

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля
и АБС

Студент

А.А. Лапшин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Л.А. Черепанов

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС».

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение, всего 100 страниц с приложением. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В качестве конструкторской разработки предложена конструкция стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС на основании патента № 2431814 С1 от 08.02.2010 г. 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, с различными коэффициентами сцепления.

В первом разделе ВКР рассмотрены назначение и конструкция тормозной системы легкового автомобиля и требования, предъявляемые к тормозным системам автомобиля.

Во втором разделе приведена конструкторская разработка стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС, выполнены конструкторские расчеты основных элементов стенда.

В третьем разделе рассмотрены виды выполняемых работ на участке диагностики, а также составлена технологическая карта диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности проекта.

В пятом разделе рассчитана экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

This graduation work is devoted to the development of the stand for diagnosing the vehicle brake system and ABS.

The explanatory note consists of five parts, introduction and conclusion, list of references, 1 appendix, totally 100 pages, including attachments. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation work is fully consistent with the issued assignment.

As a design development, the construction of a stand for diagnosing the vehicle brake system and ABS was proposed on the basis of patent № 2431814 C1 dated 08.02.2010. The technical result is the possibility of developing the stand that works without inertial masses, which doesn't use the test vehicle as a drive for the support rollers, with the ability to set the operating mode for each wheel separately, simulating different road surfaces in different conditions: with different adhesion coefficients.

In the first part, we study the functions, the design of the vehicle's braking system and the requirements for it.

In the second part, the design of the stand for vehicle braking system and ABS diagnostics was developed. The design calculations of the main elements of the stand were performed.

In the third part, the types of performed work were considered at the diagnostic station. Also, the evaluation flow chart for vehicle brake system and ABS is prepared.

The fourth part dealt with the work safety and ecological properties of the project.

In the fifth part of the graduation work, the project economic efficiency was calculated.

In the conclusion the results of the study were reported.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	11
1.1 Тормозная система легкового автомобиля ее назначение и применяемые варианты конструкций.....	11
1.2 Требования, предъявляемые к тормозным системам автомобиля.....	27
2 Конструкторская часть	30
2.1 Обоснование конструкторской разработки.....	30
2.2 Область применения разрабатываемой конструкции	37
2.3 Цель и назначение разработки.....	39
2.4 Конструкторский расчёт базовых элементов стенда	40
3 Технологический процесс	69
3.1 Виды выполняемых работ.....	70
3.2 Технологическая карта диагностирования тормозной системы автомобиля.....	70
4 Производственная и экологическая безопасность проекта	71
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде	71
4.2 Определение профессиональных рисков	73
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	74
4.4 Пожарная безопасность	79
4.5 Экологическая безопасность технологического процесса проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде.....	81
5 Экономическая эффективность проекта.....	84
Заключение	92
Список используемой литературы и используемых источников.....	93
Приложение А Спецификации.....	97

Введение

«Автомобильный транспорт является самым опасным видом транспорта. По данным Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (РЭК ООН) автомобильный транспорт в 12 раз опаснее морского и речного транспорта, в 1,5 раза опаснее воздушного транспорта (из расчета на число погибших отнесенных к одному млн. пассажиров/км).

По данным Всемирной организации здравоохранения, каждый год в мире в дорожно-транспортных происшествиях погибают и получают ранения более 20 миллионов человек, при этом суммарные экономические потери превышают 600 миллиардов долларов» [1].

Согласно официальным данным ГИБДД [1] за 2020 год, на дорогах Российской Федерации было зафиксировано 145073 ДТП, в которых погибло 16152 человека, ранено 183040 человек.

Подробная разбивка ДТП в 2020 г. по месяцам представлена на рисунке 1.

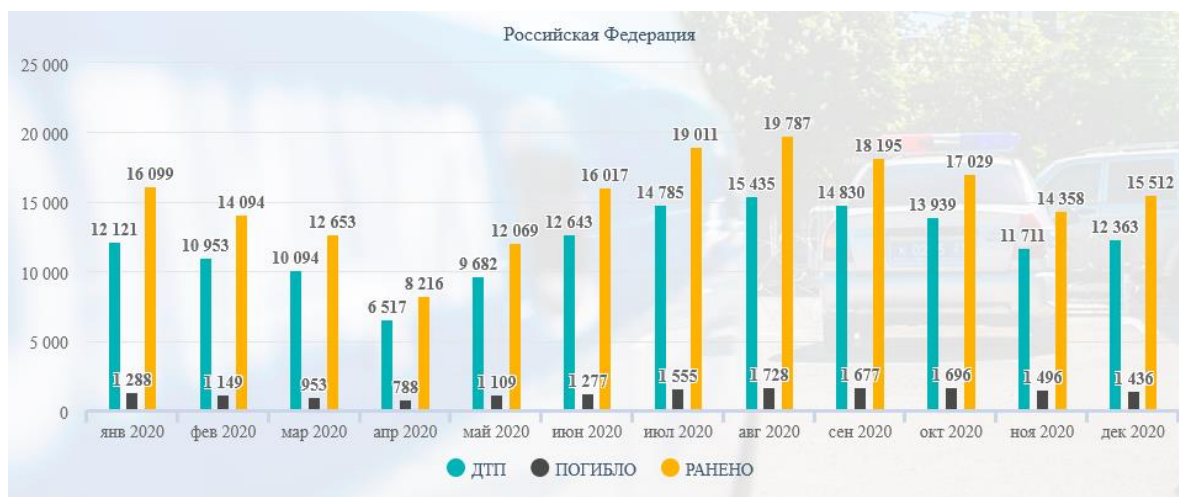


Рисунок 1 – Разбивка ДТП в 2020 г. по месяцам

На рисунке 2 представлена разбивка ДТП по месяцам в 2020 г., произошедших из-за эксплуатации технически неисправных транспортных средств.

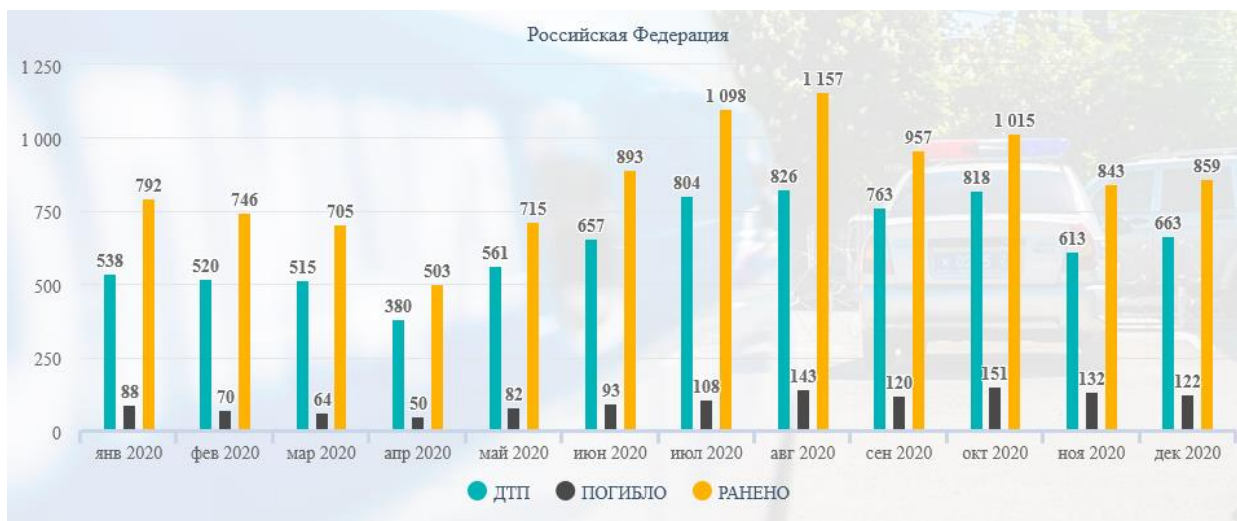


Рисунок 2 – Разбивка ДТП в 2020 г. по месяцам, произошедших из-за эксплуатации технически неисправных транспортных средств

Как можно видеть из рисунка 2, по причине эксплуатации технически неисправных транспортных средств в 2020 г. было совершено 7658 ДТП, в которых погибло 1223 человека, ранено 10283 человек.

Более 90% всех происходящих ДТП сопровождаются торможением.

«Безопасность автомобилей в значительной степени зависит от технического состояния тормозных систем и рулевого управления, по причине неисправности которых случается около 64% ДТП (от общего числа произошедших из-за эксплуатации технически неисправных транспортных средств). Согласно данным статистики, число ДТП, обусловленных неисправностями тормозных систем автомобилей, составляет 40-50% от общего числа происшествий по причинам, связанным с техническим состоянием автомобилей» [20].

Новые модели автомобилей созданы с применением принципиально новых конструкций – двигателей с непосредственным впрыском топлива и микропроцессорным управлением, дисковых тормозных механизмов и противоблокировочных систем тормозов, гидроусилителей рулевого управления и другие.

Грузовые автомобили предназначены для выполнения всевозможных транспортных работ, таких как внутригородские перевозки относительно

малых партий грузов, транспортировка грузов по дорогам общего пользования и вне их, междугородные перевозки больших партий грузов, перевозка значительных объемов фунта, породы и руды во внедорожных условиях, перевозка скоропортящихся грузов в специальных фургонах. На базе грузовых автомобилей после монтажа специального оборудования выпускаются специализированные транспортные средства – цементовозы, молоковозы, санитарные автомобили, пожарные автомобили, краны и так далее.

Роль грузового автомобильного транспорта в хозяйственной жизни страны непрерывно возрастает. В настоящее время автомобильным транспортом выполняется до 80 % всего объема хозяйственных перевозок.

Постоянно растущая потребность в автомобильных транспортных перевозках способствует ужесточению требований к конструктивному совершенству грузовых автомобилей. В последние годы появились принципиально новые модели грузовых автомобилей разной грузоподъемности, отвечающие современным требованиям по показателям мощности, по безопасности конструкции, то есть таким качествам автомобиля, способствующим снижению вероятности попадания его в ДТП, как управляемость, устойчивость, маневренность, тормозные свойства, противопожарная безопасность, по экологической безопасности (степень воздействия грузового автомобиля на окружающую среду, определяемая вредностью отработавших тазов, внешним шумом, давлением на фунтовую поверхность, возможность утилизации элементов конструкции после выработки ресурса). На этих автомобилях в качестве обязательного оборудования использованы такие ранее не применявшиеся узлы, как система непосредственного впрыска топлива в бензиновых двигателях, антиблокировочные системы тормозов и другие.

«Распоряжением Правительства РФ от 08.01.2018 № 1-р утверждена Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы, которая предусматривает:

- повышение защищённости от дорожно-транспортных происшествий и их последствий наиболее уязвимых участников дорожного движения, прежде всего детей и пешеходов;
- совершенствование улично-дорожной сети по условиям безопасности дорожного движения, включая развитие работ по организации дорожного движения;
- совершенствование организационно-правовых механизмов допуска транспортных средств и их водителей к участию в дорожном движении;
- совершенствование системы управления безопасностью дорожного движения;
- развитие системы оказания помощи и спасения пострадавших в результате дорожно-транспортных происшествий» [1].

«Целями Стратегии являются повышение безопасности дорожного движения, а также стремление к нулевой смертности в дорожно-транспортных происшествиях к 2030 году.

В качестве целевого ориентира на 2024 год устанавливается показатель социального риска, составляющий не более 4 погибших на 100 тысяч населения. Стратегия реализуется в течение 7 лет (2018–2024 годы).

Период с 2018 по 2020 год станет переходным, предусматривающим наращивание потенциала для дальнейшего развития работ по повышению безопасности дорожного движения. На этом этапе должно быть завершено выполнение мероприятий федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах». В период с 2021 по 2024 год будут осуществлены запланированные меры и реализованы практические мероприятия в целях устойчивого повышения безопасности дорожного движения» [2].

Основными инструментами реализации Стратегии являются государственные программы Российской Федерации и непрограммная деятельность, государственные программы субъектов Российской Федерации

и муниципальные программы, разработанные с учётом Стратегии и осуществляемые за счёт текущего финансирования деятельности соответствующих органов.

«Контроль технического состояния тормозных систем в условиях эксплуатации автотранспортных средств (АТС) осуществляется, как правило, на силовых стендах с беговыми барабанами. В процессе стендового контроля АТС измеряются силовые параметры, на основании которых судят о техническом состоянии их тормозных систем.

При очевидных преимуществах стендового метода контроля он небезупречен и не обеспечивает требуемой ГОСТ 33997-2016 достоверности результатов диагностирования и контроля тормозных систем автомобилей. Результаты стендового контроля отличаются большим разбросом измеренных значений силовых параметров, характеризующих техническое состояние тормозных систем автомобилей» [6].

