

# ВИБРОДИАГНОСТИКА В ДЕЙСТВИИ

**Структура построения вибродиагностического комплекса.** Вибродиагностические комплексы на базе переносного сборщика-анализатора сигналов СМ-3001 и программного обеспечения «АРМИД», созданные специалистами фирмы «ИНКОТЕС» (г. Нижний Новгород), применяются в системе технического обслуживания подвижного состава ремонтных депо ОАО «РЖД» в течение ряда лет (рис. 1). В состав комплекса входят:

- ✓ переносное виброизмерительное устройство СМ-3001, имеющее набор соответствующих вибродатчиков. Предназначено для измерения, обработки и хранения вибросигналов;

- ✓ программное обеспечение «АРМИД», состоящее из базы данных и программ автоматизированной диагностики КРБ (КМБ) электропоездов, которые позволяют по измеренной информации с помощью реализованных в них алгоритмов выявлять неисправности;

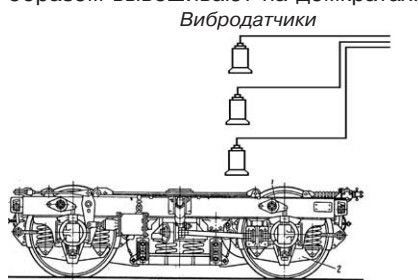
- ✓ базовый компьютер с принтером — в качестве хранилища всей информации, а также средства ее обработки и получения необходимой ремонтной документации;

- ✓ оптический ручной тахометр ДО-01Р, назначение которого — контроль частоты вращения при измерениях.

Кроме того, для диагностирования такими комплексами используют вспомогательное оборудование, в частности, домкраты, с помощью которых вывешивают колесные пары, а также аппараты для их раскрутки. Все операции выполняют согласно технологической инструкции по диагностированию.

**Работа вибродиагностического комплекса.** Типовая процедура диагностирования с использованием комплекса «СМ-3001 — АРМИД» состоит в следующем. В память переносного виброизмерительного устройства из базы данных, которую хранит базовый компьютер в лаборатории диагностики депо, загружают программу сбора информации (маршрут обследования), соответствующую виду подвижного состава (см. фото).

Программа содержит сведения о номерах электропоезда и колесных пар, точках установки вибродатчиков, режимах измерений. Каждую колесную пару стандартным образом вывешивают на домкратах. После этого ее рас-



Тележка моторного вагона электропоезда



Виброизмерительное устройство



Программное обеспечение базы данных и автоматизированной диагностики

**Рис. 1. Типовая структурная схема вибродиагностического комплекса, применяемого для диагностики КРБ электропоездов**

кручивают до определенной частоты вращения и, согласно методике и инструкции измерений, записывают вибрацию в установленных точках. После проведения измерений по всем колесным парам полученные данные загружают в базовый компьютер в лаборатории диагностики депо.

Программа диагностирования, установленная в базовом компьютере, проводит автоматизированный поиск неисправностей и формирует для каждой колесной пары диагностическое сообщение, которое содержит перечень диагностируемых узлов с указанием процента их дефектности (степени развития неисправностей). В зависимости от состояния узлов программа автоматически формирует перечень мероприятий по дальнейшей эксплу-

тации или необходимому ремонту (рис. 2 и 3). Результаты проведенного диагностирования заносят в журнал ремонта.

В вибродиагностическом комплексе «СМ-3001 — АРМИД» используется поузловая оценка состояния КРБ (КМБ). При этом процент дефектности каждого узла определяется по ряду неисправ-

ностей, присущих каждому узлу. Для выявления и оценки дефектов применяются обобщенные относительные диагностические критерии, которые автоматически рассчитываются диагностической программой по спектрам измеренных вибросигналов.

Граничные значения критериев, по которым осуществляется градация неисправностей, определены по статистике, насчитывающей несколько тысяч КРБ. Изложенный подход позволяет получить четкие рекомендации — либо нужны корректирующие мероприятия, либо принимается решение на выкатку. Характеристики неисправностей узлов и действия ремонтного персонала по их выявлению, реализованные в комплексе, следующие:

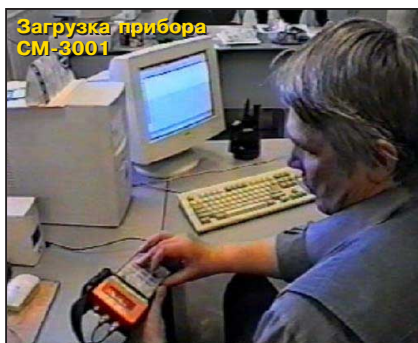
- ↪ начальный уровень дефектности узла от 61 до 80 % — неисправности устраняются согласно рекомендациям диагностического отчета с добавлением смазки без повторного диагностирования и разборки узлов;

