

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДЛЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

К.Т.Н. Глазунов Д.В.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов, Россия  
glazunovdm@yandex.ru

*Испытания на натуральных агрегатах на современном уровне развития транспортного машиностроения не всегда целесообразны вследствие их большой длительности, что недопустимо затягивает сроки использования новых смазочных материалов. Разработка и использование модельных установок, стендов и натуральных агрегатов позволяют за максимально короткие сроки получить достаточно надежную оценку важнейших эксплуатационных свойств смазочных материалов. Цель исследования – провести обзор существующих современных технологических схем транспортного машиностроения на примере узлов рельсового транспорта, позволяющих исследовать процессы трения в условиях смазывания. В статье описаны пять основных схем возможных испытаний: четырехшариковая, схема Тимкен, схема Фалекс, схема Алмен-Виланд, схема SAE. Рассмотрены классические и модернизированные технологические схемы триботехнических испытаний узлов рельсового транспорта, используемые в нашей стране и зарубежом, соответствующие основным схемам испытаний. Рассмотрены устройство и принцип действия машины трения четырехшариковой ЧМТ-1, машины трения ИИ-5018, стенда для триботехнических исследований на базе настольно-сверлильного станка НС-12, испытательного стенда, моделирующего режимы работы системы колесо – рельс, разработанного Исследовательско-технологическим центром железных дорог Германии DBAG (FTZ) совместно с компаниями Renk (Аугсбург), и IABG (Оттобрунн).*

*С целью усовершенствования существующих технологий предложен стенд для испытания колесно-рельсовой трибосистемы, позволяющий моделировать технологии лубрикации гребнесмазывающими системами на рельсовом транспорте. Технологической особенностью данного стенда является то, что модель гребня колеса совершает небольшие вертикальные и горизонтальные возвратные перемещения, что имитирует натурные перемещения гребня колеса при движении подвижного состава в условиях смазывания.*

**Ключевые слова:** транспортное машиностроение, схемы испытаний, виды испытаний, режим работы, машина трения, смазочный материал, метод, установка, образец, трибосистема.

## **Введение**

Трибологические испытания смазочных материалов проводятся для оценки их способности предотвращать заедание подвижных фрикционных сопряжений, уменьшать в них потери на трение и снижать износ пар трения. Эти испытания проводятся согласно правилам, существующим в нашей стране, в процессе оценки уровня эксплуатационных свойств смазочных материалов, как при разработке новых смазочных материалов, так и при испытании композиций, ранее известных, но полученных из нового сырья, с другими компонентами или по измененной технологии. Полученные результаты, как и результаты оценки других эксплуатационных (а также физико-химических и экологических) свойств смазочных материалов позволяют принять обоснованное решение о допуске данного продукта

к применению или о необходимости проведения последующих эксплуатационных испытаний.

## **Цель исследования**

Целью проведения исследований является обоснование предложенной схемы испытательного стенда для испытания колесно-рельсовой трибосистемы, позволяющей моделировать технологии лубрикации гребнесмазывающими системами на рельсовом транспорте на основе анализа существующих вариантов стендов.

## **Технологические схемы стендовых испытаний узлов рельсового транспорта**

В зависимости от места проведения испытания могут быть стендовыми эксплуатационными и полигонными. Ускоренные методы ис-

пытаний на модельных установках, стендах и натуральных агрегатах позволяют за максимально короткие сроки получить достаточно надежную оценку важнейших эксплуатационных свойств смазочных материалов, в том числе и трибологических. Рассмотрим основные технологические схемы стендовых испытаний узлов рельсового транспорта, которые широко используются в настоящее время в нашей стране и зарубежом. В настоящее время существует пять основных возможных схем при трибоиспытаниях: четырехшариковая; схема Тимкена (кольцо–брус); Фалекс (валик–полувкладыши); Алмен-Виланд (валик–два V-образных блока); SAE (два кольца) (рис. 1) [1–6].

Метод четырех шариков – метод определения смазывающих свойств масел и смазок. Методом определяются: характер износа, кривая износа, показатель износа в условиях граничного трения – по пятнам износа шариков – критическая нагрузка, нагрузка сваривания и нагрузочная (несущая) способность – по точкам перегиба на кривой износа; индекс задира (нагрузки) – по предельному давлению

Метод Тимкен EP (Timken Extreme Pressure Test) (ASTM D 2782) – метод определения противозадирных свойств масла при предельной нагрузке, т.е. критическую нагрузку задира, которая выражается в ньютонах. Это нагрузка, которую может выдержать масляная пленка на поверхности трения до появления задира в условиях данного эксперимента. Такая нагрузка показывает нагрузочную способность масла.

