

**Ростовский государственный
университет путей сообщения**

филиал РГУПС в г. Воронеж

**ТРУДЫ 80-й СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ РГУПС (ЧАСТЬ 3)**

**Секция «Прикладные вопросы обеспечения
надежности подвижного состава на ж/д транспорте»
(Воронеж, 21-23 апреля 2021г.)**



Воронеж – 2021

УДК 656.1/.5, 656.212.5, 656.214, 502.171, 504.61, 331.56
ББК 39.2

Редакционная коллегия:

Соломонов К.Н. – д.т.н., профессор
Тищук Л.И. – к.т.н., доцент
Федоринин Н.И. – к.т.н., доцент
Лукин О.А. – к.ф.-м.н., доцент

Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС (часть 3)
Секция «Прикладные вопросы обеспечения надежности подвижного состава на
ж/д транспорте» (Воронеж, 21-23 апреля 2021г.) – Воронеж: филиал РГУПС в
г. Воронеж, 2021. – 28с.

Статьи публикуются в редакции авторов (с корректировкой и правкой). Мнения
и позиции авторов не обязательно совпадают с мнениями и позициями
редакционной коллегии

УДК 656.1/.5, 656.212.5, 656.214, 502.171, 504.61, 331.56
ББК 39.2

© Филиал РГУПС в г. Воронеж
© Кафедра социально-гуманитарные,
естественно-научные и
общепрофессиональные дисциплины

СОДЕРЖАНИЕ

Необходимость модернизации электрооборудования тяговых подстанций российских железных дорог <i>Надежкин Д.М.</i>	4
Моделирование режимов ведения поезда с помощью специализированных тренажерных комплексов <i>Машикова Д.В.</i>	5
Использование тренажеров при подготовке специалистов железнодорожного транспорта <i>Быханова Е.А.</i>	7
Техническое состояние и необходимость модернизации устройств электроснабжения <i>Черноухов И.А.</i>	9
Реконструкция высоковольтных воздушных линий <i>Фомин Д.В.</i>	10
Определение координат точки пересечения луча с заданной прямой <i>Черноухов И.А.</i>	12
Влияние погрешностей исходных данных на результат при кручении тонкостенной трубы <i>Пахомов А.А.</i>	13
Оценка влияния погрешностей исходных данных на величину критической массы груза при исследовании устойчивости сжатого стержня <i>Жуков А.О.</i>	14
Пути повышения качества диагностики подвижного состава железных дорог <i>Лешков Г.А.</i>	16
Необходимость технического перевооружения участков неразрушающего контроля вагоноремонтных предприятий <i>Пивоваров В.М.</i>	18
Повышение качества диагностики автотормозов вагонов <i>Костюченко Д.В.</i>	20
Неразрушающий контроль литых деталей тележек грузовых вагонов феррозондовым и магнитопорошковым методами <i>Щербак Т.А.</i>	22
Роль вычислительной техники в моделировании исследуемых объектов и процессов <i>Тинькова С.Д.</i>	24

Необходимость модернизации электрооборудования тяговых подстанций российских железных дорог
Надежкин Д.М.

Современную экономику невозможно представить без использования электроэнергии. Широкое распространение электроэнергии обусловлено безопасностью и удобством ее использования, данный вид энергии является самым дешевым, экологически чистым, не требует дополнительных затрат на транспортировку и хранение, к тому же все процессы работы электрических цепей хорошо подвергаются автоматизации, что делает использование электроэнергии еще и безопасным. Коэффициент полезного действия электрических машин в несколько раз выше, чем коэффициент полезного действия любых других двигателей, например, тепловых. Поэтому использование электроэнергии на железной дороге является наиболее приоритетным. Железнодорожный транспорт является одним из самых крупных потребителей электроэнергии. При использовании электроэнергии на первый план выходит экологичность, надежность и экономическая выгода при использовании электрической энергии.

В современном обществе в условиях постоянно растущего грузооборота и потока пассажиров, перевозимых железнодорожным транспортом, при постоянном увеличении скоростей движения происходит ужесточение требований безопасности в том числе и систем электроснабжения железных дорог. При этом активная электрификация российских железных дорог проводилась во второй половине прошлого века, то есть оборудованию дистанций электроснабжения и тяговых подстанций насчитывается как минимум 30-40 лет. Например, тяговая подстанция «Отрожка» Воронежской дистанции электроснабжения построена и введена в эксплуатацию в 1964 году. То есть электрооборудование этой подстанции давно устарело физически и морально.

Важнейшим условием повышения качества электроснабжения является обеспечение бесперебойной и безаварийной работы оборудования дистанций электроснабжения и тяговых подстанций. Но на российских железных дорогах электрическое оборудование работает в тяжелых условиях. Самым значимым разрушающим фактором электрооборудования тяговой подстанции являются значительные перепады температур в ночное и дневное время, вплоть до заморозков. В условиях достаточно высокой влажности это приводит к повреждению изоляции и нарушению работы электрооборудования, что также оказывает негативное влияние на техническое состояние электрооборудования дистанций электроснабжения и тяговых подстанций.

В 2018 году было проведено обследование текущего технического состояния устройств электроснабжения тяговой подстанции ЭЧЭ-12 «Отрожка». Выполненное обследование показало:

- работы по модернизации тяговой подстанции с 1964 года не проводились;
- износ электрооборудования составляет около 80%;
- из четырех масляных выключателей МКП-35 два находятся в предотказном состоянии и имеют течь масла;
- из четырех вакуумных выключателей ВВК-27,5 два находятся в предотказном состоянии и также имеют течь масла;
- из двух трансформаторов ТМ 320/27,5 – один в предотказном состоянии;
- силовые кабели протяженностью 4810 м имеют нарушение целостности изоляции;
- сборные и соединительные шины и шлейфы протяженностью 980 м имеют большое количество повреждений болтовых соединений в соединительных и сборных шинах и шлейфах;
- у шести разъединителей РЛНД-16-35/1000 выявлен механический износ со следами подгаров контактов, износ подвижных частей.

Кроме того, в ходе осмотра выявлено разрушение накрывных асбестоцементных плит кабельных каналов в объеме 150 кв. м, а также износ железобетонных оснований под силовым оборудованием.

По результатам осмотра и анализа состояния обследованного оборудования установлено, что в целях обеспечения безопасности движения поездов и обеспечения надежной эксплуатации устройств, в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок и Правил устройства системы тягового электроснабжения железных дорог, требуется выполнить капитальный ремонт оборудования тяговой подстанции.

В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «экви-теории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н. Моделирование течения металла в процессах объемной штамповки оребренных деталей // Технология легких сплавов, 2005, № 1-4, с. 142-149.

Моделирование режимов ведения поезда с помощью специализированных тренажерных комплексов *Машкова Д.В.*

Использование различного рода тренажеров в целом ряде отраслей человеческой деятельности получило весьма широкое распространение. Несмотря на то, что само слово «тренажер» в современном значении вылупилось в прошлом веке, понятие об устройстве, используемом для обучения человека, существовало, возможно, ещё во времена оно. Исторически сложилось так, что объектами моделирования на тренажерах становились в первую очередь процессы, в которых обучение на реальных объектах могло привести к тяжелым последствиям или процессы, воспроизведение которых при обучении затруднено или невозможно.

Железнодорожный транспорт относится к числу отраслей народного хозяйства, в которых особо остро ощущаются специфичность труда и его повышенная опасность. Рабочие места и рабочие зоны железнодорожников расположены в непосредственной близости от движущегося или готового к движению подвижного состава.