- ↪ ремонтный уровень дефектности узла от 81 до 100 % — после выполнения мероприятий по устранению неисправностей, согласно рекомендациям диагностического отчета и добавления смазки, выполняют повторное диагностирование в присутствии приемщика. Если в результате повторного диагностирования процент дефектности не изменился, то КРБ либо выпускают до ближайшего ТО-3 с обязательным проведением диагностирования, либо принимают решение о его выкатке;

↪ предаварийный уровень дефектности узла более 100 % — после выполнения мероприятий, направленных на устранение неисправ-

ностей, направленных на устранение неисправ-

**Публикуем первую из серии статей, посвященных опыту внедрения вибродиагностического комплекса на базе переносного сборщика-анализатора сигналов СМ-3001 и программного обеспечения «АРМИД» для диагностики колесно-редукторных (КРБ) и колесно-моторных блоков (КМБ) электропоездов и электровозов в процессе технических обслуживаний (ТО) и текущих ремонтов (ТР). Представляемый опыт может быть распространен на процедуры внедрения и оценки эффективности различных вибродиагностических комплексов, которые применяют на железнодорожном транспорте.**



**Рис. 2. Пример диагностического сообщения**

ТО и ТР для обследования КРБ (КМБ) электропоездов. В процессе первичного накопления статистики также принимали участие специалисты депо Киров и Казань Для разработки методик диагностирования и отработки технологии измерения обследовались все типы КРБ, применяемые на электропоездах и электровозах ЧС4 (с челюстной и поводковой буксами, серповидной и стержневой подвесками редуктора).

Первоначальный перечень диагностируемых узлов, составленный в соответствии с требованиями Правил ремонта, включал: буксовый узел, подвеску редуктора, узел вала малой шестерни, опорный подшипник редуктора, зубчатое зацепление. По

**Проведение вибродиагностики КРБ электропоездов**

ностей, согласно рекомендациям диагностического отчета и добавления смазки, проводят повторную диагностику в присутствии приемщика. Если по результатам диагностирования процент дефектности 100 % и более, то колесно-редукторный блок подлежит выкатке.

**Опыт внедрения вибродиагностического комплекса.** Сборщик сигналов SM-3001, входящий в состав вибродиагностического комплекса, представляет собой универсальное виброизмерительное средство, предназначенное для диагностирования различных видов механического оборудования. Элементами, определяющими конкретное применение этого прибора для выявления неисправностей конкретных видов оборудования (в данном случае КРБ и КМБ электропоездов), являются соответствующие методики диагностирования, реализованные в виде специализированных программных модулей автоматизированной диагностики.

С 2000 г. осуществляли разработку таких методик на базе лаборатории вибродиагностики депо Горький-Московский Горьковской дороги, где комплекс применяли при



**Рис. 3. Пример отчета по диагностике**



мере сбора информации и накопления опыта диагностирования перечень дополнили узлами моторно-якорных подшипников тяговых двигателей.

По информации, полученной в ходе первичного накопления (выборка обследованных КРБ и КМБ составила несколько тысяч единиц) специалисты лаборатории вибродиагностики депо совместно со специалистами инженерной фирмы «ИНКОТЕС» разработали методики диагностирования неисправностей КРБ (КМБ) электропоездов различных типов, которые в дальнейшем прошли опытно-экспериментальную отработку.

На основании разработанных методик, используя специальный редактор из состава программного обеспечения «АРМИД», были созданы специализированные программные модули для автоматизированной диагностики узлов КРБ (КМБ) электропоездов. Особенность указанного редактора состоит в том, что он ориентирован на специалистов-вибродиагностов и не требует знаний программирования, поэтому квалифицированный персонал лаборатории смог своими силами отработать и откорректировать как сами методики, так и программные модули.

Для расширения круга диагностируемых объектов провели также испытания и набрали необходимую статистическую информацию по электропоездам постоянного тока. Когда созданные методики и диагностические программные модули успешно прошли опытную эксплуатацию, специалисты ВНИИЖТ и ООО «ИНКОТЕС» разработали проект технологической инструкции по диагностированию КРБ электропоездов при проведении ТО и ТР.