Метод Фалекс (Falex Pin and Vee Block Method) (ASTM D 3233) – это метод, при котором валик имитирует шейку подшипника, который зажимается двумя V-образными зажимами, изготовленными из высокопрочной стали, т.е. валик зажимается четырьмя прямолинейными поверхностями – контактами, и прокручивается с постоянной скоростью. Вся эта система погружена в исследуемое масло с

установленной постоянной температурой, скорость вращения – 330 об/мин (скорость скольжения – 10,4 см/с). Сила сжатия (нагрузка) может быть увеличена как непрерывно, так и через определенные интервалы. Измеряются сила трения и износ. По полученным данным определяются антифрикционные и противозадирные характеристики масла.

Метод Алмен-Виланд (Almen Wieland) – это метод аналогичный методу Фалекс, но зажимы имеют форму полувтулок и изготовлены из того же металла, что и валик. В этом случае контактирующая поверхность трения не линейная, а плоская. В ходе испытания при постоянной скорости вращения валика (200 об/мин, скорость скольжения 6,6 см/с) непрерывно увеличивают нагрузку до начала задира или до окончания ресурса прижимной силы. Измеряется сила трения и максимальная нагрузка до начала задира.

Метод двух вращающихся цилиндров SAE (два кольца) – это метод, который может осуществлять как скольжение, так и качение с проскальзыванием в зависимости от направления и величины угловых скоростей. Это одна из самых распространенных схем контакта, широко применяемая при моделировании трения в зубчатых передачах.

Четырехшариковая схема используется в машине трения четырехшариковой ЧМТ-1. Машина (рис. 1) предназначена для обеспечения проведения испытаний, жидких и пластичных смазочных материалов, применяемых для смазывания трущихся поверхностей с целью определения основных трибологических характеристик смазочных материалов в соответствии с ГОСТ 9490-75. Машина обеспечивает воспроизведение нормированных воздействий на испытательные образцы (шарики 12,7 ГОСТ 3722-81), находящиеся в испытуемом смазочном материале для последующего определения величины износа испытательных образцов.

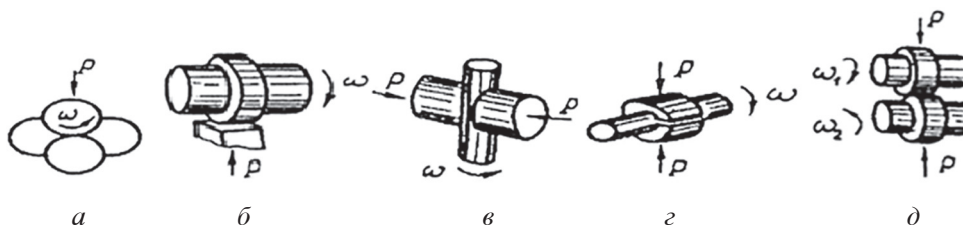
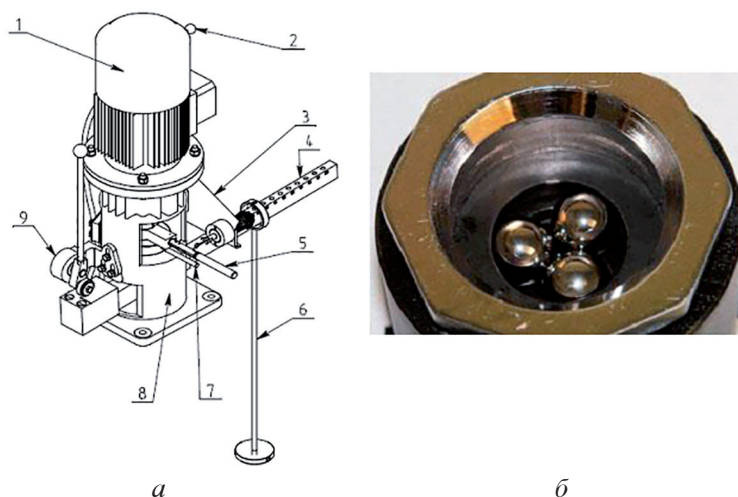


Рис. 1 Пять схем возможных испытаний:

- а) четырехшариковая; б) схема Тимкен (кольцо–брус); в) Фалекс (валик–полувкладыши); г) Алмен-Виланд (валик–два V-образных блока); д) SAE (два кольца)



**Рис. 1. Схема машины трения:**

а) четырехшариковая ЧМТ-1: 1 – электродвигатель, 2 – встроенный электромагнитный тормоз, 3 – ограничитель, 4 – рычаг, 5 – корпус, 6 – гиредержатель, 7 – подставка, 8 – корпус, 9 – подпорка; б) образцы

