности или вращающего момента
- G01L 5/28 –для испытания тормозов;
- G01M – Проверка статической и динамической балансировки машин или конструкций; испытания различных конструкций или устройств, не отнесенные к другим подклассам;
- G01M 15/00 Испытание машин и двигателей;
- G01M 17/00 Испытание транспортных средств;
- G01M 17/007 колесных или гусеничных транспортных средств [7].
- Раздел В - РАЗЛИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ; ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ;
- B60 – Транспортные средства;
- B 60T Системы управления тормозами транспортных средств или их элементы; системы управления тормозами или их элементы вообще;
- B60T 10/00 Управление непрерывным торможением или его регулирование с использованием текучей или порошкообразной среды, например при спуске с длинного склона;
- B60T 10/02 с гидродинамическим тормозом;
- B60T 17/00 Конструктивные элементы и вспомогательные устройства тормозных систем;
- B60T 17/22 устройства для контроля и испытания тормозных систем; сигнальные устройства» [9].

В таблице 1 представлен «Регламент патентно-информационного поиска».

Таблица 1 – Регламент патентно-информационного поиска

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Классификационные рубрики: МПК(МКИ,) УДК, НКИ	Страна поиска	Ретро-спективность	Наименование информационной базы (фонда)
«Испытательный стенд роликового типа	МПК G01M15/00, G01L5/28, G01M17/007, B60T17/22, B60T10/02	Россия, Япония, Германия	15 лет	http://www.technosouz.ru/catalog/tormoznye_stendy/stend_tormoznoy_stm3500m.html . http://www.maha.ru:8100/pdf/mbt2100iw2.pdf . http://www.teh-avto.ru/production/2045.html . http://www.garotrade.ru/wares/id/1020 . http://www.rustehnika.ru/catalog/auto/lines-control » [7].

2.2.2 Проведение патентно-информационного поиска

В таблице 2 представлен патентно-информационный поиск.

Таблица 2 – Патентно-информационный поиск [6, 8]

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Заявитель (патентообладатель), номер заявки, дата публикации	Название изобретения, сущность технического решения, технический результат
«Испытательный стенд	Россия (19)RU(11)2431814(13)C1 (51) МПК G01L5/28 (2016.01)	Заявитель: Логинов Юрий Витальевич Заявка: 2010104221/28, 08.02.2017. Дата публикации заявки: 08.02.2017	Изобретение относится к области автомобилестроения, а именно к диагностированию тормозных систем автомобилей, и может быть использовано в испытательных стендах для диагностирования тормозной системы автомобиля, а также эксплуатации антиблокировочных систем (АБС). Устройство содержит подвижную и неподвижную платформы с опорными и следящими роликами, привод опорных роликов и датчики. Также оно снабжено датчиком усилия стояночного тормоза и монитором водителя, привод опорных роликов выполнен в виде мотор-

Продолжение таблицы 2

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Заявитель (патентообладатель), номер заявки, дата публикации	Название изобретения, сущность технического решения, технический результат
			редуктора и установлен для каждой пары опорных роликов на подвижной и неподвижной платформах, каждый мотор-редуктор установлен на мягкой подушке с возможностью качания и связан посредством рычага с датчиком сил. каждый из которых жестко закреплен на раме, причем стенд выполнен с возможностью диагностирования работоспособности антиблокировочной системы автомобиля посредством моделирования различных дорожных покрытий и для одного колеса в отдельности, и попарно взятых колес» [8]
«Устройство для определения тяговой силы на ведущих колесах автомобиля при качении по барабанам стенда	Россия (19)RU(11)24 27816(13)C1 (51) МПК G01M17/007 (2016.01)	Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Братский государственный университет" (RU) Заявка: 2010122958/11, 04.06.2018 Дата публикации заявки: 27.08.2018	Изобретение относится к области транспортного машиностроения, в частности к стендовым испытаниям автомобилей. Устройство содержит в своей конструкции регистрирующую аппаратуру и тормозной балансирный динамометр, ротор которого соединен с беговыми барабанами. Тензометрическая тяга одним концом шарнирно крепится к фланцу статора, а другим - к неподвижному кронштейну. Технический результат - обеспечение возможности измерения и регистрации тяговой силы на ведущих колесах автомобиля устройством в условиях интенсивных колебаний статора без опасности повреждения элементов измерительного комплекса» [8]
«Испытательный стенд Осипова для диагностирования тормозов	Россия (19)RU (11)2391237 (13)C1 (51) МПК B60T17/22 (2006.01) G01L5/28 (2006.01) G01M17/007 (2016.01)	Заявитель: Осипов Артур Геннадьевич (RU) Заявка: 2008139838/11, 07.10.2019 Дата публикации заявки: 10.06.2020	Изобретение относится к области машиностроения, а именно к диагностированию тормозов автотранспортных средств. Испытательный стенд содержит две подвижные в продольном направлении опоры с горизонтальной контактной поверхностью для установки колес испытываемой оси, привод опор, выполненный на основе силового цилиндра, шариковые направляющие для перемещения подвижных опор в продольном направлении. Подвижные опоры не имеют жесткой связи между собой и приводятся в движение раздельно двумя самостоятельными

Продолжение таблицы 2

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Заявитель (патентообладатель), номер заявки, дата публикации	Название изобретения, сущность технического решения, технический результат
			силовыми цилиндрами от одной общей пневмо или гидросистемы. На каждой подвижной опоре установлены датчики веса, начала движения и силы» [8]
«Стенд для силовых испытаний колесного транспортного средства	Россия (19)RU(11)23 35753(13)C1 (51) МПК G01M17/007 (2006.01) G01M15/00 (2016.01)	Заявитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (RU) Заявка: 2007112031/11, 02.04.2017 Опубликовано: 10.10.2018	Изобретение относится к области транспортного машиностроения, а именно к конструкциям испытательных стендов, связанных с доводкой и определением ресурса автомобилей, строительно-дорожных машин, колесных тракторов, и может быть использовано на заводах производителей автомобилей, колесных тракторов, дорожно-строительных машин, а также в сфере сервиса и ремонта перечисленной техники. Стенд для силовых испытаний колесного транспортного средства содержит основание, опорный беговой барабан, неподвижно установленный на коленчатом валу, смонтированном на основании, и нагружающее устройство. Последнее установлено на кривошипе коленчатого вала на подшипниковой опоре в виде тормозного барабана, неподвижно закрепленного относительно основания и выполненного в виде катка с пневматической шиной. Геометрическая ось тормозного барабана смещена относительно оси вращения опорного бегового барабана на величину эксцентриситета коленчатого вала» [8]
«Стенд для диагностирования тормозов транспортных средств	Россия (19)RU(11) 2323841(13)C1 (51) МПК B60T17/22 (2006.01) G01L5/28 (2016.01)	Заявитель(и): Рогов Владимир Алексеевич (RU) Заявка: 2006124360/11, 06.07.2019 Опубликовано: 10.05.2021	Изобретение относится к области автомобилестроения, а именно к техническому диагностированию тормозов автомобилей и других автотранспортных средств. Стенд содержит две опоры для установки колес испытываемой оси автотранспортного средства и привод опор, выполненный на основе силового цилиндра. Опоры выполнены в виде подвижного в продольном направлении стола с горизонтальной контактной поверхностью. Привод обеих опор состоит из пневматического силового цилиндра, нижней рамы и верхней рамы. Нижняя рама установлена на направляющих с возможностью

Продолжение таблицы 2

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Заявитель (патентообладатель), номер заявки, дата публикации	Название изобретения, сущность технического решения, технический результат
			продольного перемещения от силового цилиндра. Верхняя рама установлена с возможностью вертикального перемещения относительно нижней рамы и соединена с каждым столом посредством шарнира с продольной осью вращения» [8]
«Тормозной стенд	Россия (19)RU(11) 2297932(13)C1 (51) МПК В60Т17/22 (2006.01) G01L5/28 (2006.01)	Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет» (ГОУ ИрГТУ) (RU) Заявка: 2005139074/11, 14.12.2017	Изобретение относится к области машиностроения, а именно к диагностированию тормозных систем автомобилей. Испытательный стенд содержит опорные и следящие ролики, два маховика, кинематически связанные между собой посредством вала и муфт, расположенные на валах опорных роликов устройства для измерения крутящих моментов, пропорциональных тормозным силам на колесах автомобиля. Стенд выполнен с возможностью приведения его в действие от электродвигателя. Стенд также содержит шлейф для подключения стенда к электронному блоку управления антиблокировочной системой» [8]
«Испытательный стенд	Россия (19)RU(11) 2279361 (13)C1 (51) МПК В60Т17/22 (2006.01) G01L5/28 (2006.01)	Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет» (ГОУ ИрГТУ) (RU) Заявка: 2005104771/11, 21.02.2015 Дата публикации заявки: 10.07.2015	Изобретение относится к области машиностроения, а именно к диагностированию тормозных систем автомобилей. Испытательный стенд содержит следящие ролики, маховик и опорные ролики. На валах опорных роликов установлены устройства для измерения крутящих моментов, пропорциональных тормозным силам на колесах автомобиля. Стенд выполнен с возможностью приведения его в действие с помощью испытуемого автомобиля и изменения расстояния между передней и задней платформами. Стенд дополнительно содержит три маховика, причем каждый из четырех маховиков стенда расположен по его периметру, соответствует диагностируемому колесу, жестко связан с соответствующими опорными роликами, взаимодействующими с колесами автомобиля, и кинематически связан с другими маховиками

Продолжение таблицы 2

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Заявитель (патентообладатель), номер заявки, дата публикации	Название изобретения, сущность технического решения, технический результат
			<p>посредством клиноременных передач и регулирующего вала. Регулирующий вал установлен в направляющих.</p> <p>Установленные на валах опорных роликов устройства для измерения крутящих моментов, пропорциональных тормозным силам на колесах автомобиля, расположены между опорными роликами и соответствующими им маховиками.</p> <p>Стенд также содержит устройства для определения угловых скоростей опорных и следящих роликов, весовые устройства для определения удельных тормозных сил на каждом колесе, устройство для определения усилия на тормозной педали» [8]</p>
«Испытательный стенд	<p>Россия (19)RU(11) 2276026(13)С 1 (51) МПК В60Т17/22 (2006.01) G01L5/28 (2006.01)</p>	<p>Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет» (ГОУ ИрГТУ) (RU) Заявка: 2004130234/11, 12.10.2004 Дата публикации заявки: 10.05.2006</p>	<p>Изобретение относится к области машиностроения, а именно к автомобилестроению. Испытательный стенд содержит опорные ролики и четыре маховика, расположенные по периметру стенда, выполненного с возможностью приведения его в действие с помощью испытуемого автомобиля. Испытательный стенд дополнительно содержит установленные на валах опорных роликов устройства для измерения крутящих моментов, пропорциональных тормозным силам на колесах автомобиля, устройства для измерения угловых скоростей опорных роликов, следящие ролики и выполнен с возможностью изменения расстояния между передней и задней платформами. Каждая секция стенда содержит маховик, соответствующий диагностируемому колесу. Маховики кинематически связаны между собой посредством клиноременных передач и регулирующего вала, установленного в направляющих между парами секций, и жестко связаны с соответствующими опорными роликами, взаимодействующими с колесами автомобиля» [8]</p>

