

Верный путь

Применение программно-аппаратного комплекса для диагностики напряженного состояния рельсовых плетей методом акустической тензометрии позволит повысить безопасность движения поездов ОАО «РЖД». К реализации проекта создания такого комплекса приступили летом 2021 г. ученые и инженеры ИПФ РАН и НПП «Полет» при содействии Нижегородского НОЦ мирового уровня

Повышение требований к безопасности движения поездов требует перехода на более высокий уровень диагностики дефектов рельсов, связанный с достижениями в области информационных технологий и обновлением приборного парка. Выявление большей части дефектов рельсов и оперативное реагирование на них обеспечивается контролем рельсов ультразвуковыми дефектоскопами. В диагностических службах железных дорог применяются как мобильные (вагоны-дефектоскопы, автомотрисы), так и съёмные средства контроля (ультразвуковые дефектоскопы).

Съёмные ультразвуковые рельсовые дефектоскопы нового поколения были внедрены в практику работы ОАО «РЖД» в начале XXI в. Одним из них стал автоматизированный дефектоскоп АДС-02, предназначенный для обнаружения дефектов в обеих нитях железнодорожного пути практически по всей длине и сечению рельса со скоростью движения до пяти километров в час, а также для выборочного ручного контроля сварных стыков, отдельных сечений и участков рельса, определения координат обнаруженных дефектов и их условных размеров.

Этот дефектоскоп был разработан сотрудниками Института прикладной физики РАН и инжиниринговой компании ООО «Медуза» совместно с Горьковской железной дорогой и в 2000 г. принят по лицензии к производству ФГУП «Нижегородский завод им. М. В. Фрунзе». Прибор смонтирован на классическом средстве контроля рельсов – дефектоскопной тележке, которая приводится в движение по двум ниткам рельсов одновременно усилиями путевого обходчика. На каждой стороне тележки стоят датчики, которые практически до подошвы сканируют все сечение рельса с целью обнаружения его внутренних дефектов. Основная задача, которую авторы прибора ставили перед собой, – обеспечить сплошную запись информации, поступающей с эхографических каналов при работе в пути, и возможность ее оперативного просмотра. Для этого в устройство вмонтирован защищенный промышленный компьютер и предусмотрена передача полученной информации в пункт управления и в цифровой паспорт пути. Если обнаруженный дефект со временем развивается, то специалисты выдают рекомендации путеям, что делать с этим участком рельса. В ряде случаев движение останавливается, дефектный участок вырезается и врезается новый. Алгоритм, разработанный сотрудниками

«Медузы», позволял хранить на диске информацию о 50–100 км пройденного пути.

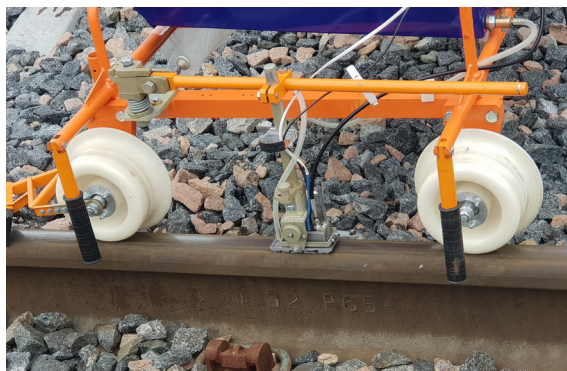
– За 20 лет накоплен немалый опыт эксплуатации дефектоскопа АДС-02 на железных дорогах России, свидетельствующий о правильности выбранного направления в разработке нового поколения систем неразрушающего контроля, сочетающего программную гибкость и аппаратную надежность, – рассказывает заведующий сектором инновационных программ ИПФ РАН, директор ООО «Медуза» Алексей Геннадьевич Кириллов. – На нашем дефектоскопе с защищенным промышленным компьютером все действия оператора записывались на устройство внутренней памяти с целью исключения человеческого фактора, и с внедрением АДС-02 повысились производительность труда дорожных обходчиков и качество обследования железнодорожных рельсов. Следовательно, снизилось количество случаев схода вагонов. В связи с переходом ОАО «РЖД» на механизированные средства контроля рельсов, когда дефектоскоп движется не с помощью человеческой силы, а с помощью электродвигателей или двигателей внутреннего сгорания, установленных на мотрисах, производительность труда становится гораздо выше. Поэтому наша «Медуза» занимается в настоящее время модернизацией дефектоскопа АДС-02 и сама производит небольшие партии этого прибора. Железнодорожное хозяйство с его обилием инфраструктурных объектов – это большой простор для научно-прикладных исследований, и путейцы периодически обращаются к нам с просьбами выполнить те или иные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.