После этого комплекс в составе сборщика-анализатора СМ-3001, программного обеспечения «АРМИД» и специализированных диагностических программных модулей для диагностирования КРБ (КМБ) был предъявлен в Управление пригородных пассажирских перевозок ОАО «РЖД» для проведения испытаний и получения разрешения на сетевое применение.

Научные сотрудники ВНИИЖТа разработали методику испытаний, которая предусматривала в том числе анализ достоверности результатов диагностирования по каждому диагностируемому узлу с использованием полученных статистических данных. Испытания успешно завершились в декабре 2003 г. По их результатам разработали окончательный вариант Технологической инструкции № ЦЛПр-15/13. Она была утверждена установленным порядком и комплекс был включен в программу ресурсосбережения для внедрения на сети дорог. В настоящее время вибродиагностический комплекс внедрен в 42 депо и успешно применяется в структуре ремонтного цикла электропоездов различных типов и электропоездов ЧС4. Ведутся работы по расши-

рению сфер применения комплекса на скоростных электропоездах и электровозах других типов.

По результатам внедрения вибродиагностического комплекса с применением трехканального сборщика-анализатора сигналов «СМ-3001» и программного обеспечения «АРМИД» выпущен технический отчет (информация для департаментов ОАО «РЖД»), к которому приложены отзывы из различных депо о работе комплекса.

Таким образом, изложенная процедура внедрения вибродиагностического комплекса включает:

- ➔ разработку методик диагностирования;
- ➔ создание специализированных диагностических программных модулей;
- ➔ опытную эксплуатацию методик и программных модулей;
- ➔ подготовку проекта технологической инструкции;
- ➔ проведение испытаний, предусматривающих оценку достоверности по заявленным видам неисправностей с учетом статистических данных опытной эксплуатации.

Подобная процедура, по мнению авторов, может стать основой для разработки отраслевой процедуры получения разрешения на применение вибродиагностических комплексов в системе ОАО «РЖД».

При этом особо следует отметить важность этапа опытной эксплуатации диагностических методик конкретных видов оборудования для их отработки и коррекции с использованием статистической информации. Это необходимо для повышения достоверности диагностирования и его эффективного применения в системе ремонта. Приемлемая достоверность должна быть таковой, чтобы дополнительные затраты, связанные с перебраковкой или пропусками дефектов в результате диагностирования, были существенно меньше того положительного эффекта, который дает диагностика в плане экономии ремонтных затрат, своевременной профилактики узлов, уменьшения аварийности.

Из опыта внедрения комплекса «СМ-3001 – АРМИД» требуемая достоверность диагностирования должна быть не менее 85 – 90 %. Такой ее уровень может быть достигнут, когда имеется представительный объем статистики по исправным и неисправным узлам, обследованным на этапе отработки методики. Графики, показывающие связь количества обследованных КРБ (КМБ) электропоездов и повышения достоверности их диагностирования, полученные в процессе внедрения комплекса «СМ-3001 – АРМИД», приведены на рис. 4.

Из представленных графиков следует, что достоверность диагностирования растет пропорционально увеличению количества обследованных объектов. Это объясняется тем, что по мере накопления объема экспериментальных данных приходит все большее понимание



Рис. 4. Результаты работы вибродиагностического комплекса на базе прибора СМ-3001 и программного обеспечения «АРМИД»

процессов, происходящих в конкретных механизмах, что позволяет совершенствовать диагностические алгоритмы, тем самым повышать достоверность диагностирования.

Таким образом, попытки оценить эффективность диагностического комплекса с точки зрения достоверности, используя единичные измерения и недостаточный объем статистики, несостоятельны как с методологической, так и с практической точек зрения.

**Оценка эффективности работы вибродиагностических комплексов.** Эффективность внедрения комплекса «СМ-3001 — АРМИД» оценивается по нескольким критериям:

- ✓ минимизация времени и затрат на проведение диагностирования;
- ✓ эффективность применения в системе ремонта;
- ✓ снижение затрат на внедрение комплекса;
- ✓ улучшение эксплуатационных показателей работы подвижного состава;
- ✓ первоначальные затраты и экономическая эффективность.