Четырехшариковую машину трения ЧМТ-1 выпускают на заводе «Технопромкомплект ЛТД» г. Запорожье, Украина. Машина трения состоит из электродвигателя 1 со встроенным электромагнитным тормозом и с ручным растормаживающим устройством 2. Ограничитель 3 выключает электродвигатель при превышении крутящего момента (120 кг·м). Рычаг 4 предназначен для создания осевых нагрузок в узле трения. Корпус 5 необходим для крепления трех нижних шариков. В гиредержателе 6, закрепленном на рычаге 4, устанавливаются гири. Подставка 7 предназначена для фиксации корпуса гиредержателя 6. Рабочие органы машины трения помещены в литой корпус 8. Подпорка 9 предназначена для приложения и снятия осевых нагрузок. При испытаниях смазочного материала на повышенных температурах вместо подставки устанавливается электронагреватель. Испытательное устройство состоит из одного подвижного и трех неподвижных шариков, привода, а также рычага приложения нагрузки, к которому подвешиваются пробные грузы. Материал шариков и их диаметр (12,700 мм) стандартизированы. Неподвижные шарики зажаты держателем в форме чаши. В чашу держателя заливают испытуемый смазочный материал (10 мл) до такого уровня, чтобы он полностью покрыл неподвижные шарики. Над чашей вертикально установлен контрольный шпиндель, который приводится в движение электродвигателем и вращается с частотой 1450 об/мин.

Четырехшариковая схема не позволяет определить абсолютные параметры трения и

износа или подобрать масло для конкретного применения в двигателях внутреннего сгорания, но дает возможность сравнивать качество применяемых присадок в определенных рабочих условиях (малые скорости скольжения и высокие нагрузки). Определение смазывающих свойств моторных масел возможно только при проведении испытаний на реальных двигателях [7–8].

Схемы SAE (два кольца) и Тимкен (кольцо–брус) получили широкое применение в машинах трения типа Амслер. Машины трения данного типа широко распространены в промышленно развитых странах, в том числе и в России (модели МИ, МИ-1М, СМЦ-2, 2070СМТ-1, ИИ-5018 и др.). Современным представителем данного семейства машин является машина трения ИИ-5018, предназначенная для испытаний антифрикционных материалов на трение и изнашивание при качении, качении с проскальзыванием и скольжении. Машину трения ИИ-5018 выпускают в компании «Точприбор» г. Москва. Машины аналогичного типа выпускают фирмы Shimadzu (Япония), тип Нишихара, Wolpert-Amsler (Германия), тип А-135.

Для испытаний применяют образцы «колodka–ролик», «ролик–ролик», что соответствует, схемам Тимкен (кольцо–брус), SAE (два кольца). На рис. 2 показана принципиальная схема машины ИИ-5018.

От электродвигателя 19 через шкив 1 и плоскозубчатую ременную передачу 5 вращение передается одновременно на верхний об-

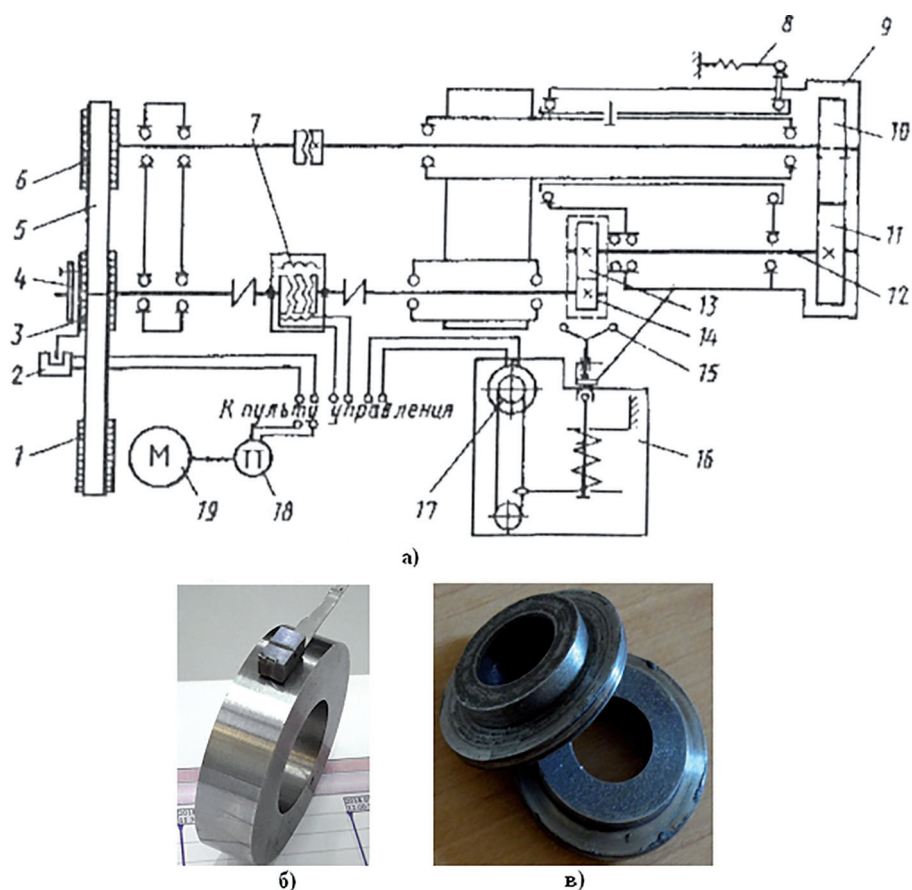


Рис. 2. Машина трения ИИ-5018:

а) принципиальная схема машины трения ИИ-5018; б) образцы «колодка–ролик»;  
в) образцы «ролик–ролик»

разец 13 через шкив 6 и на нижний 14 через шкив 3. Образец 13 установлен на валу 12 откидной каретки, внутри которой имеются шестерни 10 и 11. Каретка уравнивается пружинным механизмом 8. На валопроводе нижнего образца установлен упругий торсион датчика 7 момента трения с бесконтактным токосъемом, сигнал с которого выводится на пульт. Нагрузке образцов производится с помощью пружинного механизма 16. Величина нормальной силы регулируется поворотом рукоятки 15, а передача показаний на пульт осуществляется через гибкую связь от резистора 17. Частота вращения измеряется с помощью тахогенератора 18 на валу двигателя 19, а число оборотов нижнего образца (путь трения) – с помощью бесконтактного датчика 2. Для защиты машины от перегрузок служит сменный предохранительный штифт 4. При испытании пары «вал–втулка» работа происходит в специальной камере по схеме с открытым контуром. При этом каретка 9 откидывается и в таком положении фиксируется. Приборы, установленные на пульте, позволя-

ют измерять момент трения, момент нагрузки, частоту вращения, путь трения, а также температуру в зоне трения. Крутящий момент на машине ИИ-5018 измеряется при помощи бесконтактного индуктивного датчика 2, состоящего из вращающегося ротора и неподвижного статора. Каретка 3 предназначена для испытаний образцов по схемам «диск–диск», «диск–колодка», «диск–неподвижный диск» с усилием прижима от 100 до 2000 Н. Диаграммный аппарат приборного устройства П вычерчивает диаграмму в установленных координатах момента трения и температуры в контакте. Для испытаний в среде машина снабжена специальной камерой, отлитой из чугуна [9–11].

Общеизвестно, что конструкция стандартных машин трения типа «Амслер» не обеспечивает достаточную точность силы сжатия образцов вследствие конструктивных недостатков механизма нагружения, качества его изготовления и различных условий эксперимента. Основной конструктивный недостаток механизма нагружения данных машин заключается в том, что в нем отсутствует центриро-



вание пружины сжатия, отношение длины к диаметру которой превышает допустимое значение. Отсутствие направляющей приводит к потере устойчивости и искажению показаний кругового датчика.

Схемы Фалекс (валик–полувкладыши) и Алмен-Виланд (валик–два V-образных блока) могут использоваться для проведения экспериментальных исследований радиально-упорных и упорных подшипников скольжения на специально разработанном стенде, выполненном на основе настольно-сверлильного станка модели НС-12. Стенд представлен на рис. 3, а.

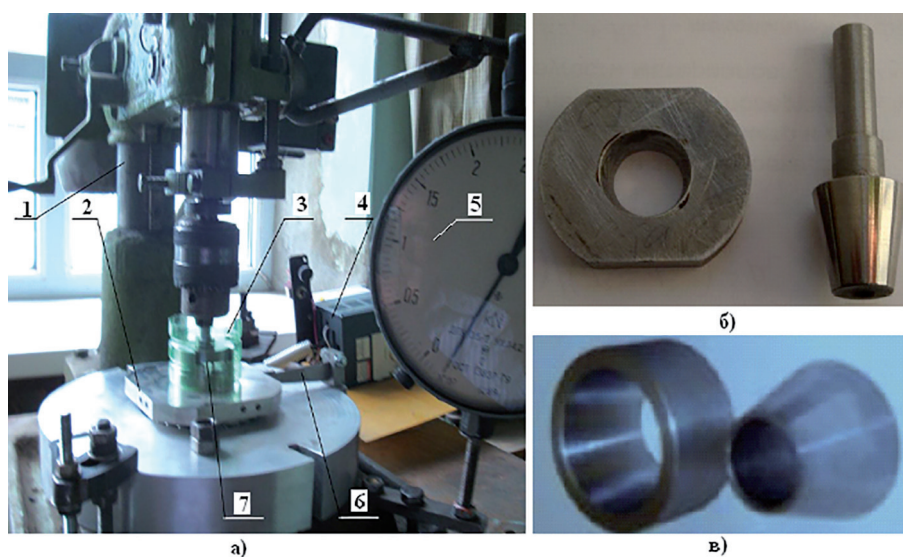
На стенде исследуемые подшипники 7 работают в ванне 3 жидкого смазочного материала. Образцы контртел закрепляются в патроне сверлильного станка 1, а подшипниковые втулки – в поворотном приспособлении на его столе. Поворотное приспособление 2 упирается в тензобалку 6, позволяющую измерять крутящий момент, т. е. коэффициент трения.