Для выполнения ряда технологических операций работники железнодорожного транспорта вынуждены находиться в постоянном контакте с подвижным составом. Это определяет высокий уровень травматизма. Среди причин, приводящих к столкновению

Прикладные вопросы обеспечения надежности подвижного состава на ж/д транспорте

подвижного состава и человека, нарушения технологических процессов при производстве работ.

Исследованиями установлено, что 80% несчастных случаев происходит при выполнении работ в условиях с повышенными требованиями безопасности.

Анализ производственного травматизма при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности труда на железнодорожном транспорте показал, что как по отрасли, так и по сети железных дорог тенденция снижения общего производственного травматизма сохраняется, в то же время травматизм со смертельным исходом в целом вырос.

Установлено, что одной из основных причин травмирования работников железнодорожного транспорта являются недостатки в обучении работающих безопасным приемам труда.

В этой связи для снижения уровня травматизма и предупреждения несчастных случаев при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности, поскольку техническое переоснащение железнодорожного транспорта занимает длительный период, необходимы исследования, направленные на изучение закономерностей формирования навыков безопасного выполнения работ в условиях эксплуатации железнодорожного транспорта с целью повышения эффективности существующей системы обеспечения безопасности труда железнодорожников, оценки качества обучения персонала, разработки и внедрения более совершенных методов и средств обучения охране труда особенно при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности.

Надежный способ повысить уровень подготовки работников железнодорожного транспорта состоит в применении тренажерных комплексов и обучающих программ. Развитие подготовки локомотивных бригад железнодорожного транспорта на основе тренажерной технологии является важнейшим фактором обеспечения безопасности производственных процессов. До 30% грубых нарушений безопасности движения, до 20% брака специализированного учета, происшедших по вине работников локомотивных бригад, связаны с их недостаточной профессиональной подготовкой, что указывает на необходимость отработки устойчивых навыков выполнения безопасных приемов работы путем применения комплекса обучающих программ в целом и функционального тренинга в частности.

На железных дорогах США тренажеры, имитирующие процесс ведения поезда, применяются уже более 20 лет как для обучения, так и для контроля знаний и навыков машинистов при их аттестации. В Европе тренажеры впервые появились на железных дорогах Франции в 80-х годах после ряда серьезных аварий.

На воздушном транспорте использование тренажеров является неотъемлемой частью процесса подготовки, периодического повышения квалификации и аттестации персонала. Безопасность полетов непосредственно зависит от знаний и опыта пилота, так как у него зачастую нет времени на долгие раздумья для оценки ситуации, перед тем как принять единственно правильное решение, что в значительной степени относится и к железнодорожному транспорту.

В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «эквиатории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.

3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н. Моделирование течения металла в процессах объемной штамповки оребренных деталей // Технология легких сплавов, 2005, № 1-4, с. 142-149.

Использование тренажеров при подготовке специалистов железнодорожного транспорта *Быханова Е.А.*

Применение тренажеров при подготовке специалистов железнодорожного транспорта связано с тем, что традиционные формы обучения перестали удовлетворять современным требованиям вследствие усложнения конструкции локомотивов, периодического культивирования технических инноваций, повышения скорости движения поездов и других факторов.

Достижения научно-технического прогресса привели к тому, что кабины управления современного подвижного состава оснащаются различными техническими средствами, помогающими машинисту вести поезд, следить за окружающей обстановкой, состоянием подвижного состава и принимать правильные решения по выходу из чрезвычайных ситуаций. Такие системы обычно называются контрольно-управляющими. Подвижной состав железной дороги оснащается принятыми здесь контрольно-управляющими системами. Следовательно, и тренажеры должны быть оснащены соответствующими оборудованием и аппаратурой, стоимость которых, однако, весьма высока. Поэтому создание тренажера, удовлетворяющего всем предъявляемым в настоящее время требованиям, связано с большими расходами, но вместе с тем без оснащения контрольно-управляющими системами тренажер не может полностью моделировать реальную ситуацию и, таким образом, быть полноценным.

Тренажеры бывают разных видов, и они могут сочетаться для повышения эффективности обучения и расширения охвата изучаемых вопросов.

Тренажеры, выполненные в виде копии кабины управления локомотива (головного вагона), позволяют составить учебную программу таким образом, чтобы выработать у машинистов адекватную реакцию на возникающие в пути следования осложнения, связанные как с окружающей средой (в основном – с поездной обстановкой), так и с техническим состоянием локомотива (поезда). Выведение на экран или монитор, установленный перед машинистом, изображений впередилежащего пути и показаний сигналов, воспроизводящих то, что обычно видно через лобовое стекло, создает близкую к реальности обстановку со всеми ее изменениями, характерными для условий ведения поезда по конкретной линии и предусмотренными в руководящих документах. Одновременно на пульт, такой же, как в реальной кабине управления, выводятся показания измерительных приборов и сигнальных устройств, соответствующие всем имеющим место на практике состояниям узлов и агрегатов подвижного состава, которые эти приборы и индикаторы отражают, в том числе аварийным. Для того чтобы машинист мог предпринять адекватные меры по устранению возникших «неисправностей», тренажер оснащается всеми переключателями и иными техническими средствами, которыми машинист должен

Прикладные вопросы обеспечения надежности подвижного состава на ж/д транспорте

пользоваться в подобных случаях на реальном подвижном составе, независимо от того, где они находятся – в кабине управления, машинном отделении или высоковольтной камере.

Техническое и программное обеспечение тренажера должно в максимальной степени приближать машиниста к тому, с чем он встречается в действительности. На это должны быть направлены действия также и инструктора, который задает режимы протекающих процессов, вводит переменные составляющие ситуаций, контролирует процесс обучения и оценивает реакцию машиниста.

В Ростовском государственном университете путей сообщения разработан лабораторно-тренажерный комплекс «Виртуальная железная дорога» (ЛТК «ВЖД») на базе программных и технических средств работы оперативного персонала служб, связанных с движением поездов.

Для эффективного применения лабораторно-тренажерного комплекса в тренажере машиниста локомотива необходимо использование мультимедийного проектора. Выбирая мультимедиапроектор, следует иметь в виду, что каждый проектор имеет базовое разрешение – реальное количество точек матрицы, формирующей изображение. Имитационная модель представляет собой программные модели, используемые в имитационном компьютере, которые реалистично отображают взаимодействие компонентов и систем моделируемого процесса.

В указанный лабораторно-тренажерный комплекс может входить тренажер электровоза ЭП1М, представляющий собой тренажер нового поколения, созданный с использованием современных методов математического моделирования.

В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «эквиотеории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н., Абашкин В.П. Возможности компьютерного анализа осадки заготовок // Технология легких сплавов, 2008, № 2, с. 96-100.

Техническое состояние и необходимость модернизации устройств электроснабжения Черноухов И.А.

Железная дорога является крупнейшим потребителем электричества, поскольку, кроме обеспечения энергией собственных нужд и подвижного состава, она обеспечивает электроэнергией близлежащие учреждения и внешние источники потребителей третьей категории.

Помимо собственных цехов по ремонту и производству вагонного и подвижного хозяйства, различных силовых установок и механизмов, которым необходимо питание, а также освещения переездов, железнодорожных станций, электроэнергией обеспечиваются некоторые промышленные и сельскохозяйственные предприятия, которые находятся в непосредственной близости. Их источником питания является двухцепная линия продольного электроснабжения ДПР 27.5кВ или ВЛ ПЭ 6-10кВ – резервный источник питания СЦБ.