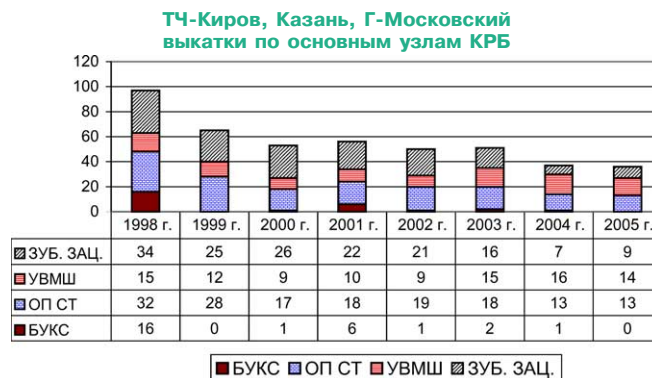
Как показали результаты эксплуатации комплекса «СМ-3001 — АРМИД», время диагностирования одного КРБ (КМБ) составляет не более 5 мин, включая подготовительные операции, одного 10-вагонного электропоезда — 80 — 90 мин. В результате время, затрачиваемое на диагностирование при проведении ТО и ТР: во-первых, не увеличивает время простоя подвижного состава в ремонте; во-вторых, оно существенно меньше по сравнению с ранее применявшимися аналогами (например, по данным депо Иркутск-Сортировочный — в 1,5 — 2 раза).

Применение комплекса при проведении ТО и ТР позволило решить наиболее часто встречающуюся проблему при эксплуатации электропоездов — недостаток смазки в подшипниковых узлах и редукторах. Ее своевременное выявление и устранение в процессе ТО и ТР с проведением повторного диагностирования позволяет существенно снизить износ узлов и обеспечить продление их ресурса до выкатки.

Другой важный фактор эффективности применения комплекса в системе ремонта — своевременное обнаружение дефектных узлов, состояние которых определяется несоосностями муфты, ослаблением крепления, повышенным износом и поверхностными дефектами контактирующих и трущихся деталей в подшипниках и зубчатых зацеплениях. При этом соответствующие профилактические работы выполняются без выкатки колесных пар.

В результате существенно уменьшилось количество дефектов по всем диагностируемым узлам (например, по подвеске редуктора), а по некоторым (буксовый узел, моторно-якорные подшипники) дефекты проявляются в единичных случаях. Сократилось также общее количество выкаток. В частности, на Горьковской дороге их количество уменьшилось более чем в 2 раза с начала применения комплекса (рис. 5). Реальная экономическая эффективность от внедрения комплекса, полученная по результатам эксплуатации, составляет примерно 60 — 70 % от первоначальных затрат на приобретение и ввод в действие. Срок его окупаемости не превышает 1,5 — 2 года.

Представленный опыт использования вибродиагностического комплекса «СМ-3001 — АРМИД» ремонтными депо электропоездов с точки зрения процедуры внедрения необходимо, на наш взгляд, формализовать в виде нормативных документов ОАО «РЖД». Эти документы



**Рис. 5. Количество выкаток КРБ электропоездов на Горьковской дороге по основным узлам**

должны предусматривать включение виброизмерительных средств в Реестр средств измерений, применяемых на железнодорожном транспорте, только при наличии аттестованных и опытно подтвержденных методик диагностирования узлов подвижного состава.

Аттестация и опытно-экспериментальная проверка методик диагностирования должны осуществляться в соответствии с требованиями нормативных документов. В этой связи целесообразно создание и ведение отдельного Реестра диагностических методик, применяемых на железнодорожном транспорте. В соответствии с ГОСТами должны быть разработаны также отраслевые «Общие технические требования», определяющие основные технические показатели внедряемых вибродиагностических комплексов, охватывающие их метрологические, эксплуатационные, эргономические, диагностические и другие характеристики, в частности:

- ✓ время, необходимое для проведения измерений и постановки диагноза;
- ✓ полнота выдаваемой информации для ремонтного персонала;
- ✓ достоверность диагностирования по заявленным видам неисправностей;
- ✓ эргономические характеристики виброизмерительного средства (масса, удобство работы и др.);
- ✓ показатели надежности работы компонентов комплекса (безотказность, время наработки на отказ и др.);
- ✓ показатели работоспособности программного обеспечения (удобство интерфейса, возможность корректировки и создания новых диагностических методик, анализ трендов по диагностическим параметрам и неисправностям, анализ историй дефектов и др.);
- ✓ наличие необходимой эксплуатационной документации;
- ✓ обеспечение технической поддержки при использовании комплекса.

Приведенные показатели, наряду со стоимостью и затратами на эксплуатацию вибродиагностического комплекса, могут стать основой для принятия решения о его применении на ремонтных предприятиях ОАО «РЖД».

Канд. техн. наук **В.А. СМЕРНОВ**,  
главный инженер ООО «ИНКОТЕС»,  
г. Нижний Новгород,  
инж. **А.А. СЕРГЕЕВ**,  
начальник вибродиагностики  
Дирекции по обслуживанию пригородных перевозок  
Горьковской дороги