«По данным проведенных исследований было установлено, что при положительных результатах испытаний автомобилей на современных силовых тормозных стендах, 50% из них не обеспечили нормативную величину замедления и превысили линейное отклонение при торможении в дорожных условиях. В свою очередь ГОСТ 33997-2016 не регламентирует в полной мере методик измерения силовых параметров на стендах с беговыми барабанами. Исследования повторяемости результатов контроля тормозной системы одного и того же автомобиля на современных силовых стендах показывают, что разброс измеренных значений нагрузки на его оси может достигать 8,8%; тормозных сил – 40%; относительной разности тормозных сил – 20%; удельной тормозной силы – 20,6%» [1].

«Таким образом, совершенствование методики измерения силовых параметров при диагностировании тормозных систем автомобиля на стендах с беговыми барабанами является актуальной задачей. Ее решение позволит существенно повысить активную безопасность автомобилей в условиях

эксплуатации, снизить количество ДТП и уменьшить ущерб их последствий» [4].

Целью выполнения ВКР является разработка конструкции стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС.

В процессе выполнения работы необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть назначение и конструкции тормозной системы легковых автомобилей;
- выполнить обзор систем антиблокировочных систем, применяемых на автомобилях;
- провести конструкторскую разработку стенда;
- провести расчет основных элементов стенда
- рассмотреть безопасность и экологичность проекта;
- определить экономическую эффективность разработанного стенда.

1 Состояние вопроса

1.1 Тормозная система легкового автомобиля ее назначение и применяемые варианты конструкций

«Тормозные системы автомобиля служат для снижения скорости его движения вплоть до полной остановки и для удержания его в неподвижном состоянии. Легковые автомобили оборудуются рабочей, запасной и стояночной тормозными системами.

Любая тормозная система автомобиля включает в себя управляющее устройство, тормозной привод и тормозные механизмы» [41].

«Управляющее устройство служит для приведения в действие тормозной системы и включает в себя орган управления (педаль или рычаг), приводимый в действие за счет мускульной силы водителя, а также дополнительное энергоснабжающее устройство для уменьшения усилий, прилагаемых водителем к органу управления при торможении автомобиля. Тормозная система, имеющая дополнительное энергоснабжающее устройство, называется энергоснабжаемой, а не имеющая такового устройства – мускульной. В качестве энергоснабжающих устройств в тормозной системе могут использоваться устройства, работающие за счет пневматической, гидравлической и электрической энергии» [2, 3].

«Тормозной привод служит для распределения и передачи усилия от управляющего или энергоснабжающего устройства к тормозным механизмам, Он может быть механическим, гидравлическим, пневматическим, вакуумным, электрическим или комбинированным, например гидропневматическим. На легковых автомобилях в настоящее время применяется гидравлический (для рабочей и запасной тормозной систем) и механический (для стояночной тормозной системы) приводы. В ближайшей перспективе ожидается распространение электрического привода тормозов с электронным управлением.

Тормозные механизмы служат для преобразования передаваемых на них через тормозной привод усилий в тормозные силы, противодействующие движению автомобиля. В тормозных системах легковых автомобилей применяются только колесные фрикционные колодочные тормозные механизмы, обеспечивающие затормаживание колес автомобиля за счет сил трения, возникающих между установленным в неподвижно закрепленном тормозном механизме тормозными колодками и вращающимся вместе с колесом тормозным диском (дисковой тормозной механизм или тормозным барабаном (барабанный тормозной механизм) Образующаяся в процессе работы тормозных механизмов теплота, а также продукты их износа (в основном накладок тормозных колодок) рассеиваются в окружающую среду.

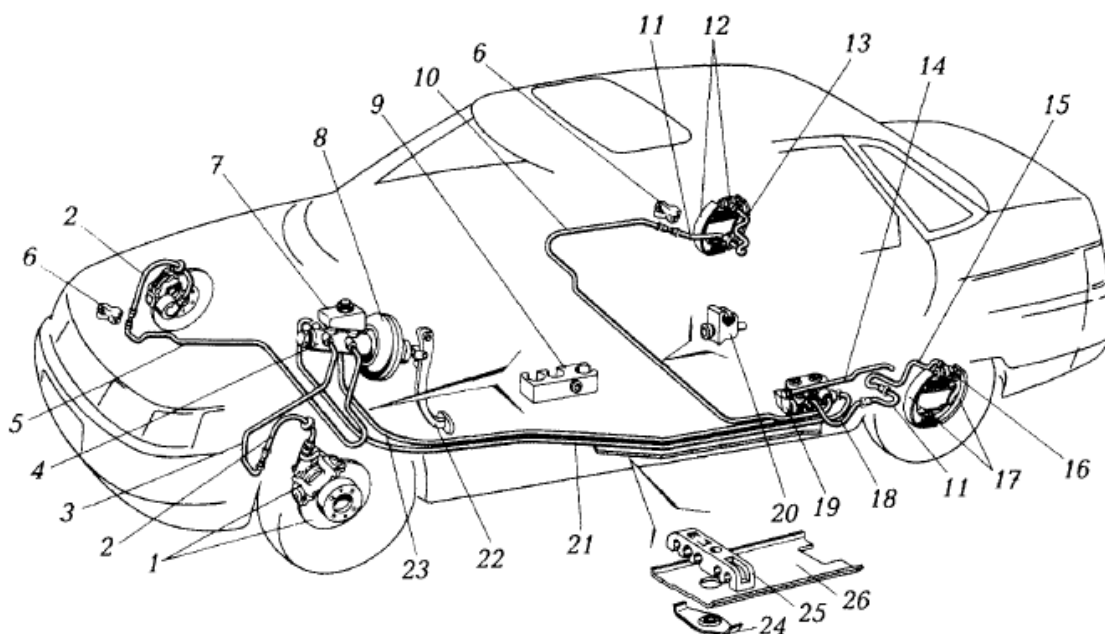
Рабочая тормозная система служит для снижения скорости движения автомобиля и его кратковременной остановки при обычном режиме эксплуатации. На легковых автомобилях применяются энергоснабжаемые рабочие тормозные системы с вакуумным усилителем, гидравлическим приводом и дисковыми и барабанными тормозными механизмами колес» [4].

«Управляющее устройство рабочей тормозной системы включает в себя педаль 22 (рисунок 3) тормоза и вакуумный усилитель 8. Рабочая тормозная система приводится в действие педалью тормоза за счет прилагаемого к ней мускульного усилия ноги водителя, поэтому ее иногда называют ножным тормозом. Вакуумный усилитель 8 является энергоснабжающим устройством, увеличивающим прилагаемое к педали тормоза усилие за счет разрежения во впускном трубопроводе двигателя.

Гидравлический привод рабочей тормозной системы включает в себя главный тормозной цилиндр 4 с бачком 7, регулятор 19 давления, рабочие тормозные цилиндры тормозных механизмов 1 и 12 колес, а также соединяющие их трубопроводы с арматурой и гибкими шлангами 2 и 11.

Главный тормозной цилиндр 4 преобразует передаваемое на него через вакуумный усилитель усилие в давление заполняющей систему гидравлического привода тормозной жидкости и распределяет давление

между рабочими тормозными цилиндрами тормозных механизмов колес. Для повышения надежности рабочей тормозной системы ее гидравлический привод выполняется двухконтурным, что обеспечивается применением двухкамерного главного тормозного цилиндра и двухкамерного бачка 7. Двухкамерный главный тормозной цилиндр имеет две камеры с двумя поршнями, которые обеспечивают необходимое для торможения давление каждая в своем контуре» [3].



1 – тормозной механизм переднего колеса; 2 – передний тормозной шланг;
3, 10, 13 и 21 – трубопроводы второго контура «левый передний – правый задний
тормоза»; 4 – главный тормозной цилиндр; 5, 15, 18 и 23 – трубопроводы первого
контура «правый передний – левый задний тормоза»; 6, 9, 20 и 25 – скобы крепления
трубопроводов; 7 – бачок главного тормозного цилиндра; 8 – вакуумный усилитель;
11 – задний тормозной шланг; 12 – тормозной механизм заднего колеса; 14 – упругий
рычаг привода регулятора давления; 16 и 17 – рабочий тормозной цилиндр и тормозные
колодки тормозного механизма заднего колеса соответственно; 19 – регулятор
давления; 22 – педаль тормоза; 24 – пластина крепления кожуха; 26 – защитный кожух
трубопроводов

Рисунок 3 – Схема компоновки рабочей тормозной системы
переднеприводного автомобиля Lada

«На рассматриваемых автомобилях применяются двухконтурные приводы, выполненные по одной из следующих схем: по диагональной схеме (применяется на переднеприводных автомобилях Lada), по схеме «тормозные

механизмы передних колес – тормозные механизмы задних колес» (применяется на автомобилях Lada с классической схемой компоновки и автомобилях ГАЗ), а также по схеме «тормозные механизмы всех колес – тормозные механизмы передних колес» (применяется на полноприводных автомобилях Lada) » [3].

«При диагональной схеме каждый контур гидравлического привода обеспечивает приведение в действие тормозного механизма одного переднего и одного заднего колеса, расположенного с другого борта автомобиля, то есть по диагонали. Например, на переднеприводных автомобилях Lada применяется диагональная схема гидропривода типа «тормозные механизмы правого переднего и левого заднего – тормозные механизмы левого переднего и правого заднего колес». При такой схеме первый контур гидропривода, соединенный с первой камерой главного тормозного цилиндра, обеспечивает приведение в действие тормозных механизмов правого переднего и левого заднего колес автомобиля, а второй контур, соединенный со второй камерой главного тормозного цилиндра – левого переднего и правого заднего колес» [16].

«При схеме «тормозные механизмы передних колес – тормозные механизмы задних колес» соединенный с первой камерой главного тормозного цилиндра первый контур гидропривода приводит в действие тормозные механизмы обоих передних колес, а соединенный со второй камерой главного тормозного цилиндра второй контур – тормозные механизмы обоих задних колес» [3].

«При схеме «тормозные механизмы всех колес – тормозные механизмы передних колес» соединенный с первой камерой главного тормозного цилиндра первый контур гидропривода приводит в действие тормозные механизмы передних колес с использованием только одного из блока устанавливаемых на них рабочих цилиндров и одновременно тормозные механизмы задних колес, а соединенный со второй камерой главного тормозного цилиндра второй контур гидропривода приводит в действие

только тормозные механизмы передних колес с использованием для этого остальных, изолированных от первого контура рабочих цилиндров. При данной схеме тормозной механизм каждого переднего колеса имеет не один, а два или даже три (на полноприводных автомобилях Lada) рабочих цилиндра, которые соединяются с соответствующими контурами гидропривода при помощи двух шлангов» [17].

«При любой из рассмотренных схем двухконтурных гидроприводов рабочих тормозных систем в случае нарушения герметичности и выходе из строя одного из контуров тормозной системы второй ее контур сохраняет работоспособность, что обеспечивает торможение автомобиля колесными тормозными механизмами исправного контура, хотя и с меньшей эффективностью» [40].

Регулятор давления 9 предназначен для уменьшения величины давления, подаваемого к рабочим тормозным цилиндрам тормозных механизмов задних колес в зависимости от приходящейся на них нагрузки, предотвращая тем самым преждевременную блокировку задних колес и движение их юзом при резких торможениях автомобиля, что уменьшает вероятность его заноса. Необходимость уменьшения давления в тормозных механизмах задних колес при торможении обусловлена происходящим при этом перераспределением нагрузки на переднюю и заднюю оси автомобиля. При торможении доля массы автомобиля, приходящейся на переднюю ось, возрастает, а на заднюю ось – уменьшается и соответственно сцепление передних колес с дорогой возрастает, а задних – уменьшается, что может привести к блокировке задних колес.

Рабочие тормозные цилиндры 16 тормозных механизмов задних и передних колес под действием подаваемого на них от главного тормозного цилиндра давления тормозной жидкости приводят в действие колесные тормозные механизмы. Поршни рабочих тормозных цилиндров 16 воздействуют на тормозные колодки 17, прижимая их к вращающемуся вместе с колесом тормозному барабану или диску и замедляя тем самым его

вращение. Для выпуска воздуха из системы гидропривода тормозов при их прокачивании после ремонта или замены тормозной жидкости в верхней части корпуса рабочих тормозных цилиндров выполняют специальное отверстие, закрываемое клапаном выпуска воздуха.