В эксплуатации электроснабжения находится около ста тысяч километров воздушных и кабельных линий, обеспечивающих устройства СЦБ электроэнергией. По информации на 2019 год количество отказа устройств СЦБ по вине сотрудников хозяйства электроснабжения составило 1543 случая. Причинами нарушения электроснабжения устройств СЦБ являются:

- обрыв линии из-за падения деревьев на провода: 35.9%;
- воздействие погодных условий (ветер, гололёд, мокрый снег): 27.5%;
- износ материалов и оборудования: 19.5%;
- механические разрушения изоляторов, их перекрытие посторонними предметами (птицами): 13.8%;
- перегорание высоковольтных предохранителей: 11.2%;
- ложная занятость: 10%;
- повреждения трансформаторов типа ОМ: 5%;
- вандализм: 4.2%;
- гниение и излом траверс: 3.4%

Такая ситуация вызвана серьёзным отставанием в обновлении и реконструкции устройств электроснабжения, находящихся в аварийном состоянии, несмотря на увеличение грузового и пассажирооборота. Для увеличения надёжности устройств электроснабжения распределительных сетей ВЛ 6-10кВ используются изолированные провода типа SАХ или СИП.

Устройства электроснабжения, непосредственными потребителями которых являются СЦБ, расположенные вдоль железнодорожного полотна и на железнодорожных станциях, в настоящий момент изношены сверх нормы ввиду превышения допустимого срока эксплуатации. По этой причине они наиболее подвержены воздействию погодных условий, таких как обледенение и дожди, что, в свою очередь, вызывает повреждение изоляционной защиты и коррозию. Отсутствие необходимой изоляции может привести к возникновению короткого замыкания, и, как следствие, к нарушению электроснабжения. Нарушение электроснабжения, как правило, приводит к задержкам поездов, из-за которых могут возникнуть финансовые потери. Использование нынешнего оборудования влечет за собой множество проблем, в виде увеличения затрат на его содержание и ремонтные работы из-за более частого возникновения неисправностей, а также вышеупомянутых финансовых потерь.

Основной задачей устройств для технологического электроснабжения является бесперебойное и надёжное снабжение электроэнергией электроподвижного и моторвагонного подвижного состава для движения поездов с установленными скоростями, нормами массы и интервалами между ними при установленных размерах движения; устройств СЦБ, связи, вычислительной техники не менее, чем от двух независимых источников, при использовании которых переход между основной и резервной системами электроснабжения должен автоматически происходить не более, чем за 1,3 секунды. Для

Прикладные вопросы обеспечения надежности подвижного состава на ж/д транспорте

последующего соблюдения этих требований необходимо заменить устаревшие линии продольного электроснабжения устройств СЦБ на современные, более надёжные и защищённые линии, которые требуют меньших затрат на обслуживание.

Любое нарушение нормального электроснабжения железных дорог приводит к перебоям в запланированном движении подвижных составов. Для того чтобы качественно обеспечить надёжное электропитание тяговой электросети железнодорожного транспорта, обычно, заранее предусматривают ее электрическое подключение к двум различным независимым друг от друга источникам электроэнергии.

Такой дуализм характерен и для «экви-теории» [1-7], которая в современных условиях весьма способствует совершенствованию технологий и развитию алгоритмов моделирования, в том числе и на железнодорожном транспорте.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upseting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н., Абашкин В.П. Возможности компьютерного анализа осадки заготовок // Технология легких сплавов, 2008, № 2, с. 96-100.

Реконструкция высоковольтных воздушных линий

Фомин Д.В.

Для питания электроэнергией устройств автоблокировки используются смешанные и кольцевые схемы электроснабжения. Они наиболее широко применяются в распределительных сетях станций и узлов. Нормальная работа схемы происходит в режиме разомкнутого конца с АВР (автоматический ввод резерва) на секционном выключателе подстанций, которые питают потребителей первой категории. В таком случае, если на узле или станции находится несколько подстанций, у которых есть потребители первой категории, применяются смешанные схемы. С разных секций подстанций с АВР прокладываются радиальные линии до следующей подстанции с потребителями первой категории.

Между сортировочными станциям расстояние составляет от 500 до 1000 км, между участковыми – от 120 до 200 км. Между ними располагаются остановочные пункты, переезды, станции, устройства СЦБ и разъезды. Для них характерны малые нагрузки и большая рассредоточенность и используется система продольного электроснабжения. Между двумя крупными станциями прокладываются две воздушные линии: ВЛ СЦБ – для питания нагрузок СЦБ, ВЛ ПЭ – для питания остальных потребителей и для резервного питания СЦБ.

На неэлектрифицированных участках с тепловозной тягой питание ВЛ ПЭ выполняется теми же источниками, которые питают крупные станции. На таких участках, как правило, устанавливают двухцепные воздушные линии с напряжением 6,10,35кВ. На участках с постоянным током для питания линии продольного электроснабжения являются тяговые подстанции. Поскольку расстояние между ними не выше 25 километров, напряжение для ВЛ ПЭ соответствует 10кВ. В случае с участками с переменным током применяется схема ДПР. В таком случае используются встречно-консольная и консольная схемы электроснабжения. Для встречно-консольной схемы необходимо устройство пункта секционирования с разъединителем или выключателем в середине участка и её использование может быть принято только при наличии на этом участке крупного потребителя первой категории. Поэтому схему консольного питания принято считать основной.

По причине относительно небольших нагрузок сечение проводов для ВЛ ПЭ необходимо определять, основываясь на механической прочности, а не допустимой потере напряжения. Питание автоблокировки по стандартным схемам предусмотрено при помощи отдельного повышающего трансформатора. На участках с тепловозной тягой так же используется двойная трансформация через повышающий и понижающий трансформаторы, включённые последовательно. Потребность в использовании трансформаторов в роли разделительных вызвана следующими причинами: согласно ПУЭ при однофазных токах замыкания на землю, не превышающих 5А, на ВЛ с железобетонными опорами в населённых пунктах их можно не заземлять, поскольку при принятой схеме питания для СЦБ токи замыкания не превышают пары десятков ампер. Благодаря этому возможно применение предохранителей ПКН с разрывным током 150А для защиты трансформаторов сигнальных точек.

Для устройств СЦБ номинальным напряжением переменного тока является 110, 220 или 380 вольт с допустимым отклонением в обе стороны на 10 процентов. При возникновении нештатной ситуации автоматическое переключение между основным и резервным источником питания не должен превышать 1.3 секунды.

Причинами нарушения электроснабжения устройств СЦБ являются:

- обрыв линии из-за падения деревьев на провода: 35.9%;
- воздействие погодных условий (ветер, гололёд, мокрый снег): 27.5%;
- износ материалов и оборудования: 19.5%;
- механические разрушения изоляторов, их перекрытие посторонними предметами (птицами): 13.8%;
- перегорание высоковольтных предохранителей: 11.2%;
- ложная занятость: 10%;
- повреждения трансформаторов типа ОМ: 5%;
- вандализм: 4.2%;
- гниение и излом траверс: 3.4%.