Продолжение таблицы 2

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Заявитель (патентообладатель), номер заявки, дата публикации	Название изобретения, сущность технического решения, технический результат
«Стенд для диагностики тормозов АТС	Россия (19)RU(11) 2008139838(13A(51)МПК В60Т17/22 (2006.01) G01L5/28 (2006.01)	Заявитель: Осипов Артур Геннадьевич (RU) Заявка: 2008139838/11, 07.10.2008Дата публикации заявки: 20.04.2010	Стенд для диагностирования тормозов АТС, содержащий две подвижные в продольном направлении опоры с горизонтальной контактной поверхностью для установки колес испытываемой оси, привод опор, выполненный на основе силового цилиндра, шариковые направляющие для перемещения подвижных опор в продольном направлении, отличающийся тем, что подвижные опоры не имеют» [8]
«Способ регулирования тормозной характеристики тормоза-замедлителя для автомобиля	Германия (19)RU(11) 2007145518(13A(51)МПК В60Т10/02 (2006.01)	Заявитель: ЦФФридрихсхафена(DE) Заявка: 2007145518/11, 20.04.2006 Дата публикации заявки: 10.07.2014 Заявка PCT: EP 2006/003636 20060420 Публикация PCT: WO 2006/119849 20061116	1. Способ регулирования тормозной характеристики тормоза-замедлителя для автомобиля, отличающийся тем, что в памяти устройства управления или регулирования тормоза-замедлителя сохраняют многопараметровую или однопараметровую тормозную характеристику, представляющую зависимость тормозного момента от управляющего воздействия и имеющую несколько опорных точек с возможностью изменения в этих точках соотношения между управляющим воздействием и тормозным моментом путем отдельных смещений, на стенде для серийных приемочных испытаний для каждого тормоза-замедлителя в заданных точках характеристики выполняют сравнение фактического значения тормозного момента с заданным значением и опорные точки, положение которых изменяют отдельными смещениями, поднимают или опускают из условия попадания фактического значения в заранее заданный диапазон допустимых значений. 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что на основе скорректированных значений для опорных точек получают скорректированную тормозную характеристику, промежуточные значения которой находят путем интерполяции, а скорректированные значения сохраняют на устройстве или регулирования тормоза-замедлителя» [8]

В таблице 3 представлен патентно-информационный поиск по вторичной документации.

Таблица 3 – Патентно-информационный поиск по вторичной документации

Предмет поиска (объект исследования)	Наименование источника информации	Автор, фирма (держатель) технической документации	Название и сущность технического решения, в научно технической документации	Уровень развития техники	
				да	нет
«Тормозные стенды силового типа	http://www.technosouz.ru/catalog/tormoznye_stendy/stend_tormoznoy_stm3500m.html	Научно производственная фирма «МЕТА»	Стенд относится к роликовым стендам силового типа, в основе работы лежит принцип измерения тормозной силы, передающейся от колес автомобиля через опорные ролики балансирующему электродвигателю и воспринимаемой тензометрическим датчиком, с последующей обработкой результатов на персональном компьютере и выдачей их на экран монитора и печатающее устройство» [8]	да	–
«Тормозные стенды силового типа	http://www.maha.ru:8100/pdf/mbt2100iw2.pdf	Maschinenbau Haldenwang МАНА	Силовой роликовый тормозной стенд IW 2 LON ALLRAD обеспечивает высокоточные измерения полноприводных автомобилей. Запатентованный метод измерения обеспечивает правильную диагностику без причинения им ущерба. Современная электронная система контроля позволяет осуществлять проверку ASR» [8]	–	нет
Тормозной стенд силового типа	http://www.garotrade.ru/wares/id/1020	ЗАО «ГАРО-Трейд»	Принцип работы линии заключается в сборе и обработке результатов измерений и визуального контроля технического состояния АТС при помощи измерительных приборов и оборудования. Результаты измерений и визуального контроля фиксируются в программе линии автоматически по радиоканалу, а также вручную (с помощью мобильного поста) и выводятся на экран монитора или распечатываются на принтере в форме диагностической карты, сводки тормозного стенда и заключения о техническом состоянии АТС» [1].	–	нет

2.3 Анализ результатов патентно-информационного поиска и разработка нового технического объекта

«Проектирование нового технического объекта возможно на основании отобранных аналогов, являющихся наиболее прогрессивными.

Для этого предварительно оцениваются технические результаты положительных эффектов и задачи, на решение которых они были направлены.

Для оценки показателей используем двоичную систему таким образом, что преимущества ТР оцениваются 0,1,2, а недостатки -1, -2.

Объекту по каждому показателю выставляем оценку 0. Оценки заносим в таблицу 4. Суммируем оценки по каждому аналогу» [8]

Аналог, имеющий наибольшую суммарную оценку, считают наиболее прогрессивным ТР и принимают его для использования в усовершенствованном объекте.

Таблица 4 – Сравнение анализов

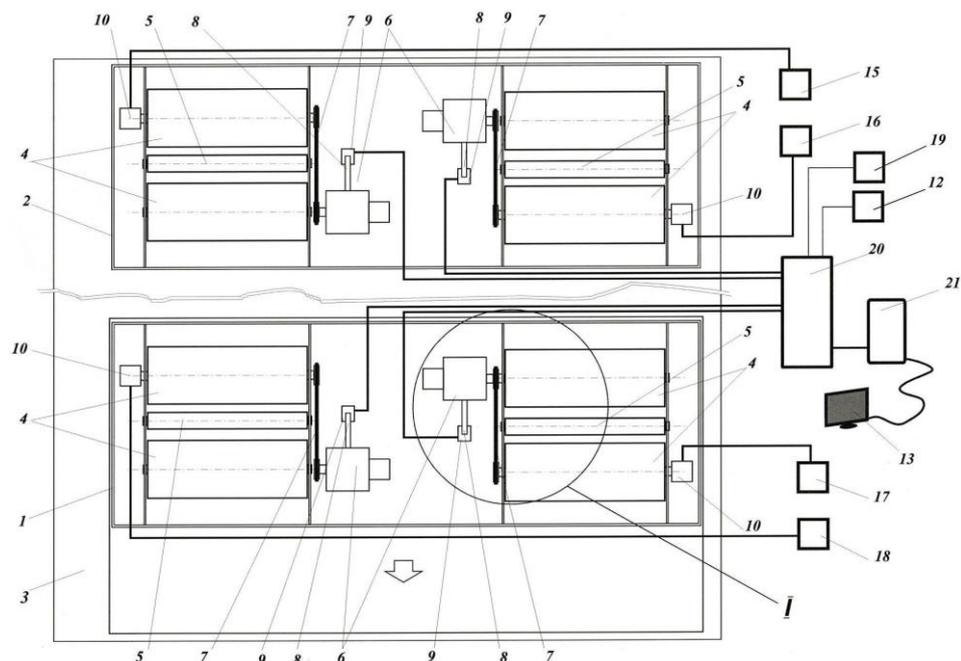
Задача, технический результат	Проектируемый объект	Прототип	Аналог	
		СДМ 2 3500.20	Патент № 95195066	Заявка № 2431814
Наличие а/б ролика с осевым перемещением	0	0	0	0
Наличие двух пар барабанных роликов	0	+2	0	+1
Максимальная автоматизация	0	+2	+1	+2
Простота конструкции	0	+1	+2	+1
Итого:	0	+5	+3	+4

Вывод по разделу.

После проведенного анализа, выявили прототип, СДМ 2 3500.20, который имеет наибольшую суммарную оценку, данный аналог является наиболее прогрессивным техническим решением, поэтому принимаем это для использования в усовершенствованном объекте.

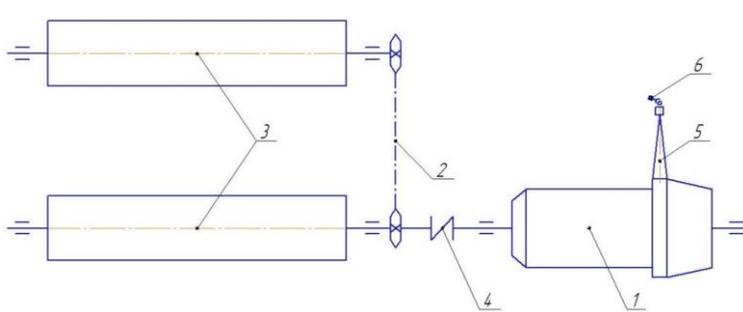
3 Конструкторская часть

«Роликовый тормозной стенд (рисунки 5, 6) относится к диагностическому гаражному оборудованию, предназначенному для диагностирования тормозной системы автомобиля.



- 1 – подвижная платформа; 2 – неподвижная платформа; 3 – фундамент; 4 – пара опорных роликов; 5 – следящий ролик; 6 – мотор – редуктор; 7 – цепная передача; 8 – рычаг; 9 – датчик сил; 10 – датчик скорости ролика; 13 – монитор водителя; 15,16,17,18 – частотный регулируемый привод; 19 – датчик усилия на педали тормоза; 20 – контроллер; 21 – персональный компьютер

Рисунок 5 – Общий вид силового роликового стенда



- 1 – мотор – редуктор; 2 – цепная передача; 3 – беговые ролики; 4 – муфта; 5 – рычаг; 6 – датчик измерения усилия

Рисунок 6 – Кинематическая схема привода стенда» [16]

3.1 Цель и назначение разработки

«Данная конструкция разрабатывается на основании патента № 2431814 С1 от 08.02.2010 г.

Устройство содержит подвижную и неподвижную платформы с опорными и следящими роликами, привод опорных роликов и датчики. Также оно снабжено датчиком усилия стояночного тормоза и монитором водителя, привод опорных роликов выполнен в виде мотор-редуктора и установлен для каждой пары опорных роликов на подвижной и неподвижной платформах, каждый мотор-редуктор установлен на мягкой подушке с возможностью качания и связан посредством рычага с датчиком сил, каждый из которых жестко закреплен на раме, причем стенд выполнен с возможностью диагностирования работоспособности антиблокировочной системы автомобиля посредством моделирования различных дорожных покрытий и для одного колеса в отдельности, и попарно взятых колес автомобиля, и для трех колес, и для всех четырех колес автомобиля. Техническим результатом является возможность создания стенда, работающего без инерционных масс, не использующего испытуемый автомобиль в качестве привода опорных роликов, с возможностью задания режима работы для каждого колеса отдельно, имитирующего различные дорожные покрытия в различных условиях: вода, лед, снег, грязь с различными коэффициентами сцепления» [15]

Спецификации на роликовый тормозной стенд и отдельно на его раму представлены в Приложении А (рисунок А.1, А.2, А.3, А.4).

«При разработке конструкции стенда особое внимание уделяется на:

- уменьшению общей массы стенда путем проведения точного прочностного расчета и применения полых рамных конструкций, что приведет к снижению усилий при его монтаже – демонтаже;

- применение стандартных узлов и деталей, а также упрощение конструкции, что позволит уменьшить затраты и трудоемкость работ по техническому обслуживанию и ремонту стенда;
- обеспечение высокой прочности, жесткости и устойчивости конструкции стенда, что прямо связано с безопасностью работы ремонтных рабочих и высокой стоимостью обслуживаемых автомобилей;
- обеспечение безотказной работы механизма и его электропривода в условиях частого использования стенда;
- использование дешевых материалов для уменьшения стоимости изделия» [12]

3.2 Конструкторский расчёт базовых элементов стенда

«Основными параметрами тормозных стендов являются:

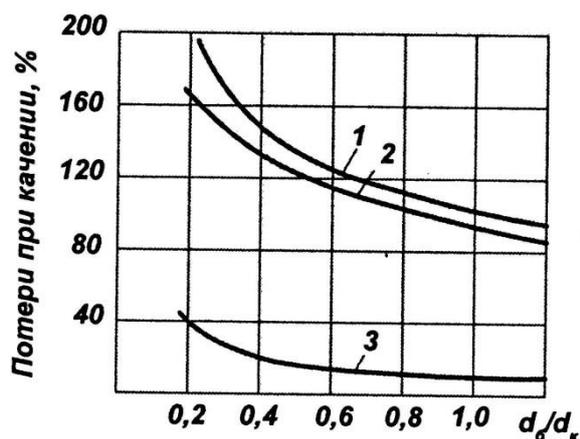
- размеры беговых роликов;
- расстояние между осями роликов одной секции стенда;
- скорость вращения автомобильного колеса;
- максимально возможная тормозная сила на колесе;
- мощность электродвигателя привода каждой секции стенда;
- весовая характеристика (развесовка) автомобиля» [26]

3.2.1 Геометрические параметры роликов

«Диаметр ролика нужно выбирать исходя из соответствия условий качения колеса по дороге и поверхности ролика.