Скорость вращения шпинделя станка варьируется с помощью частотного преобразователя 4 марки ATV312HU16N4 1. Нагрузка задается пружинным динамометром растяжения 5 марки ДПУ-0,5-2 (ГОСТ 13837-79) через рычажную систему с соотношением плеч 1:10. Тарировка системы нагружения осуществлялась образцовым динамометром сжатия ДОСМ-3-1 (ГОСТ 9500-84), устанавливаемым под пиноль станка. Образцы подшипниковых втулок устанавливались в поворотное приспособление,

а конические контртела использовались двух типов. Контртела первого типа в виде валиков (рис. 3, б) закреплялись в патроне станка, а второго типа – в виде втулок (рис. 3, в) фиксировались на оправке и затем также закреплялись в патроне [12].

Наиболее полно трибологические свойства смазочных материалов можно оценить непосредственно на натуральных агрегатах (полноразмерных двигателях, редукторах, насосах и т.д.) в процессе их длительной работы по специальной программе, отражающей условия эксплуатации машин и механизмов.

Например, для повышения эффективности исследований в области материаловедческих аспектов системы Исследовательско-технологическим центром железных дорог Германии DBAG (FTZ) совместно с компаниями Renk (Аугсбург) и IABG (Оттобрунн) разработан и введен в эксплуатацию испытательный стенд, позволяющий моделировать различные режимы работы системы колесо–рельс. Он в значительной степени повысил эффективность исследования металловедческих аспектов системы и позволил проводить количественный анализ процессов износа и усталости металла в зоне контакта колеса с рельсом. Весь стенд смонтирован на раме, имеющей высоту 5,5 м, длину 7 м и ширину 4 м. Он размещается в специальном помещении диагностической службы FTZ. Выполненная из полых балок коробчатого сечения стальная конструкция массой 36 т установлена



**Рис. 3. Стенд для триботехнических исследований:**

1 – настольно-сверлильный станок НС-12; 2 – поворотная часть приспособления; 3 – емкость для смазочных материалов; 4 – частотный регулятор; 5 – нагрузочный динамометр растяжения; 6 – тензобалка; 7 – исследуемый подшипник

на фундаменте, масса которой составляет 200 т. Такой массивный фундамент необходим для защиты от вибраций расположенного в этом же здании диагностического оборудования.

Для испытаний используют оборудованные тормозными дисками реальные колесные пары 4, которые можно оснащать коническими роликовыми буксами с внешним диаметром 260 мм. Колесная пара 4 устанавливается в адаптер 7, построенный на базе обычной тележки и оборудованный первичным рессорным подвешиванием с гасителями колебаний. Динамика движения подвижного состава и дефекты положения пути в плане и профиле учитываются при моделировании в процессе испытаний. Для моделирования всех перемещений колесной пары 4, необходимых для испытания различных материалов, нагрузка на колесную пару 4 и ее адаптер 7 создается шестью гидроцилиндрами, которые перемещают колесную пару 4 в различных направлениях. Два гидравлических цилиндра 1 и 2 (левый и правый) создают вертикально направленные регулируемые усилия, моделирующие вертикальную силу, действующую в точке контакта «колесо–рельс». Цилиндр 3, действующий в поперечном направлении, обеспечивает боковую установку колесной пары 4. Левый и правый цилиндры 5 и 6 создают разворот адаптера 7 с колесной парой 4 в горизонтальной плоскости относительно вертикальной оси, а цилиндр 8 создает перемещения относительно поперечной оси адаптера. Приводимая во вращение рельсовым блоком 9 колесная пара 4 может быть разогнана до частоты вращения, соответствующей скорости движения поезда 300 км/ч, а временно – до 330 км/ч. В процессе испытаний осуществляется динамический контроль и регулирование работы всех цилиндров. Адаптер 7 колесной пары 4 оборудован тормозной рычажной передачей с пневматическим приводом, с помощью которой можно в процессе испытаний вручную или автоматически управлять дисковым тормозом колесной пары. Рельсовый блок 9 с опорами (рис. 4), выполненными на подшипниках качения, приводится во вращение двигателем постоянного тока мощностью 500 кВт 10 через редуктор. Циркуляционная смазка и контроль температуры всех важных элементов привода обеспечивают надежную работу установки. Механическую часть станда дополняет гидравлическая система, различные устройства контроля, а также установка с про-