Клапан выпуска воздуха 9 рабочего тормозного цилиндра представляет собой резьбовой штуцер с отверстиями для выпуска воздуха, запорным конусом и шестигранником под ключ. При заворачивании клапана в корпус рабочего тормозного цилиндра его запорный конус плотно садится в конусное седло в корпусе цилиндра, перекрывая тем самым отверстие канала для выпуска воздуха из цилиндра. При отворачивании клапана (при прокачке тормозов клапан отворачивают примерно на $1/4 - 1/2$ оборота) его запорный конус отходит от седла и через образовавшийся кольцевой зазор и далее через отверстия клапана внутренняя полость рабочего цилиндра сообщается с атмосферой, что обеспечивает выпуск воздуха из системы гидропривода при прокачке тормозов. Для защиты от попадания пыли и грязи клапан закрывается снаружи резиновым защитным колпачком.

Бачок 7 служит для залива в систему гидропривода тормозной жидкости, а также для компенсации изменения ее объема в процессе эксплуатации при износе тормозных колодок, при температурных изменениях объема жидкости, а также при ее утечках. При износе тормозных колодок уровень в бачке постепенно снижается, поэтому для поддержания требуемого ее уровня в бачке производится периодический долив в него тормозной жидкости, а при установке новых тормозных колодок – отбор из бачка ее излишков.

Кроме того, в системе гидропривода рабочей тормозной системы может устанавливаться сигнальное устройство с сигнализатором, предупреждающим водителя о негерметичности одного из контуров рабочей тормозной системы (на автомобилях ИЖ), а также поплавковый датчик сигнализатора аварийного падения уровня тормозной жидкости в бачке

(устанавливается на бачках всех остальных изучаемых автомобилей, кроме автомобиля ИЖ).

В настоящее время на большинстве современных легковых автомобилей в приводе рабочей тормозной системы применяются антиблокировочные системы тормозов.

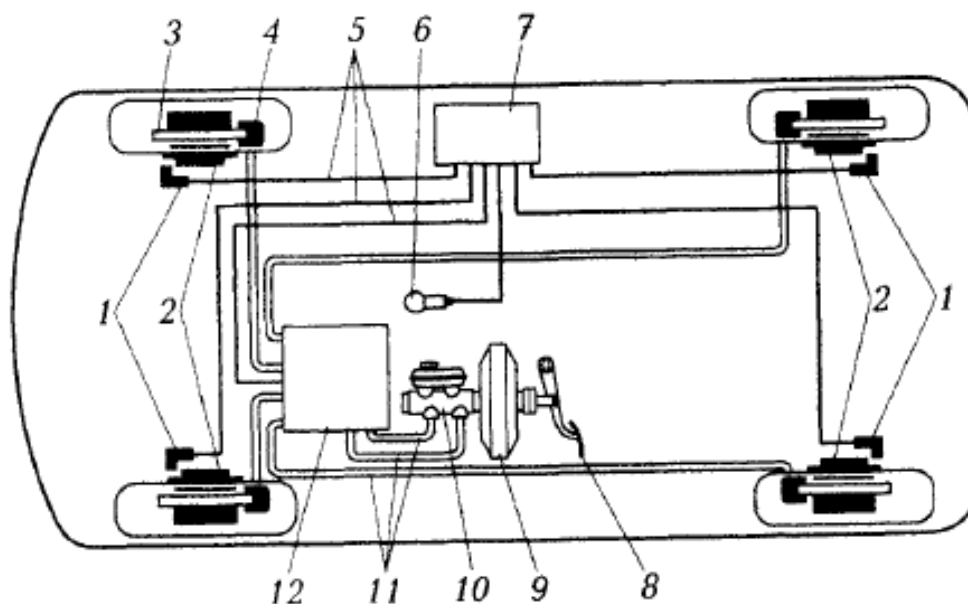
Антиблокировочная система тормозов, или сокращенно АБС (ABS — anti-lock braking system) – это дополнительная электронная автоматическая система управления тормозными механизмами колес с обратной связью, предотвращающая скольжение (движение юзом) колес при торможении автомобиля в целях сохранения его управляемости и устойчивости при торможении, а также сокращения его тормозного пути. АБС является частью контура привода рабочей тормозной системы автомобиля и выполняется таким образом, чтобы при ее отказе основная часть контура рабочей тормозной системы сохраняла свою работоспособность.

АБС различных автомобилей могут иметь различную конструкцию, степень сложности и эффективности, но их общее устройство и принцип действия одинаковы. АБС включает и себя электронный блок управления (далее – ЭБУ) 7 (рисунок 4) с датчиками 1 угловой скорости (частоты) вращения колес и исполнительное устройство – модулятор давления 12.

Датчик 1 частоты вращения колеса устанавливается неподвижно вблизи колеса (на поворотном кулаке, цапфе ступичного узла, щите тормоза, балке моста). Он отслеживает частоту вращения колеса с помощью вращающегося синхронно с колесом сигнального зубчатого или магнитного (в зависимости от типа датчика) кольца (ротора), размещаемого на наружном шарнире вала привода колеса, тормозном диске или барабане, ступице колеса или ее подшипнике.

ЭБУ по сигналам датчиков скорости вращения колес формирует управляющие сигналы, подаваемые им на исполнительное устройство – модулятор давления, а встроенный в систему гидравлического привода рабочей тормозной системы модулятор давления 12 в соответствии с

поступающими на него от ЭБУ управляющими сигналами обеспечивает с помощью системы электромагнитных клапанов регулирование давления, подаваемого к рабочим цилиндрам тормозных механизмов колес таким образом, чтобы не допускать их блокировки во время торможения, обеспечивая при этом получение на них максимальных тормозных сил.



1 – датчики частоты вращения колес; 2 – задающие диски датчиков; 3 – тормозной диск; 4 – рабочий цилиндр тормозного механизма колеса; 5 – соединительные электропровода; 6 – лампа сигнализатора неисправности АБС; 7 – электронный блок управления АБС; 8 – педаль тормоза; 9 – вакуумный усилитель; 10 – главный тормозной цилиндр; 11 – трубопроводы гидропривода рабочей тормозной системы; 12 – модулятор давления в системе гидропривода

Рисунок 4 – Схема рабочей тормозной системы с АБС легкового автомобиля

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

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

Помимо АБС на 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.

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

На изучаемых отечественных автомобилях АБС и другие дополнительные электронные системы автоматического управления

тормозами не применялись, что можно объяснить достаточно высокой сложностью и стоимостью подобных систем.

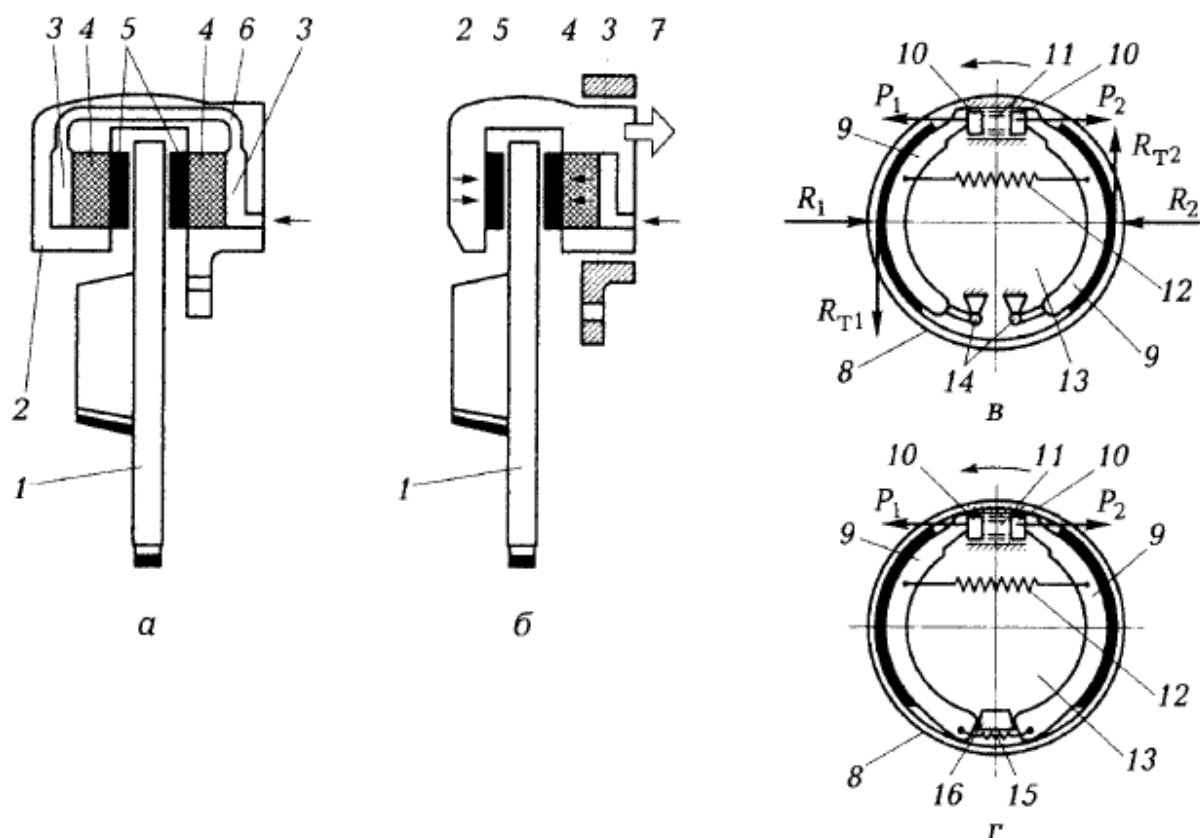
«Тормозные механизмы колес обеспечивают при использовании рабочей тормозной системы автомобиля одновременное затормаживание всех его колес. Поэтому рабочая тормозная система является наиболее эффективной по сравнению с другими его тормозными системами.

В связи с перераспределением нагрузки по осям автомобиля при торможении на современных легковых автомобилях тормозные механизмы передних колес имеют повышенную эффективность по сравнению с задними. По этой причине, например, у автомобилей с дисковыми передними и задними тормозными механизмами передние тормозные механизмы обычно имеют увеличенные размеры дисков, рабочих тормозных цилиндров и тормозных колодок по сравнению с задними.

Дисковые тормозные механизмы передних колес (рисунок 5, а, б) состоят из тормозного диска 1, который крепится к ступице колеса и при движении автомобиля вращается вместе с колесом, и крепящейся к поворотному кулаку скобы 2 с одним, двумя, реже тремя рабочими тормозными цилиндрами 3 и двумя плоскими тормозными колодками 5.

Дисковый тормозной механизм размещается внутри обода колеса, которое защищает его от попадания влаги и грязи с наружной стороны. С внутренней стороны тормозной механизм закрывается щитом тормоза (на схеме не показан), который крепится к поворотному кулаку и защищает тормозной механизм от попадания влаги и грязи.

В дисковом тормозном механизме с неподвижной скобой (рисунок 5, а) скоба 2 кренился к поворотному кулаку неподвижно и имеет два спаренных симметрично расположенных с обеих сторон тормозного диска 1 рабочих цилиндра 3, поршни 4 которых под воздействием давления тормозной жидкости в цилиндрах при нажатии на педаль тормоза сжимают через тормозные колодки 5 тормозной диск с двух сторон с одинаковой силой, обеспечивая его затормаживание» [4].



а и б – дисковые тормозные механизмы с неподвижной и плавающей скобой соответственно; в и г – барабанные тормозные механизмы с поворотными и плавающими колодками соответственно; R_1 и R_2 – силы реакции тормозного барабана на прижатие к нему передней и задней тормозных колодок при торможении соответственно; R_{T1} и R_{T2} – силы трения, действующие на переднюю и заднюю тормозные колодки при торможении соответственно

1 – тормозной диск; 2 – скоба; 3 – рабочий цилиндр скобы дискового тормоза; 4 – поршень рабочего цилиндра скобы; 5 – тормозные колодки дискового тормоза; 6 – канал, соединяющий рабочие тормозные цилиндры скобы; 7 – неподвижное основание скобы (направляющая тормозных колодок); 8 – тормозной барабан; 9 – тормозная колодка барабанного тормоза; 10 – поршень цилиндра барабанного тормоза; 11 – рабочий цилиндр барабанного тормоза; 12 и 15 – стяжные пружины колодок; 13 – щит тормоза; 14 – опорные пальцы колодок; 16 – упор колодок; P_1 и P_2 – силы давления поршней рабочего цилиндра на переднюю и заднюю тормозные колодки при торможении соответственно

Рисунок 5 – Типы колесных тормозных механизмов

«В дисковом тормозном механизме с плавающей скобой (рисунок 5, б) скоба имеет составную конструкцию с основанием 7 (или направляющей колодок), которое неподвижно крепится к поворотному кулаку. Скоба 2 вместе с установленным только с одной (внутренней) ее стороны рабочим цилиндром 3 и тормозными колодками 5 может перемещаться в основании 7

относительно тормозного диска 1. При торможении поршень 4 под давлением тормозной жидкости в цилиндре 3 прижимает внутреннюю тормозную колодку 5 к тормозному диску 1 и одновременно перемещает скобу 2 в основании 7 в противоположном направлении. При этом перемещающаяся скоба 2 прижимает к диску наружную тормозную колодку, обеспечивая зажимание диска между тормозными колодками и эффективное его затормаживание» [18].