Влияние кривизны беговых роликов на проскальзывание (рисунок 7) начинает проявляться, если отношение диаметра ролика к диаметру колеса меньше 0,4. Сопротивление качению также резко снижается при увеличении этого отношения от 0,4 до 0,5.

Поэтому можно считать, что диаметр ролика должен быть не меньше 0,4 диаметра колеса» [18].



1 – общий коэффициент сопротивления качению; 2 – гистерезисные потери;
3 – потери вследствие проскальзывания

Рисунок 7 – Влияние кривизны роликов на потери при качении

Расчет ведем для автомобиля с наибольшим диаметром колеса из всего обслуживаемого модельного ряда – Lada Xray cross (215/50 R17) [4].

«Диаметр колеса находим путем прибавления к посадочному диаметру шины удвоенной высоты профиля шины.

- посадочный диаметр, мм 457,2;
- высота профиля шины, мм 159;
- диаметр колеса, мм 775;
- диаметр ролика, мм 310,4» [19]

Для изготовления ролика выбираем горячедеформированные бесшовные стальные трубы по ГОСТ 8732-78.

Принимаем диаметр ролика 325 мм, толщина стенки 30 мм.

Длина роликов зависит от конструктивных параметров шин и степени универсальности стенда (рисунок 8).

«Минимальная длина бегового ролика:

$$l_{\text{pmin}} = \frac{B_n - B_{\text{вн}}}{2} + a, \quad (1)$$

где B_n – наибольшая наружная колея, мм;

$B_{вн}$ – наименьшая внутренняя колея, мм;

a – запас по длине, принимается в диапазоне от 100 до 150 мм» [7].

«Расчет ведем для автомобилей с наибольшей и наименьшей колеей из всего обслуживаемого модельного ряда – Lada Xray (1560 мм) и Lada Niva (1430 мм) [4, 8].

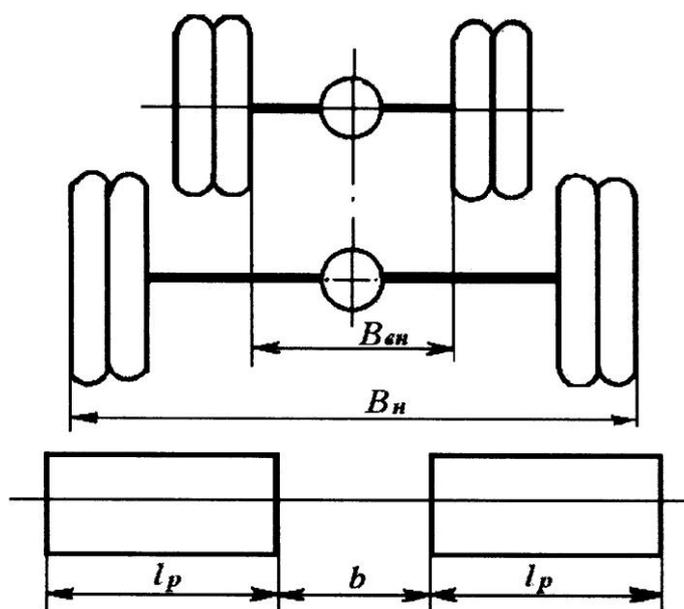


Рисунок 8 – Схема к расчету основных размеров роликового стенда

Наибольшая наружная колея:

$$B_n = D + \frac{1}{2} \cdot 265, \quad (2)$$

где D – колея автомобиля, мм» [7].

$$B_n = 1560 + \frac{1}{2} \cdot 265 = 1692,5 \text{ мм.}$$

Принимаем наибольшая наружная колея – 1693 мм.

Наименьшая внутренняя колея:

$$B_{вн} = D - \frac{1}{2} \cdot 165. \quad (3)$$

$$B_{вн} = 1437 - \frac{1}{2} \cdot 165 = 1354,5 \text{ мм.}$$

Принимаем наименьшую внутреннюю колею 1354 мм.

Минимальная длина ролика:

$$l_{\text{pmin}} = \frac{1693 - 1354}{2} + 100 = 269,5 \text{ мм.}$$

Исходя из соображений безопасности во время испытаний и удобных заезда – съезда автомобиля принимаем длину ролика 500 м.

В качестве ролика принимаем трубу $\frac{325 \times 30 \times 500 \text{ ГОСТ } 8732 - 78}{Б 10 \text{ ГОСТ } 8731 - 74}$.

Расстояние между роликами:

$$b = B_{вн} - a. \quad (4)$$

Подставив данные в формулу получим

$$b = 1354 - 100 = 1254 \text{ мм.}$$

Общая длина продольной оси ролика (ширина стенда):

$$L = 2 \cdot l_p + b. \quad (5)$$

Подставив данные в формулу получим:

$$L = 2 \cdot 500 + 1254 = 2254 \text{ мм.}$$

3.2.2 Расстояние между осями роликов одной секции стенда

«Расстояние между осями роликов:

$$l = (r_k + r_p) \cdot \frac{2 \cdot \varphi}{\sqrt{1 + \varphi^2}}, \quad (6)$$

где r_k – радиус колеса;

r_p – радиус ролика;

φ – коэффициент сцепления шин с поверхностью ролика» [2].

«Поверхность роликов должна иметь высокий коэффициент сцепления при сухих и влажных шинах, как можно меньше повреждать шину при блокировке и быть достаточно износостойкой при эксплуатации. Гладкие стальные ролики не обеспечивают высокого коэффициента сцепления при влажных шинах, поэтому целесообразно ролики покрыть корундовым покрытием которое состоит из двухкомпонентного искусственного материала на основе эпоксидной смолы. Этот материал представляет собой кристаллы кварцевого песка, что позволяет достигнуть желаемого коэффициента трения. Корундовое покрытие является самым широко распространенным решением, обеспечивающим высокую долговечность, подходит для испытания автомобилей любого класса. Данное покрытие имеет коэффициент сцепления 0,8, что наиболее приближено к асфальтобетонному покрытию» [22]

Подставив данные в формулу получим:

$$l = (388 + 162,5) \cdot \frac{2 \cdot 0,8}{\sqrt{1 + 0,8^2}} = 687,7 \text{ мм.}$$

Принимаем расстояние между осями роликов 688 мм.

Расстояние между осями роликов определяет устойчивость автомобиля на стенде и возможность самостоятельного съезда автомобиля с него.

Силы, действующие во время работы стенда, представлены на рисунке 9.

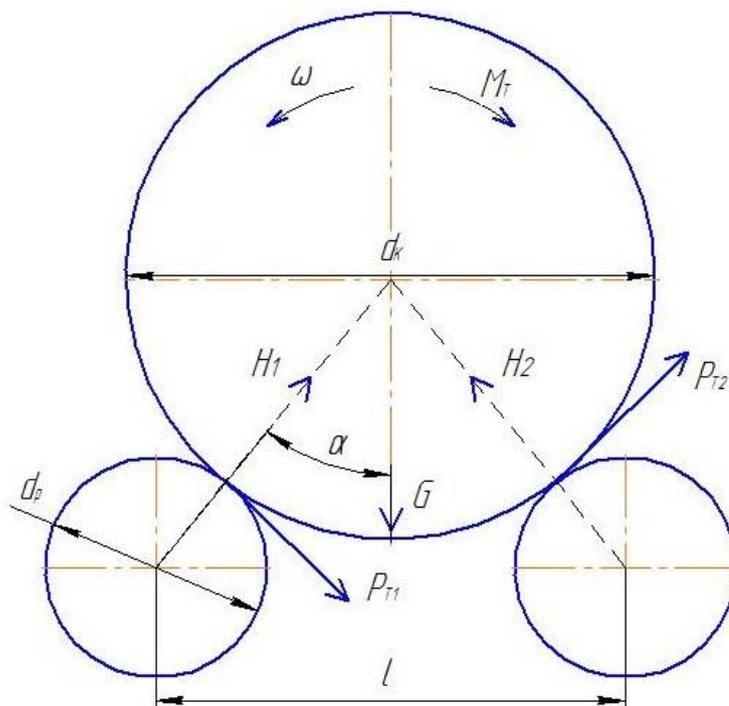


Рисунок 9 – Силы, действующие во время работы стенда

«Достаточная устойчивость обеспечивается при условии $tg\alpha \geq \varphi$, где α – угол между вектором веса автомобиля и векторами нормальной реакции роликов; φ – коэффициент сцепления шин с поверхностью ролика.

$$\alpha = \text{arctg} \varphi. \quad (7)$$

$$\alpha = \text{arctg} 0,8 = 38^{\circ} 66'.$$

Условие самостоятельного выезда автомобиля со стенда при застопоренных роликах при симметричном их расположении может быть выражено неравенством $tg\alpha < \varphi$. Следовательно, условия устойчивого положения автомобиля на стенде и возможности его самостоятельного выезда противоречат друг другу и одновременно решаться не могут.

Стенды, для которых условие самостоятельного выезда не удовлетворяются должны быть оборудованы специальным устройством, расположенным между роликами и обеспечивающий подъем колеса» [27]

3.2.3 Скорость вращения автомобильного колеса

Установлено, что для получения на стендах результатов, которые приближались бы к данным дорожных испытаний, нужно применять скорость не менее 5 км/ч. На более высоких скоростях трудно удержать автомобиль на стенде при испытании управляемых колес, а также применение электродвигателей более высокой мощности.

Скорость колес принимаем 5 км/ч.

3.2.4 Максимально возможная тормозная сила, реализуемая на стенде

«Максимальная тормозная сила на стенде определяется по формуле:

$$P_{T \max} = \frac{G \cdot \varphi}{(1 + \varphi^2) \cdot \cos \alpha}, \quad (8)$$

где G – вертикальная нагрузка на колесо со стороны автомобиля» [10].