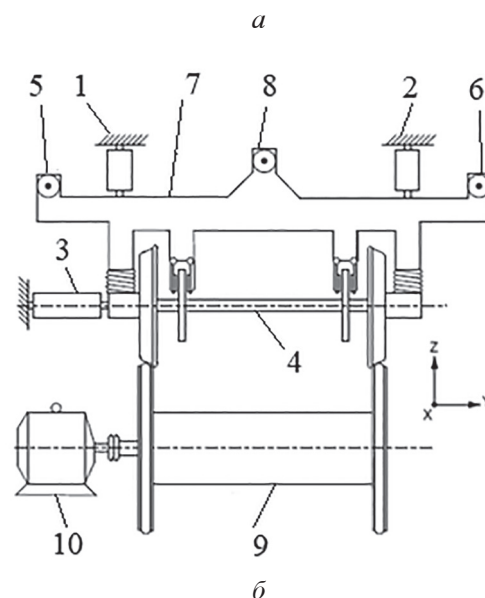
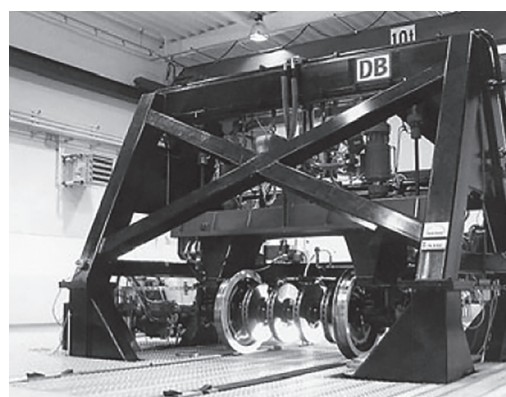


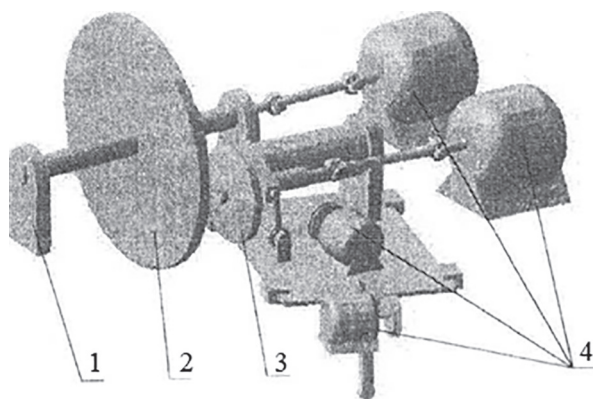
Рис. 4. Технологическая схема испытательного станда, моделирующего режимы работы системы «колесо–рельс»

граммным управлением для обточки рельсов с целью изменения их профиля [13–14].

Полигонные и эксплуатационные испытания на современном уровне развития техники не всегда целесообразны вследствие их большой длительности, что недопустимо затягивает сроки использования новых смазочных материалов. Испытательная техника, используемая при стендовых испытаниях, также имеет недостатки и нуждается в модернизации и усовершенствовании.

#### **Стенд для моделирования технологии лубрикации гребнесмазывающими системами**

Новым решением для испытания на стандах на примере колесно-рельсовой трибосистемы является стенд, моделирующий технологии лубрикации гребнесмазывающими системами (рис. 5).



**Рис. 5. Стенд для моделирования технологии лубрикации гребнесмазывающими системами:**  
1 – рама; 2 – модель головки рельса; 3 – модель гребня колеса; 4 – приводы перемещения и вращения моделей

Стенд содержит смонтированные на раме 1 модели боковой поверхности головки рельса 2, гребня колеса 3, а также приводы перемещения и вращения моделей 4. Модель гребня колеса размещена эксцентрично на поворотной оси. Ось имеет осевые перемещения и позволяет при помощи приводов совершать небольшие вертикальные и горизонтальные возвратные перемещения модели гребня колеса, что имитирует натурные перемещения гребня колеса относительно смазывающего стержня при движении подвижного состава. Одновременно эти колебательные перемещения позволяют моделировать контакт гребень колеса–головка рельса при взаимодействии моделей гребня и головки рельса, оси которых перекрещены под соответствующим углом. Испытания проводятся по определению оптимальных параметров смазочного материала и его ресурса в зависимости от режима лубрикации (гребнесмазывание или гребнерельсосмазывание). Для воздействия температурных факторов и факторов влажности стендовое оборудование располагается в условиях, подвергаемых атмосферным воздействиям [15, 16].

### **Вывод**

Описаны основные виды триботехнических испытаний и основные технологические методы определения смазывающих противозадирных и противоизносных свойств масел и смазок в узлах рельсового транспорта.

Рассмотрены устройства и принцип действия основных технологических схем стендового оборудования в России и зарубежом, предназначенных для проведения триботех-

нических испытаний в условиях смазывания узлов и элементов механической части подвижного состава.

Предложено новое решение в области лубрикации, колес и рельсов рельсового транспорта, моделирующее технологию лубрикации гребнесмазывающими системами.