В настоящий момент ВЛ автоблокировки выполнена из проводов марки АС-35. Их несущие конструкции – деревянные траверсы, наиболее подверженные гниению и возгоранию. Падение деревьев на воздушную линию, гниение тяг разъединителя – всё это также осложняется нахождением ВЛ в зоне лесозащитной полосы, что затрудняет получение доступа к ней и увеличивает затраты не только на ремонт, но и на транспортные расходы. Решению этих проблем может способствовать «экви-теория» [1-7], основные методы и принципы которой регулярно совершенствуются.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.

2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Лисунец Н.Л., Соломонов К.Н., Цепин М.А. Объёмная штамповка алюминиевых заготовок. – М.: Машиностроение, 2009. – 172 с.

Определение координат точки пересечения луча с заданной прямой
Черноухов И.А.

В процессе осадки заготовки движение материала происходит вдоль так называемых линий тока. Главной задачей при численном моделировании осадки является формирование поля таких линий тока. При этом возникает необходимость геометрической привязки линий тока к линиям, образующим контур заготовки [1].

Задан луч, выходящий из точки I с координатами $(x_i; y_i)$ в направлении $\gamma_i \in [0; 2\pi)$, а также точка J с координатами $(x_j; y_j)$, через которую проходит прямая с углом наклона $\gamma_j \in [0; \pi)$.

Координату x точки пересечения прямой с лучом можно определить из решения уравнения

$$(\gamma_i \neq \frac{\pi}{2}, \gamma_j \neq \frac{\pi}{2}, n = 1, 3 \text{ и } tg\gamma_j \neq tg\gamma_i)$$

$$tg\gamma_j(x - x_j) + y_j = tg\gamma_i(x - x_i) + y_i.$$

Откуда

$$x = \frac{y_i - y_j + x_j tg\gamma_j - x_i tg\gamma_i}{tg\gamma_j - tg\gamma_i}.$$

Соответственно координата y

$$y = tg\gamma_i(x - x_i) + y_i.$$

Если $\gamma_i = \frac{\pi}{2}, \gamma_j \neq \frac{\pi}{2}$, то

$$x = x_i;$$

$$y = tg\gamma_j(x_i - x_j) + y_j.$$

Если $\gamma_i \neq \frac{\pi}{2}, \gamma_j = \frac{\pi}{2}$, то

$$x = x_j;$$

$$y = tg\gamma_i(x_j - x_i) + y_i.$$

Если $tg\gamma_j = tg\gamma_i$, то при $y_i - y_j \neq tg\gamma_j(x_i - x_j)$, (а, если $\gamma_j = \frac{\pi n}{2}$, то $x_i \neq x_j$) решения не существует, а при $y_i - y_j = tg\gamma_j(x_i - x_j)$ (при $\gamma_j = \frac{\pi n}{2}$, то $x_i = x_j$) получаем, что точка J лежит на луче и прямая совпадает с этим лучом, т.е. имеется бесконечное множество решений. Теперь надо удостовериться, что найденная точка действительно лежит на луче. Переносим систему координат в точку I и поворачиваем ее на угол γ_i . В новой системе координаты точки пересечения будут иметь вид

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \gamma_i & \sin \gamma_i \\ -\sin \gamma_i & \cos \gamma_i \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_i \\ y - y_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (x - x_i) \cos \gamma_i + (y - y_i) \sin \gamma_i \\ -(x - x_i) \sin \gamma_i + (y - y_i) \cos \gamma_i \end{pmatrix}.$$

Точка пересечения будет лежать на нужной стороне луча, если выполняется условие $x' \geq 0$

или

$$(x - x_i) \cos \gamma_i + (y - y_i) \sin \gamma_i \geq 0.$$

Таким образом, алгоритм определения координат точки пересечения луча с заданной прямой полностью сформирован.

Литература

1. Соломонов К.Н., Федоринин Н.И., Тищук Л.И. Методика построения линии раздела течения металла в процессах осадки плоских заготовок // Вестник научно-технического развития, 2016, № 2, с. 36-55.

Влияние погрешностей исходных данных на результат при кручении тонкостенной трубы *Пахомов А.А.*

При проведении лабораторной работы «Испытание стальной трубы на кручение» по дисциплине «Сопrotивление материалов» в силу объективного несовершенства геометрических размеров испытываемого образца и установки для испытаний, а также субъективных погрешностей, допускаемых студентами, возникает некоторый разброс исходных значений параметров. Зная влияние конкретных величин отклонения этих параметров от номинальных значений на конечный результат, преподаватель в процессе выполнения работы мог бы вносить коррективы, благоприятно влияющие на итоги работы. Пусть имеется некоторая функция $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ (n – количество аргументов функции), которая при некоторых номинальных значениях аргументов $x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}$ имеет значение $y_0 = f(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0})$. Как известно [1], в первом приближении, отклонение функции от номинального значения при наличии отклонений аргументов - $\Delta_0, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ (отклонения в сторону увеличения – положительны, в сторону уменьшения – отрицательны) можно оценить по формуле

$$\Delta y = y - y_0 = \frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta_n, \quad (1)$$

где $\frac{\partial y}{\partial x_i}$ – значения частных производных функции по соответствующим аргументам

x_i ($i = 1 \dots n$) при номинальных значениях аргументов.

Параметрами в рассматриваемой работе являются:

P – номинальная нагрузка;

a – расстояние от оси трубы до линии приложения нагрузки;

Прикладные вопросы обеспечения надежности подвижного состава на ж/д транспорте

l – длина участка трубы, подвергаемого испытаниям;

R – расстояние от оси трубы до точки измерений;

D – внешний диаметр трубы;

d – внутренний диаметр трубы.

В формулах используем известные константы: число $\pi \approx 3.14$ и модуль упругости сдвига для стали $G = 0.8 \cdot 10^5$ МПа.

Смещение точки измерений

$$p = \frac{32 \cdot P \cdot a \cdot l \cdot R}{G \cdot \pi \cdot (D^4 - d^4)},$$

Соответствующие частные производные

$$\frac{\partial p}{\partial P} = \frac{32 \cdot a \cdot l \cdot R}{G \cdot \pi \cdot (D^4 - d^4)};$$

$$\frac{\partial p}{\partial a} = \frac{32 \cdot P \cdot l \cdot R}{G \cdot \pi \cdot (D^4 - d^4)};$$

$$\frac{\partial p}{\partial l} = \frac{32 \cdot P \cdot a \cdot R}{G \cdot \pi \cdot (D^4 - d^4)};$$

$$\frac{\partial p}{\partial R} = \frac{32 \cdot P \cdot a \cdot l}{G \cdot \pi \cdot (D^4 - d^4)};$$

$$\frac{\partial p}{\partial D} = -\frac{128 \cdot P \cdot a \cdot l \cdot R \cdot D^3}{G \cdot \pi \cdot (D^4 - d^4)^2};$$

$$\frac{\partial p}{\partial d} = \frac{128 \cdot P \cdot a \cdot l \cdot R \cdot d^3}{G \cdot \pi \cdot (D^4 - d^4)^2}.$$

Номинальные значения параметров

$$P = 1000 \text{ Н}, \quad a = 300 \text{ мм}, \quad l = 355 \text{ мм}, \quad R = 235 \text{ мм}, \quad D = 103 \text{ мм}, \quad d = 101 \text{ мм}.$$

Влияние погрешностей определения параметров ΔP (в Н), Δa , Δl , ΔR , ΔD , Δd (в мм) на смещение точки измерения (в мм) в первом приближении можно оценить, согласно формулы (1)

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{\partial p}{\partial P} \cdot \Delta P + \frac{\partial p}{\partial a} \cdot \Delta a + \frac{\partial p}{\partial l} \cdot \Delta l + \frac{\partial p}{\partial R} \cdot \Delta R + \frac{\partial p}{\partial D} \cdot \Delta D + \frac{\partial p}{\partial d} \cdot \Delta d = \\ &= 0.38 \cdot 10^{-3} \Delta P + 10^{-3} \Delta a + 10^{-3} \Delta l + 2 \cdot 10^{-3} \Delta R - 193 \cdot 10^{-3} \Delta D + 182 \cdot 10^{-3} \Delta d. \end{aligned}$$

Литература

1. Федоринин Н.И. Влияние отклонений размеров деталей на точность движения коромысла кулачкового механизма // Кузнечно-штамповочное производство. - 1999. - №3. - С. 27-29.