Стоит заметить, что АБС в автомобиле является надежным и долговечным агрегатом. Но все равно время от времени необходимо производить их техническое обслуживание и в случае необходимости выполнять ремонт или приобретать данную грузовую запчасть для замены.

«Растормаживание дисковых тормозных механизмов любого типа осуществляется за счет упругости уплотнительных колец поршней их рабочих цилиндров.

Основным преимуществом дискового тормозного механизма с неподвижной скобой является его высокая жесткость. Однако он более склонен к перегреву при интенсивном и длительном торможении. Это связано с тем, что передача тепла от трущихся поверхностей тормозных колодок 5 и диска 1 к находящейся в рабочих цилиндрах 3 жидкости осуществляется через поршни 4, которых у данного механизма вдвое больше, чем у тормозного механизма с плавающей скобой (так как они расположены с двух сторон диска, а не с одной). Кроме того, повышенному нагреву жидкости в цилиндрах способствует соединительный канал 6, который находится в неблагоприятной сточки зрения нагрева верхней зоне тормозного диска. При перегреве тормозной жидкости в цилиндрах скобы возникают паровые пробки и эффективность торможения резко снижается» [4].

«Основными преимуществами дискового тормозного механизма с плавающей скобой по сравнению с механизмом с неподвижной скобой помимо меньшей склонности к перегреву является его уменьшенные

габариты, а также уменьшенное количество уплотнительных деталей в связи с уменьшенным количеством рабочих цилиндров, что упрощает конструкцию механизма и делает ее более надежной» [19].

«Барабанные тормозные механизмы задних колес (рисунок 5, в, г) состоят из тормозного барабана, крепящегося вместе с колесом на фланце полуоси или на ступице колеса и вращающегося при движении автомобиля вместе с колесом, а также из крепящихся на неподвижном щите 13 тормоза двух полукруглых тормозных колодок 9 и рабочего цилиндра 11 с двумя поршнями 10. Торможение у барабанного тормозного механизма осуществляется за счет трения фрикционных накладок тормозных колодок о внутреннюю поверхность тормозного барабана, к которому колодки прижимаются при помощи рабочего тормозного цилиндра 11 (либо при помощи механического привода стояночного тормоза).

Щит 13 барабанного тормозного механизма заднего колеса в отличие от щита дискового тормозного механизма переднего колеса выполняет не только защитную функцию, предохраняя тормозной механизм от попадания влаги и грязи, но и несущую функцию, так как на нем монтируются тормозные колодки с приводящим их в действие рабочим тормозным цилиндром, и поэтому он выштамповывается из более толстого стального листа.

Рабочий тормозной цилиндр 11 барабанного тормозного механизма на изучаемых автомобилях двухпоршневой, действует одновременно на обе тормозные колодки и имеет устройство, обеспечивающее автоматическую регулировку величины зазора между колодками и барабаном, которая должна быть минимальной для быстрого срабатывания тормозного механизма.

На изучаемых автомобилях применяются барабанные тормозные механизмы следующих двух чипов, различающихся способом крепления колодок на щите тормоза: с поворотными и с плавающими колодками» [5].

«В барабанном тормозном механизме с поворотными колодками (рисунок 5, в), применяемом на автомобилях ГАЗ, колодки 9 крепятся к щиту

13 тормоза на опорных пальцах 14. При торможении поршни 10 рабочего тормозного цилиндра 11 давят на переднюю и заднюю тормозные колодки 9 с одинаковыми силами P_1 и P_2 , которые создают разнонаправленные крутящие моменты, обеспечивающие поворот колодок 9 на опорных пальцах и прижатие их к внутренней рабочей поверхности тормозного барабана 8. При этом между колодками и барабаном возникают силы трения, за счет которых и происходит затормаживание вращения барабана» [5].

«При установке тормозных колодок барабанного тормозного механизма на опорных пальцах происходит неравномерный износ их накладок по длине, так как по мере износа накладок сила прижатия к тормозному барабану их верхних частей увеличивается, а нижних уменьшается и соответственно их верхние части изнашиваются быстрее. Поэтому для обеспечения более равномерного изнашивания накладок тормозных колодок по длине в конструкции тормозных механизмов данного типа могут предусматриваться специальные регулировочные устройства в виде эксцентриков, устанавливаемых на опорных пальцах колодок.

Кроме того, у барабанных тормозных механизмов с поворотными колодками передняя тормозная колодка изнашивается более интенсивно, чем задняя, что объясняется следующим.

У передней тормозной колодки момент действующей на нее при торможении силы трения R_{T1} совпадает по направлению с моментом ее приводной силы P_1 и стремится вместе с ним дополнительно повернуть ее относительно опорного пальца в сторону тормозного барабана, увеличивая тем самым силу прижатия передней тормозной колодки к барабану и соответственно силу трения и ее износ. У задней тормозной колодки момент действующей на нее при торможении силы трения R_{T2} , противодействует моменту ее приводной силы P_2 , уменьшая тем самым силу прижатия задней тормозной колодки к барабану и соответственно силу трения, а значит, и ее износ» [39].

«Растормаживание тормозного механизма осуществляется за счет усилия растянутой стяжной пружины 12, под действием которого тормозные колодки 9 после прекращения нажатия на педаль тормоза и падения давления в рабочем цилиндре поворачиваются на опорных пальцах 14 в обратном направлении и, вдвигая поршни 10 рабочего цилиндра внутрь его корпуса, отходят от тормозного барабана 8» [38].

Клапан выпуска воздуха 9 рабочего тормозного цилиндра представляет собой резьбовой штуцер с отверстиями для выпуска воздуха, запорным конусом и шестигранником под ключ. При заворачивании клапана в корпус рабочего тормозного цилиндра его запорный конус плотно садится в конусное седло в корпусе цилиндра, перекрывая тем самым отверстие канала для выпуска воздуха из цилиндра. При отворачивании клапана (при прокачке тормозов клапан отворачивают примерно на $1/4 - 1/2$ оборота) его запорный конус отходит от седла и через образовавшийся кольцевой зазор и далее через отверстия клапана внутренняя полость рабочего цилиндра сообщается с атмосферой, что обеспечивает выпуск воздуха из системы гидропривода при прокачке тормозов. Для защиты от попадания пыли и грязи клапан закрывается снаружи резиновым защитным колпачком.

«Применение барабанных тормозных механизмов рассмотренных типов обусловлено более простой их конструкцией и более высокой их надежностью по сравнению с другими существующими типами барабанных тормозных механизмов.

По сравнению с дисковыми тормозными механизмами барабанные тормозные механизмы дешевле, лучше защищены от попадания влаги, пыли и грязи и несмотря на более неравномерный износ тормозных колодок отличаются значительно большим сроком их службы до замены. Они менее склонны к перегреву, но при этом медленнее охлаждаются. Рабочие тормозные цилиндры барабанных тормозных механизмов отличаются от рабочих цилиндров дисковых тормозных механизмов более длинными

ходами поршней и поэтому их уплотнительные манжеты быстрее изнашиваются и чаще требуют замены» [5, 7, 17].

«Основными преимуществами дисковых тормозных механизмов по сравнению с барабанными являются их компактность, более эффективное охлаждение, а главное – более высокая чувствительность к управляющим воздействиям и стабильность работы при различных скоростях движения автомобиля. Это позволяет более точно и эффективно управлять торможением автомобиля при его движении с высокой скоростью и в критических ситуациях. Указанные положительные качества обусловили преимущественное применение тормозных дисковых механизмов на передних, более нагруженных и ответственных с точки зрения активной безопасности управляемых колес автомобиля.

Недостатками дисковых тормозных механизмов по сравнению с барабанными являются их более высокая стоимость и необходимость более частой замены тормозных колодок. Однако трудоемкость замены колодок у дисковых тормозных механизмов меньше, чем у барабанных.

Запасная тормозная система служит для снижения скорости движения автомобиля и его остановки при неисправности рабочей тормозной системы. В качестве запасной тормозной системы на легковых автомобилях используется исправный контур рабочей тормозной системы. Таким образом, запасная тормозная система легкового автомобиля является частью его рабочей тормозной системы и обеспечивает торможение автомобиля тормозными механизмами исправного контура гидравлического привода, соответственно с меньшей эффективностью» [34].

«Стояночная тормозная система служит для удержания автомобиля в неподвижном состоянии во время его стоянки и при отсутствии водителя, а также для предотвращения отката автомобиля назад при трогании его на подъеме. Кроме того, она может быть использована для аварийной остановки автомобиля при полном отказе его рабочей тормозной системы в случае неисправности обоих контуров ее гидравлического привода» [7].

«Стояночная тормозная система легкового автомобиля имеет независимое от рабочей тормозной системы управляющее устройство и привод, но совмещенные с ней тормозные механизмы задних колес. Управляющим устройством стояночной тормозной системы является рычаг, приводимый в действие за счет мускульной силы руки водителя, то есть эта система является мускульной и ее иногда называют ручным тормозом.

В стояночной тормозной системе применяется механический тросовый привод, соединяющий рычаг управления с тормозными механизмами задних колес автомобиля. В конструкции барабанных тормозных механизмов задних колес предусмотрено специальное механическое разжимное устройство, обеспечивающее разжимание тормозных колодок и затормаживание задних колес автомобиля при использовании стояночной тормозной системы» [20].

1.2 Требования, предъявляемые к тормозным системам автомобиля

«В связи с тем, что торможение является главным приемом обеспечения безопасности движения автомобиля к исправности его тормозных систем и эффективности их работы в процессе эксплуатации предъявляются самые высокие требования. Правилами дорожного движения запрещается движение автомобиля при неисправности рабочей тормозной системы, а также запрещается эксплуатация автомобиля при несоответствии эффективности его рабочей и стояночной тормозных систем установленным нормам и при нарушении герметичности гидравлического тормозного привода» [33].

«Проверка эффективности тормозных систем автомобиля производится по результатам его испытаний в соответствии с ГОСТ 33997-2016. Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки. Наиболее точное определение эффективности тормозных систем обеспечивается при

испытаниях автомобиля на специальном диагностическом стенде барабанного типа.

Эффективность рабочей тормозной системы оценивают по величине удельной тормозной силы развиваемой тормозной системой на колесах автомобиля, которая должна быть не менее 64%. Удельная тормозная сила определяется отдельно для колес передней и задней осей автомобиля как отношение развиваемой на колесах данной оси тормозной силы к приходящейся на них массе автомобиля. При этом разность удельных тормозных сил, развиваемых на колесах одной оси, не должна превышать 9%, а усилие, прилагаемое к педали тормоза, должно быть не более 50 кг» [4].

«Стояночная тормозная система при испытании на стенде должна обеспечивать суммарную удельную тормозную силу на задних колесах не менее 16 % без учета неравномерности действия тормозной системы на каждом колесе. При этом усилие, прилагаемое к рычагу управления стояночной тормозной системы, должно быть не более 40 кг.

При проведении государственного технического осмотра автомобиля определение эффективности его тормозных систем может осуществляться также путем его испытаний на специальной площадке. Испытание рабочей тормозной системы производится путем торможения автомобиля на участке с ровным, сухим и чистым цементно- или асфальтобетонным покрытием при скорости в начале торможения 40 км/ч до полной остановки при однократном нажатии на педаль тормоза. При этом тормозной путь легкового автомобиля должен оказаться не более 14,7 м, а его установившееся замедление (измеряется специальным прибором – деселерометром) – не менее 5,8 м/с².

Испытание стояночной тормозной системы может производиться путем установки автомобиля на специальной наклонной эстакаде.

Стояночная система должна обеспечивать неподвижное состояние легкового автомобиля с полной массой на уклоне до 16% включительно, а со снаряженной массой – на уклоне до 23% включительно.

Для обеспечения равенства тормозных сил колес левого и правого бортов автомобиля и повышения его устойчивости при торможении замена тормозных колодок в процессе эксплуатации производится комплектно: одновременно на обоих тормозных механизмах передних колес и (или) на обоих тормозных механизмах задних колес» [10].

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 Конструкторская часть

2.1 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 т. д.