◀ Заведующий сектором инновационных программ ИПФ РАН, директор ООО «Медуза» Алексей Геннадьевич Кириллов



▲► В результате реализации проекта будет разработан программно-аппаратный комплекс для диагностики напряженного состояния рельсовых плетей методом акустической тензометрии



Сравнительно недавно от ОАО «РЖД» до «Медузы» дошел НИОКР на диагностику температурного расширения рельсов, и в настоящее время проект «Автоматизированный диагностический комплекс неразрушающего контроля напряженного состояния рельсовых плетей» находится в контуре Нижегородского НОЦ мирового уровня. В результате реализации этого проекта будет разработан программно-аппаратный комплекс для измерения внутренних напряжений в рельсовых плетях методом акустической тензометрии. Тензометрия — это совокупность экспериментальных методов определения механического напряжения детали или конструкции, основанная на определении деформаций и других параметров материала, вызванных механическим напряжением. Приборы для измерения деформаций называются тензотрами, и по принципу действия они делятся на электрические, оптические, пневматические и акустические.

— Из школьного курса физики известно, что тела при нагревании расширяются, при охлаждении сжимаются, и металлические изделия с их высоким коэффициентом температурного расширения подвержены этому явлению в максимальной степени, — поясняет Алексей Кириллов. — И такие сложные инженерные устройства, как рельсы и мосты, строятся с учетом этого фактора. Например, стальной мост через реку возводится таким образом, что, с одной стороны, опоры его закреплены, а с другой — лежат на подвижных катках, и при резком повышении температуры длина моста за счет этих катков увеличивается, не разрывая конструкции, из которых состоит мост. С рельсами ситуация сложнее, поскольку они, особенно на бесстыковом пути на протяжении двух и более километров, сварены и представляют собой фактически сплошную конструкцию. Поэтому при перегреве рельс не

может расширяться вперед и назад, а только вбок. И при «выбросе рельса» его геометрия резко меняется за доли секунды: рельс может выгнуться с катастрофическим увеличением ширины колеи. Если в этот момент идет состав, возможна нештатная ситуация. По статистике, в системе РЖД с ее 16-ю железными дорогами в год происходит около 50-ти подобных инцидентов, то есть за счет плохого контроля за температурным расширением рельсовой колеи колеса «проваливаются», и вагоны идут дальше под углом, разрывая колею, либо происходит сход вагонов и их ремонта, а также выплаты страховых компенсаций в случае выпадения груза достигают десятков миллиардов рублей.

По словам Алексея Кириллова, на данный момент средств оперативного контроля температурного расширения рельсов с записью ситуации не существует. Наиболее популярное средство контроля представляет собой маячные метки, когда на рельс и на шпалу рядом с ним наносится сплошная цветная риска. При температурном расширении рельс расширяется быстрее, чем бетонная шпала, и риска, нанесенная на рельс, отходит от риски на шпале. И по «разбегу» риск можно судить о степени напряжения рельса и как скоро может произойти выброс. Чем больше уход риска друг от друга, тем острее проблема, и она опять связана с человеческим фактором. Сейчас на центральных путях и на вагонах ставятся системы промышленного зрения, которые контролируют этот «разбег». Но поскольку риски наносятся краской, то за счет грязи и погодных факторов не исключены и высокая погрешность контроля, и ложные срабатывания.

— Перед нами поставлена задача создать средство объективного контроля, дающее возможность с помощью электронного оборудования измерять ряд параметров, заносить их в систему и в цифровой паспорт пути, чтобы специалист, ответственный за этот участок бесстыкового пути, мог определить состояние участка, — продолжает директор ООО «Медуза». — Мы провели патентный поиск и выяснили, что вариантов нового прибора немало — и контактный метод с помощью тензодатчиков, и бесконтактный метод с помощью измерения остаточной намагниченности, и акустический метод. Мы остановились на акустике, в которой имеем очень хорошие компетенции: вопросами



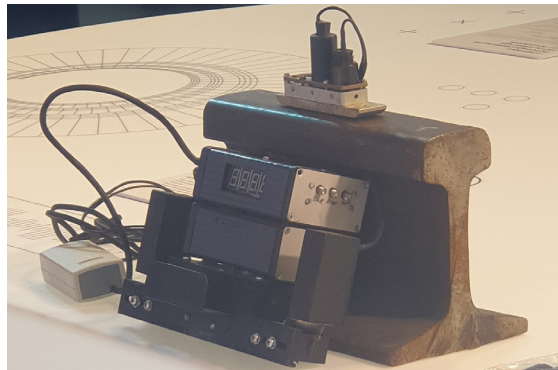
▲ При «выбросе» геометрия рельса резко меняется за доли секунды

акустической диагностики природных явлений и созданием по результатам наших исследований приборов различного назначения наш коллектив занимается в 1983 года. Полагаю, что новый прибор получится компактным и удобным, и им будут оснащены тысячи постов ОАО «РЖД».