«Если принять, что распределение веса автомобиля происходит по схеме 70 % на переднюю ось, 30 % на заднюю ось, то максимальный вес, приходящийся на одну пару роликов равен:

$$G = \frac{M \cdot 0,7}{2} \cdot 9,81, \quad (9)$$

где M – масса самого тяжелого автомобиля из всего обслуживаемого модельного ряда –Lada Vesta sw cross (1730 кг)» [7]

Подставив данные в формулу получим:

$$G = \frac{1730 \cdot 0,7}{2} \cdot 9,81 = 8085,9 \text{ Н.}$$

Следовательно, максимальная сила, развиваемая на стенде:

$$P_{T \max} = \frac{8085,9 \cdot 0,8}{(1 + 0,8^2) \cdot \cos 38^{\circ} 66'} = 4875,5 \text{ Н.}$$

3.2.5 Расчет выталкивателя колес

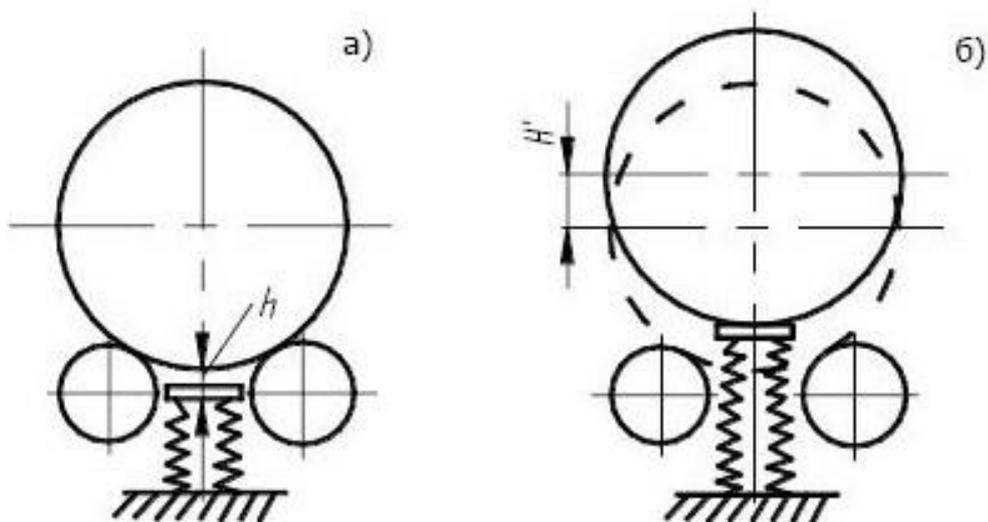
«Ход выталкивателя определяется по формуле:

$$H = (r_k + r_p) \cdot (1 - \cos \alpha) + h, \quad (10)$$

где h – гарантированный зазор, принимается в диапазоне от 20 до 30 мм»[7].

$$H = (388 + 162,5) \cdot (1 - \cos 38^{\circ} 66') + 20 = 140 \text{ мм.}$$

Схема к расчету хода подъемника представлена на рисунке 10.



а – подъемник опущен; б – подъемник поднят

Рисунок 10 – Схема к расчету хода подъемника

«В качестве исполнительного механизма подъемника используем пневмоподушку «AIR HOUSE 2» (рисунок 11), которая имеет следующие параметры:

- минимальная высота, мм 51;
- максимальная высота, мм 215;
- внешний диаметр, мм 149;
- нагрузка, кг 1179 [31].

Воздух к подушке будет подаваться от пневмосистемы СТО.

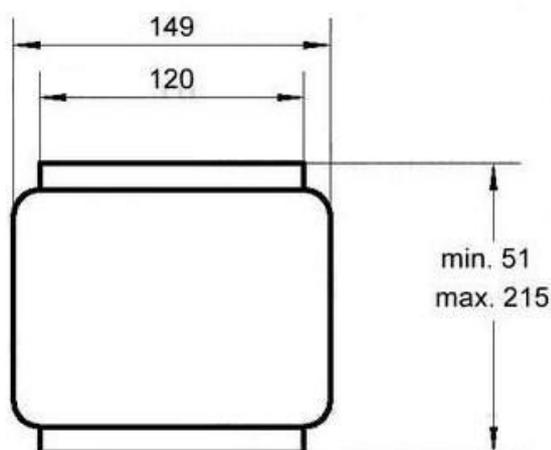


Рисунок 11 – Пневмоподушка «AIR HOUSE 2»

3.2.6 Подбор мотор – редуктора

«Подбор мотор – редуктора проводим по максимальному крутящему моменту и частоте вращения выходного вала редуктора, которые будут равны соответственно моменту и частоте вращения на роликах одной секции станда.

Крутящий момент на беговом ролике определяется по формуле

$$T_p = P_{Tmax} \cdot r_p, \quad (11)$$

где r_p – радиус бегового ролика» [23]

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

«Частота вращения роликов одной секции стенда определяется по формуле:

$$n_p = \frac{30 \cdot \omega_p}{\pi}, \quad (12)$$

где ω_p – угловая скорость роликов одной секции стенда, принимается равным $8,4 \text{ с}^{-1}$ » [9].

$$n_p = \frac{30 \cdot 8,4}{3,14} = 80 \text{ мин}^{-1}.$$

«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» [32].

Выбранный мотор – редуктор наиболее полно подходит под требуемые параметры.

3.2.7 Подбор муфты

«При монтаже и эксплуатации тормозных стендов почти всегда наблюдаются большие или меньшие нарушения идеального сопряжения соединяемых валов: осевой разбег, радиальное смещение, расцентровка, угловое смещение. Могут быть также комбинации перечисленных выше нарушений. Причины нарушений соосности валов – низкая точность и монтажа, а также недостаточная жесткость рамных конструкций. Для

устранения вредных последствий таких смещений выбираем упругую компенсирующую муфту – упругую втулочно – пальцевую муфту.

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

Выбираем муфту 1000- 56- 1 УЗ ГОСТ 21424- 93 [12].

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» [23]

3.2.8 Подбор шпонки

Для передачи крутящего момента от выходного вала редуктора на полумуфту упругой втулочно – пальцевой муфты согласно ГОСТ 23360- 78 назначаем призматическую шпонку.

Размеры шпонки (рисунок 12) выбираем в зависимости от диаметра вала и длины ступицы полумуфты.

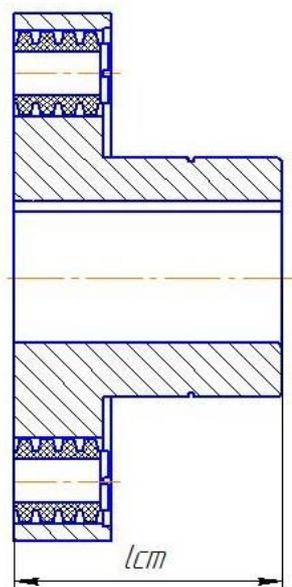


Рисунок 12 – Схема к расчету шпонки

«Длина шпонки:

$$l = l_{\text{ст}} - 5 \dots 10 \text{ мм.} \quad (13)$$

$$l = 110 - 7 = 103 \text{ мм.}$$

Размеры шпонки выбираем из ряда стандартных значений: 14x9x100»[12].

«Проверочный расчет шпоночного соединения на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma_{\text{см}}] \quad (14)$$

где T – вращающий момент;

d – диаметр вала;

l_p – рабочая длина шпонки;

h – высота шпонки;

t_1 – глубина паза вала;

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допустимое напряжение, для стали Ст3 принимается от 110 до 190 МПа» [12].

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 789,8}{55 \cdot 100 \cdot (10 - 6)} = 71,8 \text{ МПа} \leq 110 \dots 190 \text{ МПа.}$$

Следовательно, условие прочности шпонки на смятие выполнено.

Выбираем шпонку 14×9×100 ГОСТ 23360-78.

3.2.9 Расчет цепной передачи

«Исходными данными для расчета цепной передачи являются: передаваемая мощность 6,6 кВт, вращающий момент на валу звездочки 789,8 Н·м частота вращения звездочки 80 об/мин передаточное число 1, межосевое расстояние 688 мм.

Число зубьев звездочек:

$$z_1 = z_2 = 29 - 2 \cdot u. \quad (15)$$
$$z_1 = z_2 = 29 - 2 \cdot 1 = 27.$$

Выбираем двухрядную роликовую цепь и вычисляем шаг цепи:

$$t = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T \cdot K_{\text{Э}}}{z_1 \cdot [p] \cdot m}}, \quad (16)$$

где $[p]$ – допустимое давление в шарнирах, принимается равным 34 МПа

m – коэффициент рядности, принимается равным 1,7;

$K_{\text{Э}}$ – коэффициент эксплуатации» [12].

«Коэффициент эксплуатации определяется по формуле:

$$K_{\text{Э}} = K_{\text{Д}} \cdot K_{\text{А}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{СМ}} \cdot K_{\text{РЕГ}} \cdot K_{\text{РЕЖ}}, \quad (17)$$

где $K_{\text{Д}}$ – коэффициент динамичности, принимаем 1,8;

$K_{\text{А}}$ – коэффициент межосевого расстояния, принимаем 1,25;

$K_{\text{Н}}$ – коэффициент наклона передачи по горизонтали, принимаем 1;

$K_{\text{СМ}}$ – коэффициент, учитывающий способ смазывания, принимаем 1,5;

$K_{\text{РЕГ}}$ – коэффициент, учитывающий способ регулирования передачи, принимаем 1,25;

$K_{\text{РЕЖ}}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность работы, принимаем 1» [24].

$$K_{\text{Э}} = 1,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,25 \cdot 1 = 4,2,$$

$$t = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{789,8 \cdot 4,2 \cdot 10^3}{27 \cdot 34 \cdot 1,7}} = 36 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшее значение согласно справочника [11] – 38,1 мм.

Предварительно выбираем цепь 2ПР- 38,1- 25400.

«Число звеньев цепи определяется по формуле:

$$L_t = 2 \cdot a_t + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{(z_2 - z_1)^2}{4 \cdot \pi \cdot a_t}, \quad (18)$$

где a_t – значение межосевого расстояния, принимаем 21 мм» [11].

$$L_t = 2 \cdot 21 + \frac{27 + 27}{2} = 69.$$

«Длина цепи:

$$L = L_t \cdot t. \quad (19)$$

$$L = 69 \cdot 38,1 = 2628,9 \text{ мм.}$$

Диаметр делительной окружности звездочки:

$$d_{д1} = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^0}{z_1}\right)}. \quad (20)$$

$$d_{д1} = \frac{38,1}{\sin\left(\frac{180^0}{27}\right)} = 328,2 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности выступов зубьев:

$$D_{e1} = t \cdot \left[0,5 + ctg \left(\frac{180^0}{z_1} \right) \right]. \quad (21)$$

$$D_{e1} = 38,1 \cdot \left[0,5 + ctg \left(\frac{180^0}{27} \right) \right] = 345,2 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности впадин:

$$D_{i1} = d_{Д1} - (0,5 \cdot d_3 + 0,05) \cdot 2, \quad (22)$$

$$D_{i1} = 328,2 - (0,5 \cdot 22,23 + 0,05) \cdot 2 = 317 \text{ мм.}$$

Средняя скорость цепи:

$$v = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 10^3}. \quad (23)$$

$$v = \frac{27 \cdot 38,1 \cdot 80}{60 \cdot 10^3} = 1,37 \text{ м/с.}$$

Полезная нагрузка, передаваемая цепью:

$$F_t = \frac{T \cdot \pi \cdot n_1}{30 \cdot v}. \quad (24)$$

$$F_t = \frac{789,8 \cdot 3,14 \cdot 80}{30 \cdot 1,37} = 4827,2 \text{ Н.}$$

Давление в шарнире цепи

$$p = \frac{F_t \cdot K_{\text{Э}}}{A_{\text{ОП}} \cdot t}, \quad (25)$$

где $A_{\text{ОП}}$ – проекция площади опорной поверхности шарнира» [12].

$$A_{OP} = 0,28 \cdot t^2 \quad (26)$$

$$p = \frac{4827,2 \cdot 4,2}{406,5 \cdot 1,7} = 29,4 \text{ МПа} \leq [p] = 34 \text{ МПа}.$$

Следовательно, износостойкость цепи при заданных нагрузках обеспечена.

«Натяжение от действия силы тяжести определяется по формуле:

$$F_q = K_f \cdot a \cdot q \cdot g, \quad (27)$$

где K_f – коэффициент провисания, принимаем 6;

q – масса 1 м цепи, принимаем 11 кг/м» [11].

$$F_q = 6 \cdot 0,688 \cdot 11 \cdot 9,81 = 445,5 \text{ Н}.$$

Натяжение от центробежных сил:

$$F_V = q \cdot v^2. \quad (28)$$

$$F_V = 11 \cdot 1,37^2 = 20,6 \text{ Н}.$$

Натяжение нагруженной ветви цепи:

$$F_{1\max} = K_D \cdot F_t + F_q + F_V, \quad (29)$$

$$F_{1\max} = 1,8 \cdot 4827,2 + 445,5 + 20,6 = 9155 \text{ Н}.$$

Коэффициент запаса прочности:

$$s = \frac{F_{\text{разр}}}{F_{1\max}}, \quad (30)$$

$$s = \frac{25400000}{9155} > [5...6].$$

Следовательно, условие прочности выполняется [12].