Оценка влияния погрешностей исходных данных на величину критической массы груза при исследовании устойчивости сжатого стержня

Жуков А.О.

При проведении лабораторной работы «Исследование потери устойчивости при сжатии стержня большой гибкости» по дисциплине «Сопротивление материалов» в силу объективного несовершенства геометрических размеров испытываемого образца и установки для испытаний, а также субъективных погрешностей, допускаемых студентами, возникает некоторый разброс исходных значений параметров. Зная влияние конкретных величин

отклонения этих параметров от номинальных значений на конечный результат, преподаватель в процессе выполнения работы мог бы вносить коррективы, благоприятно влияющие на итоги работы.

Пусть имеется некоторая функция $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ (n – количество аргументов функции), которая при некоторых номинальных значениях аргументов $x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}$ имеет значение $y_0 = f(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0})$. Как известно [1], в первом приближении, отклонение функции от номинального значения при наличии отклонений аргументов – $\Delta_0, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ (отклонения в сторону увеличения – положительны, в сторону уменьшения – отрицательны) можно оценить по формуле

$$\Delta y = y - y_0 = \frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta_n, \quad (1)$$

где $\frac{\partial y}{\partial x_i}$ – значения частных производных функции по соответствующим аргументам

x_i ($i = 1..n$) при номинальных значениях аргументов.

Параметрами в рассматриваемой работе являются:

a – ширина стержня;

b – толщина стержня;

l – длина стержня;

l_p – длина рычага до точки подвешивания груза;

l_n – длина рычага до стержня.

В формулах используем известные константы: число $\pi \approx 3.14$, модуль упругости стали $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, ускорение свободного падения $g \approx 9800$ мм/с², коэффициент приведения длины стержня $\mu = 1$.

Критическая масса нагрузки на стержень

$$m = \frac{Tl_n}{gl_p},$$

где $T = \frac{\pi^2 EJ}{\mu^2 l^2}$ – критическая сила;

$$J = \frac{ab^3}{12} \text{ – наименьший момент инерции стержня;}$$

Соответствующие частные производные

$$\frac{\partial m}{\partial a} = \frac{T'_a l_n}{gl_p} = \frac{\pi^2 E b^3 l_n}{12 g \mu^2 l^2 l_p};$$

$$\frac{\partial m}{\partial b} = \frac{T'_b l_n}{gl_p} = \frac{\pi^2 E a b^2 l_n}{4 g \mu^2 l^2 l_p};$$

$$\frac{\partial m}{\partial l} = \frac{T'_l l_n}{gl_p} = -\frac{\pi^2 E a b^3 l_n}{6 g \mu^2 l^3 l_p};$$

$$\frac{\partial m}{\partial l_n} = \frac{T}{gl_p} = \frac{\pi^2 E a b^3}{12 g \mu^2 l^2 l_p};$$

$$\frac{\partial m}{\partial l_p} = -\frac{Tl_n}{gl_p^2} = -\frac{\pi^2 Eab^3 l_n}{12g\mu^2 l^2 l_p^2}.$$

Номинальные значения параметров

$$a = 29 \text{ мм}, b = 1.6 \text{ мм}, l = 442 \text{ мм}, l_p = 443 \text{ мм}, l_n = 82 \text{ мм}.$$

Влияние погрешностей определения параметров Δa , Δb , Δl , Δl_n , Δl_p (в мм) на массу грузов (в кг), соответствующую критической силе, в первом приближении можно оценить, согласно формулы (1)

$$\begin{aligned} \Delta m &= \frac{\partial m}{\partial a} \cdot \Delta a + \frac{\partial m}{\partial b} \cdot \Delta b + \frac{\partial m}{\partial l} \cdot \Delta l + \frac{\partial m}{\partial l_n} \cdot \Delta l_n + \frac{\partial m}{\partial l_p} \cdot \Delta l_p = \\ &= 6.5 \cdot 10^{-5} \Delta a + 355 \cdot 10^{-5} \Delta b - 0.9 \cdot 10^{-5} \Delta l + 2.4 \cdot 10^{-5} \Delta l_n - 0.4 \cdot 10^{-5} \Delta l_p \end{aligned}$$

Литература

1. Федоринин Н.И. Влияние отклонений размеров деталей на точность движения коромысла кулачкового механизма // Кузнечно-штамповочное производство. - 1999. - №3. - С. 27-29.

Пути повышения качества диагностики подвижного состава железных дорог *Леишков Г.А.*

Сегодня железнодорожный транспорт остается самым надежным, безопасным и экономичным по сравнению с другими видами транспорта – автомобильным, водным, воздушным, как по объему перевозимых грузов, так и по пассажиропотоку.

На фоне постоянно растущего грузооборота, в условиях непрерывного повышения массы грузовых составов и увеличения скоростей движения особенно важным остается вопрос обеспечения безопасности движения и повышения срока службы вагонов и локомотивов. Решение этого вопроса в условиях планово-предупредительной системы ремонта подвижного состава и железнодорожного пути не всегда является выгодным с точки зрения экономики. Поэтому особенно важное значение приобретает повышение ресурса и надежности подвижного состава.

Важнейшим условием повышения качества и снижения себестоимости технического обслуживания и ремонта подвижного состава является внедрение новейших методов и средств неразрушающего контроля, средств комплексной механизации и автоматизации процессов диагностики и ремонта, поточно-конвейерного метода ремонта, а также системы управления качеством, расширение диагностического контроля за работой оборудования и операциями технологического процесса.

Анализ состояния вагоноремонтных предприятий в нашей стране показывает, что большинство из них были построены в начале прошлого века. Так, например, Воронежский вагоноремонтный завод – одно из старейших предприятий железнодорожного транспорта. Его история начинается 1 июня 1912 г. с завершения строительства Отрожских вагоноремонтных мастерских, принадлежавших акционерам Юго-Восточной железной дороги. Тогда завод состоял из двух цехов для ремонта пассажирских и товарных вагонов. Средства неразрушающего контроля узлов и деталей подвижного состава на таких предприятиях активно вводились в эксплуатацию в шестидесятых-восьмидесятых годах прошлого века, модернизация и пополнение этих средств проводились 20-30 лет назад. Все это оказывает негативное влияние на качество диагностики технического состояния и ремонта подвижного состава, на производительность выполнения таких работ, затрудняет работу дефектоскопистов.