С помощью Нижегородского НОЦ мирового уровня мы нашли индустриального партнера — нижегородский Федеральный научно-производственный центр АО «Научно-производственное предприятие «Полет», которое в рамках программы «Конверсия» и выпуска гражданской продукции Госкорпорации «Ростех» заключил с Институтом прикладной физики договор на НИОКР на создание опытного образца прибора. Такая работа выгодна и самому индустриальному партнеру, поскольку в России действует программа Минпромторга по поддержке расходов на НИОКР промпредприятий. Затраты «Полета» будут компенсированы, и, кроме того, предприятие получит хороший инновационный продукт, освоит его производство и будет продавать на ОАО «РЖД». Согласно маркетинговым исследованиям, проведенным НОЦ и подтвержденным железнодорожниками, объем заказов составляет порядка 4,5 миллиарда рублей. Это хороший показатель.

Договор, заключенный между ИПФ РАН и «Полетом», одобрен Минпромторгом России. Срок реализации проекта составляет три года. В июне-2021 стартовал первый этап, к декабрю-2023 намечено получить готовый прибор с полным комплектом документации и в кратчайшие сроки начать его серийное производство. Правда, мы запланировали завершить работу к июню 2023 года, так как имеем определенный исследовательский задел. Кроме того, нас подгоняет и конкуренция на этом рынке. Московским научно-техническим центром «Инфотех» уже создан прибор для контроля температурных напряжений рельсов по принципу измерения остаточной намагниченности, который уже испытывается на отдельных участках дороги. Он более сложный и тяжелый, требует больше трудозатрат, но в данный момент это единственный работающий прибор.

По заданию «Полета» мы планируем разработать два варианта прибора: первый, который уже фактически находится в разработке, — это портативный ручной прибор для обходчика, который будет контролировать правильность установки новых рельсов. Установка рельсов — сложный процесс, связанный с нагревом рельса до температуры закрепления, утвержденной для разных регионов страны. На ГЖД температура закрепления составляет 31 градус. Для того, чтобы установить рельс, его либо нагревают специальным устройством «Змей Горыныч», либо специально вытягивают на ту длину, на которую он бы увеличился при нагревании до 31 градуса. Дело в том, что температура рельсов выше температуры окружающего воздуха примерно на 10 градусов, и при увеличении внешней температуры рельс увеличит свою температуру гораздо быстрее. Если положить рельс холодным, то он увеличится на большую длину, и возможные негативные явления возникнут быстрее. Поэтому рельс подогрывается и вытягивается до определенного преднапряженного состояния. Обходчик,



◀ Перед разработчиками поставлена задача создать средство объективного контроля, дающее возможность измерять ряд параметров и заносить их в цифровой паспорт пути

работая с нашим прибором, пройдет вдоль укладываемого рельса и запишет необходимую информацию. Второй вариант прибора — для сплошного контроля. Он нужен для измерения коэффициента температурного напряжения, например, через 10 или 100 сантиметров и определения амплитуды этих температурных напряжений. И если видно, что в какой-то точке она резко выстреливает, то на этот участок потребуются обратить особое внимание.

Правда, производительность обходчика с тележкой не очень высокая. Человек в среднем идет со скоростью пять километров в час, а протяженность центральных путей, которые нужно проверить, — более 100 тысяч километров, не считая боковые пути. Поэтому очевидна необходимость в приборах, которые ставились бы на скоростные средства передвижения и могли бы проверять тепловое напряжение на скорости 40–60 километров в час. Но это непростая задача, и мы пока не беремся за разработку скоростных средств контроля. Надеюсь, что она все-таки получится и мы сделаем а) ручной измеритель напряжения и б) измеритель напряжения, который будет ставиться на стандартную путеизмерительную тележку в качестве дополнительной опции. Если у дорожников появятся замечания, то мы готовы модернизировать свой прибор и приступить к разработке его скоростного варианта.

Важно отметить большую заинтересованность в будущем приборе со стороны Горьковской железной дороги, которая создала даже специальный проектный офис по продвижению этого проекта. Железнодорожники не просто пассивно ждут результаты, а сами активно участвуют в работе, предоставляя по нашим запросам сведения о состоянии рельсов, правилах обслуживания путей и другую информацию. Служба научно-технической политики ГЖД и всей РЖД весьма позитивно настроена по отношению к разработчикам. 📍



СПРАВКА Инжиниринговая компания ООО «Медуза» создана в 1992 г. для реализации разработок отдела радиофизических методов в биологии и медицине ИПФ РАН. На начальном этапе своего развития компания выпускала целый спектр медицинских приборов для ультразвуковой диагностики, которые установлены в клиниках России и стран СНГ. С 2000 г. основная номенклатура продукции — средства неразрушающего контроля для нужд железнодорожного транспорта, и в настоящее время «Медуза» является одним из поставщиков ультразвуковых рельсовых дефектоскопов для ОАО «Российские железные дороги».