«Нагрузка на валы цепной передачи:

$$F_B = 1,15 \cdot F_t. \quad (31)$$

$$F_B = 1,15 \cdot 4827,2 = 5551,3 \text{ Н.}$$

Диаметр ступицы звездочки:

$$d_{CT} = 1,5 \cdot d_B + 10. \quad (32)$$

$$d_{CT} = 1,5 \cdot 55 + 10 = 92,5 \text{ мм.}$$

Длина ступицы звездочки:

$$l_{CT} = (0,8...1,5) \cdot d_B. \quad (33)$$

$$l_{CT} = (0,8...1,5) \cdot 55 = 82,5 \text{ мм.}$$

Ширина зуба:

$$b_2 = 0,9 \cdot b_3 - 0,15, \quad (34)$$

$$b_2 = 0,9 \cdot 25,4 - 0,15 = 22,71 \text{ мм.}$$

Ширина венца многорядной звездочки:

$$B_2 = (n-1) \cdot A + b_n, \quad (35)$$

$$B_2 = (2-1) \cdot 45,44 + 22,71 = 68,15 \text{ мм.}$$

Расстояние от вершины зуба до линии центров дуг:

$$h_3 = 0,8 \cdot d_3. \quad (36)$$

$$h_3 = 0,8 \cdot 22,23 = 17,78 \text{ мм.}$$

Радиус закругления зуба:

$$r_3 = 1,7 \cdot d_3. \quad (37)$$

$$r_3 = 1,7 \cdot 22,23 = 37,79 \text{ мм.}$$

Диаметр обода:

$$D_C = t \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{180^\circ}{z} \right) - 1,3 \cdot h, \quad (38)$$

$$D_C = 38,1 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{180^\circ}{27} \right) - 1,3 \cdot 36,2 = 278,7 \text{ мм.}$$

Шаг цепи $t = 38,1 \text{ мм} > t = 35 \text{ мм}$, тогда радиус закругления $2,5 \text{ мм}$ » [17]

Звездочку делаем сварную (рисунок 13), так как диаметр звездочки более 200 мм [12].

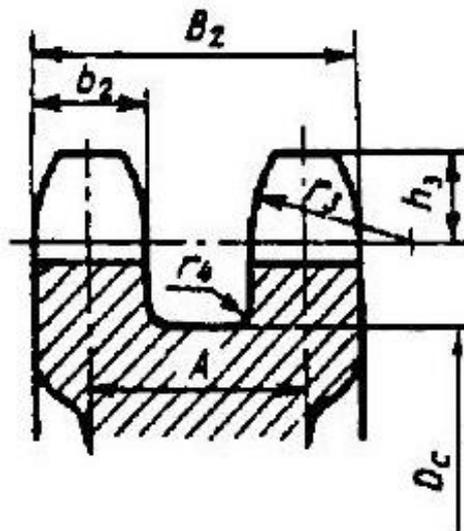


Рисунок 13 – Размеры зуба и венца звездочки в поперечном сечении

3.2.10 Расчет механизма перемещения платформы

Данный стенд предполагает испытание автомобилей с разнообразными колесными базами, поэтому задняя платформа проектируется с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости. В целях перемещения платформы применяем ходовые крановые колеса и пневматический цилиндр с питанием от пневматической системы станции технического обслуживания (рисунок 14).

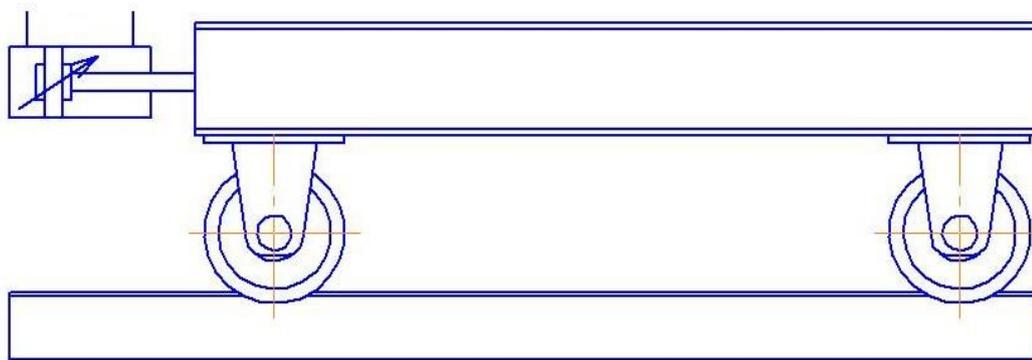


Рисунок 14 – Схема к расчету механизма перемещения платформы

«В качестве ходовых колес используем крановые двухребордные колеса из стали 65Г [14].

Наибольшая нагрузка на колесо:

$$R_{\max} = \frac{G_{\text{пл}} + G_{\text{авт}}}{z}, \quad (39)$$

где $G_{\text{пл}}$ – вес передвижной платформы, принимаем равным 16172 Н;

$G_{\text{авт}}$ – вес автомобиля, приходящийся на платформу, принимаем вес передней оси автомобиля, так как заезд автомобиля осуществляется через эту платформу, для Lada Vesta SW Cross – (1178 кг);

z – число колес» [14].

$$R_{\max} = \frac{16172 + 11556,2}{4} = 6932,1 \text{ Н.}$$

«Диаметр ходового колеса:

$$D_{\text{кол}} = 1,7 \cdot \sqrt{R_{\text{max}}}. \quad (40)$$

$$D_{\text{кол}} = 1,6 \cdot \sqrt{6932,1} = 133,2 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 28648-90 принимаем ближайший диаметр колеса 200 мм.

Полное число оборотов колеса за срок службы определяется по формуле:

$$N_c = 3600 \cdot \frac{v_{\text{ср}}}{\pi \cdot D_{\text{кол}}} \cdot T_c, \quad (41)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость передвижение колеса;

T_c – время работы колеса за срок его службы» [14].

$$N_c = 3600 \cdot \frac{0,045}{3,14 \cdot 0,2} \cdot 1600 = 412738 \text{ об.}$$

«Приведенное число оборотов колеса за срок службы определяется по формуле:

$$N = Q \cdot N_c, \quad (42)$$

где Q – коэффициент приведенного числа оборотов, методом интерполяции, принимаем 0,435» [14].

$$N = 0,435 \cdot 412738 = 179541 \text{ об.}$$

«Допустимое напряжение:

$$[\sigma_{к.л.}] = [\sigma_0] \cdot \sqrt[9]{\frac{10^4}{N}}, \quad (43)$$

где $[\sigma_0]$ – допустимое напряжение при линейном контакте» [15].

$$[\sigma_{к.л.}] = 800 \cdot \sqrt[9]{\frac{10^4}{179541}} = 580 \text{ МПа.}$$

«Колеса проверяем по напряжениям в зоне контакта колеса и рельса:

$$\sigma_{к.л.} = a_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K_V \cdot R_{\max}}{b \cdot D_{\text{кол}}}} \leq [\sigma_{к.л.}] \quad (44)$$

где a_1 – коэффициент пропорциональности, принимаем 190;

K_V – коэффициент влияния скорости принимаем 1,01;

b – ширина рельса, в качестве рельса принимаем балку 10 из двутавра по ГОСТ 8239-89, которая имеет ширину 55 мм» [14].

$$\sigma_{к.л.} = 190 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,01 \cdot 6180}{55 \cdot 200}} = 202,4 \text{ МПа} < [\sigma_{к.л.}] = 580 \text{ МПа.}$$

Окончательно принимаем колесо К2Р-160х55 и двутавровую балку номер 10.

«Для приведения платформы в движение двухсторонний пневматический цилиндр с фиксацией штока.

Подбор ведем по ходу поршня цилиндра и силе, необходимой для передвижения платформы.

Сила, необходимая для перемещения платформы, определяется по формуле:

$$F = \mu \cdot m_{\text{шт}} \cdot g, \quad (45)$$

где μ – коэффициент трения между колесами и рельсами, принимаем 0,15;

$m_{пл}$ – масса платформы, 871 кг»[14].

$$F = 0,15 \cdot 871 \cdot 9,81 = 1282 \text{ Н.}$$

«Диаметр поршня пневмоцилиндра:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot P}}, \quad (46)$$

где P – давление воздуха в пневматическом цилиндре, принимаем равным 1 МПа

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1282}{3,14 \cdot 10^6}} = 40 \text{ мм.}$$

Ход штока определяется по формуле:

$$S = L_{\text{наиб}} - L_{\text{наим}} \quad (47)$$

где $L_{\text{наиб}}$ – наибольшая колесная база из всего обслуживаемого модельного ряда, 2780 мм [4];

$L_{\text{наим}}$ – наименьшая колесная база из всего обслуживаемого модельного ряда, 2462 мм»[8].

Подставив данные в формулу, получим:

$$S = 2780 - 2462 = 318 \text{ мм.}$$

Окончательно принимаем пневмоцилиндр 1311-40×0320 УХЛ4 ГОСТ 15608-81.

3.2.11 Расчет болтового соединения

Произведем расчет фундаментного болта крепления неподвижной рамы стенда (рисунок 15).

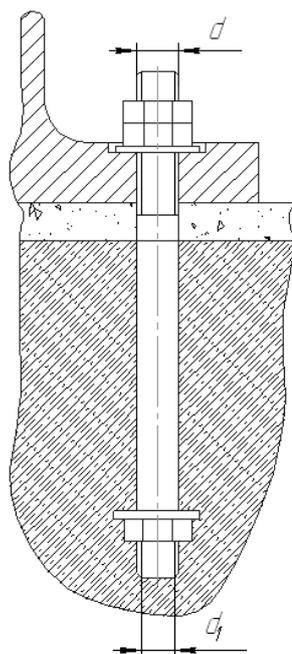


Рисунок 15 – Схема к расчету болтового соединения

В качестве материала болта принимаем сталь Ст 3 [11]. Осевая сила, воспринимаемая болтовым соединением, равна весу неподвижной платформы стенда – 8750 Н число болтов – 4.

«Внешняя нагрузка, действующая на один болт:

$$F_{BH} = \frac{F}{z}. \quad (48)$$

$$F_{BH} = \frac{8750}{4} = 2187,5 \text{ Н.}$$

Расчетная нагрузка, воспринимаемая одним болтом, определяется по формуле:

$$F_p = 1,3 \cdot k_{зт} \cdot (1 - \chi) \cdot F_{ВН} + F_{ВН} \cdot \chi, \quad (49)$$

где $k_{зт}$ – коэффициент запаса начальной затяжки, принимаем равным 3;
 χ – коэффициент внешней нагрузки, принимаем равным 0,2;
1,3 – коэффициент, учитывающий напряжение в болте вследствие его скручивания при затяжке» [12].

$$F_p = 1,3 \cdot 3 \cdot (1 - 0,2) \cdot 2187,5 + 2187,5 \cdot 0,2 = 7262,5 \text{ Н}$$

Расчетный внутренний диаметр резьбы болта:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_p}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (50)$$

«Допустимое напряжение в болте определяется по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[S_T]}, \quad (51)$$

где σ_T – предел текучести, равен 200 МПа;

S_T – коэффициент запаса прочности, принимаем равным 5» [12].

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[S_T]} = \frac{200}{5} = 40 \text{ МПа.}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 7262,5}{3,14 \cdot 40}} = 19,2 \text{ мм.}$$

Глубину закладки болта принимаем равной 300 мм.

