

6. Характеристики гребного винта [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://siblodki.ru/o-kompanii/blog/aksessuary/harakteristiki-grebnyh-vintov>.
7. Гребные винты [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гребные\\_винты](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гребные_винты).
8. Типы гребных винтов [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://ouvtk.ru/done/sailing/TipyGrebnihVintov.php>.
9. Устройство и принцип работы гребных винтов [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.motolodka.ru/vint.htm>.
10. Инженерная методика определения упора гребного винта [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/inzhenernaya-metodika-opredeleniya-upora-grebного-vinta/viewer>

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН



### Мясищев Дмитрий Геннадьевич

Д. т. н., профессор кафедры транспортно-технологических машин, оборудования и логистики Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова



### Лоренц Анатолий Сергеевич

Студент Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова

**Аннотация.** Работа посвящена разработке и созданию экспериментального оборудования, для проведения лабораторных испытаний тормозных механизмов транспортно-технологических машин. На основе произведенного анализа было выявлено, что роликовый стенд является наиболее рациональным технологическим решением при проектировании конструкций стендов для ускоренного испытания механизмов тормозных систем транспортных средств, который в последствии был принят за базовую модель. Измененная конструкция является унифицированным лабораторным оборудованием, которое имеет возможность исследовать как барабанные, так и дисковые тормозные механизмы. В свою очередь, оно не ограничено и в виде привода тормозного механизма, что достигается подключаемым нагнетателем. Возможна адаптация к использованию в условиях дополнительных исследований, посредством варьирования характеристик тормозного привода и механизмов. Фиксация исследуемой балки с требуемым усилием увеличивает поперечную жесткость конструкции, уменьшая погрешности произведенных исследований. Представленное экспериментальное оборудование для проведения лабораторных испытаний процессов в компонентах тормозных систем транспортно-технологических машин потенциально обеспечивает углубленное исследование характеристик, сопровождающих тормозные режимы.

**Ключевые слова:** транспортно-технологические машины, лабораторные испытания, тормозной механизм, роликовый стенд.

**Annotation.** The work is devoted to the development and creation of experimental equipment for laboratory testing of brake mechanisms of transport and technological vehicles. Based on the analysis, it was revealed that the roller stand is the most rational technological solution in the design of stand designs for accelerated testing of vehicle brake systems, which was subsequently adopted as the base model. The modified design is a unified laboratory equipment that has the ability to examine both drum and disc brakes. In turn, it is not limited in the form of a brake mechanism drive, which is achieved by a connected supercharger. Adaptation to use in conditions of additional research is possible by varying the characteristics of the brake drive and mechanisms. Fixing the beam under study with the required force increases the lateral rigidity of the structure, reducing the errors of the studies performed.

The presented experimental equipment for laboratory testing of processes in the components of the brake systems of transport-technological machines potentially provides an in-depth study of the characteristics accompanying brake modes.

**Key words:** transport and technological machines, laboratory tests, brake mechanism, roller stand.

Интенсификация количества транспортных средств, их плотность в потоке неизбежно увеличивает риск дорожно-транспортных происшествий. В связи с этим возникает потребность в диагностировании состояния машины, в том числе и тормозной системы. Значительное усложнение конструкции современных транспортных средств предъявляет высокие требования к качеству изготовления их деталей и агрегатов. Выявленные на поздних этапах недостатки приводят к повышению времени простоя транспортного средства на станциях технического обслуживания и авторемонтных предприятиях, что отрицательно сказывается на коэффициенте технической готовности. Следовательно, большое внимание необходимо уделять лабораторным стендовым испытаниям.

Цель работы. Разработка и создание экспериментального оборудования, для проведения лабораторных испытаний тормозных механизмов транспортно-технологических машин.

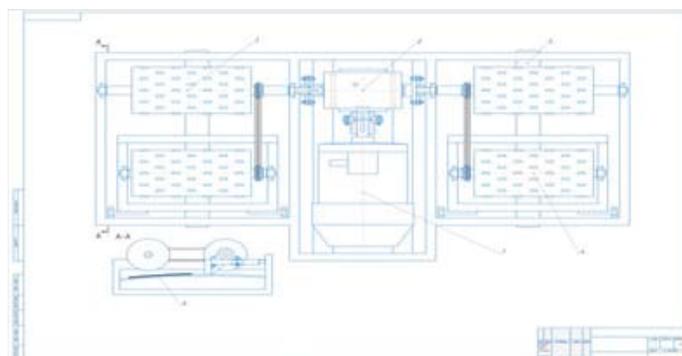
Объектом исследования является силовой роликовый тормозной стенд для проведения лабораторных испытаний. Актуальность работы прослеживается в необходимости создания экспериментальной установки, имитирующей работу тормозных механизмов в лабораторных условиях с последующим изучением рабочих процессов, происходящих в компонентах тормозных систем транспортно-технологических машин.