«Для данных методов устанавливаются следующие контролируемые параметры:

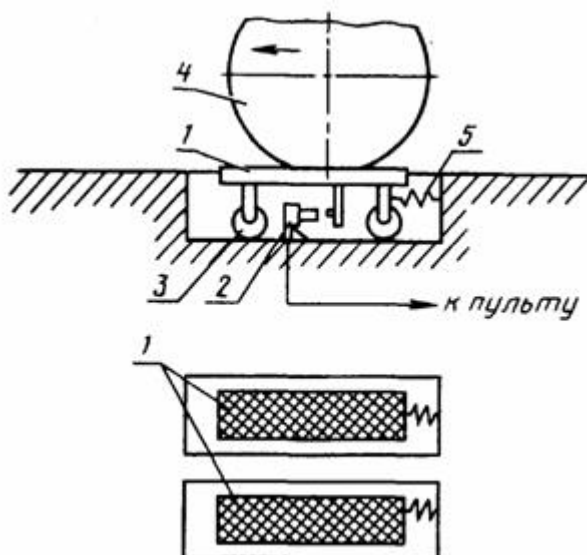
- при проведении дорожных испытаний – тормозной путь, установившееся замедление, устойчивость при торможении, время срабатывания тормозной системы, уклон дороги, на котором должно неподвижно удерживаться транспортное средство (ТС);

- 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 6) 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

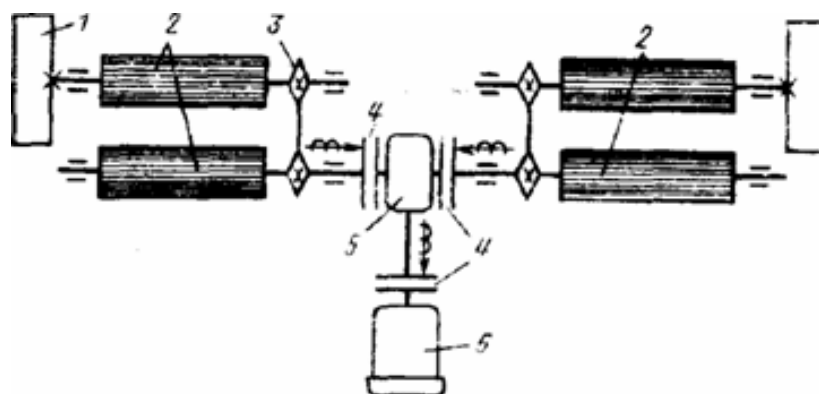
Рисунок 6 – Схема инерционного платформенного стенда

«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» [13].

«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» [37].

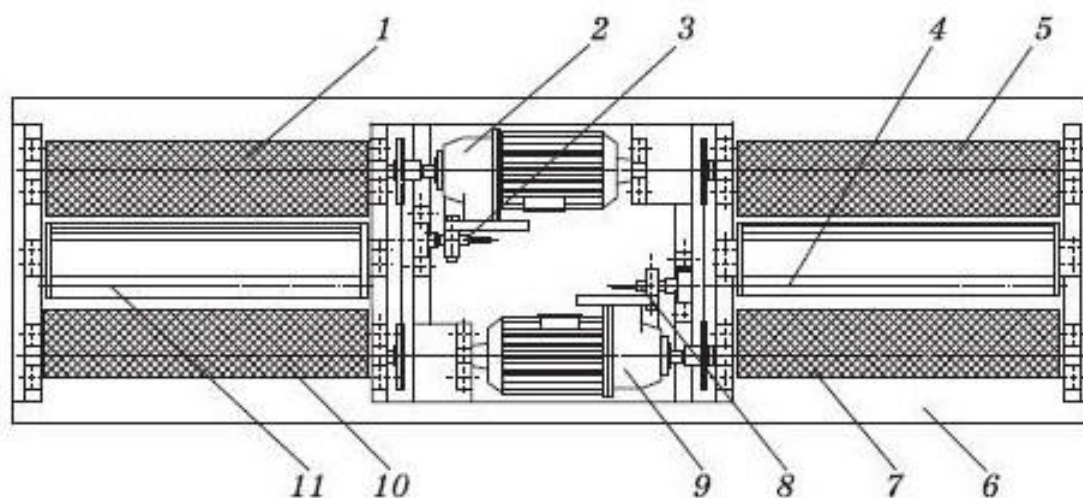
Принцип действия инерционных роликовых стендов (рисунок 7, 8) заключается в том, что после установки автомобиля на ролики инерционного стенда линейную скорость колес доводят до 70 км/ч и резко тормозят, одновременно разобщая все каретки стенда путем выключения электромагнитных муфт. При этом в местах 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 7 – 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 8 – 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» [5].

«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.

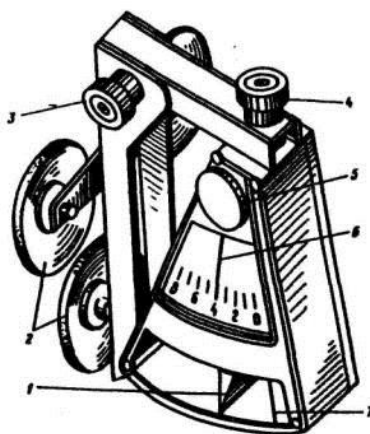
При испытании на роликовых тормозных стендах, когда усилие передается извне (от тормозного стенда), физическая картина торможения не нарушается. Тормозная система должна поглотить поступающую извне энергию даже несмотря на то, что автомобиль не обладает кинетической энергией» [14].

«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» [15].

«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 9).



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

Рисунок 9 – 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.

«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 АБС 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.

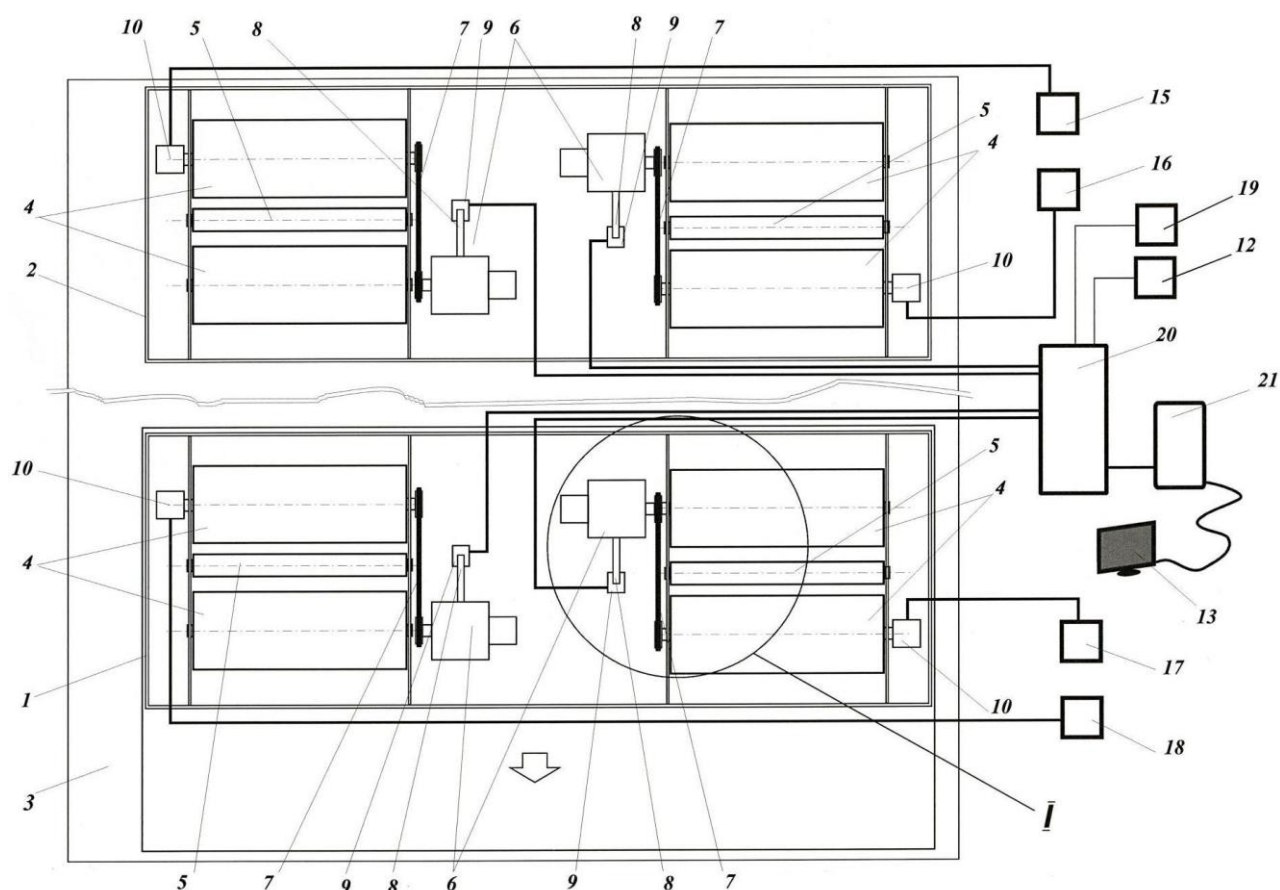
Моделирование различных дорожных покрытий с различными коэффициентами сцепления, а именно, вода, лед, снег, грязь для любого выбранного для испытания колеса, осуществляют посредством системы управления.

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.

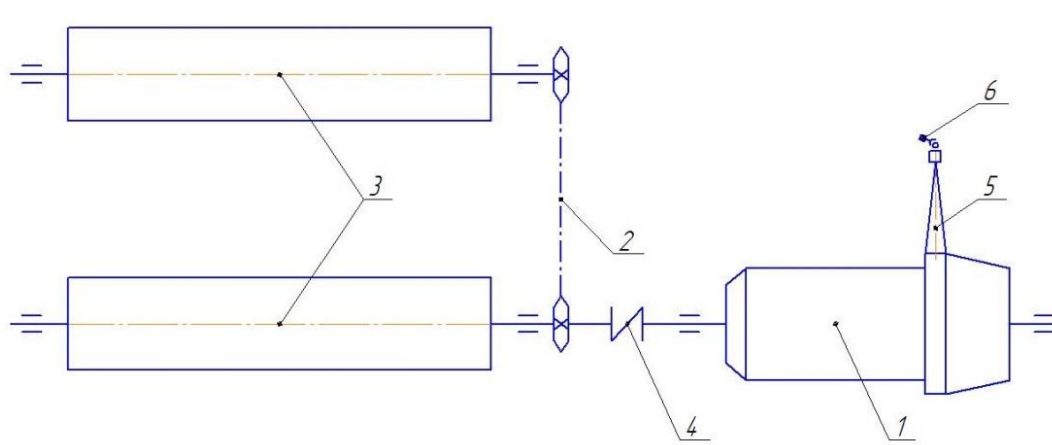
2.2 Область применения разрабатываемой конструкции

Роликовый тормозной стенд (рисунки 10, 11) 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 10 – Общий вид силового роликового стенда



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

Рисунок 11 – Кинематическая схема привода стенда

2.3 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.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.

2.4 Конструкторский расчёт базовых элементов стенда

Основными параметрами тормозных стендов являются:

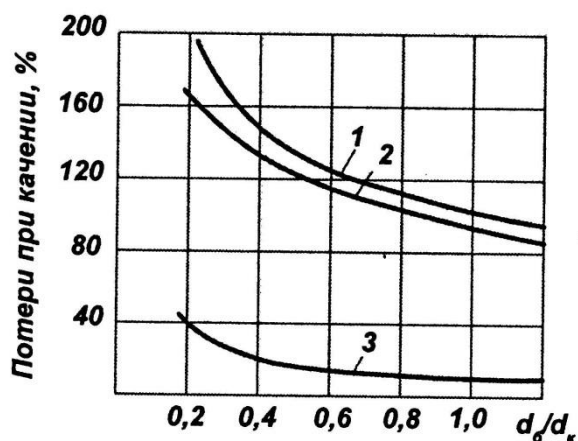
- размеры беговых роликов;
- расстояние между осями роликов одной секции стенда;
- скорость вращения автомобильного колеса;
- максимально возможная тормозная сила на колесе;
- мощность электродвигателя привода каждой секции стенда;
- весовая характеристика (развесовка) автомобиля.

2.4.1 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 12) 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» [16].



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

Рисунок 12 – Влияние кривизны роликов на потери при качении

Расчет ведем для автомобиля с наибольшим диаметром колеса из всего обслуживаемого модельного ряда – Mitsubishi Pajero (265/60 R18) [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.

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 13).

«Минимальная длина бегового ролика:

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

где $B_{\text{н}}$ – 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 – Mitsubishi Pajero (1560 мм) и Skoda Fabia (1437 мм) [4, 8].