Принимаем болт 6.3М20х460 Ст3 по ГОСТ 24379.1-80.

3.2.12 Расчет сварного соединения

Рассчитаем сварное соединение (рисунок 16) бегового ролика со ступицей приводного вала.

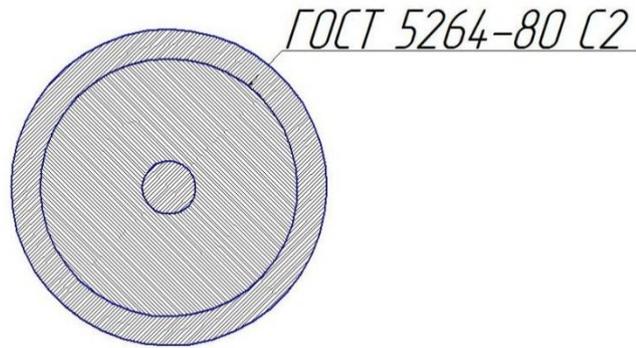


Рисунок 16 – Схема к расчету сварного соединения

«Диаметр места стыка определяется по формуле

$$D_{\text{ст}} = d_p - 2 \cdot \delta, \quad (52)$$

где δ – толщина стенки ролика, принимаем равным 30 мм» [15].

$$D_{\text{ст}} = 325 - 2 \cdot 30 = 265 \text{ мм.}$$

«Соединение представляем собой стыковое соединение без разделки кромок, рассчитываем его на кручение.

Напряжение в сварном шве:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{T}{W} \leq [\tau_{\text{кр}}] \quad (53)$$

где T – крутящий момент;

W – полярный момент» [15].

$$\tau_{cp} = \frac{789,8}{\frac{3,14 \cdot 0,265^3}{32}} = 0,4 \text{ МПа} < [\tau_{кр}] = 40 \text{ МПа}.$$

Следовательно, условие прочности выполняется.

3.2.13 Прочностной расчет

Конструкция, состоящая из ролика и вала, испытывает нагрузку от веса автомобиля и от силы, действующей на вал цепной передачи.

Так как конструкция испытывает нагрузку в двух взаимоперпендикулярных плоскостях, то рассматриваем каждую плоскость нагружения в отдельности (рисунок 17).

Рассмотрим плоскость ОХУ.

Максимальный изгибающий момент возникает в сечении под силой P_Y .

«Так как сила приложена к середине балки АВ, то изгибающий момент равен:

$$M_{изг.Y} = \frac{P_Y \cdot 0,05}{2} = 202,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Рассмотрим плоскость ОХZ.

Здесь максимальный изгибающий момент возникает в опоре В:

$$M_{изг.Z} = P_Z \cdot 0,02 = 5551,3 \cdot 0,02 = 111 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эквивалентный момент определяется по формуле:

$$M_{эkv.} = \sqrt{M_{изг..max}^2 + 0,75 \cdot T^2}, \quad (54)$$

где T – крутящий момент» [15].

$$M_{\text{экв.}} = \sqrt{202,1^2 + 0,75 \cdot 789,8^2} = 713,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

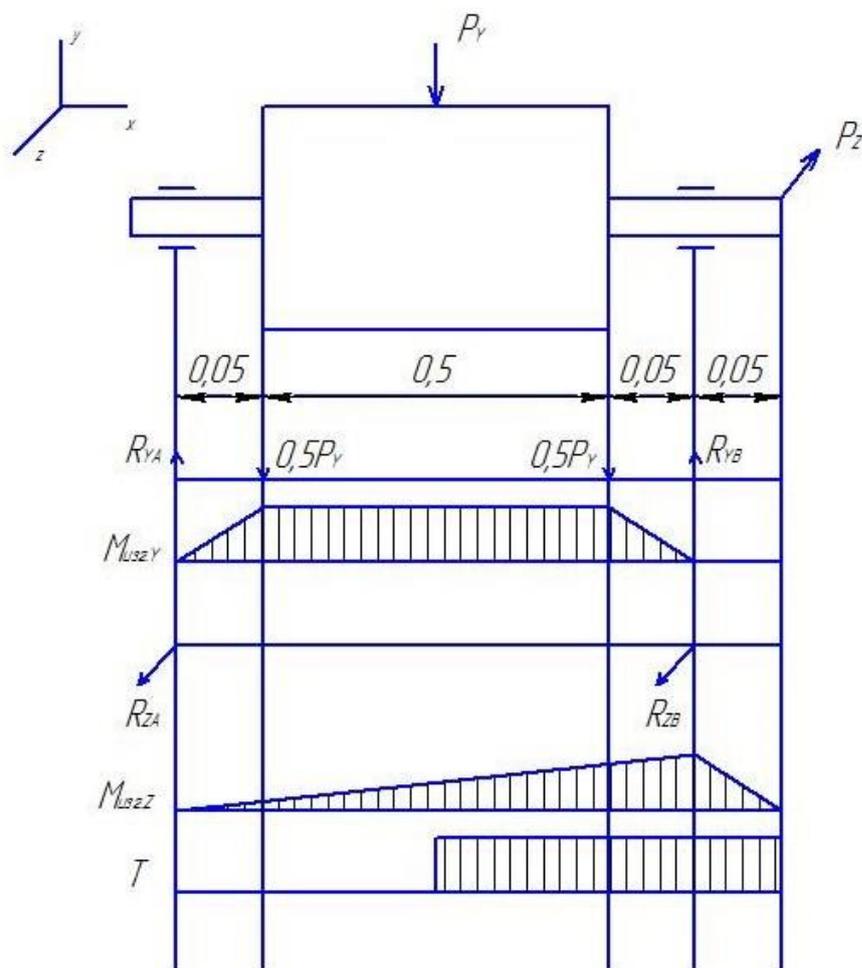


Рисунок 17 – Схема для расчета на прочность

«Выполняем проверку на прочность:

$$\sigma_{\text{экв.}} = \frac{M_{\text{экв.}}}{W_x} \leq [\sigma_{\text{изг.}}] \quad (55)$$

где W_x – момент сопротивления при изгибе;

$[\sigma_{\text{изг.}}]$ – допустимое напряжение изгиба, равен 140 МПа» [15].

$$\sigma_{\text{экв.}} = \frac{713,2 \cdot 32}{3,14 \cdot 0,055^3} = 43,7 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{изг.}}] = 140 \text{ МПа.}$$

Следовательно, условие прочности выполняется.

3.2.14 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» [13]

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

Уравнение равновесия записывается следующим образом:

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0,5 \cdot P_Y \cdot 0,05 + 0,5 \cdot P_Y \cdot 0,55 - R_B \cdot 0,6 = 0. \\ R_B &= \frac{0,5 \cdot P_Y \cdot 0,05 + 0,5 \cdot P_Y \cdot 0,55}{0,6} = 4042 \text{ Н.}\end{aligned}\quad (56)$$

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:

$$P = R_Y \cdot V \cdot K_\sigma \cdot K_T, \quad (57)$$

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

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

K_T – температурный коэффициент, принимаем равным 1» [12].

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

«Расчетный скорректированный ресурс подшипника:

$$L_{n10} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}, \quad (58)$$

где a_{23} – обобщенный коэффициент, характеризующий совместное влияние на ресурс особых свойств подшипников и условий их эксплуатации, принимаем равным 0,7 [12];

m – показатель степени, принимаем равным 3» [13].

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

Следовательно, предварительно назначенный подшипник 211 пригоден.

Выводы по разделу:

В разделе «Конструкторская часть» выполнены расчеты базовых элементов роликового тормозного станда для испытаний транспортных средств. На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что предлагаемая конструкция роликового тормозного станда может быть применена на СТО, АТП.

4 Технологический раздел

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность.

Для сборки роликового тормозного стенда предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид конструкции, ввиду своей специфичности не будет иметь большого количества заказов, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс выполняется бригадами рабочих со специализацией по видам сборочных работ. Областью экономичного использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних по размеру и крупных машин.

Определяем такт выпуска:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (59)$$

где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованных стендах;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 30.

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{30} = 4140 \text{ мин.}$$

Следующим этапом является составление технологической схемы сборки, в которой отражена последовательность соединения составных элементов конструкции (детали, сборочные единицы).

Технологическая схема сборки роликового тормозного стэнда представлена в графической части ВКР.

На основании технологической схемы сборки, составляем перечень сборочных работ узловой и общей сборки.

Перечень выполняем в виде таблицы 5, содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 5 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Взять раму в сборе 2 шт.	2
Осмотреть раму в сборе 2 шт.	4
Закрепить раму в сборе 1 шт. при помощи фундаментных болтов 16 шт.	32
Взять корпус подшипника ШБ-100 28 шт.	2
Осмотреть корпус подшипника ШБ-100 28 шт.	4
Установить корпус подшипника ШБ-100 28 шт. на раму в сборе при помощи болтов 56 шт. и гаек 56 шт.	100
Взять подшипник 211 28 шт.	2
Осмотреть подшипник 211 28 шт.	4
Установить подшипник 211 28 шт. в корпус подшипника ШБ-100 28 шт.	50
Взять раму качающуюся в сборе 4 шт.	2
Осмотреть раму качающуюся в сборе 4 шт.	4
Взять мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт.	2
Осмотреть мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт.	4
Установить мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт. на раму качающуюся в сборе 4 шт. при помощи болтов 16 шт., шайб 16 шт, гаек 16 шт.	60
Взять кольцо А55 16 шт.	2
Осмотреть кольцо А55 16 шт.	4
Установить кольцо А55 16 шт. на мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт.	16
Взять шпонку 16×10×70 8 шт.	0,8
Взять муфту 1000-56-1 4 шт.	1
Осмотреть муфту 1000-56-1 4 шт.	2

Продолжение таблицы 5

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Установить муфту 1000-56-1 4 шт. на мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт. при помощи шпонки 16×10×70 8 шт.	36
Взять ролик ведущий в сборе 4 шт.	2
Осмотреть ролик ведущий в сборе 4 шт.	4
Установить ролик ведущий в сборе 4 шт. в подшипниковую опору 8 шт.	8
Взять шпонку 16×10×100 4 шт.	0,8
Взять звездочку 4 шт.	0,8
Осмотреть звездочку 4 шт.	1
Установить звездочку 4 шт. на ролик ведущий в сборе 4 шт. при помощи шпонки 16×10×100 4 шт.	8
Соединить ролик ведущий в сборе 4 шт. с муфтой 1000-56-1 4 шт.	8
Взять ролик ведомый в сборе 4 шт.	2
Осмотреть ролик ведомый в сборе 4 шт.	4
Установить ролик ведомый в сборе 4 шт. в подшипниковую опору 8 шт.	8
Взять шпонку 16×10×100 4 шт.	0,8
Взять звездочку 4 шт.	0,8
Осмотреть звездочку 4 шт.	1
Установить звездочку 4 шт. на ролик ведомый в сборе 4 шт.	8
Выполнить регулировочные операции по настройке станда	60
Выполнить испытание станда	180
Итого:	631

4.2 Определение трудоемкости сборки

Определяем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (60)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}$$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{um}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (61)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах $\alpha=2-3\%$, принимаем $\alpha=3\%$;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах $\beta=4-6\%$, принимаем $\beta=5\%$.

$$t_{шт}^{общ} = 631 + 631 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 681,48 \text{ мин.}$$

4.3 Составление технологического процесса сборки роликового тормозного станда

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Технологический процесс сборки роликового тормозного станда

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
005	Сборочная	1	Взять раму в сборе 2 шт.		391
		2	Осмотреть раму в сборе 2 шт.		
		3	Закрепить раму в сборе 1 шт. при помощи фундаментных болтов 16 шт.		
		4	Взять корпус подшипника ШБ-100 28 шт.		
		5	Осмотреть корпус подшипника ШБ-100 28 шт.		
		6	Установить корпус подшипника ШБ-100 28 шт. на раму в сборе при помощи болтов 56 шт. и гаек 56 шт.		