Только настройка ультразвукового дефектоскопа в конце прошлого века занимала около полутора часов, и сохранить эту настройку было невозможно. Современные же

средства неразрушающего контроля позволяют значительно сократить время настройки прибора, в них можно сохранять до 1000 различных настроек. Сегодня имеется возможность не только зафиксировать сам факт наличия дефекта, но и достаточно точно определить его параметры: размеры, координаты, форму и т.д. В последние годы разработка оборудования для неразрушающего контроля идет в направлении автоматизации и механизации операций контроля. Неоспоримым преимуществом современных средств дефектоскопии является возможность автоматического составления протоколов контроля, быстрой и качественной обработки результатов контроля, а также хранение этих результатов в различных базах данных и быстрый доступ к ним.

Для обеспечения исправного состояния вагонов и предупреждения появления неисправностей в процессе эксплуатации они должны проходить периодический ремонт. С 1962 г. для вагонов приняты два вида периодического ремонта: деповской и заводской, которые производятся через определенные промежутки времени. Эти периоды устанавливаются исходя из сроков службы основных узлов и деталей, а также условий эксплуатационной работы вагонов. Период между заводскими ремонтами называется ремонтным циклом. В течение этого цикла вагоны подвергаются деповскому ремонту.

До сегодняшнего дня на вагоноремонтных предприятиях применялась плано-предупредительная система ремонта. В современных рыночных условиях такая система является экономически не выгодной. Сегодня для определения объема ремонта и ресурса деталей необходима качественная диагностика.

Внедрение на постах неразрушающего контроля вагоноремонтных предприятий современных автоматизированных средств неразрушающего контроля позволит снизить влияние человеческого фактора на результаты контроля, уменьшить время на его проведение и значительно повысить качество и производительность диагностики.

В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «экви-теории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н., Свирин В.В. Анализ кинематических схем течения металла с помощью виртуального эксперимента // Технология лёгких сплавов, 2010, № 3, с. 58-64.

Необходимость технического перевооружения участков неразрушающего контроля вагоноремонтных предприятий
Пивоваров В.М.

Неразрушающий контроль (НК) является частью технологического процесса производства и ремонта вагонов. Отдел неразрушающего контроля располагает штатом квалифицированных дефектоскопистов по магнитному, вихретоковому и ультразвуковому контролю.

Для проведения неразрушающего контроля в колесно-тележечном цеху непосредственно на производственных участках, на которых в соответствии с установленным технологическим процессом проводятся ремонтные работы, организованы посты для проведения НК. Неразрушающий контроль выполняют дефектоскописты по магнитному и ультразвуковому контролю, прошедшие специальную профессиональную подготовку и сертификацию в соответствии с требованиями нормативной документации.

Обследование состояния неразрушающего контроля на Воронежском вагоноремонтном заводе показало, что тележечный цех имеет десять постов НК, которые оснащены необходимым диагностическим оборудованием, годы выпуска которого с 1985 по 2012 годы.

Мы видим, что оборудование для неразрушающего контроля деталей вагонов, применяемое на Воронежском ВРЗ, было произведено в основном 15-20 лет назад, а некоторые дефектоскопы – 35 лет назад.

Согласно действующей нормативной документации магнитопорошковый, ультразвуковой и вихретоковый виды неразрушающего контроля являются обязательными при проведении диагностики и ремонте подвижного состава.

Эти виды НК получили широкое распространение и сегодня применяются повсеместно, так как имеют высокую чувствительность и точность определения местонахождения дефектов. Ультразвуковой контроль является едва ли не единственным видом НК, позволяющим выявлять дефекты в толще изделия, причем на довольно большой глубине. Но при этом указанные виды НК имеют ряд существенных недостатков: плохо поддаются автоматизации, являются трудоемкими, имеют низкую производительность и сильно подвержены влиянию человеческого фактора. К тому же в процессе контроля дефектоскопист подвергается воздействию вредных производственных факторов, например, влиянию электромагнитных полей и постоянному напряжению глаз.

Для поддержания больших объемов производства в условиях вагоноремонтного завода необходимо повышать производительность контроля продукции. Ввиду того, что используемое в колесно-тележечном цеху оборудование для неразрушающего контроля деталей и узлов вагонов в основном морально и физически устарело, является очевидной необходимость в модернизации существующего оборудования.

Внедрение средств механизации и автоматизации процессов диагностики и ремонта вагонов позволит сократить время ремонта и уменьшить себестоимость ремонта вагонов, а также их деталей и узлов. Сегодня рынок дефектоскопического оборудования предлагает широкий выбор аппаратуры для магнитопорошкового, ультразвукового и вихретокового контроля узлов и деталей подвижного состава. Например, установки для автоматизированного неразрушающего контроля магнитопорошковым методом железнодорожных осей УМПК-Ось-38 и колес УМПК-1, установка для ультразвукового и вихретокового контроля железнодорожных осей ОСЬ-3.

Установка мокрого магнитопорошкового контроля железнодорожных осей УМПК-Ось-38 предназначена для магнитопорошкового контроля осей колесных пар железнодорожных вагонов при их выпуске из производства и после ремонта.

Установка обеспечивает выявление поверхностных дефектов продольной и поперечной ориентации мокрым флуоресцентным магнитопорошковым методом, комбинированным способом намагничивания (циркулярное, полюсное) с использованием

переменного тока. Установка обеспечивает 100% контроль всей поверхности оси за исключением торцов.

Установка стационарного типа, встраивается в технологическую линию производственного участка или может эксплуатироваться самостоятельно как отдельная позиция магнитопорошкового контроля. Загрузка – выгрузка контролируемых осей производится механически.

Установка магнитопорошкового контроля колес железнодорожного транспорта УМПК-1 предназначена для полуавтоматического магнито-люминесцентного контроля 55 типоразмеров колес железнодорожного транспорта диаметром от 650 до 1300 мм на наличие поверхностных и подповерхностных дефектов любой ориентации на всех поверхностях колеса за исключением поверхности внутреннего отверстия ступицы.

Перенастройка установки под определенный типоразмер колеса производится за 30 мин. Настройка установки производится под определенный типоразмер контролируемого колеса, путем перенастройки направляющих реек по пути перемещения колеса, системы полива колеса, системы намагничивания и системы УФ освещения.

УМПК-1 представляет собой полуавтоматизированную систему, в которой заложены передовые технологии, позволяющие проводить качественный контроль колес железнодорожного транспорта магнито-люминесцентным методом. Обеспечиваемая производительность контроля не менее 40 колес в час, при условии ритмичной подачи колес на пост контроля. Время контроля колеса без учета времени загрузки-выгрузки на позицию контроля не превышает 1,5 минут. Установка может работать как самостоятельный узел, так и встраиваться в существующие технологические линии предприятий железнодорожного транспорта.

Система автоматизированного ультразвукового контроля железнодорожных осей ОСЬ-3 обеспечивает проведение 100% ультразвукового и вихретокового контроля железнодорожных осей, с последующим анализом результатов контроля и принятием решения о браковке оси. Процесс контроля полностью автоматизирован, включая процесс загрузки и выгрузки оси с позиции контроля.

Одно из главных достоинств данной системы – использование двух методов контроля:

– ультразвукового (УТ) – предназначенного для контроля структуры металла железнодорожной оси и выявления внутренних дефектов;

– вихретокового (ЕТ) – предназначенного для контроля цилиндрических поверхностей и галтельных (радиусных) переходов железнодорожной оси на наличие поверхностных дефектов (трещины, волосовины), имеющих раскрытие от 10 мкм и минимальной глубиной 0,5 мм.