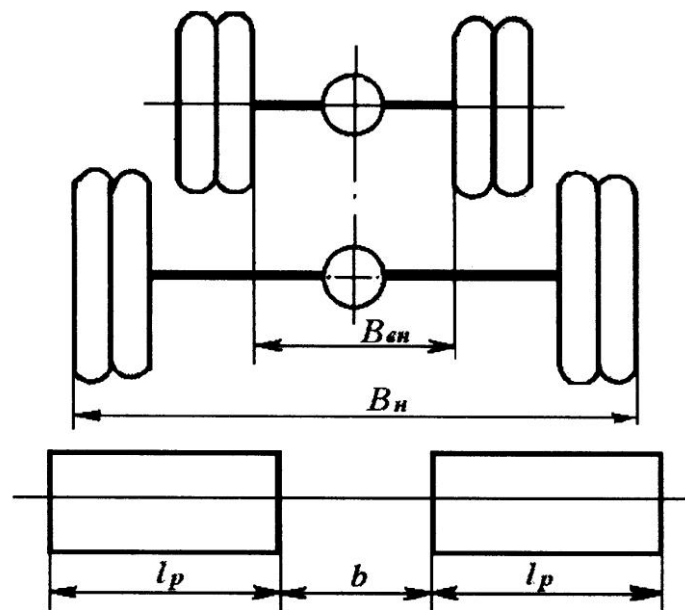


Рисунок 13 – Схема к расчету основных размеров роликового стенда

«Наибольшая наружная колея:

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

где D – колея автомобиля, мм» [7].

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

Принимаем наибольшая наружная колея – 1693 мм.

Наименьшая внутренняя колея:

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

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

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 мм.

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

Расстояние между роликами:

$$b = B_{\text{вн}} - a. \quad (4)$$

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:

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

2.4.2 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» [21].

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 14.

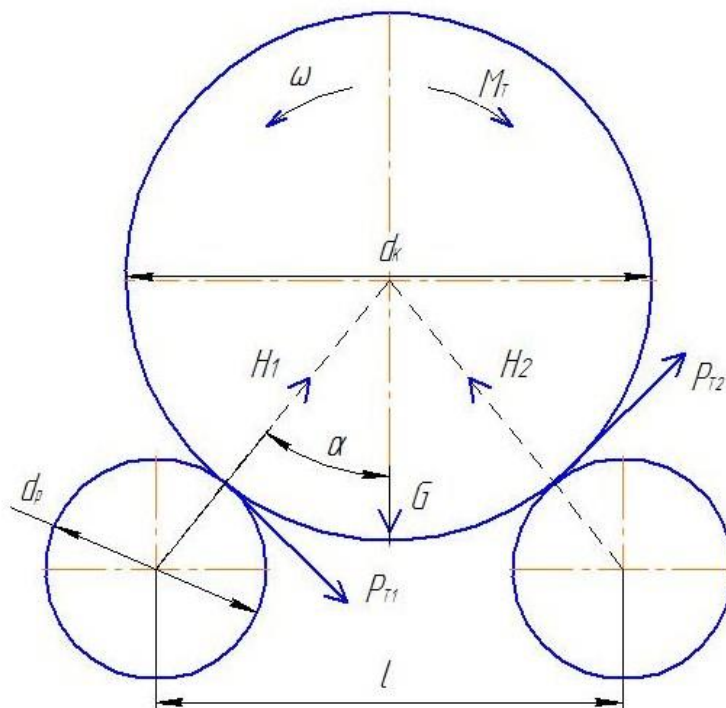


Рисунок 14 – Силы, действующие во время работы стенда

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.

$$\alpha = \arctg \varphi. \quad (7)$$

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

«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» [10].

2.4.3 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» [21].

Скорость колес принимаем 5 км/ч.

2.4.4 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 – Mitsubishi Pajero (2355 кг)» [4].

Подставив данные в формулу получим:

$$G = \frac{2355 \cdot 0,7}{2} \cdot 9,81 = 8085,9 \text{ Н.}$$

Следовательно, максимальная сила, развиваемая на стенде:

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

2.4.5 Расчет выталкивателя колес

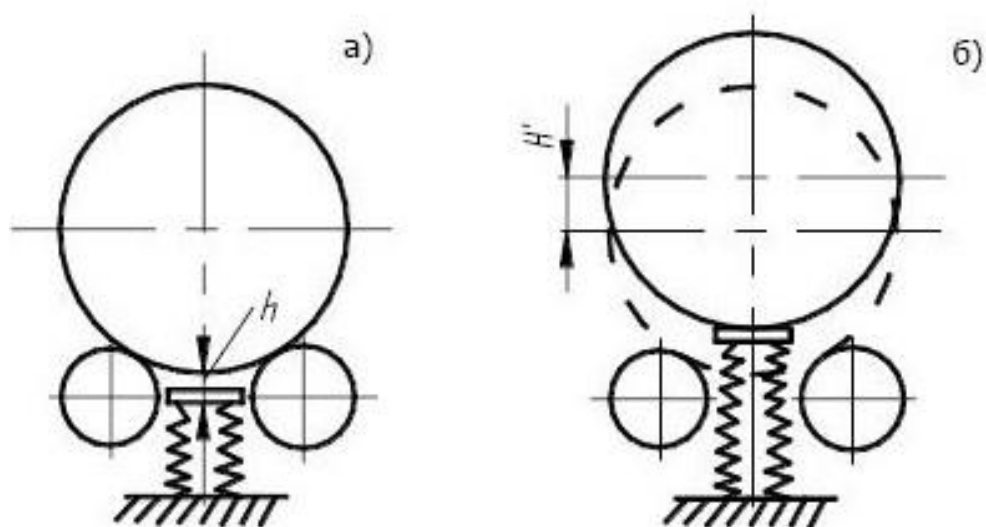
«Ход выталкивателя определяется по формуле:

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

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 15.



а – подъемник опущен; б – подъемник поднят

Рисунок 15 – Схема к расчету хода подъемника

В качестве исполнительного механизма подъемника используем пневмоподушку «AIR HOUSE 2» (рисунок 16), 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.

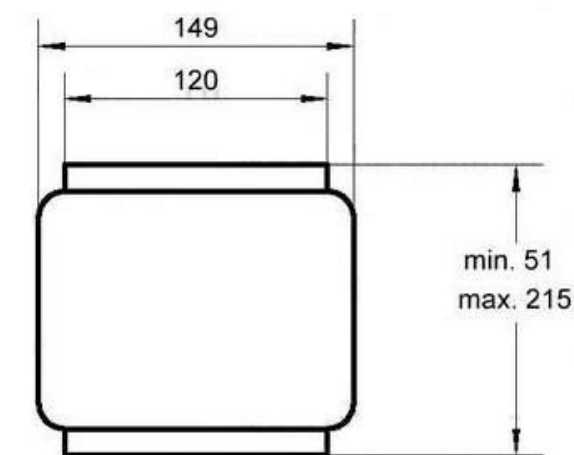


Рисунок 16 – Пневмоподушка «AIR HOUSE 2»

2.4.6 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»[8].

«Крутящий момент на беговом ролике определяется по формуле

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

где r_p – радиус бегового ролика» [9].

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

«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 [24].

2.4.7 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» [23].

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.

2.4.8 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 17) выбираем в зависимости от диаметра вала и длины ступицы полумуфты.

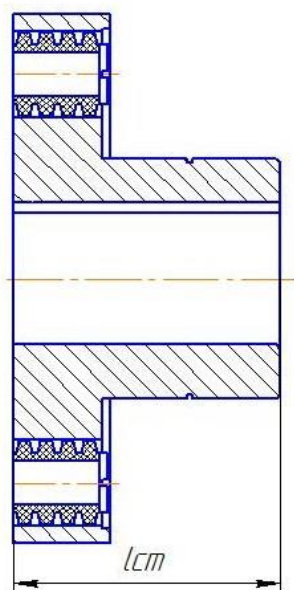


Рисунок 17 – Схема к расчету шпонки

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: $14 \times 9 \times 100$ [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 $14 \times 9 \times 100$ ГОСТ 23360-78.

2.4.9 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:

$$\begin{aligned} z_1 = z_2 &= 29 - 2 \cdot u. \\ z_1 = z_2 &= 29 - 2 \cdot 1 = 27. \end{aligned} \quad (15)$$

«Выбираем двухрядную роликковую 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].

$$K_{\text{э}} = 1,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,25 \cdot 1 = 4,2, \quad (17)$$

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

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:

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

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

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

$$p = \frac{F_t \cdot K_9}{A_{оп} \cdot m}, \quad (25)$$

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

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

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

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:

$$\begin{aligned}F_B &= 1,15 \cdot F_t. \\F_B &= 1,15 \cdot 4827,2 = 5551,3 \text{ Н.}\end{aligned}\tag{31}$$

Диаметр ступицы звездочки:

$$\begin{aligned}d_{ст} &= 1,5 \cdot d_B + 10. \\d_{ст} &= 1,5 \cdot 55 + 10 = 92,5 \text{ мм.}\end{aligned}\tag{32}$$

Длина ступицы звездочки:

$$\begin{aligned}l_{CT} &= (0,8...1,5) \cdot d_B. \\l_{CT} &= (0,8...1,5) \cdot 55 = 82,5 \text{ мм.}\end{aligned}\tag{33}$$

Ширина зуба:

$$\begin{aligned}b_2 &= 0,9 \cdot b_3 - 0,15, \\b_2 &= 0,9 \cdot 25,4 - 0,15 = 22,71 \text{ мм.}\end{aligned}\tag{34}$$

Ширина венца многорядной звездочки:

$$\begin{aligned}B_2 &= (n-1) \cdot A + b_n, \\B_2 &= (2-1) \cdot 45,44 + 22,71 = 68,15 \text{ мм.}\end{aligned}\tag{35}$$

Расстояние от вершины зуба до линии центров дуг:

$$h_3 = 0,8 \cdot d_3.\tag{36}$$

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

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 $r_4 = 2,5 \text{ мм}$ [12].

Звездочку делаем сварную (рисунок 19), так как диаметр звездочки более 200 мм [12].

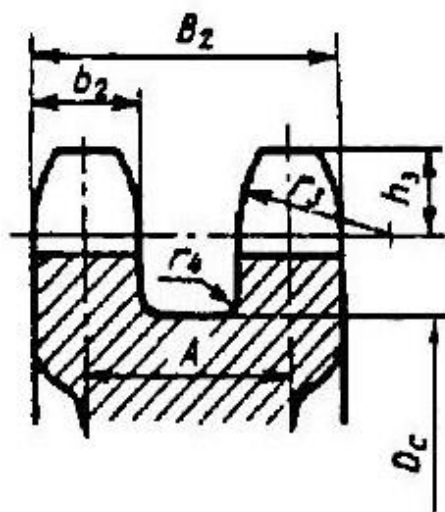


Рисунок 19 – Размеры зуба и венца звездочки в поперечном сечении

2.4.10 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 20).

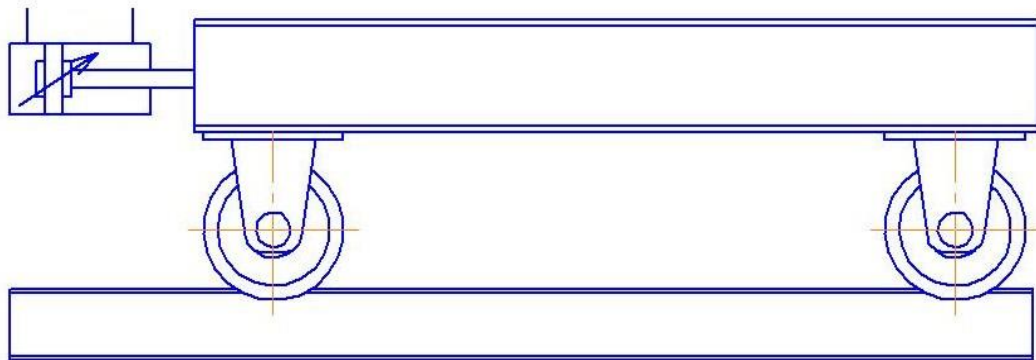


Рисунок 20 – Схема к расчету механизма перемещения платформы

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, $G_{\text{пл}} = 16172 \text{ Н}$;

$G_{\text{авт}}$ – вес автомобиля, приходящийся на платформу, принимаем вес передней оси самого тяжелого автомобиля – Mitsubishi Pajero (2355 кг), так как заезд автомобиля осуществляется через эту платформу;
 z – число колес» [14].

$$R_{\max} = \frac{16172 + 8545}{4} = 6180 \text{ Н.}$$

Диаметр ходового колеса:

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

$$D_{\text{кол}} = 1,7 \cdot \sqrt{6180} = 133,6 \text{ мм.}$$

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 двусторонний пневмоцилиндр с фиксацией штока.

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

«Сила, необходимая для перемещения платформы, определяется по формуле:

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

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

$m_{\text{пл}}$ – 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 пневмоцилиндре, принимаем $P = 1 \text{ МПа}$.