### **Литература**

1. Основы трибологии (трение, износ и смазка): Учебник для технических вузов. 2-е изд. Переработ. и доп. / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др. Под общей редакцией А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 664 с. ISBN 5-217-03053-4.
2. Мышкин Н.К., Петроковец М.И. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 368 с. ISBN 978-5-9221-0824-9.
3. Майба И.А., Глазунов Д.В., Ананко А.М. Фрикционные материалы специального назначения для зоны контакта «колесо–рельс»: монография. ФГБОУ ВО РГУПС. Ростов-н/Д, 2017. 124 с. ISBN 978-5-88814-523-4.
4. Машины трения. Интернет-ресурс: [https://studref.com/366838/stroitelstvo/mashiny\\_treniya](https://studref.com/366838/stroitelstvo/mashiny_treniya). Дата обращения 16.10.2018.
5. Kokhanovskii V.A., Glazunov D.V. Selection of lubricant composition for open contact systems in rolling stock. Russian Engineering Research. 2016. Vol. 36. No 6, pp. 449–451.
6. Kokhanovskii V.A., Glazunov D.V. Control of lubricant performance. Russian Engineering Research. 2017. Vol. 37. No 9, pp. 768–773.
7. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине.
8. Доценко А.И., Буяновский И.А. Основы триботехники. Учебник. М.: Инфра-М, 2014.
9. Шаповалов В.В., Кохановский В.А., Эркенов А.Ч. Триботехника. учебник. Ростов-на-Дону, 2017.
10. Глазунов Д.В. Методика исследования трибологических характеристик компонентов смазочного блока, работающего в трибоконтакте «колесо–рельс». Трение и смазка в машинах и механизмах. 2013. № 3. С. 031–037.
11. Майба И.А., Глазунов Д.В. Теоретическое обоснование механизма смешанной (полужидкостной) смазки в контакте «твердый оболочечный смазочный стержень–колесо–рельс». Инженерный вестник Дона. 2012. № 1 (19). С. 223–232.



12. Мукутадзе М.А. Разработка системы расчетных моделей подшипников скольжения на основе развития гидродинамической и реодинамической теории смазки; автореферат дис. ... доктора технических наук / Рост. гос. ун-т путей сообщ. Ростов-на-Дону, 2015.
13. Luke M. Eisenbahntechnische Rundschau, 2001, № 4, pp. 211–217.
14. Лук. М. Стенд для исследования системы «колесо–рельс». Железные дороги мира. 2005, № 4, с. 41–46.
15. Майба И.А., Глазунов Д.В. Стенд для моделирования технологии лубрикации стержневыми гребнерельсосмазывающими системами. В сборнике: Транспорт-2004. Труды Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х частях. Редактор А.Н. Гуда; Министерство путей сообщения РФ, Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростовский национальный комитет по трибологии, Российская академия транспорта. 2004. С. 29–30.
16. Майба И.А., Глазунов Д.В. Исследования процессов трения во фрикционных системах с твердыми смазочными материалами. В сборнике: Юбилейный сборник научно-методических трудов преподавателей и студентов факультета Дорожно-строительные машины, посвященный 50-летию факультета. МПС России, Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону, 2004. С. 58–61.
5. Selection of lubricant composition for open contact systems in rolling stock. Kokhanovskii V.A., Glazunov D.V. Russian Engineering Research. 2016. Vol. 36. No 6, pp. 449–451.
6. Control of lubricant performance. Kokhanovskii V.A., Glazunov D.V. Russian Engineering Research. 2017. Vol. 37. No 9, pp. 768–773.
7. GOST 9490-75. Materialy smazochnye zhidkie i plastichnye. Metod opredeleniya tribologicheskikh harakteristik na chetyrekhsarikovoj mashine [Liquid and plastic lubricants. Method for determining tribological characteristics on a four-ball machine].
8. Docenko A.I., Buyanovskij I.A. *Osnovy tribotekhniki* [The basics of tribotechnology]. Uchebnik. Moscow: Infra-M Publ., 2014.
9. SHapovalov V.V., Kohanovskij V.A., EHrkenov A.CH. *Tribotekhnika* [Tribotechnology]. uchebnik. Rostov-na-Donu, 2017.
10. Glazunov D.V. The method of research of the tribological characteristics of the components of the lubrication unit, working in the tribological contact «wheel-rail». *Trenie i smazka v mashinah i mekhanizmah*. 2013. No 3, pp. 031–037 (in Russ.).
11. Majba I.A., Glazunov D.V. Theoretical substantiation of the mechanism of mixed (semi-fluid) lubricant in the contact «solid shell lubricating rod-wheel-rail». *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2012. No 1 (19), pp. 223–232 (in Russ.).
12. Mukutadze M.A. *Razrabotka sistemy raschetnyh modelej podshipnikov skol'zheniya na osnove razvitiya gidrodinamicheskoy i reodinamicheskoy teorii smazki*. avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk [Development of a system for the design of friction type bearing models based on the development of the hydrodynamic and reodynamic theory of lubrication: Abstract to Dissertation for Degree of Dr.Eng.]. Rost. gos. un-t putej soobshch. Rostov-na-Donu, 2015.
13. Luke M. et al. Eisenbahntechnische Rundschau, 2001, No 4, pp. 211–217.
14. Luk. M. Stand for the study of the system «wheel-rail». *ZHeleznnye dorogi mira*. 2005, No 4, pp. 41–46 (in Russ.).
15. Majba I.A., Glazunov D.V. Test bench for modeling the technology of lubrication by rod ridge - rail lubricating systems. *V sbornike: Transport-2004. Trudy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 3-h chastyah*. Redaktor A.N. Guda; Ministerstvo putej soobshcheniya RF, Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, Rostovskij nacional'nyj komitet po tribologii, Rossijskaya akademiya transporta [In the collec-