Время проведения контроля не превышает 6 минут. Система оперативно выдает результаты контроля, сохраняет полные результаты контроля в электронном виде, с возможностью дальнейшего просмотра и анализа, создает статистические отчеты.

В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «экви-теории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Таким образом, внедрение средств механизации и автоматизации процессов диагностики и ремонта вагонов позволит существенно сократить время и уменьшить себестоимость ремонта вагонов, их деталей и узлов, исключить или свести к минимуму влияние человеческого фактора и в итоге повысить надежность подвижного состава и безопасность движения.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тишук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.

Прикладные вопросы обеспечения надежности подвижного состава на ж/д транспорте

2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н., Свиринов В.В. Анализ кинематических схем течения металла с помощью виртуального эксперимента // Технология лёгких сплавов, 2010, № 3, с. 58-64.

Повышение качества диагностики автотормозов вагонов *Костюченко Д.В.*

Основным условием роста пассажирооборота железных дорог является улучшение использования вагонов в перевозочной работе.

Современная система технического обслуживания и ремонта вагонов должна обеспечивать исправное техническое состояние вагонов в эксплуатации, предотвращение внеплановых отцепок от поездов в пути следования и минимальное время пребывания в неисправном состоянии.

При изготовлении и ремонте вагонов должны применяться наиболее экономичные материалы, лёгкие сплавы, прогрессивные методы литья и поковки, принципы унификации и стандартизации узлов и деталей вагонов, их взаимозаменяемости. Рациональная организация ремонта вагонов и высокое качество, наряду с хорошим содержанием и обслуживанием вагонов обеспечивает безопасность движения и бесперебойную работу железнодорожного транспорта.

В современных экономических условиях, при дефиците денежных средств на покупку новых комплектующих основным источником пополнения электровоздухораспределителей тормозной системы вагонов на железнодорожном транспорте становится их ремонт.

Качество ремонта электровоздухораспределителей во многом зависит от исполнителей и организаторов производства в отделении ремонта автотормозов, от их знаний передовой технологии и прогрессивных методов труда.

По результатам технико-экономического обследования пассажирского вагонного депо Воронеж, а также анализа нормативных показателей сделаны следующие выводы:

- продолжительность ремонта вагонов больше нормативной величины на 55%;
- сравнительно низкая производительность труда;
- распределение площадей участков депо в целом соответствует нормативному, тем не менее требуется принять меры для ее оптимизации.

Для оптимизации распределения площадей участков в депо необходимо выполнить следующие мероприятия:

- расширение тележечного участка;
- строительство цеха подготовки, окраски и сушки вагонов;
- механизация окраски, очистки вагонов;
- строительство отделения по ремонту редукторно-карданных приводов;
- разработать новые технологические процессы с установкой дополнительного оборудования на колёсно-роликовом участке.

Производительность труда можно повысить в результате следующих мероприятий:

- новая организация производственных процессов;
- применение нового оборудования;
- более современная технология ремонта;
- материальное стимулирование, улучшение условий труда и отдыха.

Внедрение автоматизированных стендов для контроля параметров воздухораспределителей также позволит повысить качество и сократить время диагностики и ремонта. Например, с учетом значимости выходных сигналов с катушки в системе электровоздухораспределителей разработан стенд для снятия основных характеристик катушки с имитацией рабочих процессов в нем.

К числу диагностируемых автоматизированным стендом параметров катушки относится следующий перечень диагностируемых параметров катушки:

- измерение сопротивлений постоянному току рабочих обмоток;
- определение полярности выводов обмоток;
- определение наличия короткозамкнутых витков в рабочих обмотках;
- характеристики холостого хода с целью идентификации магнитной системы катушки;
- снятие номинальной характеристики управления катушки $I_p = f(I_y)$.

Для стенда, решающего задачу диагностики, характерно проведение большого количества различного ряда испытаний и, следовательно, более развитая, по сравнению с условиями эксплуатации, система (комплекс) используемых аппаратно-программных средств. В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «экви-теории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Применение существующих современных технологий поможет улучшить качество ремонта и увеличить количество ремонтируемых приборов, в которых так нуждается железнодорожный транспорт.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н., Федоринин Н.И., Тищук Л.И. Методика построения линии раздела течения металла в процессах осадки плоских заготовок // Вестник научно-технического развития, 2016, № 2, с. 36-55.

Неразрушающий контроль литых деталей тележек грузовых вагонов феррозондовым и магнитопорошковым методами
Щербак Т.А.

Транспортная система страны является неотъемлемой частью производственной и социальной инфраструктуры государства, обеспечивая также её территориальную целостность и национальную безопасность. Современная система технического обслуживания и ремонта вагонов должна обеспечивать исправное техническое состояние вагонов в эксплуатации, а именно, предотвращение внеплановых отцепок от поездов в пути следования и минимальное время пребывания в исправном состоянии.

При изготовлении и ремонте вагонов должны применяться наиболее экономичные материалы, легкие сплавы, прогрессивные методы литья иковки, принципы унификации и стандартизации узлов и деталей вагонов, их взаимозаменяемости. Рациональная организация ремонта вагонов и высокое качество, также наряду с хорошим содержанием и обслуживанием вагонов обеспечивает безопасность движения и бесперебойную работу железнодорожного транспорта.

Постоянное совершенствование вагонного парка позволяет выполнять поставленные перед транспортом задачи, такие как: полное удовлетворение грузовых и пассажирских перевозок, повышение скоростей движения поездов, увеличение пропускной и провозной способности железных дорог, повышение производительности труда, а также снижение себестоимости перевозок и уменьшение удельных капитальных вложений. Дальнейшее совершенствование технологии осмотра и ремонта вагонов невозможно без широкого применения средств комплексной механизации и автоматизации производства, а также прогрессивных технологических процессов, внедрения поточно-конвейерного метода ремонта и системы управления качеством, осуществления комплекса мер по улучшению качества подготовки грузовых вагонов к перевозкам, организации текущего отцепочного ремонта. Усиление ремонтно-технической базы вагонного хозяйства будет осуществляться за счет реконструкции действующих депо, пунктов подготовки вагонов к перевозкам, промывочно-пропарочных станций, пунктов экипировки пассажирских и рефрижераторных вагонов.

Литые детали тележек грузовых вагонов, боковые рамы и надрессорные балки, являются основными деталями грузовых вагонов, которые при эксплуатации воспринимают существенные нагрузки.

Осмотр и ремонт надрессорной балки проводят после ее обмывки или тщательной очистки. Опорные поверхности балки очищают до металлического блеска. Осматривая надрессорные балки, определяют целостность верхних, нижних, вертикальных поясов и колонки при их наличии, опорной части подпятникового места, исправность приливов для колпака скользуна и износ трущихся поверхностей.

Перед проведением неразрушающего контроля проводится визуальный контроль деталей и сборочных единиц с применением лупы семикратного увеличения, переносного светильника, металлической щетки, средств допускового контроля и измерений. Визуальному контролю подвергается вся поверхность боковых рам и надрессорных балок.

Перед дефектоскопией производится осмотр боковых рам с обеих сторон, при этом особенно тщательное внимание уделяют внутреннему и наружному углам буксового проема.