Продолжение таблицы 6

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		7	Взять подшипник 211 28 шт.	Набор ключей, гайковерт, электрическая дрель, углошлифовальная машина	
		8	Осмотреть подшипник 211 28 шт.		
		9	Установить подшипник 211 28 шт. в корпус подшипника ШБ-100 28 шт.		
		10	Взять раму качающуюся в сборе 4 шт.		
		11	Осмотреть раму качающуюся в сборе 4 шт.		
		12	Взять мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт.		
		13	Осмотреть мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт.		
		14	Установить мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт. на раму качающуюся в сборе 4 шт. при помощи болтов 16 шт., шайб 16 шт, гаек 16 шт.		
		15	Взять кольцо А55 16 шт.		
		16	Осмотреть кольцо А55 16 шт.		
		17	Установить кольцо А55 16 шт. на мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт.		
		18	Взять шпонку 16×10×70 8 шт.		
		19	Взять муфту 1000-56-1 4 шт.		
		20	Осмотреть муфту 1000-56-1 4 шт.		
		21	Установить муфту 1000-56-1 4 шт. на мотор-редуктор МЦ2С-125 4 шт при помощи шпонки 16×10×70 8 шт.		
		22	Взять ролик ведущий в сборе 4 шт.		

Продолжение таблицы 6

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		23	Осмотреть ролик ведущий в сборе 4 шт.		
		24	Установить ролик ведущий в сборе 4 шт. в подшипниковую опору 8 шт.		
		25	Взять шпонку 16×10×100 4 шт.		
		26	Взять звездочку 4 шт.		
		27	Осмотреть звездочку 4 шт.		
		28	Установить звездочку 4 шт. на ролик ведущий в сборе 4 шт. при помощи шпонки 16×10×100 4 шт.		
		29	Соединить ролик ведущий в сборе 4 шт. с муфтой 1000-56-1 4 шт.		
		30	Взять ролик ведомый в сборе 4 шт.		
		31	Осмотреть ролик ведомый в сборе 4 шт.		
		32	Установить ролик ведомый в сборе 4 шт. в подшипниковую опору 8 шт.		
		33	Взять шпонку 16×10×100 4 шт.		
		34	Взять звездочку 4 шт.		
		35	Осмотреть звездочку 4 шт.		
		36	Установить звездочку 4 шт. на ролик ведомый в сборе 4 шт.		
010	Регулировочная	1	Выполнить регулировочные операции по настройке стенда	Набор ключей	240
		2	Выполнить испытание стенда		

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки роликового тормозного стенда.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Рабочие в различных отраслях промышленности сталкиваются с вопросами безопасности, связанными с качеством воздуха, температурой и работой оборудования. Для обеспечения безопасности сотрудников в таких отраслях, как коммунальное хозяйство, нефть и газ, общественная безопасность, транспорт, производство и природные ресурсы, рабочие должны быть обеспечены технологиями, которые позволяют им исключить риски и максимально защититься от известных опасностей.

«По оценкам Международной организации труда, каждый год в результате несчастных случаев на рабочем месте или болезней погибает 2,83 млн человек. Во всем мире насчитывается около 381 млн несчастных случаев на производстве и 160 млн жертв профессиональных заболеваний. Международная организация труда установила, что вредные и опасные вещества вызывают более 650 тыс. смертей в год, а строительная отрасль является источником наибольшего количества несчастных случаев» [7].

В отчете говорится, что улучшение качества работы включает в себя меньшую подверженность рискам, включая такие опасности, как испарения вредных веществ, контакт с химическими веществами, небезопасные методы работы и так далее.

Эффективная программа безопасности обеспечивает возврат инвестиций в размере 200%, помогая сократить расходы на компенсацию работникам и повышая производительность. Безопасность также может помочь улучшить качество работы: в отчете, охватывающем 1,2 млрд работников во всем мире, говорится, что повышение качества работы важно как для работников, так и для работодателей.

В зарубежных компаниях, использующих системы и программное обеспечение для оценки подрядчиков, а также для отслеживания и мониторинга безопасности сотрудников и подрядчиков еще до того, как они выйдут на объект, могут увидеть сокращение числа инцидентов, связанных с

безопасностью, на 50% по сравнению со средними показателями Бюро трудовой статистики.

Большинство организаций в различных отраслях используют технологии как способ повышения производительности. Автоматизация и оптимизация процессов с использованием роботов и других технологических инноваций может помочь предприятиям делать больше с меньшими затратами, снижать затраты и повышать эффективность. Однако теперь известно, что технологии также могут помочь улучшить состояние безопасности труда.

Например, предприятия используют цифровые технологии и программное обеспечение, чтобы сотрудники могли лучше понимать обстановку на рабочем месте и опасности, с которыми они могут столкнуться. Используя технологии для повышения осведомленности о рисках и их снижения, организациям будет легче соблюдать последние правила и стандарты, применимые к отрасли в каждой конкретной стране.

Существует пять способов, которыми технологии могут помочь повысить безопасность работников:

- коммуникации. Высокоскоростная связь и информация в режиме реального времени позволяют работодателям знать о состоянии качества воздуха, тепла и конкретных рисках, чтобы они могли устранить эти опасности до того, как они нанесут травму. Если произойдет травма, сотрудникам нужна надежная связь, чтобы позвать на помощь и сообщить об этом первым;
- идентификация опасности. Мгновенное управление безопасностью с помощью мобильного устройства может помочь организациям выявлять и устранять опасности по мере их возникновения. Рабочие могут фотографировать опасности и заполнять мобильные контрольные списки безопасности, а также проводить инструктаж на рабочем месте, для обеспечения безопасности всех работников;

- виртуальная и дополненная реальность. Виртуальная реальность и дополненная реальность могут помочь в обучении сотрудников тому, как справляться с опасными ситуациями, не подвергая их опасности. Дополненная реальность может позволить техническим специалистам или опытным работникам обучать других таким процессам, как ремонт машин, без необходимости физического увеличения числа людей в окружающей среде. Это может быть полезно, если сама процедура ремонта опасна, опасны условия;
- дроны. Дроны можно использовать, когда объекты слишком опасны для людей, чтобы исследовать их, например, если произошла утечка газа или другой химический разлив. Дроны могут собирать информацию и позволять командам по очистке определять наиболее безопасный план действий, не подвергаясь опасности;
- автоматизация и робототехника. Автоматизация повышает безопасность, снимая с людей бремя тяжелой ручной работы. Роботы могут выполнять тяжелую работу, позволяя людям сосредоточиться на более творческих задачах. Это особенно полезно на складах с недоукомплектованным персоналом и других объектах, где необходимость поддерживать производительность может создать культуру, при которой некоторый риск принимается в обмен на более быстрое выполнение работы. Добавление роботов к рабочей силе может облегчить нагрузку и снизить риск. Роботы также могут помочь на производственных объектах или строительных площадках, где людям больше не нужно ходить с места на место, чтобы забрать материалы, необходимые для их части сборки или сборки. Вместо этого роботы могут доставлять им нужные детали, когда они им нужны, сокращая расстояние, которое проходят люди, и тем самым снижая утомляемость и риск несчастных случаев.

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде составлен технологический паспорт, представленный в таблице 7.

Таблица 7 – 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

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков является частью процесса, используемого для оценки того, может ли какая-либо конкретная ситуация, предмет, вещь и так далее 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).

Информация по определению профессиональных рисков при испытании тормозной системы на стенде представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Подготовка автомобиля к испытанию тормозной системы.	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	Роликовый тормозной стенд колеса испытуемого автомобиля
2 Установка автомобиля передними колесами на роликовый тормозной стенд.		Детали и агрегаты роликового тормозного стенда, поверхности автомобиля
3 Подготовка роликового тормозного стенда.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля, технологического оборудования	Роликовый тормозной стенд, технологическое оборудование
4 Испытание тормозов передней оси.		
5 Установка автомобиля задними колесами на роликовый тормозной стенд		
6 Испытание тормозов задней оси.	Повышенный уровень шума	
7 Окончание испытаний тормозной системы		

Продолжение таблицы 8

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы»	Источник возникновения ОиВПФ
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	«Однообразно повторяющиеся технологические операции» [12]
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда	

5.3 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» [27].

«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 с

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» [26].

В целях частичного снижения или полного устранения обнаруженных ОВПФ выбираем организационно-технические методы и средства с учетом действующих требований.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [27].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [23].
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных);	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [27].

Продолжение таблицы 9

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [26]. 	–
Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединённых операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечёт снижение производственных показателей; – чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии; – внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных 	

Продолжение таблицы 9

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	<p>психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии) в структуру режима труда и отдыха включают функциональную музыку, которая стимулирует двигательную активность и вызывает у работников приятные эмоции;</p> <ul style="list-style-type: none"> – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [12]. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 10).

Таблица 10 – 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

Система пожаротушения является неотъемлемой частью любой противопожарной инфраструктуры. «Пожаротушение» – собирательный термин для любой инженерной группы подразделений, предназначенных для тушения пожара. Это может быть достигнуто применением огнетушащего вещества, такого 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» [5].

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде представлен в таблице 11.

Таблица 11 – 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
«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» [5]

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

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде и сведем их в таблицу 12.

Таблица 12 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесса	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» [22];
- 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.

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 7);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблица 8) и определены методы и средства их снижения (таблица 9);
- 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 10, 11);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе испытания тормозной системы легкового автомобиля на роликовом тормозном стенде и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 12).

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку конструкции роликового тормозного стенда воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (62)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{сб.п}}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [23].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (63)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [23].

В таблице 13 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 13 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама из швеллера	Ст3	152	152	81	12312
Итого:	–	–	–	–	12312

$$C_{к.д} = 152 \cdot 81 = 12312 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{п.р.н} + C_M, \quad (64)$$

где $C_{п.р.н}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [25].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{п.р.} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (65)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, ролики ведущий, ведомый – по 4 шт.; вал – 4 шт., трудоёмкость на изготовление деталей: ролик ведущий – 3 чел.-ч., ролик ведомый – 2,6 чел.-ч., вал – 1,6 чел.-ч.

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [23].

$$t = (4 \cdot t_{\text{ролик ведущ.}} + 4 \cdot t_{\text{ролик ведом.}} + 4 \cdot t_{\text{вал.}}),$$

$$t = 4 \cdot 3 + 4 \cdot 2,6 + 4 \cdot 1,6 = 28,8 \text{ чел.-ч.}$$

Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 июня 2022 года МРОТ составляет 15279 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $15279/(7 \cdot 21) = 103,94$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80. Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $103,94 \cdot 1,42 = 147,59$ р./ч.

$$C_{\text{ПР}} = 28,8 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 4378,1 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100, \quad (66)$$

$$C_{\text{Д}} = 10 \cdot 4378,1 / 100 = 437,81 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100, \quad (67)$$

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (4378,1 + 437,81) / 100 = 1444,77 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma \text{ПР}} = 4378,1 + 437,81 + 1444,77 = 6260,68 \text{ р.}$$

В таблице 14 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 14 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	4378,1
Дополнительная заработная плата	437,81
Начисления на заработную плату	1444,77
Итого:	6260,68

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (68)$$

где C – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [23].