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

«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.

2.4.11 Расчет болтового соединения

Произведем расчет фундаментного болта крепления неподвижной рамы стенда (рисунок 21).

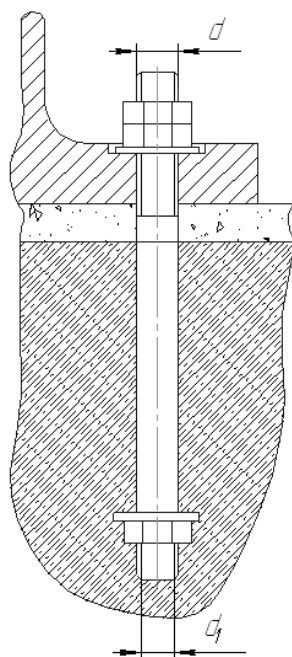


Рисунок 21 – Схема к расчету болтового соединения

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:

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

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

«Расчетная нагрузка, воспринимаемая одним болтом, определяется по формуле:

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

где k_{zt} – 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.

2.4.12 Расчет сварного соединения

Рассчитаем сварное соединение (рисунок 22) бегового ролика со ступицей приводного вала.

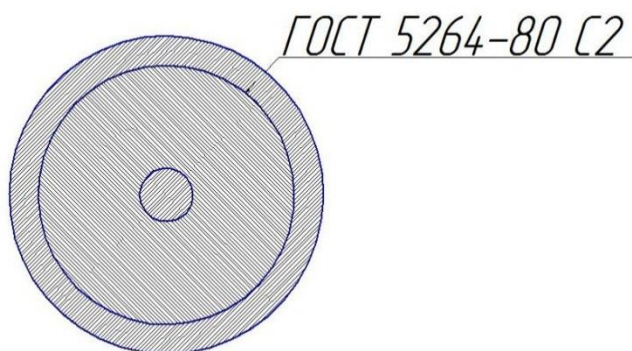


Рисунок 22 – Схема к расчету сварного соединения

«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].

$$D_{\text{ст}} = 325 - 2 \cdot 30 = 265 \text{ мм}. \quad (52)$$

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.

2.4.13 Прочностной расчет

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

Так как конструкция испытывает нагружение в двух взаимоперпендикулярных плоскостях, то рассматриваем каждую плоскость нагружения в отдельности (рисунок 23).

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:

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

где T – крутящий момент» [15].

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

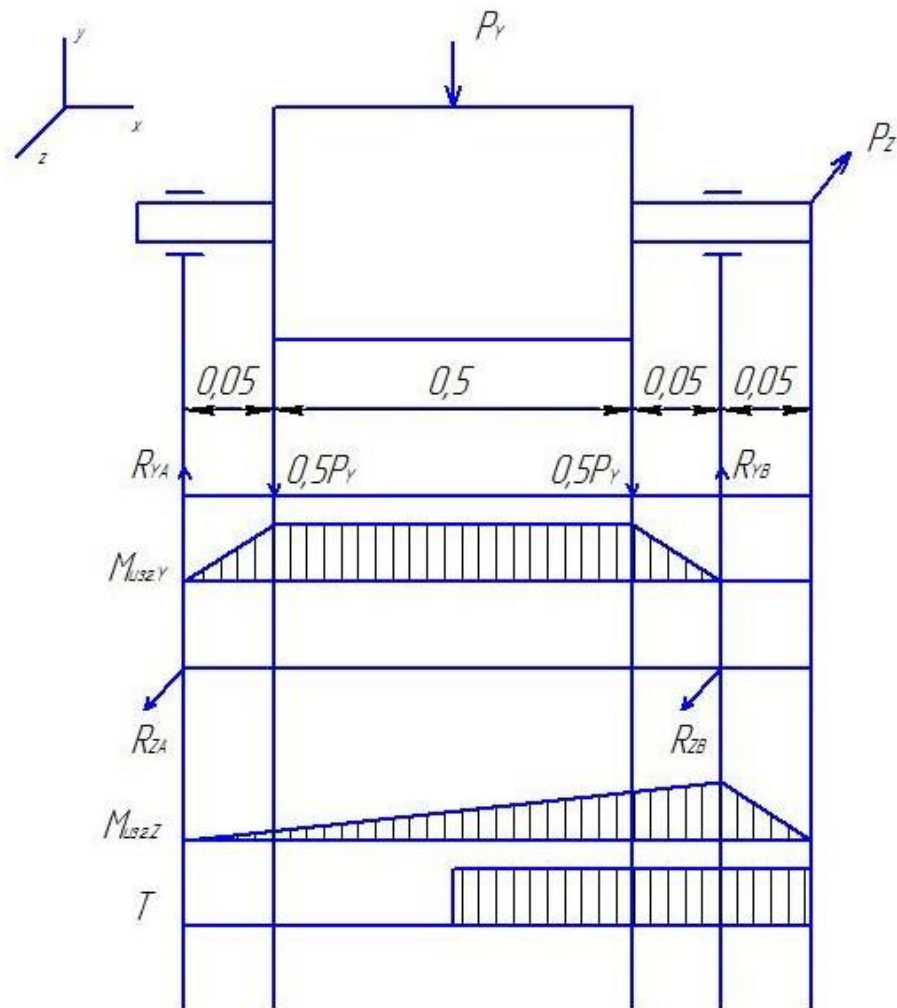


Рисунок 23 – Схема для расчета на прочность

«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;

$[\sigma_{\text{изг.}}]$ – допускаемое 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.

2.4.14 Подбор подшипника

«Произведем подбор подшипника опоры бегового ролика стенда. Так как максимальная частота вращения ролика 80 об/мин, тогда подбор ведем по динамической грузоподъемности» [13].

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

Сила, действующая на подшипник, будет равна максимальной реакции опоры R_y (рисунок 23).

Уравнение равновесия записывается следующим образом:

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

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

«Эквивалентная динамическая нагрузка определяется по формуле:

$$P = R_y \cdot V \cdot K_6 \cdot K_T, \quad (57)$$

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

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

K_T – температурный коэффициент, принимаем равным 1» [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:

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что предлагаемая конструкция роликового тормозного стенда может быть применена на СТО, АТП.

3 Технологический процесс

«Конструкции автомобилей непрерывно совершенствуются. Тенденции развития конструкций автомобилей обусловлены как экономическими, так и социальными причинами. Экономические причины определяют тенденцию повышения топливной экономичности как легковых, так и грузовых автомобилей, что в настоящее время стало одним из ведущих направлений современного автостроения. Социальными причинами обусловлена тенденция повышения безопасности автомобилей. Автомобиль – объект повышенной опасности. Поэтому необходимо совершенствование активной и пассивной безопасности автомобиля.

Это свойство заложено в конструкцию автомобиля (отсюда термин - конструктивная безопасность) и проявляется постоянно при движении и в аварийной ситуации. Этот вид безопасности характеризуется обзорностью, сигнализацией, освещенностью, эргономическими условиями рабочего места водителя, маневренностью, управляемостью, устойчивостью, скоростными и тормозными свойствами» [2].

«К тормозному управлению автомобиля, служащему для замедления его движения вплоть до остановки и удержания на месте на стоянке, предъявляются повышенные требования, так как тормозное управление является важнейшим средством обеспечения активной безопасности автомобиля. Требования к тормозным системам регламентированы Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» и международными правилами (Правила № 13 ЕЭК ООН)» [30].

Разрабатываемая технологическая карта позволит контролировать эффективность тормозных систем и устойчивость при торможении автотранспортных средств на станциях технического обслуживания АТС, автопредприятиях, станциях государственного технического осмотра.

3.1 Виды выполняемых работ

«Участок диагностирования Д-1 предназначен для определения технического состояния автомобиля, его агрегатов, узлов и систем, отвечающих за безопасность движения и экологическую безопасность, без проведения их разборки. Диагностирование представляет собой технологический элемент ТО и ремонта, а также основной метод выполнения контрольных работ. Диагностика позволяет обеспечить высокую эксплуатационную надежность автомобиля, повысить производительность труда и снизить затраты на текущий ремонт, запасные части и материалы.

В зоне Д-1 проводятся следующие виды работ:

- определение токсичности отработавших газов бензиновых двигателей;
- диагностирование состояния системы освещения и световой сигнализации, рулевого управления, ходовой части автомобиля, тормозных качеств автомобиля» [35].

3.2 Технологическая карта диагностирования тормозной системы автомобиля

Технологическая карта диагностирования тормозной системы автомобиля представлена на листе графической части ВКР. Общая трудоемкость 11,12 чел.-ч, исполнитель: слесарь по ремонту автомобилей 6 разряда.

Выводы по разделу:

В данном разделе работы был рассмотрен вопрос диагностики тормозной системы и разработана технологическая карта диагностики.

Далее предлагается рассмотреть вопрос безопасности при проверке тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде.

4 Производственная и экологическая безопасность проекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются: рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений; рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии; рациональная организация рабочих мест; изоляция производственного процесса; улучшение технологии производства; механизация; автоматизация; защита работающих; организационно-массовые мероприятия» [28].

«В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности.

Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла, в том числе утилизацию» [28].

В таблице 1 представлен паспорт безопасности на технологический процесс проверки тормозной системы автомобиля на тормозном стенде.

Таблица 1 – Паспорт безопасности на технологический процесс проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Проверка тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде	1 Установка автомобиля на пост. 2 Подготовка автомобиля. 3 Подготовка стенда. 4 Снятие показаний рабочей тормозной системы с передней оси. 5 Перемещение автомобиля. 6 Снятие показаний рабочей тормозной системы с задней оси. 7 Завершение испытаний	Слесарь по ремонту автомобилей 6 разряда	Роликовый тормозной стенд, досмотровое зеркало, глубиномер, манометр	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

4.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [28].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при проверке тормозной системы автомобиля на тормозном стенде представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Установка автомобиля на пост.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты стенда, автомобиля
2 Подготовка автомобиля.	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Роликовый тормозной стенд
3 Подготовка стенда.		
4 Снятие показаний рабочей тормозной системы с передней оси.		
5 Перемещение автомобиля.		
6 Снятие показаний рабочей тормозной системы с задней оси.		
7 Завершение испытаний	Повышенный уровень шума	Роликовый тормозной стенд
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Роликовый тормозной стенд
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [29].

4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [29].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ 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 условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Основные мероприятия по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;

- 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [29];
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
 - в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
 - г) приведение естественного и искусственного освещения в соответствие с действующими нормами;
 - д) 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;
 - е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция), проведение ремонта и замена СИЗ;
 - ж) 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;
 - з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;

и) 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].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков в таблице 3.

Таблица 3 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии»	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	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» [29].	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Повышенный уровень шума	– уменьшение величины шума на пути его распространения; – снижение шума в источнике; – проведение лечебно-профилактических мероприятий; – организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин, – контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин; – введение целесообразных режимов	Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход; противошумные шлема и каски; противошумные костюмы

Продолжение таблицы 3

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	труда и отдыха работников на шумных предприятиях); – архитектурно-планировочные меры – уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений; – формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение оборудования рабочих мест, – акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов	
Возможность поражения электрическим током	К техническим мерам защиты от действия электрического тока относятся: – изоляция токопроводящих элементов (рабочая, двойная, усиленная); – зануление; – заземление; – защитное отключение. К организационным мерам защиты от действия электрического тока относятся: – оформление нарядов или распоряжений с полным указанием места и времени работы, ответственных лиц, мер безопасности; – обучение персонала и оформление допуска; надзор над проведением работ. Технические средства защиты от действия электрического тока: а) изолирующие (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики); – б) предохранительные - специальные средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасность во время проведения электромонтажных работ в особо	Диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики, предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы; щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и

Продолжение таблицы 3

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	сложных условиях: на высоте, при световом, тепловом и механическом воздействии электрической дуги (предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы); в) ограждающие для обеспечения коллективной безопасности (щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты)	шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты
Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство световых проемов в стенах производственного помещения, световых фонарей на крыше здания, устройство дополнительного освещения на рабочем месте рабочего. Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра	—
Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	«Для предупреждения развития утомления, функционального перенапряжения и функциональных скелетно-мышечных нарушений работающих факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, не должны превышать допустимые величины и отвечать требованиям Руководства Р2.2.2006-05» [29]. «В целях профилактики развития утомления, перенапряжения и развития скелетно-мышечных заболеваний существенное значение имеет соответствие конструкции используемого производственного оборудования, ручного инструмента и так далее современным требованиям эргономики, антропометрическим данным, физиологическим и психологическим возможностям работающего человека» [29].	—

Продолжение таблицы 3

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
Монотонность труда, вызывающая монотонию	– расширение круга обязанностей; – усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника; – руководитель должен установить режим и график работы сотрудников; – обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение. Правильное оформление помещений требует логического соответствия формы и цвета	

4.4 Пожарная безопасность

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП).

Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми производится проектирование противопожарной защиты зданий и сооружений. СНиП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации.

Те или иные здания (сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категорируют по огнестойкости.

Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- подъездными путями для пожарной техники,
- наружными пожарными лестницами,
- системой противодымной защиты,
- противопожарным водопроводом,
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть предохранены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при проверке тормозной системы автомобиля на стенде представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при проверке тормозной системы автомобиля на стенде

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
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	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, средств пожаротушения	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 «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах» [29].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [28].

4.5 Экологическая безопасность технологического процесса проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса проверки тормозной системы автомобиля на стенде представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация экологических факторов технологического процесса сборки проверки тормозной системы автомобиля на стенде

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Проверка тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде	Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки, в процессе утилизации	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка.

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса проверки тормозной системы автомобиля на стенде в таблице 6.

Мероприятия, направленные на снижения антропогенного воздействия очень важны, так как позволяют при выполнении операций (в нашем случае – диагностика тормозной системы) снизить риски нанесения вреда экологии.

Таблица 6 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия при проверке тормозной системы на стенде

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена	Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ	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

Выводы по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблица 1);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблица 2) и определены пути их снижения (таблица 3);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблицы 4, 5);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса проверки тормозной системы автомобиля на роликовом тормозном стенде (таблица 6).

5 Экономическая эффективность проекта

«Затраты на изготовление конструкции стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС определяется по формуле (59):

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{о.н}}, \quad (59)$$

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

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

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

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [27].

«Рассчитываем стоимость изготовления корпусных деталей по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (60)$$

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

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей» [27].

В таблице 7 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 7 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама	Швеллер гнутый 160×160×6	51,26	51,26	125,6	6438,256
	Швеллер 8П	67	67	115,7	7751,9
	Швеллер гнутый 80×60×6	17,48	17,48	42	734,16
	Швеллер гнутый 80×100×6	13,59	13,59	56	761,04
Итого:	–	–	–	–	15685,36

$$C_{к.д} = 51,26 \cdot 125,6 + 67 \cdot 115,7 + 17,48 \cdot 42 + 13,59 \cdot 56 = 15685,36 \text{ р.}$$

«Рассчитываем затраты на изготовление оригинальных деталей по формуле (61):

$$C_{о.д} = C_{прн} \cdot C_M, \quad (61)$$

где $C_{прн}$ – 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.» [27].

$$C_{прн} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (62)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, чел.-ч.;
(в данном случае изготавливаем раму для стенда – 2 шт.)»

$$t = 2 \cdot 12 = 24 \text{ чел. - ч.}$$

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, 1,025...1,03» [27].

Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12792 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ.

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда: $12792/(7 \cdot 21) = 87,02$ 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: $87,02 \cdot 1,42 = 123,56$ р./ч.

$$C_{\text{ПРН}} = 24 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 3054,4 \text{ р.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату по формуле (63):

$$C_{\text{д}} = \frac{(5...12) \cdot C_{\text{нр}}}{100}, \quad (63)$$

$$C_{\text{д}} = \frac{10 \cdot 3054,4}{100} = 305,44 \text{ р.}$$

Рассчитываем начисления на заработную плату по формуле (64):

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (C_{\text{нр}} + C_{\text{д}})}{100} \quad (64)$$

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (3054,4 + 305,44)}{100} = 1007,95 \text{ р.}$$

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяется по формуле (65):

$$C_{\text{м}} = Ц \cdot Q_3, \quad (65)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [27].

В таблице 8 представлена стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 8 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка материала	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Ролик ведущий	Сталь 45	4	400	25,0	10000,0
Ролик ведомый	Сталь 45	4	400	25,0	10000,0
Вал	Сталь 45	4	36	25,0	900
Итого:	–	–	–	–	29000

$$C_M = 10000 + 10000 + 900 = 29000 \text{ р.}$$

Тогда затраты на изготовление оригинальных деталей составят:

$$C_{o.d} = 3054,4 + 305,44 + 1007,95 + 29000 = 33367,8 \text{ р.}$$

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

$$C_{CB.П} = C_{CB} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (66)$$

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

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

$C_{соц.сб}$ – отчисления соцстраху рабочих, р.» [27].

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

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_q \cdot k_t, \quad (67)$$

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч» [27].

«Нормативная трудоемкость на сборку конструкции определяется по формуле:

$$T_{CB} = k_c \cdot \sum t_{c.б}, \quad (21)$$

где $t_{c.б}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч., по справочным данным принимаем равным 17 чел.-ч.

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, принимаем равным 1,25» [27].

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 17 = 21,25 \text{ чел.} \cdot \text{ч.},$$

$$C_{CB} = 21,25 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 2704,42 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 2704,42 = 270,44 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (2704,42 + 270,44) = 892,46 \text{ р.},$$

$$C_{сб.п} = 2704,42 + 270,44 + 892,46 = 3867,32 \text{ р.}$$

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление стенда определяется по формуле:

$$C_{OH} = \frac{C'_{\text{пр}} \cdot R_{OH}}{100}, \quad (68)$$

где $C'_{\text{пр}}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении аппарата, р.;

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [27].

$$C'_{\text{пр}} = C_{\text{прн}} + C_{сб.п}. \quad (69)$$

$$C'_{\text{пр}} = 3054,4 + 2704,4 = 5758,8 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{5758,8 \cdot 40}{100} = 2303,53 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Подшипник 211 ГОСТ 8338-75	шт.	640	28	17920
Колесо K2P-200	шт.	5000	4	20000
Мотор-редуктор МЦ2С-125	шт.	56601	4	226404
Муфта 1000-56-1 У3	шт.	2500	4	10000
Пневмоцилиндр 1311-40×0320	шт.	6001	1	6001
Цепь 2ПР-38,1-25400	шт.	2000	4	8000
Болты	шт.	6	120	720
Гайки	шт.	6	100	600
Шайба	шт.	5	140	700
Шпонка	шт.	30	16	480
Эмаль ПФ – 115 ГОСТ 6465 – 76	л	180	15	2700
Грунт	л	110	10	1100
Итого:	–	–	–	294625

$$C_{п.д} = 17920 + 20000 + 226404 + 10000 + 6001 + 8000 + 720 + 600 + 700 + 480 + 2700 + 110 = 294625 \text{ р.}$$

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

Рассчитываем затраты на изготовление конструкции стенда по формуле (59):

$$C_{кон} = 15685,36 + 33367,8 + 3867,32 + 2303,53 + 294625 = 349849,01 \text{ р.}$$

Как видно из расчетов, общие затраты на изготовление конструкции стенда равны 12967,99 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = C_{\text{пр}} - C_{\text{кон}}, \quad (71)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость прототипа, р.» [25].

Изучив представленные на рынке аналогичные конструкции стендов для диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС принимаем стоимость прототипа равную 1200000 р.

$$\mathcal{E}_Г = 1200000 - 349849,01 = 850150,99 \text{ р.}$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле (23):

$$O_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{кон}}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (72)$$

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$O_{\text{ок}} = \frac{349849,01}{850150,99} = 0,41 \text{ года.}$$

Рассчитываем годовой экономический эффект от внедрения конструкции по формуле (73):

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{\text{кон}}, \quad (73)$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле (23):

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 850150,99 - 0,15 \cdot 349849,01 = 797673,64 \text{ р.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты расчета

Показатель	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	руб.	1200000	349849,01
Годовая экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	руб.	–	850150,99
Годовой экономический эффект	руб.	–	797673,64
Срок окупаемости	год.	–	0,41

Выводы по разделу.

Анализируя расчеты экономического раздела, можно сделать вывод, что годовая экономия, достигаемая за счёт меньшей стоимости составляет 850150,99 р., а срок окупаемости равен 0,41 года, что допустимо для данной конструкции стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и антиблокировочной системы.

Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Разработка стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и АБС» была обоснована тема дипломного проекта, поставлены цель и задачи.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- проведен обзор назначения и конструкций тормозных систем легковых автомобилей;
- определены требования, предъявляемые к тормозной системе легкового автомобиля, виды диагностики, технического обслуживания и ремонта;
- разработана технологическая карта диагностирования тормозной системы автомобиля
- выполнена конструкторская разработка стенда;
- проведены расчеты основных элементов стенда;
- рассмотрен вопрос безопасности и экологичности проекта, в ходе которого определены профессиональные риски и разработаны мероприятия для их снижения, а также пожарная и экологическая безопасность;
- определена экономическая эффективность разработанного стенда для диагностирования тормозной системы автомобиля и антиблокировочной системе.

Проект стенда для диагностирования тормозной системы и антиблокировочной системы автомобиля является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение.

Проектируемый стенд на 850150,99 р. дешевле тормозного стенда аналогичного назначения при прочих равных эксплуатационных возможностях. Срок окупаемости по проекту равен 5 месяцев, что говорит о целесообразности разработки данной конструкции.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. - Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
2. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
3. Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
4. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
5. Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
6. Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
7. Веденяпин Г. В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
8. Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 195 с.
9. Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.
10. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.

11. Генбом Б. Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.

12. Гернер В. С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.

13. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

14. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей. [Текст]. – М. Транспорт. 1970.

15. 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.

16. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды; введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 58 с.

17. ГОСТ 25478-91. Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки, введ. 01-01-93. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 32 с.

18. ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки [Текст] : Motor vehicles and their trailers. Safety requirements for roadworthiness and methods of inspection : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 июля 2017 г. № 708-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации : введен впервые : дата введения 2018-02-01 / разработан АО

"Международная автомобильно-дорожная экспертиза и консалтинг" ;
[принят] Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и
сертификации. – Москва : Стандартиформ, 2017. – V, 67 с.

19. ГОСТ 380-98. Сталь углеродистая обыкновенного качества, введ.
01-01-98. – М.: Изд-во стандартов, 1998 – 21 с.

20. ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм.
Технические условия, введ. 01-07-68. – М.: Изд-во стандартов, 1998 – 12 с.

21. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента
/ Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

22. Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт.
техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.

23. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И.
Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

24. Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич,
Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

25. 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.

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

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

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

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

30. Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.
31. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 351 с.
32. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
33. Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Методика поверки М 020.000.00.00-01. - Жигулевск, 2005. – с. 11.
34. Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Руководство по эксплуатации М 220.000.00.00. - Жигулевск, 2005. – с. 49.
35. Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.
36. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
37. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.
38. 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.
39. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
40. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
41. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А
Спецификации

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
		A4			21.ДП.ПЭА.131.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
		A1			21.ДП.ПЭА.131.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	3	
						<u>Сборочные единицы</u>		
Стор. №								
		A1		1	21.ДП.ПЭА.131.61.01.000	Рама	2	
				2	21.ДП.ПЭА.131.61.02.000	Рама качающаяся	4	
		A2		3	21.ДП.ПЭА.131.61.03.000	Ролик ведомый	4	
		*		4	21.ДП.ПЭА.131.61.04.000	Ролик ведущий	4	* 4хA4
Подп. и дата								
						<u>Детали</u>		
				5	21.ДП.ПЭА.131.61.00.005	Звёздочка	8	
						<u>Стандартные изделия</u>		
Взам. инв. №						Болты ГОСТ 15589-70		
				6		M22-6g x 65.58	56	
				7		M20-6g x 60.58	16	
				8		M10-6g x 35.58	16	
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
		Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата	21.ДП.ПЭА.131.61.00.000		
		Разраб.	Лопшин			Стенд роликовый тормозной		
		Пров.	Черепанов					
		Н.контр.	Черепанов			Лит. Лист Листов 1 3		
		Утв.	Бабаровский					
						ТГУ, ИМ, АТС-1601а		
						Копировал Формат А4		

Рисунок А.1 – Спецификация на роликовый тормозной стенд

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		9		М10-6g x 10.58	16	
				Болты фундаментные		
				ГОСТ 24379.1-80		
		10		6.3.М20х300	4	
		11		6.3.М16х100	8	
		12		6.3.М12х70	4	
				Гайки ГОСТ 15526-70		
		13		М22-6Н.5	56	
		14		М20-6Н.5	16	
		15		М16-6Н.5	8	
		16		М12-6Н.5	4	
		17		М10-6Н.5	16	
		18		Колесо К2Р-200х60	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 21424-93		
		23		Пневмоцилиндр 1311-40х0320 УХЛ4	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		
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	21.ДП.ПЭА.131.61.00.000	
					2	

Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.3 – Спецификация на роликовый тормозной стенд

Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.4 – Спецификация на раму роликового тормозного стенда