Практическая значимость работы заключается в возможности производить всесторонние испытания тормозных механизмов транспортно-технологических машин. Разработанное экспериментальное лабораторное оборудование используется в учебном процессе ФГАОУ ВО «Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова».

Научная новизна состоит в созданном экспериментальном стенде для исследования рабочих процессов в компонентах тормозных систем транспортно-технологических машин, который имеет отличия от действующих моделей и способен обеспечить более углубленное изучение процессов, сопровождающих тормозные режимы.

Принципиальная схема установки тормозного стенда для проведения эксперимента показана на рис. 1.

Проектные чертежи, выполненные в 3D моделировании (рис. 2), более полно отображают необходимость выполнения определенных конструкторских решений, направленных на улучшение эксплуатационных свойств разрабатываемой конструкции.



- 1 – электродвигатель; 2 – червячный редуктор;  
3 – ролики барабанного типа;  
4 – подвижные ролики; 5 – упругий элемент;  
6 – чувствительный элемент

Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального оборудования



Рис. 2. Модель экспериментального оборудования, выполненная в 3D

Полученные чертежи позволили задаться необходимыми размерами, а также определить этапы работы и материалы, необходимые для изготовления образца экспериментального оборудования.

Принципиальная схема работает следующим образом. За основу взят трехфазный асинхронный двигатель RAM112M2 с номинальной мощностью 4 кВт и числом оборотов 3000 об/мин. Вращение с электродвигателя передается на червячный редуктор 2ЧМ-63 с передаточным отношением 20. Использование такого червячного редуктора обусловлено скоростью вращения колеса оси испытуемого транспортного средства, а так же увеличением номинального крутящего момента на выходе [10, 11].

Далее вращение передается на соосно-закрепленные ролики барабанного типа, а так же при помощи цепной передачи на ролики. Данный элемент выполнен с шарнирной фиксацией к раме установки с одной стороны и опорой на упругий элемент с другой. За упругий элемент была принята сталь конструкционная рессорно-пружинная 50ХГФА.



Рис. 3. Экспериментальная установка для проведения лабораторных испытаний тормозных механизмов

Имитатор исследуемого моста самоходного лесопромышленного шасси представляет собой балку моста с закрепленными на ее цапфах колесами с экспериментальными тормозными механизмами. Балка жестко закреплена на раме станда, с возможностью изменять усилие прижатия колес к роликам.

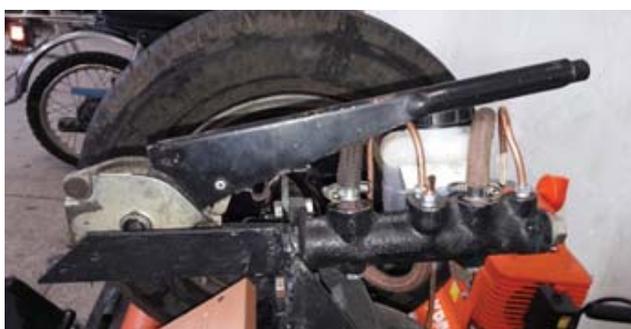


Рис. 4. Конструкторское решение использования гидравлического привода тормозов на экспериментальном оборудовании

В процессе воздействия на тормозной привод имитатора балки моста тормозная сила механизма через шарнирно-зафиксированный ролик будет передавать усилие на элемент и закрепленный там же чувствительный элемент.

За чувствительный элемент, закрепленный на конструкционно рессорно-пружинной стали 50ХГФА экспериментальной установки, взят датчик сопротивления (тензорезистор). Тензорезисторы ТК предназначены для преобразования деформации в изменение электрического сопротивления при измерении деформаций деталей машин и конструкций при статических и динамических нагрузках в условиях макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом. Так же тензорезисторы ТК используются в качестве чувствительных элементов измерительных преобразователей средств измерения механических величин.

Принцип действия тензорезисторов основан на тензорезистивном эффекте, т.е. на свойстве изменения электросопротивления проводника в результате его деформации.

На рис. 5 представлен внешний вид зоны контакта колеса и роликов, а также чувствительные эле-

менты, отвечающие на снятие показаний тормозного усилия.



Рис. 5. Расположение датчиков сопротивления на экспериментальной установке

При измерении сопротивления тензорезистора применяют мостовую или полумостовую (делитель напряжения) схему подключения. В качестве сопротивлений  $R$ , как правило, применяются подобные тензорезисторы, как и измерительный, только наклеенные на балку в поперечном направлении, нечувствительные к деформации. Это связано, в первую очередь, с большим температурным коэффициентом сопротивления тензорезистора. При применении в качестве  $R$  подобных тензорезисторов, находящихся в тех же критериях, что и диагностический тензорезистор, значительно упрощаются термокомпенсации мостовой схемы. Для этого следует применять 6-проводную схему измерения. Одна пара проводов работает с целью питания моста, другая пара проводов предназначена для замера подаваемого напряжения, третья пара – с целью замера разницы потенциалов в мостовой схеме.