В таблице 15 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 15 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Ролик ведущий	Сталь 40	4	368	42,6	15676,8
Ролик ведомый	Сталь 40	4	360	42,6	15336
Вал	Сталь 40X	4	34,8	90	3132
Итого:	–	–	–	–	34144,8

$$C_M = 368 \cdot 42,6 + 360 \cdot 42,6 + 34,8 \cdot 90 = 34144,8 \text{ р.}$$

$$C_{од} = 6260,68 + 34144,8 = 40405,48 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (69)$$

где $C_{сб}$ – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{д.сб}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [23].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{д.СБ} \cdot k_t, \quad (70)$$

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч» [23].

«Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (71)$$

где t_{CB} – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [25].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 27 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 27 = 33,75 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 33,75 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 5130,59 \text{ р.,}$$

$$C_{д.СБ} = 0,1 \cdot 5130,59 = 513,05 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.СБ} = 0,3 \cdot (5130,59 + 513,05) = 1693,09 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 5130,59 + 513,05 + 1693,09 = 7336,73 \text{ р.}$$

В таблице 16 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 16 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	5130,59
Дополнительная заработная плата	513,05
Страховые взносы в фонды	1693,09
Итого	7336,73

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C_{PP}' \cdot R_{OH})}{100}, \quad (72)$$

где C_{PP}' – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [26].

$$C_{PP}' = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (73)$$

Подставив числовые значения в формулу 69 получим:

$$C_{PP}' = 4378,1 + 5130,59 = 9508,69 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: колесо крановое – 4 шт., подшипник шариковый радиальный однорядный 211 – 28 шт., пневмоцилиндр – 1 шт., пневмоподушка Air Horse 2 – 4 шт., муфта – 4 шт., цепь – 4 шт., мотор-редуктор – 4 шт., а также метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 17 [29].

Таблица 17 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Колесо крановое	4	7800	31200
Подшипник шариковый радиальный однорядный 211	28	230	6440
Пневмоцилиндр	1	8269	8269
Пневмоподушка Air Horse 2	4	3250	13000
Муфта	4	3120	12480
Цепь	2	3410	6820
Мотор-редуктор	4	7400	29600
Болт	50	3	150
Гайка	50	2,9	145
Шайба	70	2	140
Грунт-эмаль	1	1100	1100
Краска акриловая по металлу Tikkurila Metallista	1	2690	2690
Итого:			112034

$$C_{\text{ИД}} = 31200 + 6440 + 8269 + 13000 + 12480 + 6820 + 29600 + 150 + 145 + 140 + 1100 + 2690 = 112034 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 18.

$$C_{\text{КОИ}} = 12312 + 40405,48 + 7336,73 + 1426,3 + 112034 = 173514,51 \text{ р.}$$

Таблица 18 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	12312
Затраты на изготовление оригинальных деталей	40405,48
Затраты на сборку	7336,73
Общепроизводственные накладные расходы	1426,3
Стоимость покупных изделий (деталей)	112034
Итого:	173514,51

Общие затраты на изготовление конструкции роликового тормозного стенда равны 173514,51 руб.

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости разработки.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (74)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р. [25];

$$\mathcal{E}_Г = 754000 - 173514,51 = 580485,49 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (75)$$

$$O_{ОК} = \frac{173514,51}{580485,49} = 0,3 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (76)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 580485,49 - 0,15 \cdot 173514,51 = 554458,31 \text{ р.}$$

В таблице 19 представлены основные показатели проекта.

Таблица 19 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	754000	173514,51
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	580485,49

Продолжение таблицы 19

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Экономический эффект	р.	–	554458,31
Срок окупаемости	год	–	0,3

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки роликового тормозного стенда с экономической стороны. Стоимость разработки роликового тормозного стенда составляет 173514,51 рублей, срок окупаемости равен 0,3 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция роликового тормозного стенда.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- проведен обзор технической литературы о тормозной системе легкового автомобиля, ее назначении, конструктивные схемы и достоинства и недостатки каждой из них;
- сопоставлены совокупности существенных признаков проектируемого объекта и аналогов, выбранных ранее из патентного поиска, объект не обладает критериями патентоспособности: изобретательский уровень, новизна;
- выполнены расчеты базовых элементов роликового тормозного стенда для испытаний транспортных средств. На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что предлагаемая конструкция роликового тормозного стенда может быть применена на СТО, АТП как недорогая и эффективная конструкция для диагностики тормозной системы легковых транспортных средств;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки роликового тормозного стенда;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки роликового тормозного стенда с экономической стороны. Срок окупаемости равен 0,3 года, стоимость изготовления составляет 173514,51 рублей, что значительно дешевле вариантов стендов роликовых тормозных стендов представленных на рынке.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Андросенко М. В. Проектирование технологического оборудования с применением САПР : учебное пособие / М. В. Андросенко, О. А. Филатова ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова". - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

2 Ахметов Л.А., Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономическая эффективность и эксплуатационные свойства газобаллонных автомобилей. - М.: Высшая школа, 2010. – 272 с.

3 Бондаренко Е. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство») / Е. В. Бондаренко, Р. С. Фаскиев. - Москва : Академия, 2015. - 302, [1] с. : ил.

4 Власов Ю. А Проектирование технологического оборудования автотранспортных предприятий : учебное пособие / Ю. А. Власов, Н. Т. Тищенко ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования, Томский гос. архитектурно-строительный ун-т. - Томск : Изд-во Томского гос. архитектурно-строительного ун-та, 2017. - 345 с

5 Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.

6 ГОСТ 27577-2000. Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия.

7 Графкина М.В. Михайлов В.А. Нюнин Б.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов ВУЗов. – М.: «Велби Проспект», 2014. – 608 с.

8 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

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

10 Дрючин Д. А. Проектирование производственно-технической базы автотранспортных предприятий на основе их кооперации с сервисными предприятиями [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Д. А. Дрючин, Г. А. Шахлевич, С. Н. Якунин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Оренбургский государственный университет". - Оренбург : ОГУ, 2016. - 124 с

11 Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика). Учебник для ВУЗов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 598 с.

12 Золотницкий В.А. Автомобильные газовые топливные системы. - М.: АСТ Астрель, 2009. - 128 с.

13 Косиловой А.Г. Мещерякова Р.К. Справочник технолога - машиностроителя. В 3-х т. - М.: Машиностроение, 2012. – 407с.

14 Лиханов В.А., Лопатин О.П. Экологическая безопасность: Учебное пособие. - Киров: ВГСХА, 2006. – 126 с.

15 Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Габсалихова Л.М., Валиев И.И. Перспективы и риски перевода автомобильного транспорта на газомоторное топливо. – Фундаментальные исследования. №10, 2013, С. 1209-1214

16 Малкин В. С. Основы проектирования технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта : электронное учебно-методическое пособие / В. С. Малкин ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2019. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см;

17 Никифоров, Л.Л. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для бакалавров / Л.Л. Никифоров, В.В. Персиянов. - М.: Дашков и К, 2015. - 496 с.

18 Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей: учебное пособие. 5-е изд., стер. - М.: Академия, 2012. – 160 с.

19 Петренко А.М. Устойчивость специальных транспортных средств: учеб. пособие / А.М. Петренко. - М.: МАДИ, 2013. – 41 с.

20 Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе. Руководящий документ Р 3112199-1095-03.

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

22 Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

23 Эрдеди А.А. Детали машин: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Академия, 2012. - 106 с. Яркин Е. К. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования автотранспортных предприятий : учебное пособие / Е. К. Яркин, В. М. Зеленский, Е. В. Харченко ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Российский гос. техн. ун-т (Новочеркасский политехн. ин-т). -

Новочеркасск : Южно-Российский гос. техн. ун-т, 2006 (Новочеркасск : ЦОП ЮРГТУ). - 321 с.

24 Яркин Е. К. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования автотранспортных предприятий : учебное пособие / Е. К. Яркин, В. М. Зеленский, Е. В. Харченко ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Российский гос. техн. ун-т (Новочеркасский политехн. ин-т). - Новочеркасск : Южно-Российский гос. техн. ун-т, 2006 (Новочеркасск : ЦОП ЮРГТУ). - 321 с.

25 David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.

26 Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

27 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

28 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

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

Приложение А
Спецификации

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
А1			22.ДП.ПЭА.190.61.01.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
<i>Материалы</i>						
1			Швеллер 160х160х6 Б ГОСТ 8278-83 2-ст3сп ГОСТ 11474-76 L=1200 мм		2	
2			Швеллер 8П ГОСТ 8240-97 ст3сп ГОСТ 11474-76 L=4770 мм		2	
3			Швеллер 80х60х6 Б ГОСТ 8278-83 2-ст3сп ГОСТ 11474-76 L=1200 мм		6	
4			Швеллер 80х100х6 Б ГОСТ 8278-83 2-ст3сп ГОСТ 11474-76 L=560 мм		2	
22.ДП.ПЭА.190.61.01.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Проб.	Н.контр.	Утв.	Холодов	Бабровский	Бабровский
				Рама		Лит. Лист Листов 1 1 1
				ТГУ ИМ гр. АТС-1701В		
				Копировал	Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация на раму тормозного стенда

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A4			22.ДП.ПЭА.190.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1		
A1			22.ДП.ПЭА.190.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	3		
<i>Сборочные единицы</i>							
A1	1		22.ДП.ПЭА.190.61.01.000	Рама	2		
	2		22.ДП.ПЭА.190.61.02.000	Рама качающаяся	4		
A2	3		22.ДП.ПЭА.190.61.03.000	Ролик ведомый	4		
*	4		22.ДП.ПЭА.190.61.04.000	Ролик ведущий	4	* 4xА4	
<i>Детали</i>							
	5		22.ДП.ПЭА.190.61.00.005	Звездочка	8		
<i>Стандартные изделия</i>							
				Болты ГОСТ 15589-70			
	6			M22-6g×165.58	56		
	7			M20-6g×160.58	16		
	8			M10-6g×135.58	16		
			22.ДП.ПЭА.190.61.00.000				
Изм. Лист		№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб. Холодов							
Проб. Бабровский							
Н.контр. Бабровский							
Утв. Бабровский							
Стенд роликовый тормозной					Лит.	Лист	Листов
						1	3
					ТГУ ИМ АТС-1701В		
Копировал					Формат А4		

Рисунок А.2 – Спецификация на тормозной роликовый стенд

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Холодов		22.ДП.ПЭА.190.61.00.000	Лист
												Изм.	Лист		
		9		М10-6д×10.58	16										
				Болты фундаментные											
				ГОСТ 24379.1-80											
		10		6.3М20×1300	4										
		11		6.3М16×100	8										
		12		6.3М12×170	4										
				Гайки ГОСТ 15526-70											
		13		М22-6Н5	56										
		14		М20-6Н5	16										
		15		М16-6Н5	8										
		16		М12-6Н5	4										
		17		М10-6Н5	16										
		18		Колесо К2Р-200×160	4										
				ГОСТ 28648-90											
		19		Кольцо А55 ГОСТ 13942-86	16										
		20		Корпус подшипника ШБ-100	28										
				ГОСТ 13218.5-80											
		21		Мотор-редуктор МЦ2С-125	4										
				ГОСТ Р 50968-96											
		22		Муфта 1000-56-1 УЗ	4										
				ГОСТ 214.24-93											
		23		Пневмоцилиндр 131-40х0320 УХ/4	1										
				ГОСТ 15608-81											
		24		Подшипник 211 ГОСТ 8338-75	28										
		25		Цепь 2ПР-38,1-25400	4										
				ГОСТ 13568-97											
				Шайбы ГОСТ 11371-78											
		26		А 20.02	24										
		27		А 16.02	8										
		28		А 12.02	4										
		29		А 10.02	32										
				Шайбы ГОСТ 6402-70											
Изм. № подл.															
Взам. инв. №															
Инд. № докл.															
Подп. и дата															
Подп. и дата															

Рисунок А.3 – Спецификация на тормозной роликовый стенд