Дефектоскопия боковых рам и надрессорных балок может производиться следующими методами:

– вихретоковым методом с использованием дефектоскопа ВД-12НФМ и вихретоковых преобразователей (ВП);

– феррозондовым методом с использованием, для боковых рам и над-рессорной балки в сборе, намагничивающего устройства МСН-10, приставного намагничивающего устройства МСН-14 и феррозондового преобразователя ФП-4. При отдельной (подетальной)

дефектоскопии для намагничивания надрессорных балок применяется устройство МСН-33, а для боковых рам МСН-34;

– магнитопорошковым методом (способом приложенного поля) с использованием электромагнита МЭД-120 и магнитных индикаторов (магнитного порошка или магнитной суспензии) с целью подтверждения дефектов, обнаруженных предыдущими методами.

Акустико-эмиссионный метод применяется при продлении срока службы боковых рам и надрессорных балок с 30 до 32 лет.

Для диагностирования деталей тележек грузовых вагонов целесообразно использовать механизированные и автоматизированные комплексы и установки для неразрушающего контроля.

Электромагнитные намагничивающие устройства МСН 33.3 и МСН 34.10 предназначены для проверки тележки грузового вагона способом приложенного поля. Устройство МСН 34.10 используют для дефектоскопирования феррозондовым или магнитопорошковым методом боковых рам тележек грузовых вагонов при выпуске из производства и при продлении срока службы, а МСН 33.3 – надрессорных балок тележек грузовых вагонов.

Контроль может осуществляться способом приложенного поля с кантованием. Указанные устройства являются составной частью феррозондовых дефектоскопных установок. Особенностью таких устройств является возможность использования их вне основной технологической ремонтной линии. Данные устройства осуществляют следующие функции:

- базирование боковой рамы или надрессорной балки на полюсах электромагнитов;
- намагничивание боковой рамы или надрессорной балки с помощью электромагнита в заданном режиме для формирования магнитных потоков в зонах контроля;
- кантование боковой рамы или надрессорной балки при контроле.

Вагонное хозяйство играет немаловажную роль в организации перевозочного процесса. Это достаточно развитая подотрасль железнодорожного транспорта, основные фонды, которой составляют пятую, часть основных фондов всего железнодорожного транспорта страны. Постоянно на ремонт и техническое обслуживание нетягового подвижного состава расходуют миллиарды рублей. Важно не только научиться грамотно распоряжаться упомянутыми фондами для получения максимальной прибыли при их эксплуатации, но также и построить эффективную технологию обеспечения безопасности эксплуатации вагонов на приемлемом уровне.

В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «экви-теории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.

6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Соломонов К.Н., Федоринин Н.И., Тишук Л.И. Методика построения линии раздела течения металла в процессах осадки плоских заготовок // Вестник научно-технического развития, 2016, № 2, с. 36-55.

Роль вычислительной техники в моделировании исследуемых объектов и процессов *Тинькова С.Д.*

В настоящее время вопросы проведения натурных испытаний и доводка вновь разрабатываемых машин приобретают все большее значение. Довольно ощутима также потребность в автоматизации процесса обработки информации при испытаниях. В связи с этим, создание комплекта устройств для натурных динамических испытаний ходовой части подвижного состава железных дорог со следующей автоматизированной обработкой результатов эксперимента является весьма актуальным.

Важность решаемых транспортных задач определяет необходимость совершенствования конструкций вагонов и тепловозов, применение новых технических решений для улучшения тягово-динамических показателей и наиболее полного соответствия конкретным условиям эксплуатации.

Сложной проблемой при этом является создание экипажной части, которая обеспечивает при необходимых тяговых и скоростных показателях подвижного состава необходимый уровень вертикальных нагрузок от колес на рельсы и динамических качеств.

В настоящее время для повышения эффективности научных исследований важное значение приобретает автоматизация научных исследований, которая позволяет не только автоматизировать эксперимент, но и осуществлять моделирование исследуемых объектов, явлений и процессов. Решению этой задачи призваны служить автоматизированные системы научных исследований.

Персональные компьютеры (ПК) в таких системах могут употребиться для решения четырех основных задач:

- 1) успешно взять на себя управление экспериментом;
- 2) быть эффективным средством при подготовке отчетов и документации как компоненты встроенной конторской подсистемы;
- 3) осуществлять поддержку базы экспериментальных данных за счет персональных автономных накопителей большой емкости;
- 4) выступать как техническое средство при построении информационно-поисковых, библиографических и экспертных систем.

Эффективность применения ПК в автоматизации научных исследований состоит в следующем. Во-первых, в несколько раз сокращается цикл исследования (экспериментирования) за счет оперативного использования результатов экспресс-анализа, проведенного в реальном масштабе времени, сокращение времени обработки и систематизации данных, уменьшение числа ошибок при измерениях и обработке. Во-вторых, увеличивается точность результатов и их достоверность, потому что возможно использование методов, которые снижают влияние накопления ошибок, округление при вычислении промежуточных результатов. В-третьих, повышается качество и информативность эксперимента за счет увеличения числа контролируемых параметров (в сравнении с «некомпьютерными» исследованиями) и более точной обработки данных. В-четвертых, в ходе интерактивного взаимодействия достигаются увеличение контроля за ходом эксперимента и возможность его оптимизации. В-пятых, сокращается штат участников эксперимента, повышается производительность исследователя. В конце концов, очень важным является то, что результаты экспериментов структурируются и выводятся оперативно в наиболее удобной форме – графической или символьной. Например, вместо

того чтобы просматривать километровые таблицы данных, их можно компактно структурировать в виде графических объектов.

Из-за отсутствия средств для автоматизации процесса обработки информации при испытаниях вагонов и локомотивов, разработка автоматизированной системы является актуальным направлением. Потребность в такой системе довольно ощутима при проведении тяговых, динамических, скоростных, прочностных и других видов испытаний, при которых исследуемые процессы сначала записываются на шлейфовый осциллограф потом производятся проявление и ручная расшифровка осциллограмм.

Автоматизированный комплекс испытательного оборудования для исследования прочностных, динамических и других характеристик узлов и агрегатов подвижного состава может решать ряд актуальных задач, в техническом плане и, кроме того, автоматизировать сам эксперимент.

В современных условиях этому немало способствует совершенствование технологий и развитие алгоритмов моделирования, заложенных в «экви-теории» [1-7], основные методы и принципы которой находятся в стадии модернизации.

Использованные источники

1. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Аналоговое моделирование поверхности контактных давлений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 32-36.
2. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Е.Ф. Автоматизация расчетной схемы формообразования поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 3, с. 60-67.
3. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Романенко Д.Н. Применение технологических приемов в процессах получения поковок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 31-36.
4. Соломонов К.Н., Тищук Л.И., Листров Е.А. и др. Моделирование формообразования поковки с контурным оребрением // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2016, № 4, с. 45-51.
5. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering, 2014, № 81, p. 437-443.
6. Solomonov K., Tishchuk L. Virtual and physical simulation forming of flat workpieces under upsetting // Procedia Manufacturing, 2019, № 37, pp. 467-471.
7. Тищук Л.И., Соломонов К.Н., Мазур И.П. и др. Исследование картины течения металла при осадке // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2017, т. 15, № 3, с. 37-44.

**ТРУДЫ 80-й СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ РГУПС (ЧАСТЬ 3)**

Секция «Прикладные вопросы обеспечения
надежности подвижного состава на ж/д транспорте»
(Воронеж, 21-23 апреля 2021г.)

Отпечатано: филиал РГУПС в г Воронеж
г Воронеж, ул. Урицкого 75А
тел (473) 253-17-31

Подписано в печать 23.04.2021 Формат 21х30 ½
Печать электронная Усл.печ.л. – 2,0
Тираж 20 экз.