На рис. 6 рассмотрено подключение двух пар тензодатчиков к модулю ZET 210, использующих шестипроводные мостовые схемы. Тензодатчики будут подключаться к входным каналам в дифференциальном включении. Запитка тензодатчиков будет осуществляться с выхода генератора модуля ZET 210.

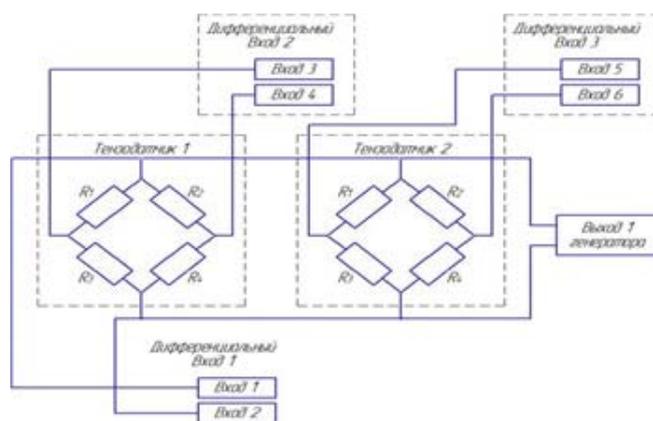


Рис. 6. Шестипроводная мостовая схема

Результаты измерений выводятся на персональный компьютер, подключенный к аналогово-цифровому преобразователю в виде осциллограмм.



Рис. 7. Визуальное представление измерений экспериментального оборудования

Благодаря унифицированной конструкции на предлагаемом экспериментальном оборудовании будет возможность исследовать как барабанные тормозные механизмы, так и дисковые. В свою очередь стенд не будет ограничен и в виде тормозного привода, что достигается подключаемым компрессором.

#### Список литературы

1. Александров М.П. Тормозные устройства в машиностроении / М. П. Александров. – М.: Машиностроение, 1965. – 676 с.
2. Богатырев А.А. Современные методы испытаний тормозных систем автомобилей // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8 – с 181–182.
3. Васильев В.И. Исследование процесса растормаживания автомобиля с целью разработки метода углубленного диагностирования тормозной системы / Васильев В.И., Овсянников В.Е., Войтеховская Е.А. // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 30. № 3. – С. 20.
4. ГОСТ 25478-91. Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. – Введ. 02.12.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 33 с.
5. ГОСТ Р 52847-2007. Автомобильные транспортные средства. Тормозные механизмы. Технические требования и методы стендовых испытаний. – Введ. 27.12.2007. – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.
6. Каледа В.Н. Современное оборудование для диагностирования тормозной системы автомобиля и пути его совершенствования / В.Н. Каледа, И.А. Каледа, Н.Н.Туманова // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения): сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф.; Пензенский государственный университет, Политехнический институт. – 2016. – С. 41–45.
7. Карташевич А.Н. Диагностирование автомобилей. Практикум: учеб.пособие / А.Н. Карташевич, В.А. Белоусов, А.А. Рудашко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 208 с.
8. Карцева С.В. Совершенствование методов и средств диагностирования тормозной системы автомобилей / С.В. Карцева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всеросс. науч.-метод. конф. – 2014. – С. 298–303.
9. Листратова А.С. Стенд для исследования тормозных свойств автомобиля / А.С. Листратова, А.А. Енаев // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2015. – № 2. – С. 53–58.
10. Лоренц А.С. Конструкция и работа экспериментальной установки, предназначенной для исследования работы тормозных механизмов колесных лесных машин / А.С. Лоренц, А.С. Вашуткин // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Междунар. науч.-технич. конф. – 2018. – С. 100–102.
11. Лоренц А.С. Особенности устройства, конструкции и применения экспериментального оборудования для исследования элементов тормозных систем лесопромышленных шасси/ А.С. Лоренц, Д.Г. Мясичев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – №218 – С. 121–129.
12. Ляпич Е.Н. Анализ средств диагностирования тормозной системы с гидравлическим приводом / Е.Н. Ляпич, О.В. Рачинский, С.В. Елецкий [и др.] // Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в различных режимах движения: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посв. 115 годовщине со дня рожд. проф. Харитончика Ефима Мироновича. – 2017. – С. 151–155.
13. Мясичев Д.Г. Повышение эффективности тормозных фрикционных механизмов транспортно-технологических машин: учеб. пособие / Д.Г. Мясичев. – САФУ, 2016. – 144 с.
14. Овчинников В.П. Технологические процессы диагностирования, обслуживания и ремонта автомобилей: учеб.пособие / В.П. Овчинников, Р.В. Нуждин, М.Ю. Баженков. – Владимир: Изд-во Владимир.ун-та, 2007. – 284 с.
15. Швейхерт И.В. Диагностика тормозной системы легкового автомобиля / И.В. Швейхерт, С.В. Крашенинников // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы VII Регион. Науч.-практ. конф. студ. и аспирантов, посв. памяти доц. М.А. Анфиногенова; Новосибирский государственный аграрный университет. – 2015. – С. 136–141.