## References

1. CHichinadze A.V., Braun EH.D., Bushe N.A.. *Osnovy tribologii (trenie, iznos i smazka)* [Basics of tribology (friction, wear and lubrication)]: Uchebnik dlya tekhnicheskikh vuzov. 2-e izd. Pererabot. i dop. Pod obshchej redakciej A.V. CHichinadze. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2001. 664 p. ISBN 5-217-03053-4
2. Myshkin N.K., Petrokovec M.I. *Trenie, smazka, iznos. Fizicheskie osnovy i tekhnicheskie prilozheniya tribologii* [Friction, lubrication, wear. Physical basics and technical applications of tribology]. Moscow: FIZMATLIT Publ., 2007. 368 p. ISBN 978-5-9221-0824-9.
3. Majba I.A., Glazunov D.V., Ananko A.M.. *Frikcionnye materialy special'nogo naznacheniya dlya zony kontakta «koleso-rel's»* [Special purpose friction materials for the “wheel-rail” contact zone]. FGBOU VO RGUPS. Rostov-n/D, 2017. 124 p. ISBN 978-5-88814-523-4.
4. *Mashiny treniya* [Friction machines]. Internet-resurs: [https://studref.com/366838/stroitelstvo/mashiny\\_treniya](https://studref.com/366838/stroitelstvo/mashiny_treniya). Data obrashcheniya 16.10.2018.



- tion: Transport-2004. Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference: in 3 parts. Editor A.N. Guda; Ministry of Railways of the Russian Federation, Rostov State University of Transport, Rostov National Committee for Tribology, Russian Academy of Transport]. 2004, pp. 29–30 (in Russ.).
16. Majba I.A., Glazunov D.V. Investigations of friction processes in friction systems with solid lubricant materials. *V sbornike: YUbilejnyj sbornik nauchno-metodicheskikh trudov prepodavatelej i studentov fakul'teta Dorozhno-stroitel'nye mashiny, posvyashchennyj 50-letiyu fakul'teta. MPS Rossii* [In the collection: Anniversary collection of scientific and methodological works of lecturers and students of the Road-building Machines Faculty, dedicated to the 50th anniversary of the faculty. Ministry of Railways of the Russian Federation], Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya. Rostov-na-Donu, 2004, pp. 58–61 (in Russ.).

## FLOW DIAGRAMS FOR TRIBOLOGICAL TESTING OF TRANSPORT ENGINEERING UNITS

PhD in Engineering **D.V. Glazunov**  
Rostov State Transport University, Rostov, Russia  
glazunovdm@yandex.ru

*Tests on full-scale units at the present level of development of transport engineering is not always appropriate due to their long duration, which is unacceptably delays the use of new lubricants. The development and use of model plants, stands and full-scale units allow for the shortest possible time to get a fairly reliable assessment of the most important performance properties of lubricants. The purpose of the study is to review the existing modern technological schemes of transport engineering on the example of rail transport units, allowing to study the processes of friction in lubrication conditions. The article describes five main schemes of possible tests: four-ball, Timken scheme, Falex scheme, Almen-Wieland scheme, SAE scheme. The classical and modernized technological schemes of tribotechnical testing of rail transport units used in our country and abroad, corresponding to the main test schemes are considered. Examined the device and principle of operation of the machine the four-ball friction CCT-1, the machine friction AI 5018, stand for tribological research on the basis of bench drilling machine, HC-12, the test stand simulating the operation modes of the system wheel – rail, developed by the Research and technology centre of the German Railways DBAG (FTZ) in cooperation with the companies Renk (Augsburg), and IABG (Ottobrunn).*

*With the aim of improving existing technologies, the proposed test stand, wheel-rail tribosystem, allowing to simulate technology lubricatio grebnevsky systems on the railway transport. Technological feature of this stand is that the model of the wheel flange makes a small vertical and horizontal return movement that mimics the natural movement of the wheel flange during the movement of rolling stock during the application of the lubricant.*

**Keywords:** transport engineering, circuit testing, types of testing, mode of operation, the machine friction, lubricant, method, setting, sample, tribosystem.